



Nº 16 DICIEMBRE 2023

# INVESTIGACIÓN APLICADA, UN ENFOQUE EN LA TECNOLOGÍA

Edición Especial

Segundo Congreso Nacional  
Investigación Aplicada, un Enfoque  
en la Tecnología

En este número:

Interfaces UX

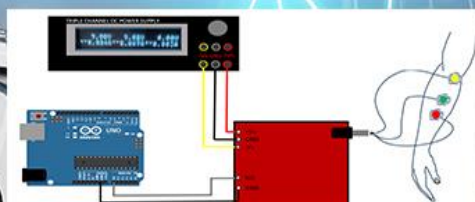
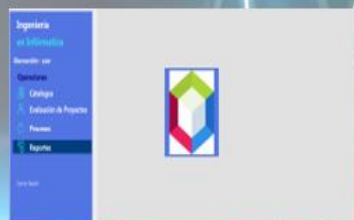
Sistema de carga de módulos  
fotovoltaicos solares con  
monitoreo remoto

Sistema de monitoreo de  
datos electromiográficos  
mediante el sensor V3

Degradación de paracetamol  
grado comercial aplicando  
agentes oxidantes avanzados

Escenario económico de  
comunidades rurales del  
Norte-Noreste de Guanajuato

Monitoreo remoto de  
temperatura corporal  
mediante IoT



**Arbitrada e Indexada**

**DOI**

**10.60968/iaet.3594-035X**

**Visita:**

<https://www.investigacionaplicadarevista.com/>

**Editorial ZSE**



# Página Editorial

## INVESTIGACIÓN APLICADA, UN ENFOQUE EN LA TECNOLOGÍA

Año 8, No. 16, julio-diciembre 2023, es una publicación electrónica semestral editada por Zulma Sánchez Estrada. Av. de Las Rosas 260A, Fracc. Hda. Real de Tultepec, Tultepec, Edo. de México,  
C.P. 54987, E-mail:

[investigacionaplicada4@gmail.com](mailto:investigacionaplicada4@gmail.com)

Editores responsables: Zulma Sánchez Estrada, Jorge Noriega Zenteno, Jorge Aarón Noriega Sánchez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-112617484200-203, ISSN: 3594-035X, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-112617484200-203, ISSN: 3594-035X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Zulma Sánchez Estrada, Av. de Las Rosas 260A, Fracc. Hda. Real de Tultepec, Tultepec, Edo. de México, C.P. 54987, fecha de última modificación, 31 de diciembre 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación.

**Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de los editores.**

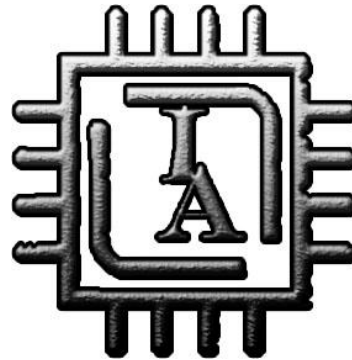
## Revista Indexada y Arbitrada

Folio Latindex: 28438

<https://www.latindex.org/latindex/Solr/Busqueda?idModBus=0&buscar=investigaci%C3%B3n+aplicada%2C+un+enfoque+en+la+tecnología%C3%ADa&submit=Buscar>

DOI

[10.60968/iaet.3594-035X](https://doi.org/10.60968/iaet.3594-035X)



La revista **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología** es una publicación periódica, indexada, arbitrada y registrada ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, que tiene como propósito principal divulgar el trabajo científico de investigadores e investigadoras, por tal motivo, los artículos publicados tienen relación con el trabajo y aplicación de la Investigación en general y con las derivaciones de la ingeniería que se desarrollan en el ámbito de la investigación en particular.

La revista **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología** es una publicación Indexada, arbitrada y cuenta con **DOI**. (Digital Object Identifier) (Registro Europeo).

## Acerca de la revista

El comité editorial de **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología**, está formado por investigadores con una trayectoria destacada en el ámbito laboral y de investigación, que en conjunto forman una fuerza interdisciplinaria para dar prestigio y sustento al contenido de la revista.

### Comité Editorial

Dra. Zulma Sánchez Estrada

Dr. Jorge Noriega Zenteno

Ing. Jorge Aarón Noriega Sánchez

### Contacto

Contactar con la revista

Email: [investigacionaplicada4@gmail.com](mailto:investigacionaplicada4@gmail.com)

<https://www.investigacionaplicadarevista.com/>

### Contacto principal

Dra. Zulma Sánchez Estrada

Celular: 55-13-47-71-04

Correo electrónico: [zul\\_zul\\_1@hotmail.com](mailto:zul_zul_1@hotmail.com)

Dr. Jorge Noriega Zenteno

Celular: 55-11-26-55-27

Correo electrónico: [jorge\\_sup@hotmail.com](mailto:jorge_sup@hotmail.com)

# PROCESO DE EVALUACIÓN

## 01 Recepción de artículos

Se reciben los artículos de acuerdo con el formato autorizado por la revista, así como la carta de **“Declaración de Originalidad”** firmada por los autores involucrados en el artículo, esto se conoce por medio de una convocatoria interna y externa de la página electrónica y otros modos de difusión, se revisa que el artículo cumpla con los estándares y lineamientos de la revista. Si el resultado de la revisión no se alinea a los requerimientos se notificará al autor de dicha resolución por medio de un correo electrónico; pero si el artículo cumple con lo establecido se reenvía un correo para notificar la aceptación junto con una carta emitida por el comité Editorial **“Carta de aceptación”** y se continuará con el siguiente proceso. El proceso de aceptación consta de 20 días hábiles desde la entrega del artículo.

## 02 Revisión por el Comité Revisor

Los artículos recibidos serán turnados para su revisión inicial al Comité Revisor, que analizará el contenido y presentación del trabajo de acuerdo con la temática de nuestra revista, así como la redacción y si se presenta plagio del escrito. En caso de existir un fallo no favorable por parte del comité revisor, se les comunicará a los autores que dicho artículo no es aceptado por las razones que serán explicadas en el formato de revisión. En el caso de artículos autorizados, se iniciará el proceso de evaluación con la correspondiente notificación a los autores.

## 03 Asignación de Evaluadores

Se enviarán invitaciones a los árbitros sugeridos por el Comité Revisor. El artículo es revisado en pares, por lo que la revisión y comentarios serán por ambos expertos. Los posibles evaluadores deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

Contar con experiencia en investigación y experiencia empresarial de por lo menos tres años y haber publicado por lo menos un artículo y/o, libro y contar con una distinción honorífica.

## 04 Evaluaciones

Los revisores tienen un sentido amplio de la ética, por lo que siguen los lineamientos de evaluación sin ser parciales. El periodo de evaluación no es más de 20 días hábiles, a lo que corresponde a este tiempo se puede sugerir al autor que realice modificaciones y las reenvíe; en el momento del reenvío de las correcciones se vuelven a contar 10 días hábiles.

Después de revisar nuevamente el artículo ya con las correcciones hechas de acuerdo con los lineamientos, se le enviará una notificación vía correo electrónico con la respuesta del comité si se es aceptado o rechazado, con su debida justificación.

Si la justificación no es aceptada por el autor, puede enviar un correo electrónico dando su opinión al respecto pidiendo una ronda extra de revisión. Esta ronda extra pasará a un tercer evaluador diferente al primero y segundo.

Al finalizar las evaluaciones y si los artículos son aceptados se enviará un comunicando de su aceptación y se reenviará una sesión de derechos para ser publicada en la misma.

## 05 Pago

Una vez aceptado el artículo por los revisores se procederá a hacer el pago correspondiente para la publicación de este y se procederá a enviar su comprobante de pago, junto con el nombre del artículo a postular al correo de la revista, para continuar con el proceso.

(Ver términos y condiciones) <https://www.investigacionaplicadarevista.com/terminos-condiciones>



# PROCESO DE PUBLICACIÓN

1. Lanzamiento de la convocatoria.
2. Consulta del formato (plantilla) para la captación del artículo.
3. Carta de “**Declaración de Originalidad**” del artículo.
4. Subir el artículo en formato **Word** junto con la carta de originalidad en formato **PDF** a la siguiente dirección:  
**investigacionaplicada4@gmail.com**
5. Se pasa al Comité Evaluador.
6. Se tiene respuesta en 10 días hábiles.
7. Si el artículo presenta recomendaciones a corregir por parte de los revisores, se envía el artículo con las recomendaciones a corregir al autor principal para atención de las mismas.
  - a. Se corrigen las recomendaciones y son enviadas nuevamente al correo de la revista.
  - b. Son revisadas nuevamente por el comité revisor y cuenta con 5 días hábiles para dar contestación.
  - c. Si cumplen con los requerimientos del formato de la revista es aceptado el artículo.
8. Si el artículo es aceptado se envía una “**Carta de aceptación**” por parte del comité editor.
9. Se procederá a realizar el pago correspondiente para la publicación.
10. El autor principal enviará el comprobante de pago junto con el nombre del artículo postulado para el proceso de confirmación del pago.
11. Se tendrán 3 días hábiles para mandar la factura y constancias después de recibido el comprobante de pago al correo de la revista.
12. Encaso de solicitar **DOI** el proceso de entrega de constancias es de 7 días hábiles después de recibido el comprobante de pago, por motivos de revisión del artículo por parte del índice europeo contratado.
13. El artículo se publicará hasta la fecha asignada que son el 1° julio y 2 de enero en la página oficial de la revista.
14. Se tendrán de plazo de 3 días hábiles para realizar modificaciones o adecuaciones de la página después de ser publicada la página, por lo que la edición formal será después de ese tiempo.
15. Si se presenta una contingencia gubernamental o de salud nacional las fechas de publicación pueden ser modificadas de acuerdo a las ordenes o permisos nacionales, si es que está implicado las tecnologías.

# Contenido

## Contenido

<b>Implementación de la Metodología de 5's enfocado a las pymes.</b>	<b>13</b>
<b>DOI:10.60968/iaet.3594-035X.669</b>	<b>13</b>
<i>INTRODUCCIÓN.</i>	14
<i>OBJETIVO GENERAL.</i>	14
<i>OBJETIVOS PARTICULARES.</i>	14
<i>OBJETO DE ESTUDIO.</i>	15
<i>METODOLOGÍA.</i>	15
<i>CONCLUSIONES.</i>	18
<i>REFERENCIAS.</i>	18
<b>Enseñanza virtual en alumnos-maestros de Licenciatura en Educación durante pandemia</b>	<b>19</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.672</b>	<b>19</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	20
<i>DESARROLLO</i>	20
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	21
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	21
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	21
<i>METODOLOGÍA</i>	23
<i>FASES DE DESARROLLO</i>	23
<i>CONCLUSIÓN</i>	30
<i>REFERENCIAS</i>	30
<b>Técnicas de análisis de datos para el desarrollo móvil</b>	<b>31</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.671</b>	<b>31</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	33
<i>DESARROLLO</i>	33
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	34
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	34
<i>METODOLOGÍA</i>	34
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	35
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	37
<i>CONCLUSIÓN</i>	39
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	39



**Guía para definir y evaluar Objetivos educativos y Atributos de egreso 40**

**DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.674 40**

INTRODUCCIÓN	41
OBJETIVO GENERAL	41
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
OBJETO DE ESTUDIO	41
METODOLOGÍA	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	47

**Modelamiento matemático de una columna de lecho fijo empacada con la biomasa de *Schinus molle* 48**

**DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.676 48**

INTRODUCCIÓN	49
DESARROLLO	49
OBJETIVO GENERAL	49
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	49
OBJETO DE ESTUDIO	49
METODOLOGÍA	49
FASE DE DESARROLLO 1	49
FASE DE DESARROLLO 2	50
FASE DE DESARROLLO 3	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
CONCLUSIÓN	52
REFERENCIAS	52

**Caracterización física y mecánica de bloques de adobe y mampostería de adobe en la región de El Arenal Hidalgo 53**

**DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.677 53**

INTRODUCCIÓN	54
DESARROLLO	54
OBJETIVO GENERAL	54
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	55
OBJETO DE ESTUDIO	55
METODOLOGÍA	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
CONCLUSIONES	65

<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	65
<b>Interfaz como estrategia para atender la reprobación del estudiantado en el TESCOI.</b>	<b>66</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.678</b>	<b>66</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	67
<i>DESARROLLO</i>	67
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	67
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	67
<i>METODOLOGÍA</i>	67
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	68
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	70
<i>CONCLUSIÓN</i>	71
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	72
<b>Sistema de carga de módulos fotovoltaicos solares con monitoreo remoto</b>	<b>73</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.679</b>	<b>73</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	74
<i>DESARROLLO</i>	74
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	75
<i>METODOLOGÍA</i>	75
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	76
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	80
<i>CONCLUSIÓN</i>	82
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	82
<b>Prototipo de robot seguidor de línea velocista</b>	<b>83</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.673</b>	<b>83</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	84
<i>DESARROLLO</i>	84
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	84
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	84
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	84
<i>METODOLOGÍA</i>	84
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	85
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	90
<i>CONCLUSIÓN</i>	92
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	92
<b>Interfaces UX</b>	<b>93</b>



<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.675</b>	<b>93</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>		94
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>		97
<i>METODOLOGÍA.</i>		98
<i>RESULTADOS</i>		100
<i>CONCLUSIONES</i>		102
<i>REFERENCIAS</i>		103
<b>Desarrollo de un GRC (Governance, Risk, and Compliance) con Herramientas de Microsoft Office 365.</b>	<b>104</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.682</b>	<b>104</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>		105
<i>DESARROLLO</i>		105
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>		106
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>		106
<i>METODOLOGÍA</i>		106
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>		107
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>		112
<i>CONCLUSIÓN</i>		112
<i>REFERENCIAS</i>		112
<b>"Los planes de estudio y la implementación de recursos tecnológicos para el aprendizaje"</b>	<b>113</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.683</b>	<b>113</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>		114
<i>DESARROLLO</i>		114
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>		115
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>		115
<i>METODOLOGÍA</i>		116
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>		117
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>		117
<i>CONCLUSIÓN</i>		118
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>		118
<b>Evaluación de la actividad enzimática en <i>Agave duranguensis</i> (Asparagales: Asparagaceae) expuesta a radiación Ultravioleta-Beta</b>	<b>119</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.684</b>	<b>119</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>		120
<i>DESARROLLO</i>		120
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>		123

<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	123
<i>METODOLOGÍA</i>	123
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	123
<i>RESULTADOS</i>	124
<i>DISCUSIÓN</i>	124
<i>CONCLUSIÓN</i>	125
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	125
<b>Estrategias de educación ambiental para comunidades del norte de Durango</b>	<b>128</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.686</b>	<b>128</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	129
<i>DESARROLLO</i>	129
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	133
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	133
<i>METODOLOGÍA</i>	134
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	134
<i>RESULTADOS</i>	134
<i>DISCUSIÓN</i>	137
<i>CONCLUSIONES</i>	138
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	138
<b>Escenario económico de comunidades rurales del Norte-Noreste de Guanajuato</b>	<b>141</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.688</b>	<b>141</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	142
<i>DESARROLLO</i>	142
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	143
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	143
<i>METODOLOGIA</i>	143
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	143
<i>RESULTADOS</i>	144
<i>DISCUSIÓN</i>	150
<i>CONCLUSIÓN</i>	150
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	150
<b>Estudio exploratorio de implementación de lógica difusa para identificar probabilidad de deserción escolar en el programa educativo de Diseño Digital área Animación en la UTNG</b>	<b>151</b>
<b>DOI 10.60968/iaet.3594-035X.689</b>	<b>151</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	151



<i>DESARROLLO</i>	151
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	151
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	151
<i>METODOLOGÍA</i>	152
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	152
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	153
<i>CONCLUSIÓN</i>	153
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	154
<b>Efecto del sistema Biofloc sobre calidad del agua y crecimiento: Etapa pre-engorda de camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>)</b>	<b>155</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.690</b>	<b>155</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	156
<i>DESARROLLO</i>	157
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	157
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	158
<i>METODOLOGÍA</i>	158
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	159
<i>RESULTADOS</i>	159
<i>DISCUSIÓN</i>	161
<i>CONCLUSIÓN</i>	162
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	162
<b>Sistema de monitoreo de datos electromiográficos mediante el sensor V3</b>	<b>164</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.680</b>	<b>164</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	165
<i>DESARROLLO</i>	165
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	165
<i>METODOLOGÍA</i>	165
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	165
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	166
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	172
<i>CONCLUSIONES</i>	173
<i>REFERENCIAS DE CONSULTA</i>	173
<b>Degradación de paracetamol grado comercial aplicando agentes oxidantes avanzados</b>	<b>175</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.685</b>	<b>175</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	176

<i>DESARROLLO</i>	176
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICO</i>	176
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	176
<i>METODOLOGÍA</i>	176
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	177
<i>CONCLUSIÓN</i>	180
<i>REFERENCIAS</i>	180
<b>Formulación de material alternativo a la madera elaborado a base de cáscara de nuez (<i>Carya illinoensis</i>)</b>	<b>181</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.687</b>	<b>181</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	182
<i>DESARROLLO</i>	182
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	184
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	185
<i>METODOLOGÍA</i>	185
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	185
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	187
<i>CONCLUSIÓN</i>	188
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	188
<b>Evaluar el rendimiento del nopal enchilado deshidratado en diversos deshidratadores solares</b>	<b>191</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.693</b>	<b>191</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	192
<i>DESARROLLO</i>	192
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	192
<i>METODOLOGÍA</i>	192
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	192
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	193
<i>CONCLUSIÓN.</i>	194
<i>BIBLIOGRAFÍA.</i>	194
<b>Detección de contaminantes en el medio ambiente: Métodos alternativos</b>	<b>195</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.694</b>	<b>195</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	196
<i>DESARROLLO</i>	196
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	198
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	198
<i>METODOLOGÍA</i>	199



<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	199
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	199
<i>CONCLUSIÓN</i>	201
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	201
<b>Aspectos ambientales vinculados al cultivo de frijol al este de Durango</b>	<b>204</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.695</b>	<b>204</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	205
<i>DESARROLLO</i>	205
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	208
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	208
<i>METODOLOGÍA</i>	209
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	209
<i>RESULTADOS</i>	209
<i>DISCUSIÓN</i>	212
<i>CONCLUSIONES</i>	212
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	213
<b>Evaluación térmica y de humedad en deshidratadoras solares</b>	<b>215</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.696</b>	<b>215</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	216
<i>DESARROLLO</i>	216
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	216
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	216
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	216
<i>METODOLOGÍA</i>	217
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	217
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	218
<i>CONCLUSIÓN</i>	221
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	221
<b>Sueldos, salarios y prestaciones de trabajadores de la zona norte de Guanajuato</b>	<b>222</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.697</b>	<b>222</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	223
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	223
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	223
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	223

<i>METODOLOGÍA</i>	223
<i>ANÁLISIS DE DATOS</i>	225
<i>RESULTADOS Y DISCUSIONES</i>	225
<i>CONCLUSIONES</i>	226
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	227
<b>Acciones de cuidado y consumo del Agua e indicadores asociados</b>	<b>228</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.709</b>	<b>228</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	229
<i>DESARROLLO</i>	229
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	230
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	230
<i>METODOLOGÍA</i>	231
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	231
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	232
<i>DISCUSIÓN</i>	236
<i>CONCLUSIONES</i>	236
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	237
<b>Prototipo de App para la administración de invernaderos</b>	<b>238</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.698</b>	<b>238</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	239
<i>DESARROLLO</i>	239
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	239
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	239
<i>METODOLOGÍA</i>	240
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	240
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	241
<i>CONCLUSIÓN</i>	242
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	242
<b>La Automatización Como Apoyo En Cumplimiento De La Norma NOM 035 STPS</b>	<b>243</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.700</b>	<b>243</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	244
<i>DESARROLLO</i>	244
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	244
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	244
<i>METODOLOGÍA</i>	245
	xiv

<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	245
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	250
<i>CONCLUSIÓN</i>	251
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	252
<i>REFERENCIAS</i>	252
<b>Desarrollo de Bot en Discord: Asistencia en Programación con ChatGPT</b>	<b>253</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.702</b>	<b>253</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	254
<i>DESARROLLO</i>	255
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	255
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	255
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	255
<i>METODOLOGÍA</i>	255
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	255
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	261
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	261
<b>Efectos del pastoreo sobre el contenido de clorofila total en follaje de <i>Prosopis laevigata</i></b>	<b>262</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.703</b>	<b>262</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	263
<i>DESARROLLO</i>	263
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	264
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	264
<i>METODOLOGÍA</i>	264
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	265
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	266
<i>CONCLUSIÓN</i>	268
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	268
<b>Fotogrametría de reconstrucción de modelos 3D, un entorno de desarrollo implementado en <i>Google Colab</i></b>	<b>270</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.692</b>	<b>270</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	271
<i>DESARROLLO</i>	271
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	272
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	272
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	272
<i>METODOLOGÍA</i>	272

<i>RESULTADOS</i>	278
<i>DISCUSIÓN</i>	279
<i>CONCLUSIÓN</i>	279
<b>Sensibilización de la Importancia y Trascendencia del Desarrollo Docente</b>	<b>280</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.699</b>	<b>280</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	281
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	281
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	281
<i>METODOLOGÍA</i>	281
<i>DESARROLLO</i>	281
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	284
<i>CONCLUSIÓN</i>	286
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	286
<b>Dificultades de la gestión de capital humano en las empresas según las prestaciones de sus empleados.</b>	<b>287</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.701</b>	<b>287</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	288
<i>OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN</i>	290
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	290
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	290
<i>METODOLOGÍA</i>	290
<i>ENFOQUE METODOLÓGICO</i>	290
<i>DESARROLLO</i>	290
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	291
<i>RESULTADOS OBTENIDOS</i>	294
<i>CONCLUSIÓN</i>	297
<i>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</i>	297
<b>Modelos de diseño instruccional de acuerdo a las condiciones de la modalidad b-learning y del contexto de la UTNG Campus Victoria.</b>	<b>298</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.707</b>	<b>298</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	299
<i>OBJETIVO GENERAL.</i>	299
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</i>	299
<i>METODOLOGÍA</i>	299
<i>RESULTADOS</i>	302
<i>CONCLUSIÓN</i>	303



<i>DISCUSIÓN</i>	303
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	303
<b>Modelado y Tecnología aplicado en programación Matemática en el posgrado de TESCOI</b>	<b>305</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.708</b>	<b>305</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	306
<i>DESARROLLO</i>	306
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	306
<i>METODOLOGÍA</i>	306
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	307
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	310
<i>CONCLUSIÓN</i>	311
<i>BIBLIOGRAFÍA.</i>	311
<b>Desarrollo de un recolector de humedad con Arduino Uno</b>	<b>313</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.681</b>	<b>313</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	314
<i>DESARROLLO</i>	314
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	314
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	314
<i>METODOLOGÍA</i>	314
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	315
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	320
<i>CONCLUSIÓN</i>	320
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	320
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	320
<b>Monitoreo remoto de temperatura corporal mediante IoT</b>	<b>321</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.691</b>	<b>321</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	322
<i>DESARROLLO</i>	322
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	322
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	322
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	322
<i>METODOLOGÍA</i>	322
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	324
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	327
<i>CONCLUSIÓN</i>	327

<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	327
<b>Caracterización físico-mecánica de bloques de concreto en la localidad de Metztlán Hidalgo. 328</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.704 328</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	329
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	330
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	330
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	330
<i>METODOLOGÍA</i>	330
<i>FASES DE DESARROLLO</i>	331
<i>RESULTADOS</i>	338
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	339
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	339
<b>Sistema de medición de peso aplicando instrumentación virtual. 340</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.705 340</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	341
<i>DESARROLLO</i>	341
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	341
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	341
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	341
<i>METODOLOGÍA</i>	341
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	341
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	345
<i>CONCLUSIONES</i>	346
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	346
<b>Medición de variables ambientales en incubadora de huevos de avestruz 347</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.706 347</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	348
<i>DESARROLLO</i>	348
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	348
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	348
<i>METODOLOGÍA</i>	349
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	352
<i>CONCLUSIÓN</i>	355
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	355
<b>Red neuronal convolucional (CNN) de reconocimiento de plantas de maíz para un sistema de visión artificial. 356</b>	

<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.735</b>	<b>356</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>		357
<i>DESARROLLO</i>		357
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>		357
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>		357
<i>METODOLOGÍA</i>		358
<i>FASES DE DESARROLLO</i>		359
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>		360
<i>CONCLUSIÓN</i>		361
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>		362
<b>Detección y prevención mejorada de ataques de Ransomware en Redes Empresariales</b>	<b>363</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.737</b>	<b>363</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>		364
<i>DESARROLLO</i>		365
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>		366
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>		366
<i>METODOLOGÍA</i>		366
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>		367
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>		369
<i>CONCLUSIÓN</i>		370
<i>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS</i>		373
<b>Contabilidad gubernamental, hacia la transparencia</b>	<b>374</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.740</b>	<b>374</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>		375
<i>DESARROLLO</i>		375
<i>OBJETIVO GENERAL</i>		379
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>		379
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>		379
<i>METODOLOGÍA.</i>		379
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>		379
<i>CONCLUSIÓN</i>		379
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>		380
<b>Redes de Innovación Colaborativas y Gestión del Conocimiento en el Ámbito Académico</b>	<b>381</b>	
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.743</b>	<b>381</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>		382

<i>DESARROLLO</i>	382
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	383
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	383
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	383
<i>METODOLOGÍA</i>	383
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	383
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	385
<i>CONCLUSIONES</i>	386
<i>REFERENCIAS</i>	387

**Integración de una plataforma tecnológica para prácticas de extracción y explotación de datos en laboratorios con equipos de cómputo de bajo rendimiento: Caso UJAT – DACYTI 388**

**DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.727 388**

<i>INTRODUCCIÓN</i>	389
<i>DESARROLLO</i>	389
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	389
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	389
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	389
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	389
<i>METODOLOGÍA</i>	389
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	390
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	390
<i>CONCLUSIÓN</i>	394
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	394

**Diseño Instruccional para Ambiente de Aprendizaje Enriquecido con Impresión 3D en Diseño Estructural de Cimentaciones 395**

**DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.728 395**

<i>INTRODUCCIÓN</i>	396
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	396
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	396
<i>METODOLOGÍA</i>	396
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	397
<i>RESULTADOS</i>	399
<i>DISCUSIÓN</i>	404
<i>CONCLUSIÓN</i>	404
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	405



<b>Análisis estadístico de variables relacionadas con insuficiencia renal</b>	<b>406</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.730</b>	<b>406</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	407
<i>DESARROLLO</i>	407
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	407
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	407
<i>METODOLOGÍA</i>	408
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	409
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	415
<i>CONCLUSIÓN</i>	416
<i>REFERENCIAS</i>	416
<b>Análisis Comparativo del Rendimiento del Algoritmo Genético con Diferentes Estrategias para Resolver el TSP</b>	<b>417</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.731</b>	<b>417</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	418
<i>DESARROLLO OBJETIVO GENERAL</i>	418
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	418
<i>OBJETO DE ESTUDIO:</i>	418
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	421
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	423
<i>CONCLUSIÓN</i>	426
<i>REFERENCIAS</i>	426
<b>Mezclado de imágenes Biescópica laminar 2D una comparación en Matlab, Octave y Python</b>	<b>427</b>
<b>DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.739</b>	<b>427</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	428
<i>DESARROLLO</i>	428
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	428
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	428
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	428
<i>METODOLOGÍA</i>	429
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	429
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	431
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	432
<b>Propuesta de diseño de tarjeta entrenadora para el kit CY8CKIT-059 PSoC 5LP</b>	<b>433</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	434

<i>DESARROLLO</i>	434
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	434
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	434
<i>METODOLOGÍA</i>	434
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	434
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	438
<i>CONCLUSIÓN</i>	439
<i>REFERENCIAS</i>	439
<b>Diseño de Prototipo Digital de Exoesqueleto Antropomórfico Para Mano Derecha</b>	<b>440</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	441
<i>DESARROLLO</i>	441
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	441
<i>METODOLOGÍA</i>	441
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	441
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	441
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	448
<i>CONCLUSIÓN</i>	451
<i>REFERENCIAS DE CONSULTA</i>	451
<b>Implementación de IMDS en empresa automotriz</b>	<b>452</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	453
<i>DESARROLLO</i>	454
<i>OBJETIVOS</i>	455
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	455
<i>METODOLOGÍA</i>	455
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	456
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	460
<i>CONCLUSIÓN</i>	460
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	460
<b>Propuesta para la implementación de un modelo de inteligencia de negocios en la Universidad Tecnológica de Camargo para el desarrollo de PyME de la región centro sur del estado de Chihuahua</b>	<b>461</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	462
<i>DESARROLLO</i>	462
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	462
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	462
<i>METODOLOGÍA</i>	463

<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	463
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	464
<i>CONCLUSIÓN</i>	465
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	465
<b>Impuntualidad en la empresa 467</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	468
<i>DESARROLLO</i>	468
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	470
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	470
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	470
<i>METODOLOGÍA</i>	470
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	471
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	471
<i>CONCLUSIÓN</i>	473
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	473
<b>Diseño de un aerogenerador de baja potencia 474</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	475
<i>DESARROLLO</i>	475
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	478
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	478
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	478
<i>METODOLOGÍA</i>	478
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	478
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	485
<i>CONCLUSIONES</i>	486
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	486
<b>Producción ajustada para empresa de fundición 487</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	488
<i>DESARROLLO</i>	488
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	488
<i>METODOLOGÍA</i>	489
<i>OBJETIVOS</i>	489
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	489
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	489

<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	490
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	493
<i>CONCLUSIÓN</i>	493
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	493
<b>Desarrollo y funcionalidad de un Sistema de Identificación Facial en Tiempo Real para Control de Acceso a Instituciones</b>	<b>494</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	495
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	495
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	495
<i>METODOLOGÍA</i>	495
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	496
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	499
<i>CONCLUSIÓN</i>	500
<i>REFERENCIAS</i>	500
<b>Uso de la minería de datos en un sistema de apoyo a la toma de decisiones para determinar el tratamiento clínico adecuado</b>	<b>501</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	502
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	502
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</i>	502
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	502
<i>METODOLOGÍA PARA APLICAR</i>	502
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	506
<i>CONCLUSIÓN</i>	506
<i>REFERENCIAS</i>	506
<b>Uso de la minería de datos para identificar los municipios que generan la mayor producción de ganado bovino en el estado de Tabasco, México.</b>	<b>507</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	508
<i>DESARROLLO</i>	509
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	509
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	509
<i>METODOLOGÍA</i>	509
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	509
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	509
<i>CONCLUSIONES</i>	511
<i>REFERENCIAS</i>	512



<b>Sistema web para Gestión de Operaciones de Centro de Cómputo de una Institución Educativa en Tabasco</b>	<b>513</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	514
<i>DESARROLLO</i>	514
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	514
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	514
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	514
<i>METODOLOGÍA</i>	514
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	515
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	515
<i>CONCLUSIÓN</i>	516
<i>REFERENCIAS</i>	516
<b>Rendimiento del algoritmo Evolución Diferencial en Optimización Numérica con Restricciones</b>	<b>517</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	518
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	520
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	520
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	520
<i>METODOLOGÍA</i>	520
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	520
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	521
<i>CONCLUSIÓN</i>	524
<i>AGRADECIMIENTO</i>	524
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	524
<b>Rendimiento de un algoritmo evolutivo usando mutación adaptativa, aleatoria y estática</b>	<b>525</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	526
<i>DESARROLLO</i>	526
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	526
<i>OBJETIVOS ESPECIFICOS</i>	526
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	526
<i>METODOLOGÍA</i>	526
<i>FASES DE DESARROLLO</i>	526
<i>RESULTADOS</i>	528
<i>CONCLUSIÓN</i>	531
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	531
<b>Realidad Aumentada: Análisis de Tendencias Prácticas Educativas</b>	<b>532</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	533

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	533
OBJETO DE ESTUDIO	533
<i>METODOLOGÍA</i>	533
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	536
CONCLUSIÓN	540
BIBLIOGRAFÍA	540
<b>Propuesta de implementación de Modelo Analítico de Autoservicio basado en Bussines Intelligent para despacho contable.</b>	<b>542</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	543
<i>DESARROLLO</i>	543
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	543
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	543
<i>METODOLOGÍA</i>	544
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	544
<i>CONCLUSIÓN</i>	551
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	552
<b>Predicción riesgo de crédito inmobiliario, utilizando la metodología KDD y el algoritmo “Vecinos más cercanos”.</b>	<b>553</b>
<b>Prediction of real estate credit risk, using the KDD methodology and the “Nearest Neighbors” algorithm.</b>	<b>553</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	554
<i>DESARROLLO</i>	554
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	556
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	556
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	556
<i>METODOLOGÍA</i>	556
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	556
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	558
<i>CONCLUSIÓN</i>	559
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	559
<b>Modelo de red neuronal convolucional para detección de intrusos en redes de IoT e IIot</b>	<b>560</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	561
<i>DESARROLLO</i>	561
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	561
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	561
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	561

<i>METODOLOGÍA</i>	562
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	562
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	564
<i>CONCLUSIÓN</i>	565
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	566
<b>Localización en Espacios Específicos Mediante la Tecnología Inalámbrica Bluetooth Low Energy</b>	<b>567</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	568
<i>DESARROLLO</i>	568
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	568
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	568
<i>METODOLOGÍA</i>	569
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	569
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	570
<i>CONCLUSIÓN</i>	570
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	571
<b>La contaminación tecnológica tangible e intangible desde una perspectiva de 3 proveedores de servicio de cómputo en la nube</b>	<b>572</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	573
<i>DESARROLLO</i>	573
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	573
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	573
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	573
<i>METODOLOGÍA</i>	575
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	575
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	578
<i>CONCLUSIÓN</i>	579
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	579
<b>Google Transit como herramienta de innovación para el transporte público de ciudades en crecimiento</b>	<b>581</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	582
<i>DESARROLLO</i>	582
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	582
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	582
<i>METODOLOGÍA</i>	582
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	583
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	584

<i>CONCLUSIÓN</i>	584
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	584
<b>Factores que Influyen en el Aprovechamiento, Deserción y Reprobación de Estudiantes de Educación Superior en Pandemia por Covid 19 Desde la Minería de Datos</b>	<b>585</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	586
<i>DESARROLLO</i>	586
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	588
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	588
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	588
<i>METODOLOGÍA</i>	588
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	588
<i>RESULTADOS Y DISCUSIONES</i>	589
<i>CONCLUSIONES</i>	591
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	591
<b>Efectos de la COVID-19 en la gestión del trámite de licencia de conducir en Tabasco</b>	<b>593</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	594
<i>DESARROLLO</i>	594
<i>OBJETIVO GENERAL:</i>	594
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</i>	595
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	595
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	595
<i>DISCUSIÓN</i>	602
<i>CONCLUSIONES</i>	602
<i>REFERENCIAS</i>	603
<b>Diseño de dispositivo de reconocimiento inteligente de obstáculos para personas invidentes</b>	<b>604</b>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	605
<i>DESARROLLO</i>	605
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	605
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	605
<i>METODOLOGÍA</i>	605
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	605
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	607
<i>CONCLUSIÓN</i>	607
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	607
<b>Determinar la viabilidad financiera para otorgar créditos a microempresarios de Tabasco a través de la minería de datos</b>	



**Determine the financial viability to grant credits to microentrepreneurs in Tabasco through data mining 608***INTRODUCCIÓN* 609*DESARROLLO* 609*METODOLOGÍA IMPLEMENTADA* 609*6. RESULTADOS OBTENIDOS* 611*OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS* 612*OBJETO DE ESTUDIO* 612*CONCLUSIONES* 612*BIBLIOGRAFÍA* 612*INTRODUCCIÓN* 614**DESARROLLO 614***OBJETIVO GENERAL* 615*OBJETIVOS ESPECÍFICOS* 615*OBJETO DE ESTUDIO* 615*METODOLOGÍA* 615*FASES DEL DESARROLLO* 616*RESULTADOS* 617*DISCUSIÓN* 620*BIBLIOGRAFÍA* 620**Aplicación de minería de datos para apoyo a paramédicos en emergencias: caso Villahermosa Tabasco. 622***INTRODUCCIÓN* 623*DESARROLLO* 624*OBJETIVO GENERAL* 624*OBJETIVOS ESPECÍFICOS* 624*OBJETO DE ESTUDIO* 624*METODOLOGÍA* 624*FASES DEL DESARROLLO* 624*RESULTADOS Y DISCUSIÓN* 626*CONCLUSIÓN* 628*BIBLIOGRAFÍA* 628**Diseño y reacondicionamiento del control eléctrico para un banco hidráulico de una prensa tipo C 629***INTRODUCCIÓN* 630*DESARROLLO* 630*OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS* 632

<i>OBJETIVO GENERAL</i>	632
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	632
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	632
<i>METODOLOGÍA</i>	632
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	632
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	637
<i>CONCLUSIÓN</i>	637
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	637
<b>Alternativa Tecnológica para el Registro Automatizado de Arribo en Carreras 638</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	639
<i>DESARROLLO</i>	639
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	639
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	640
<i>METODOLOGÍA</i>	640
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	641
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	643
<i>CONCLUSIÓN</i>	644
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	645
<b>Implementando nube privada como alternativa para gestión dela información. 646</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	647
<i>DESARROLLO</i>	647
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	647
<i>METODOLOGÍA</i>	647
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	647
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	651
<i>CONCLUSIÓN</i>	652
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	652
<b>Página Web con Métricas de Calidad basado en ISO 25000 653</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	654
<i>DESARROLLO</i>	654
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	654
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	654
<i>METODOLOGÍA</i>	655
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	655

*RESULTADOS Y DISCUSIÓN*

661

*CONCLUSIÓN*

663

*BIBLIOGRAFÍA*

663

# Implementación de la Metodología de 5's enfocado a las pymes.

DOI:10.60968/iaet.3594-035X.669

Ing. Luis Armando Martínez García<sup>1</sup>, M.T.I. Mario Arturo Cruz Ramírez<sup>2</sup>, Dra. Martha Elena Rabadán Serrano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México (TecNM) / Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli/ (TESCI), [bixo@live.com.mx](mailto:bixo@live.com.mx),

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México (TecNM) / Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli/ (TESCI),

[mario.cruz.ramirez@gmail.com](mailto:mario.cruz.ramirez@gmail.com)

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México (TecNM) / Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli/ (TESCI),

[martha.rs@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:martha.rs@cuautitlan.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-4116-0399>

## Línea de investigación:

### Resumen

Implementación de la Metodología de 5's enfocado a las pymes.

Hoy en día todas las organizaciones buscan ser más competitivas en todos los aspectos, desde la calidad de sus productos, instalaciones, hasta buscar un método que permita realizar las labores operativas de una forma más eficiente y productiva aumentando con esto la competitividad en el mercado.

El presente trabajo se lleva a cabo con la finalidad de demostrar que la metodología aquí mencionada es una importante herramienta de trabajo; ya que facilita y mejora la calidad en el servicio donde ésta se implemente, el cual surge como una propuesta para fortalecer las áreas de oportunidad encontradas dentro de las organizaciones (Pymes) teniendo un primer caso en la organización BMK SATO I KAMI; se eligió esta metodología porque es eficiente, no requiere aportaciones económicas y produce grandes mejoras a mediano y largo plazo, de igual forma promueve un cambio de conciencia para generar un ambiente de trabajo en el cual las actividades puedan realizarse en óptimas condiciones y así mejorar el rendimiento de las diferentes áreas que conforman las Pymes.

Por esto mismo en el siguiente proyecto se pretende dar a conocer la metodología de las 5's; que son hábitos que ayudan a crear un ambiente de calidad en el trabajo, proviene de la cultura japonesa, pero se implementan a nivel mundial estas son: clasificar/Seiri organizar/Seiton, limpieza/Seiso, estandarizar/Seiketsu y disciplina/Shitsuke, este sistema genera un ambiente de trabajo de calidad hasta convertirse en un hábito laboral permanente.

Para ello se escogieron dos áreas piloto las cuales servirían de prueba para determinar el impacto que dicha metodología tendría en toda la organización algunos de los beneficios que se pretende alcanzar en estas áreas son: Un aumento en la productividad en las áreas de trabajo eliminando tiempos muertos originados por una mala organización dentro de las mismas, una disminución importante de accidentes que ocurren dentro de ellas aumentando con ello los niveles de seguridad y proporcionando a los colaboradores condiciones óptimas para realizar sus actividades diarias, entre otros.

Este proyecto se realiza como una propuesta de implementación dentro de la organización BMK SAITO I KAMI y fue resultado de una investigación previa donde se pudieron observar algunas áreas de oportunidad donde se puede llevar a cabo una implementación de dicha metodología.

### Abstract.

Implementation of the 5's Methodology focused on SMEs.

Today, all organizations seek to be more competitive in all aspects, from the quality of their products, facilities, to find a method that allows operational tasks to be carried out in a more efficient and productive way, thus increasing competitiveness in the market.

The present work is carried out with the purpose of demonstrating that the methodology mentioned here is an important work tool; since it facilitates and improves the quality of the service where it is implemented, which arises as a proposal to strengthen the areas of opportunity found within the organizations (SMEs) having a first case in the organization BMK SATO I KAMI; This methodology was chosen because it is efficient, it does not require economic contributions and it produces great improvements in the medium and long term, in the same way, it promotes a change of conscience to generate a work environment in which the activities can be carried out in optimal conditions and thus improve the performance of the different areas that make up SMEs.

For this reason, the following project intends to publicize the 5's methodology; which are habits that help create a quality environment at work, come from Japanese culture, but are implemented worldwide these are: classify/Seiri organize/Seiton, cleaning/Seiso, standardize/Seiketsu and discipline/Shitsuke, this system generates a quality work environment until it becomes a permanent work habit.

For this, two pilot areas were chosen, which would serve as a test to determine the impact that this methodology would have on the entire organization. Some of the benefits that are intended to be achieved in these areas are an increase in productivity in the work areas, elimination of downtime caused by the poor organization within them, and a significant decrease in accidents that occur within

them, thereby increasing safety levels and providing employees with optimal conditions to carry out their daily activities, among others.

This project is carried out as an implementation proposal within the BMK SAITO I KAMI organization and was the result of a previous investigation where some areas of opportunity could be observed where implementation of said methodology can be carried out.

## **INTRODUCCIÓN.**

Hoy en día las organizaciones están sometidas a una presión constante derivada de los cambios acelerados que existen en la actualidad los cuales los podemos encontrar en los grandes avances tecnológicos, en la creación de nuevas organizaciones en los mercados con las cuales que competir, en nuevas formas de trabajo que están comprometidas cada vez más con la calidad de los productos o servicios que las mismas organizaciones ofrecen a sus clientes y que a su vez buscan permanecer en el mercado que se a vuelto cada vez más competitivo.

La empresa BMK SAITO I KAMI la cual es una pyme emergente en la cual se producen exhibidores de cartón corrugado los cuales son exhibidos en distintos supermercados y son utilizados por distintas marcas las cuales buscan exhibir sus productos de una forma que sea llamativa para el consumidor.

La difusión de dicha metodología a través de un manual de implementación el cual va dirigido a los colaboradores de BMK SATO I KAMI con el objetivo de concientizar a todas las personas que laboran en la organización generar un cambio de cultura organizacional. Qué permite a los colaboradores desempeñar sus funciones de manera óptima ofreciendo áreas de limpias y libres de posibles accidentes que pongan en riesgo su integridad de igual manera poder ofrecer una mayor calidad en los productos y cumplir con las expectativas de nuestros clientes.

Es por ello que se tomó la decisión de proponer la elaboración de un proyecto bajo la metodología las 5's la cual nos ayudará a identificar las necesidades de la organización y con ello poder fomentar un mejor ambiente laboral permitiendo generar una cultura de calidad dentro de la organización la cual esté abierta a cambios en la forma de trabajo y las formas de organización dentro de las áreas de la misma.

Desarrollo.

En el presente trabajo se integran las bases teóricas, actividades y la forma de implementar la metodología de las 5's, la naturaleza del proyecto es la difusión de dicha metodología a través de un manual de implementación el cual va dirigido a la PYME BMK SATO I KAMI.

El presente trabajo se lleva a cabo con la finalidad de demostrar que la metodología aquí mencionada es una importante herramienta de trabajo ya que facilita y mejora la calidad en el servicio donde esta se implemente, el cual surge como una propuesta para fortalecer las áreas de oportunidad encontradas dentro de las organizaciones (Pymes) teniendo un primer caso en la organización BMK SATO I KAMI. Para ello se escogieron dos áreas piloto las cuales servirían de prueba para determinar el impacto que dicha metodología tendría en toda la organización algunos de los beneficios que se pretende alcanzar en estas áreas son: Un aumento en la productividad en las áreas de trabajo eliminando tiempos muertos originados por una mala organización dentro de las mismas, una disminución importante de accidentes que ocurren dentro de ellas aumentando con ello los niveles de seguridad proporcionando a los colaboradores condiciones óptimas para realizar sus actividades diarias, entre otros.

Podemos identificar estas siguientes etapas a lo largo de la realización de este proyecto:

- Diagnóstico de las áreas participantes: Se lleva a cabo un cuestionario diagnóstico a los jefes de área y al personal para conocer la situación en las que se encuentran conociendo las medidas de orden y limpieza de las áreas.
- Difusión de la metodología de las 5's: Se elaboro y desarrollo un manual de implementación de las 5 s el cual se da a conocer al personal para que se familiaricen con la metodología.
- Implementación de la metodología: Una vez que el personal este familiarizado con la metodología se procede a iniciar con el trabajo de implementación dentro de las áreas piloto escogidas.
- Evaluación de la implementación: Una vez iniciada la implementación se debe asegurar que todos los avances que hayan logrado hasta el momento.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Proponer la aplicación de la metodología de las 5's; se pretende iniciar con la elaboración de un manual de implementación de la metodología de las 5's el cual permita generar una difusión y conocimiento de la metodología antes mencionada, dentro de la Pyme BMK generando un cambio dentro de su entorno laboral, adquiriendo áreas de trabajo limpias, ordenadas y con un grato ambiente de trabajo dentro de la misma.

## **OBJETIVOS PARTICULARES.**

1. Determinar la situación actual que se presente del clima organizacional a través de un cuestionario diagnóstico aplicado al responsable o colaboradores de las áreas que conforman la organización.
2. Analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de las áreas de trabajo, para evaluar la capacidad de respuesta de las mismas ante el proyecto de la metodología propuesta.



3. Mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo, generando un adecuado el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia, en consecuencia, la calidad y la productividad de la organización.
4. Generar una cultura de calidad en el sitio de trabajo que incluya disciplina, constancia, compromiso permanente en la implementación y mantenimiento de la metodología 5 s

### **OBJETO DE ESTUDIO.**

El desarrollo de la implementación de la metodología de las 5's dentro de la pyme BMK SAITO I KAMI.

El contenido del proyecto se enfoca a la dirección de la aplicación de la metodología de las 5's; partiendo de que existen diferentes interpretaciones en torno a su aspecto conceptual, ya que para algunos no pasa de ser una metodología cuya aplicación sólo representa aspectos informativos, mientras que para otros su implantación se enfoca a los cambios en los hábitos y cultura de los participantes. Dichos cambios encaminan a la organización hacia una cultura de mejora continua, provocando a su vez aumentan la calidad dentro de la organización fomentando un mejor ambiente laboral.

### **METODOLOGÍA.**

#### **DEFINICIÓN DE LAS 5'S**

##### **CLASIFICAR (SEIRI).**

Clasificar consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es el llamado "etiquetado en rojo". En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso". (Gutiérrez Garza, 2000., pág. 116)

Clasificar consiste en:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo.
- Separa los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden producir averías.
- Eliminar información innecesaria y que nos pueden conducir a errores de interpretación o de actuación. (Gutiérrez Garza, 2000., pág. 116)

##### **ORDENAR (SEITON).**

Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Ordenar en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

Algunas estrategias para este proceso de "todo en su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc., es decir, "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar." (Gutiérrez Garza, 2000., pág. 117)

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro.
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
- Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza.
- Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustible.
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción. (Gutiérrez Garza, 2000., pág. 117)

##### **LIMPIEZA (SEISO).**

Limpieza significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de fuga (defecto).

Limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo.

Para aplicar la limpieza se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.

- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: “la limpieza es inspección”.
- Se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento.
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor calificación.
- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias. (Gutiérrez Garza, 2000., pág. 118)

#### **ESTANDARIZAR (SEIKETSU).**

El estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3's. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la **localización** de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo. La estandarización pretende:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S.
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.
- En lo posible se deben emplear fotografías de cómo se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado.
- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento.
- Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo (Jishu Hozen). (Gutiérrez Garza, 2000., pág. 119)

#### **DISCIPLINA (SHITSUKE).**

Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás para una mejor calidad de vida laboral, además.

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás. (Gutiérrez Garza, 2000., pág. 120)

La metodología utilizada para la elaboración de este proyecto; la cual tiene carácter de ser una metodología mixta ya que conlleva aspectos cuantitativos y cualitativos lo que ayudara a tener un panorama más amplio del progreso que vayamos alcanzando a lo largo de la realización del proyecto. Se realizan dos cuestionarios para la recopilación de información la cual nos permite obtener un diagnóstico acerca de cuál es el conocimiento que existe de la metodología de las 5s en la organización.

#### **Cuestionario Diagnóstico.**

**Tabla 1**  
*Cuestionario de Diagnostico*

<i>Pregunta</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
<i>1 ¿Conoce usted el término Gestión de calidad?</i>		
<i>2 ¿Considera que la gestión de calidad ayuda a alcanzar los objetivos y metas trazadas por su empresa?</i>		
<i>3 ¿Su empresa cuenta con un sistema de gestión de calidad?</i>		
<i>4 ¿Usted considera importante implementar un sistema de gestión de calidad?</i>		
<b>5's</b>		
<i>5 ¿Conoce la definición de las 5S?</i>		
<i>6 ¿En el área de trabajo, se realiza inventarios de los elementos necesarios, se clasifican u organizan los elementos que se usan con frecuencia, pocas veces o los que nunca usa?</i>		
<i>7 ¿Se ubican con facilidad los materiales, documentos y herramientas para cumplir con el desempeño de sus labores?</i>		
<i>8 ¿En su lugar de trabajo, se establecen reglas para la eliminación de desperdicios?</i>		
<i>9 ¿En su área de trabajo, posee el hábito de limpiar?</i>		
<i>10 ¿En su lugar de trabajo otorgan incentivos hacia los colaboradores por cumplir con las responsabilidades y tareas asignadas siguiendo a cabalidad las reglas de limpieza establecidas en cada una de sus áreas?</i>		
<b>Comentarios:</b>		

*Gracias por la atención y tiempo prestado.*

**Nota:** (Este cuestionario fue dirigido a los jefes de área encargados que laboran en las areas donde se implementó la metodología de las 5's dentro de la organización donde se llevó a cabo este proyecto)

**Cuestionario Diagnóstico.**

**Tabla 2**

*Cuestionario de Diagnostico 2*

<i>Pregunta</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
<i>1. ¿Conoce usted la Metodología 5's?</i>		
<i>2. ¿En su trabajo actual se aplica la Metodología 5's?</i>		
<i>3. ¿Existen medidas adecuadas para asegurar el orden y limpieza en el área de trabajo?</i>		
<i>4. ¿Hay espacio valioso ocupado por elementos indeseados o que no se usan?</i>		
<i>5. ¿Considera que el ambiente de trabajo en el que se desenvuelve es agradable?</i>		
<i>6. ¿Considera que en su área de trabajo los procesos se realizan con calidad?</i>		
<i>7. ¿Está informado de las ventajas que tiene la implementación de estrategias de calidad en su área de trabajo?</i>		
<i>8. ¿Estaría interesado en aplicar esta metodología en sus áreas de trabajo?</i>		
<b>Comentarios:</b>		

*/Por su atención y tiempo prestado Gracias.*

**Nota:** (Este cuestionario fue dirigido a las personas que laboran en las areas donde se implementó la metodología de las 5's dentro de la organización donde se llevó a cabo este proyecto)

**Fases del desarrollo.**

#### **Diagnóstico de las áreas participantes**

1- Cuestionario diagnóstico dentro de las áreas participantes el cual fue dirigido hacia jefes de área y colaboradores de las mismas cuyo objetivo era determinar un diagnóstico del Cómo se encontraban internamente las areas participantes determinando cuáles eran las medidas de seguridad y limpieza que en estas existían y terminando el conocimiento la metodología de dicha metodología por parte de las del personal al cual se aplicó dicho cuestionario.

Difusión de la metodología de las 5's

2- Se diseñó y entrego a cada área participante un manual sobre la Metodología de las 5's, en el cual se da a conocer dicha metodología y el cómo esta debe ser aplicada.

### Implementación de la metodología

3- Se implementó dentro de las áreas piloto la metodología de las 5's para conocer los beneficios que esta metodología conlleva.

4- Con este ejercicio de implementación de la metodología dentro de las áreas participantes se recuperaron espacios importantes ocupados por elementos no necesarios, se determinaron espacios estratégicos para acomodar y organizar las herramientas que los colaboradores utilizan en sus actividades diarias, lo cual nos permitió tener un mayor control sobre las mismas y así mismo reducir tiempos en su búsqueda.

### Evaluación de la implementación

5- Se planeo que existirían evaluaciones periódicas dentro de las áreas participantes las cuales ayudaran a mantener los avances logrados con las 3 primeras S con esto se busca promover que los colaboradores y todo el personal en BMK se involucre en este cambio.

6- Se acordó que para los colaboradores de nuevo ingreso la formación de la metodología de las 5's sería parte de su capacitación inicial con el objetivo de que no se les dificulte adaptarse a la forma de trabajo.

### CONCLUSIONES.

A lo largo de este periodo de tiempo en el cual se ha desarrollado este proyecto se han podido observar los siguientes resultados dentro de las áreas de BMK participantes las cuáles son el área de producción e impresión respectivamente.

Estas áreas piloto han demostrado que la correcta aplicación y el conocimiento de la metodología de las 5's ha originado un cambio positivo dentro de las mismas

- Al aplicar el cuestionario diagnostico se pudo determinar la situación en la que se encontraban las áreas participantes en este proyecto.
- Analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de las áreas de trabajo, para evaluar la capacidad de respuesta de las mismas ante el proyecto de la metodología propuesta.
- Se sigue trabajando en mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo, generando un adecuado el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia, en consecuencia, la calidad y la productividad de la organización.
- Se busca generar una cultura de calidad en el sitio de trabajo que incluya disciplina, constancia, compromiso permanente en la implementación y mantenimiento de la metodología 5's

En conclusión, según el trabajo realizado hasta el momento se a podido comprobar que llevando a cabo la correcta aplicación de la metodología de las 5's se obtienen grandes mejoras en el área laboral puesto que brinda una mejor organización aumentando el desempeño laboral, así como facilitando la ejecución de las labores cotidianas que se realizan dentro de BMK manteniendo los avances que hemos alcanzado hasta el momento.

Según lo realizado dentro de las áreas participantes de BMK se a podido comprobar que la metodología de las 5's brinda un soporte y mejor manejo en el desempeño laboral facilitando la organización y funcionamiento de las labores dentro de las áreas donde se ha puesto en marcha la metodología ; por lo que según lo realizado esta metodología es idónea para cualquier departamento dentro de la organización pues ahorra tiempo, recupera espacios ocupados por elementos no necesarios y brindando a las áreas de trabajo las condiciones necesarias y adecuadas para que personal labores en un clima de trabajo amigable lo cual contribuye a encaminar a la organización hacia un crecimiento enfocado a la mejora continua lo que a su vez busca incrementar la calidad que BMK ofrece en sus productos.

Cabe mencionar que esta metodología busca generar un cambio de mentalidad tanto individual como de trabajo en conjunto para sacarle el mayor provecho y funcionalidad a este sistema dicho cambio necesita tiempo y dedicación por parte de todo el personal involucrado para verse reflejado y así obtener una mejora continua.

### REFERENCIAS.

- (Hirano, H. (1988.). *JIT Factory Revolution: A Pictorial Guide to Factory Design of the Future.*)
- (Womack JP, J. D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production.* New York: Harper Collins;
- Dávila, A. (2015.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- González. (1996).
- Gutiérrez Garza, G. (2000.). *Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones. Quinta edición.* Monterrey, Nuevo León, México, Ediciones Castillo S. A. de C. V.
- J., V. (2011). *Fundamentos del Lean Manufacturing.* Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- K., (. (2015). *Diseño de una metodología que relaciona las técnicas de manufactura esbelta con la gestión de la innovación: Una investigación en el sector de confecciones.* Universidad y Empresa.). Cartagena (Colombia).
- Maynard., K. H. (septiembre de 2001.). *Manual del Ingeniero Industrial. Tomo II. Cuarta edición.* México: Mac Graw Hill.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso.* Marge Bocks.
- T., O. (2000; 1991.). *El sistema de producción Toyota: Más allá de la producción a gran escala. 3ª ed.* Barcelona: Gestión.
- Tedie, T. y. (2014).
- What is 5S.* (25 de abril de 2021). Obtenido de <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>
- Wilches MJ, C. J. (2013). *Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina.* Dimens Empres

# Enseñanza virtual en alumnos-maestros de Licenciatura en Educación durante pandemia

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.672

Esmeralda Santos Martínez<sup>1</sup>, Blanca Lilia Ramos González<sup>2</sup>, Maryvel Vargas Aquino<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UJAT / [esmeraldasantosmartinez33@gmail.com](mailto:esmeraldasantosmartinez33@gmail.com)

<sup>2</sup> [UJAT/blanca.ramos@ujat.mx](mailto:UJAT/blanca.ramos@ujat.mx)

<sup>3</sup> [UJAT/maryvel.vargas@ujat.mx](mailto:UJAT/maryvel.vargas@ujat.mx)

**Línea de investigación:** Tic en la educación

## Resumen

Esta investigación trata sobre el impacto y repercusiones de los alumnos y maestros en los entornos virtuales de la Licenciatura Ciencias de la Educación, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco al momento de llevar a cabo su aprendizaje y enseñanza y las posibles consecuencias derivadas a los entornos virtuales. Por ello este trabajo habla sobre los aspectos académicos, de modalidad virtual, pues fueron uno de los ámbitos que más afectaron en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ende, en esta presente investigación tiene como objetivo explicar cómo fue el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos de Ciencias de la Educación durante la pandemia (2021-2022); Y es por tal motivo que se plantea una metodología de paradigma cuantitativo y con un diseño de investigación ex post facto donde se derivó una población de 100 alumnos de octavo y noveno semestre y 50 maestros de nivel superior de la licenciatura Ciencias de la Educación y donde los resultados que se obtuvieron fue de que el 55% de los estudiantes algunas veces tenían pérdida de conectividad mientras recibían sus clases virtuales y tan solo el 4% nunca tenía pérdida de conectividad, mientras tanto por parte de los docentes solo el 35% rara vez se les iba el internet. Por ello a los resultados obtenidos se concluye que el ámbito que más afectó a los alumnos fue la falta de cobertura por lo que trajo consigo un bajo rendimiento académico y esto provocó a los alumnos ansiedad, estrés e inestabilidad emocional trayendo consigo baja definitiva.

*Palabras clave:* Aprendizaje, Consecuencias, Dificultades, Enseñanza, Repercusiones

## Abstract

This research deals with the impact and repercussions of students and teachers in the virtual environments of the Bachelor of Education Sciences, of the Juárez Autonomous University of Tabasco when carrying out their learning and teaching and the possible consequences derived from the environments. virtual. For this reason, this work talks about the academic aspects, in a virtual modality, since they were one of the areas that most affected the teaching-learning process. Therefore, in this present investigation, the objective is to explain how the teaching-learning process of Education Science students during the pandemic (2021-2022); And it is for this reason that a quantitative paradigm methodology is proposed with an ex post facto research design where a population of 100 eighth and ninth semester students and 50 higher level teachers of the Education Sciences degree were derived and where The results that were obtained were that 55% of the students sometimes had a loss of connectivity while receiving their virtual classes and only 4% never had a loss of connectivity, meanwhile on the part of the teachers only 35% rarely the internet was going away. Therefore, from the results obtained, it is concluded that the area that most affected the students was the lack of coverage, which brought with it low academic performance and this caused the students anxiety, stress and emotional instability, bringing with it definitive discharge.

*Keywords:* Learning, Consequences, Difficulties, Teaching, Repercussions



## INTRODUCCIÓN

Hablar de las consecuencias que origino la pandemia durante los años 2020- 2021 en la educación virtual y a distancia en el aprendizaje de los estudiantes no es un hecho reciente. pero más, Sin embargo, la pandemia generada por el COVID19 obligo el cierre de las escuelas tanto a nivel básicos como a nivel superior y esto afecto a cerca de 1.600 millones de niños, adolescentes y jóvenes estudiantes de todas las edades y en todos los países a nivel mundial (IESALC-UNESCO, 2020) Y esto ocasiono repercusiones inmediatas de aprendizaje como de enseñanza por parte de los maestros y esto debido a que repentinamente se vieron obligados a entrar a entornos totalmente virtuales por lo cual tanto maestros como estudiantes no estaban totalmente capacitados para utilizar las plataformas virtuales. En ese contexto, la presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la licenciatura en Ciencias de la Educación es por ello que se busca analizar cuáles fueron las repercusiones que tuvieron los estudiantes en el momento de su aprendizaje y las posibles consecuencias derivadas en el entorno virtual y las dificultades que se le presentaron al alumno para no poder llevar sus clases de forma pacífica al momento de tomar sus clases en línea por ende en esta investigación se busca identificar cuales fueron esas problemáticas que presentaron los alumnos en su proceso de aprendizaje que se vieron afectados con distintos factores los cuales se describen en termino de problema. Y sobre todo saber cuál era el motivo que este no le generaba un aprendizaje y saber cuál ha sido la razón causal de este acontecimiento que ha estado y sigue perjudicando a muchos estudiantes de la licenciatura en Ciencias de la educación y sobre todo cuales son los medios de aprendizaje que utilizaban para sobrellevar sus clases virtuales. En especial son muchos los autores que han estudiado cuales son los problemas más comunes que enfrentan los estudiantes en el aprendizaje virtual por esta razón Nodo Universitario (2019) redacta que los problemas más comunes que enfrentan los estudiantes son: el aumento en la carga cognitiva, la falta de apoyo para el aprendizaje en línea como instrucciones de uso insuficiente o poco claros, La falta de evaluaciones y ejercicios que permiten a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en formas variadas y desafiantes, Uso de materiales no diseñados que impacten en el aprendizaje del alumno o materiales poco llamativas que no contengan ninguna acción en la pantalla y todo esto hace que sea aburrido para los alumnos y hace que la calidad del curso sea mediocre pero más sin embargo hubo muchas repercusiones que afectaban no solo a los estudiantes sino también a docentes y administrativos en no saber utilizar las plataformas virtuales por lo que el 35% de la población encuestada no tenía dominio en las plataformas virtuales y el otro 35 % si sabía utilizar plataformas virtuales como: zoom, Microsoft Teams y Meet .

## DESARROLLO

Desde la aparición de la pandemia de la SRAS-CoV-2. (COVID-19), han ocurrido cambios drásticos en los hábitos de vida de los seres humanos, como también en la educación universitaria Por ello, muchas de ellas adaptaron sus clases a una modalidad netamente virtual. Lovón, M., & Cisneros, S. (2020). En ese contexto no es ajena a las diversas reformas que obligaron a maestros como estudiantes a prestar atención al cambio repentino de los modos de interacción e interactividad a los que estaban acostumbrados los docentes y los alumnos y estos con los contenidos virtuales. Por otra parte, jamás en la historia se produjo un cierre universal de instalaciones educativas presenciales como en lo sucedido del año (2020-2021) provocada por el SRAS-CoV-2 . Según datos publicadas de la ONU (UN, 2020a), los cierres de los espacios educativos y de aprendizaje han afectado al 94% de la población estudiantil mundial. Sin embargo, hubo muchas repercusiones que afectaban no solo a los estudiantes sino también a docentes y administrativos. En consecuencia, a que uno de los sectores más ampliamente afectados es, sin duda, la educación universitaria. Así, la pandemia del COVID-19 forzó a los centros de educación superior a postergar las clases dictadas presencialmente y a reemplazarlas por semestres netamente virtuales (La República 2020, párr. 1). Es por ello que los alumnos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco no estaban preparados para afrontar los desafíos de la modalidad virtual tanto alumnos como maestros, pues bien, se sabe que no estaban capacitados para entrar de pronto a una modalidad diferente a lo que estaban familiarizados.

Pero más sin embargo una interesante encuesta, 14th Annual Learning Tools Survey, 2020 llevada a cabo después de decretarse el confinamiento y cierre de centros educativos, y republicada el pasado primero de septiembre, nos pone en contexto y mencionaba que las universidades, lo tuvieron y lo tienen más fácil. En primer lugar, porque muchas de ellas ya contaban con plataformas digitales que venían utilizando en algunas fases del desarrollo de su docencia, generalmente presencial. Y, en segundo lugar, porque la edad de los estudiantes hacia más viable una enseñanza/aprendizaje de este corte. (2020, fig 2).

Según lo comentado en la encuesta 14th Annual Learning ¿será cierto que los estudiantes como las universidades tenían más fácil el acceso a las plataformas virtuales? Lo más difícil en estos casos, para los docentes de avanzada edad menos experimentados, fue que se les complicaba el uso de las herramientas tecnológicas que cada estancia universitaria manejara al momento de conectarse y comunicarse con los alumnos para dar sus clases respectivamente virtuales, pues no estaban acostumbrados a esta herramienta tecnológica. Y si bien en algunas universidades si contaban con plataformas digitales es bien sabido que algunos maestros como estudiantes no sabían cómo utilizarla y en algunos casos era muy difícil que los alumnos se conectaran a sus clases virtuales, pues habían muchas repercusiones que afectaban el rendimiento académico y algunas de ellas fueron, la falta de conectividad y la falta de tiempo que hacían que los alumnos no se conectaran constantemente a sus clases ; Pues como es de saberse el SRAS-CoV-2. (COVID-19) trajo consigo enfermedades de un virus mortal pero también trajo desempleo laboral para muchas familias por lo que obligo a muchos estudiantes a trabajar para ayudar en los gastos del hogar. Pues también hubieron otras repercusiones que estuvieron muy presentes en el aprendizaje del estudiante y esta fue las estrategias didácticas que el docente implementaban para dar sus clases pues algunos profesores de la Licenciatura de Ciencias de la Educación no despertaban el interés del alumno haciendo sus clases tediosas ya que esto provocaba estrés

y ansiedad a sus alumnos pues a veces, no sabían explicar bien sus clases como las tareas dejadas en casa, provocando así un bajo rendimiento académico. Y este fue el caso de muchos estudiantes de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco que se vieron obligados a desertar en su carrera universitaria. Y es por ello que Parra asegura que “la tecnología ha tenido una gran influencia a nivel educativo siendo una herramienta útil en los procesos de aprendizaje y se ha convertido en parte de la cotidianidad escolar y es por ello que la educación virtual viene a ser un agente transformador de los procesos de aprendizaje” (2012, p. 145)

Es por ello que, para López de la Madrid, M. C.

El uso de las TIC en las universidades del mundo ha sido uno de los principales factores de inducción al cambio y adaptación a las nuevas formas de hacer y de pensar en los distintos sectores de la sociedad. En el ámbito académico, estas herramientas han facilitado a un gran número de estudiantes el acceso a la información, y han modificado significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje (2007, p.66).

## OBJETIVO GENERAL

Explicar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos de Ciencias de la Educación durante la pandemia (2021-2022)

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los conflictos del uso de las plataformas virtuales durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en los alumnos de ciencias de la educación de la Ujat
- Identificar el factor que más influyó en el bajo rendimiento escolar de los estudiantes de ciencias de la educación durante la pandemia (2021-2022)
- Demostrar si la falta de cobertura y el lugar geográfico predominó en el proceso de enseñanza- aprendizaje de los alumnos de Ciencias de la educación

## OBJETO DE ESTUDIO

Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco que está integrada por 12 divisiones en lo cual una de ellas está integrada la División Académica de Educación y Artes (DAEA) y esta cuenta con cuatro áreas de formación académica las cuales; Son:

- Lic. en Idiomas,
- Lic. Comunicación
- Licenciatura en Ciencias de la Educación
- Lic. Promoción de la Cultura,
- Técnicos superiores Universitario en Música

Y es ahí donde nuestra investigación fue centrada; En esta licenciatura hay un total de (96) maestros y (840) alumnos. Es por ello que para la investigación se encuestaron a (100) alumnos en total donde se tomaron en cuenta los alumnos de Octavo y Noveno semestre, donde (35) eran hombres y (65) mujeres de edades diferentes de aproximadamente 21 a los 25 años, tanto del turno Matutino como Vespertino. Y 50 docentes con diferentes grados de estudio y diferentes edades. Es por eso que los motivos que nos llevaron a investigar este tema es porque queríamos profundizar las dificultades que se le presentaron al alumno para no poder ingresar a sus clases por medio virtual y queríamos saber cuál ha sido la razón causal de este acontecimiento que ha estado y sigue perjudicando a muchos estudiantes y sobre todo cuales son los medios de aprendizaje que utilizaban para sobrellevar sus clases virtuales. Y así poder proporcionar al alumno de la licenciatura de Ciencias de la Educación una solución a su problema causal y así este Alumno permitirá resolver sus problemas prácticos y de este modo se beneficiará aprendiendo cada día más sobre esta nueva modalidad virtual y sobre todo perfeccionar los planes de aprendizaje que este conlleva utilizar nuevos medios de comunicación y también los nuevos medios para seguir aprendiendo.

**Tabla 1**

*Genero de los alumnos*

Variable	Frecuencia	Porcentaje
<b>Femenino</b>	65	65%
<b>Masculino</b>	35	35%
<b>Total</b>	100	100%

Nota: Obtenido con SPSS.

En esta tabla No. 1 se muestra que la población encuestada por parte de los alumnos es femenina con un porcentaje del 65% y que la población masculina de los estudiantes de octavo y noveno semestre es masculina con un valor de 35%.

**Tabla 2**  
*Genero de los docentes*

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Femenino</b>	<b>15</b>	<b>75%</b>
<b>Masculino</b>	<b>5</b>	<b>25%</b>
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

Como se puede apreciar en la tabla 1 en las encuestas respondidas por los Docentes de la Lic. En Ciencias de la Educación el 75% de la población son del género Femenino y solo el 25% es de género masculino

**Tabla 3**  
*Semestre*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Octavo</b>	<b>73</b>	<b>73%</b>
<b>Noveno</b>	<b>27</b>	<b>27%</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

En esta tabla no.3 se visualiza que los alumnos de octavo semestre son la población más encuestada con un porcentaje de 73% y que en noveno semestre solo hay un 27% de los estudiantes.

**Tabla 4**  
*Ultimo grado de los docentes*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<i>Maestría</i>	10	50%
<i>Doctorado</i>	6	30%
<i>Posdoctorado</i>	4	20%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

En esta tabla N°4 la mayoría de los docentes encuestados con un último grado de estudio siendo la maestría el porcentaje más alto con un 50% después el doctorado con un porcentaje del 30% y por último el posdoctorado con un 20% de niveles de estudios que los docentes de la Licenciatura Ciencias de la Educación han alcanzado.

**Tabla 5**  
*Edad de los estudiantes encuestados*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>21</b>	<b>53</b>	<b>53%</b>
<b>22</b>	<b>25</b>	<b>25%</b>
<b>23</b>	<b>17</b>	<b>17%</b>
<b>24</b>	<b>4</b>	<b>4%</b>
<b>25</b>	<b>1</b>	<b>1%</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

En esta tabla N°5 se logra apreciar que la edad que más predomina por los encuestados son los de 21 años con un porcentaje de 53%; y que la edad menos resaltada es los 25 años.

**Tabla 6**  
*Edad de los docentes encuestados*

Edad	Frecuencia	Porcentaje
33	2	10.0
39	1	5.0
40	1	5.0
45	2	10.0
46	1	5.0
47	1	5.0
48	1	5.0
49	4	20.0
50	1	5.0
52	1	5.0
53	1	5.0
58	2	10.0
60	1	5.0
Ninguno	1	5.0
Total	20	100%

En la tabla N°6 se logra visualizar las edades de los docentes encuestados de la Licenciatura de Ciencias de la educación teniendo el porcentaje más alto del 20% con una edad de 49 siendo estas las edades más predominantes de esta licenciatura.

## **METODOLOGÍA**

Este trabajo de investigación se basa en un esquema de paradigma Cuantitativo. Porque según Fernández y Baptista nos dice “que el paradigma de investigación cuantitativa utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y así probar hipótesis establecidas previamente y establecer con exactitud, patrones de comportamiento en una población” (2003, pag.69) y es por eso que este paradigma busca explicar, predecir, controlar los fenómenos ya que este identifica causas reales y por lo cual esta investigación también es de tipo *expost-facto* “porque parte de acontecimientos ya realizados y por lo tanto sus datos tienen fundamentos en hechos ya cumplidos” (Hernández Sampieri, 2014,p.10) por ende siendo el paradigma cuantitativo tiene un enfoque empírico analítico porque se basa en la lógica empírica junto con la observación de fenómenos y sus análisis estadísticos. Se utilizó la técnica de recolección de datos como encuestas, a fin de indagar más a fondo esta problemática social. Todo esto, con el propósito de obtener datos estadísticos de la muestra evaluada y así realizar una exploración de los resultados y cumplir con los objetivos planteados

## **FASES DE DESARROLLO**

Con la llegada de la tecnología ha cambiado radicalmente el área de la educación y principalmente a los estudiantes notablemente, ha cambiado tanto la forma de enseñar como la forma de aprender y por supuesto el rol del maestro y del estudiante, al mismo tiempo que cambian los objetivos formativos para los alumnos dado que estos tendrán que formarse con esta nueva modalidad virtual, además el docente tendrá que cambiar sus estrategias de comunicación y asumir su función de facilitador del aprendizaje de los alumnos en entornos cooperativos ya que no es fácil practicar una enseñanza de las TIC que resuelva todos los problemas que se presentan, pero hay que tratar de desarrollar sistemas de enseñanza para que los alumnos que no están acostumbrados a usar esta nueva modalidad virtual ayudarlos a proporcionar una solución a su problema causal y así los Alumnos permitirán resolver sus problemas prácticos y de este modo se beneficiarán aprendiendo cada día más sobre esta nueva modalidad virtual y sobre todo perfeccionar los planes de aprendizaje que este conlleva Y así utilizar nuevos medios de comunicación y también los nuevos medios para seguir aprendiendo.

Esto debido a que el impacto de las Tic se vincula en la razón de ser de cualquier institución educativa que son los estudiantes y que desafortunadamente las Tic en la parte de redes sociales tiende a bajar su rendimiento escolar o hasta desertar como lo menciona (Sosa, Ramos y Hernández 2020), Donde se le cuestionan respecto al abandono de actividades académicas por las redes sociales un 64% responden que si han abandonado sus actividades, de aquí la importancia de la práctica docente en las estrategias académicas para su impartición de clases durante la pandemia. Aunado a ello la pandemia nos enseñó a trabajar plataformas digitales para poder continuar con los procesos formativos. Y es por eso que se toma en cuenta cada uno de los ámbitos que se vieron involucrados en el proceso de enseñanza- aprendizaje de los alumnos, como de maestros de Ciencias de la Educación. Por tal motivo es que posteriormente se ven incluidas una de las repercusiones más sonadas fue: el ámbito, escolar y evaluativa ya que estas, se vieron incluidas en la enseñanza

tanto como en el aprendizaje de los docentes como estudiantes. Así pues, en estos ámbitos se vieron incluidas diversas plataformas que influyeron radicalmente para la conectividad de sus clases virtuales las cuales son las plataformas indispensables que utilizaron los docentes tanto como los alumnos de la universidad Juárez autónoma de Tabasco como son: las Plataformas de Microsoft Teams. Por lo tanto, esta herramienta fue utilizada a nivel nacional en la cual se entregaban actividades y se conectaban a videoconferencias, como también a clases virtuales, foros, simposio. WhatsApp, Meet, Zoom, Skype. Por lo cual algunos docentes ya habían utilizado esta herramienta tecnológica, pero la otra parte de los docentes no estaban familiarizadas con ellas, por lo que, tuvieron que llevar capacitaciones para usar estas plataformas virtuales y así poder impartir sus clases. Por ello también se vio la necesidad de preguntar qué distractores presentaban los alumnos y los tipos de evaluación que aplicaban los docentes y que tan bien los aplicaban hacia sus alumnos de la Licenciatura Ciencias de la Educación y si durante la pandemia el alumno sufrió de ansiedad o estrés causado por las clases virtuales, como otras preguntas que entran en este ámbito; Por ende, en las siguientes tablas se mostrarán encuestas que se le realizaron a los docentes como a los estudiantes en el ámbito escolar y evaluativo como los recursos que utilizaban para aplicar exámenes y como fue el rendimiento académico de cada uno de sus estudiantes durante la pandemia del SRAS-CoV-2 (COVID 19). Y es por ello que en ese mismo contexto el autor

Benedito menciona que la Didáctica, está en camino de ser una ciencia y tecnología que se construye desde la teoría y la práctica, en ambientes organizados de relación y comunicación intencional, donde se desarrollan procesos de enseñanza y aprendizaje para la formación del alumno. (1987, p.23).

Pues como bien se sabe la tecnología facilita y ayuda a los profesores en la adquisición de indagar más sobre sus temas de clases y que este tenga más elementos de información tanto como para los maestros como para los alumnos.

### ÁMBITO ESCOLAR

En esta parte se presenta lo que el ámbito escolar desde las repercusiones que se le presentaron al alumno sobre su rendimiento académico y los ruidos exteriores que hacían que el alumno se distrajera muy a menudo en sus clases por usar las redes sociales y otro factor que se vio mucho en el ámbito escolar fue la falta de motivación del docente porque se podía notar en algunos casos que el docente no estimulaba a asistir a sus clases e incluso eran monótonas, tediosas, e incluso sin estética; así como también se presentaban maestros que no estaban lo suficientemente capacitados para esta nueva modalidad virtual y había casos en los cuales no se conectaban por esta falta de capacitación por parte del maestro; otra de las cuestiones muy fundamental que se presentaba en el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte de los maestros era la falta de empatía hacia los alumnos ya que por los distintos motivos de conectividad por parte de los alumnos que no se podían conectar no había esta comprensión por parte del docente; por otra parte se presenta lo que es el exceso de tareas la cual esta, hacía que el alumno se saturara de muchas asignaciones lo que hacía que los alumnos solo cumplieran con la responsabilidad de entregar en tiempo y forma dejando de lado el objetivo de la tarea. Y esto provocaba en el alumno una carencia de aprendizaje significativo porque debido a la alta carga académica no había este proceso de asimilación-acomodación de los nuevos conocimientos actuales y todo esto por la falta de organización en la planeación didáctica por parte del docente. En esta misma área también se presentan los

### ÁMBITOS EVALUATIVOS

Y en este ámbito se ven involucrados la manera que el docente evaluaba los parciales de los estudiantes y también saber cuáles eran las plataformas que utilizaban los docentes para evaluar a sus alumnos los tipos de evaluación que aplicaba a la hora de evaluar y los tipos de técnicas que aplicaba durante sus clases virtuales y en el caso de los estudiantes se les pidió que calificaran la manera de evaluar de los docente para así saber si las técnicas evaluativas que aplicaban los maestros a la hora de evaluar los parciales durante las clases virtuales eran las correctas y saber si a final del semestre el profesor hacía una retroalimentación sobre su desempeño escolar.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la validación del instrumento abordado donde se realizaron 11 preguntas a los alumnos de octavo y noveno semestre y 8 preguntas a los docentes de la licenciatura de Ciencias de la educación donde fueron cuestionamientos de opción múltiple de acuerdo al instrumento de recolección de datos obtenidos por cada uno de los informantes de docentes como alumnos que contesto cada una de las preguntas asignadas. De acuerdo al instrumento de investigación utilizado, en la pregunta numero 1 donde se hace la siguiente pregunta

### ÁMBITO ESCOLAR DE LOS DOCENTES

**Tabla 7**

*Motivación hacia sus alumnos*

Validación	Frecuencia	Porcentaje
Platicas	2	10%
Actividades de motivación	4	20%
Clases dinámicas	13	65%
Con ejercicios de respuesta cortas	1	5%
Total	20	100%



En esta tabla se les pregunto a los docentes ¿Cómo motivaba a sus alumnos durante la pandemia? por lo que se muestra que el 65% de la población docente motivaba a sus alumnos con clases dinámicas y el 20% con actividades de motivación y el 10% con platicas motivacionales y que solo el 5% los motivaba con ejercicios de respuestas cortas

**Tabla 8**

*Frecuencia de empatía*

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Frecuentemente</b>	15	75%
<b>Ocasionalmente</b>	3	15%
<b>Rara vez</b>	2	10%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

En la tabla N°8 se muestra con qué frecuencia era empático el docente con sus alumnos por lo que se puede ver que el 75% de los docentes mostraron que frecuentemente era empático con sus alumnos y el 15% en ocasiones y que solo el 10% rara vez era empático con los alumnos de la Licenciatura de Ciencias de la Educación.

**Tabla 9**

*Rendimiento académico virtual y presencial*

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Totalmente de acuerdo	5	25%
Parcialmente de acuerdo	7	35%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	7	35%
desacuerdo	1	5%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

Se presenta que el 35% de la población docente se encuentran parcialmente de acuerdo que el rendimiento académico de sus alumnos fue el mismo en presencial que en el virtual tomando en cuenta que el otro 35% no se encuentran ni de acuerdo ni en desacuerdo con que el rendimiento académico fuera el mismo que en virtual que el presencial.

**Tabla 10**

*Distractores percibidos en los alumnos*

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Ruidos externos</b>	7	35%
<b>Cansancio</b>	5	25%
<b>Labores del hogar</b>	3	15%
<b>Otros</b>	4	20%
<b>Usos de redes sociales</b>	1	5%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

En esta tabla N°10 se muestra que el 35% de los docentes encuestados afirman que uno de los mayores distractores percibidos en los estudiantes fueron los ruidos externos y solo el 5% de los docentes percibieron como distracción el uso de las redes sociales.

## ÁMBITO ESCOLAR DE LOS ALUMNOS

**Tabla 11**

*Consideración en el rendimiento académico*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Excelente</b>	25	25%
<b>Bueno</b>	41	41%
<b>Regular</b>	28	28%
<b>Malo</b>	6	6%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

Se muestra que el 41% de la población estudiantil encuestada eligió que fue bueno su rendimiento académico durante la pandemia, el 28% fue regular y el 25% de los alumnos contesto que durante la pandemia de las clases virtuales tuvo un excelente rendimiento académico pero un 6% dijo que fue malo su rendimiento académico virtual.

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Frecuentemente</b>	51	51%
<b>Ocasionalmente</b>	32	32%
<b>Rara vez</b>	15	15%
<b>Nunca</b>	2	2%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

**Tabla 12**  
*Frecuencia de ruidos exteriores*

En esta tabla No.12 se muestran los resultados a la pregunta ¿con que frecuencia se escuchaban los ruidos exteriores durante tus clases virtuales? Donde los estudiantes contestaron que frecuentemente se escuchaban los ruidos exteriores con un porcentaje de 51% y solo el 2% agrego que nunca tuvo problemas durante clases virtuales por ruidos exteriores.

**Tabla 13**  
*Redacción de tareas*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Todo el tiempo</b>	13	13%
<b>Algunas veces</b>	69	69%
<b>Pocas veces</b>	13	13%
<b>Nunca</b>	5	5%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

En esta tabla No. 13 contestaron con que el 69% de algunas veces contaba con una buena redacción de tareas y el 13% eran las pocas veces que hacían una buena redacción de las tareas y solo el 5% de la población estudiantil contestaron que los docentes nunca hacían una buena redacción al momento de dejar una tarea es decir nunca explicaban bien las tareas dejadas en casa.

**Tabla 14**  
*Complicaciones de tareas asignadas*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Muy faciles</b>	10	10%
<b>Faciles</b>	19	19%
<b>Regulares</b>	65	65%
<b>Muy dificiles</b>	6	6%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>

En esta tabla No.14 se presenta que el 65% de la población estudiantil menciona que con regularidad eran complicadas las tareas asignadas por el docente y solo el 6% menciona que eran muy difíciles las tareas dejadas por el profesor presentando así el mayor y el menor porcentaje.

**Tabla 15**  
*El profesor manifestaba una buena actitud*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Todo el tiempo</b>	12	12%
<b>Algunas veces</b>	66	66%
<b>Muy pocas veces</b>	20	20%
<b>Nunca</b>	2	2%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>

En la tabla No.15 el 66% de la población estudiantil nos menciona que los profesores algunas veces mostraban una buena actitud durante las clases virtuales mientras y el 20% de los docentes muy pocas veces y el 12% todo el tiempo manifestaba una buena actitud durante las clases virtuales y que solo el 2% menciona que nunca mostraban una buena actitud.

**Tabla 16***Importancia de la red de internet en su proceso de aprendizaje*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Muy importante</b>	66	66%
<b>Relativamente importante</b>	27	27%
<b>Poco importante</b>	7	7%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

En la tabla 16 se logra visualizar que el 66% de la población estudiantil muestra que fue muy importante la red de internet en la influencia de su proceso de aprendizaje mientras el 27% nos dice que fue relativamente importante mientras que solo el 7% menciona que fue de poca importancia

## ÁMBITO EVALUATIVO DE LOS DOCENTE

**Tabla 17***Adecuaciones a su planeación*

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Frecuentemente</b>	13	65%
<b>Ocasionalmente</b>	4	20%
<b>Rara vez</b>	2	10%
<b>Nunca</b>	1	5%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

De acuerdo a los datos del porcentaje el 65% de los docentes realizo adecuaciones con mucha frecuencia a su planeación virtual y solo el 20% de profesores hizo adecuaciones a su planeación y que el 10% de los docentes rara vez realizaba adecuaciones a su planeación y el 5% nunca realizaron ninguna modificación a sus planeaciones durante la pandemia.

**Tabla 18***Tipo de evaluación*

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<i>Formativa</i>	7	35%
<i>Sumativa</i>	9	45%
<i>Autoevaluación</i>	2	10%
<i>Todas</i>	2	10%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

En la tabla número 18 los profesores aplicaban evaluaciones sumativas con un porcentaje del 45% y que solo el 35% de los docentes aplicaban evaluaciones formativas, y el 10% aplicaban todos los tipos de evaluaciones anteriores.

**Tabla 19***Plataformas para aplicar examen*

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Meet	3	15%
Microsft teams	12	60%
Zoom	2	10%
Otros	3	15%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

Los docentes encuestados que aplicaban exámenes utilizaban la plataforma de Microsoft Teams siendo este la mayoría de los docentes que utilizaba esta plataforma siendo este el 60% mientras que el 15% del resto de los docentes utilizo Meet y otras plataformas y el otro 10 % utilizaba zoom

**Tabla 20***Técnicas durante las clases virtuales*

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Interactividad</b>	4	20%
<b>Multimedia</b>	8	40%
<b>Actividades</b>	7	35%
<b>Otros</b>	1	5%
<b>Interactividad</b>	4	20%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

Se logra apreciar que el 40% de los docentes utilizaba las técnicas de multimedia y el 35% de los docentes utilizaba las actividades como técnicas durante clases virtuales y solo el 20% de los encuestados utilizaban la técnica de interactividad con sus alumnos.

### ÁMBITO EVALUATIVO SEGÚN LOS ALUMNOS

**Tabla 21***Forma de evaluar a los docentes*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Excelente</b>	10	10%
<b>Bueno</b>	46	46%
<b>Regular</b>	42	42%
<b>Malo</b>	2	2%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

En la tabla No.21 se muestra que tan solo el 46% de la población estudiantil encuestadas dice que la forma de evaluar de los docentes era buena más sin embargo el 42% de los alumnos contestó que era regular la forma de evaluar de los docentes y el 10% tenía una excelente manera de evaluar y solo el 2% optó por una mala forma de evaluar por parte de los docentes.

**Tabla 22***Retroalimentación de desempeño*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Todo el tiempo</b>	11	11%
<b>Algunas veces</b>	49	49%
<b>Muy pocas veces</b>	35	35%
<b>Nunca</b>	5	5%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

En la tabla No.22 según los resultados del 49% algunas veces se recibía retroalimentación por parte de los docentes y solo el 35% menciona que muy pocas veces se recibía una retroalimentación de desempeño por parte de los docentes y solo el 5% nunca recibía ninguna retroalimentación.

**Tabla 23***¿Qué tipo de evaluación aplicaba el docente?**Formativa*

<b>Validación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	33	33%
<b>No</b>	65	65%
<b>3,0</b>	1	1%
<b>4,0</b>	1	1%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

**Tabla 24***Sumativa*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	49	49%
<b>No</b>	51	51%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>

**Tabla 25***Autoevaluación*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	30	30%
<b>No</b>	70	70%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

**Tabla 26***Coevaluación*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	18	18%
<b>No</b>	82	82%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>

En las tablas anteriores se muestra un valor del 65% que los maestros no aplicaban una evaluación formativa, mientras que en la tabla número 24 con un valor de 51% tampoco aplicaba una evaluación de tipo sumativa pero el 41% de la población estudiantil menciona que si aplicaban este tipo de evaluación y seguidamente en la tabla 25 con un valor del 70% los maestros no aplicaban autoevaluación, y por último la tabla numero 26 el 82% menciona que los docentes no aplicaban este tipo de evaluaciones durante las clases virtuales teniendo la conclusión que el tipo de evaluación que más utilizaban los docentes era del tipo sumativa

**Tabla 27***Ansiedad o estrés durante las clases virtuales*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Frecuentemente	4	35%
Ocasionalmente	3	20%
Rara vez	6	30%
Nunca	7	15%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

En la tabla 27 de acuerdo a los resultados obtenidos solo el 35% de los alumnos encuestados con frecuencia presento estrés o ansiedad durante sus clases virtuales y el 30% de los alumnos era rara vez que sufría ansiedad o estrés durante las clases virtuales y el 20% en ocasiones sufría ansiedad o estrés y el 15% nunca padeció estos acontecimientos durante las clases virtuales.

**Tabla 28***Frecuencia de labor domestica*

<b>Variable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Todo el tiempo</b>	45	45%
<b>Algunas veces</b>	37	37%
<b>Muy pocas veces</b>	14	14%
<b>Nunca</b>	4	4%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>



En la tabla No.28 se muestra que el 45% de los estudiantes todo el tiempo estaban haciendo una labor doméstica en sus casas y solo el 4% de la población estudiantil muestra que nunca los mandaban hacer tareas en el hogar.

## CONCLUSIÓN

La enorme incertidumbre que trajo consigo el año 2020-2021 y con ello las decadencias del aprendizaje virtual que se llevó a cabo por causa de la pandemia que se vivió en el transcurso de esos años fue uno de los sucesos más impactantes que afrontó el sistema educativo y con ello muchas repercusiones que afectaron el proceso de enseñanza aprendizaje de los alumnos como de maestros. Es por ello que de acuerdo al instrumento de evaluación que se le presentó a los estudiantes como a los docentes podemos concluir como primer lugar que la red de internet fue muy importante en la influencia del proceso de aprendizaje de los alumnos y que la manera de evaluar del docentes según los alumnos encuestados eran buenas por que utilizaban actividades como técnicas durante las clases virtuales y esto hizo que el rendimiento académico del alumno fuera bueno pero sin embargo hubieron factores como la ansiedad y el estrés y las labores domésticas que perjudicaron a algunos alumnos por ejemplo el ruido de los distintos servicios públicos, animales domésticos, conversaciones ajenas al estudio que afectaban en el ámbito académico de los alumnos. Asimismo, se ve involucrado un factor en la cual eran las reuniones de familiares y amigos ya que también era un punto en el cual el alumno se iba a fiestas, y a pequeños convivios en el cual no se veía esa participación activa en clases como en las tareas; el resultado de un bajo rendimiento académico por parte de algunos alumnos lo que los llevaba a repetir la materia

## REFERENCIAS

- Ángel-Pio González soto ( Octubre 203) Formación basada en las tecnologías de la información y comunicación: Análisis didáctico del proceso de enseñanza aprendizaje [file:///C:/Users/Admin/Downloads/Etesis\\_1.pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/Etesis_1.pdf) (parr. 23)
- García Aretio, L. (2021). COVID-19 y educación a distancia digital: preconfinamiento, confinamiento y posconfinamiento. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 24(1), pp. 09-32. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.28080>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014) . Metodología de la Investigación. 6ª. ed. México, McGraw-Hill.
- Hernández, Fernández y Baptista (2003). Metodología de la Investigación. Tercera Edición. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- IESALC-UNESCO (2020). El coronavirus-19 y la educación superior: impacto y recomendaciones. <https://cutt.ly/xdHJuhK>
- López de la Madrid, M. C., (2007). Uso de las TIC en la educación superior de México. Un estudio de caso. Apertura, 7(7), 63-81.
- Lovón, M., & Cisneros, S. (2020). Repercusiones de las clases virtuales en los estudiantes universitarios en el contexto de la cuarentena por COVID-19: El caso de la PUCP. Propósitos y Representaciones, 8 (SPE3), e588. Doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2020.v8nSPE3.588>
- Nodo Universitario (2019). Problemas más comunes que enfrentan los estudiantes en el aprendizaje en línea <https://nodo.ugto.mx/repositorio/los-10-problemas-mas-comunes-que-enfrentan-los-estudiantes-en-el-aprendizaje-en-linea/>
- Parra, C. TIC, conocimiento, educación y competencias tecnológicas en la formación de maestros. Revista Nómadas, Bogotá (Colombia), n. 36, p. 145-159, 2012.
- Hidalgo, S. G., Ramos G. B., Hernández del R. J.,(2020). *Estudio exploratorio e impacto por el uso de las redes sociales en estudiantes de la Licenciatura en Ciencias de la Educación, ciclo 1y 8 generación 2028-2019 de la DAEA en la UJAT* [Tesis de Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco]
- UN (2020a). Policy Brief: Education during COVID-19 and beyond (August 2020). United Nations. <https://cutt.ly/bdHJEhX>

<sup>1</sup> *Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, e-mail:*  
[caguilar@itsoeh.edu.mx](mailto:caguilar@itsoeh.edu.mx)

<sup>2</sup> *Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, e-mail:*  
[lmendozag@itsoeh.edu.mx](mailto:lmendozag@itsoeh.edu.mx)

<sup>3</sup> *Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, e-mail:*  
[javierperez@itsoeh.edu.mx](mailto:javierperez@itsoeh.edu.mx)

**Línea de investigación:** Sistemas, Bases de Datos y Plataformas Computacionales

## Resumen

En el Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH), además de ofrecer programas educativos de nivel superior, proporciona servicios complementarios para el desarrollo de las actividades escolares, en caso concreto el servicio de impresión, que se ha convertido en una necesidad preponderante en la entrega de trabajos o en la documentación requerida para el logro de las competencias. Actualmente el Instituto sólo cuenta con el servicio de impresión en uno de los nueve edificios que lo conforman, atendiendo a una matrícula de 2579 estudiantes, sin contar personal docente y administrativo que también hace uso de dicho servicio. Al tener una alta demanda de impresiones, es necesario optimizar los recursos y tiempo para agilizar el proceso; motivo por el cual es necesario desarrollar la investigación de una aplicación móvil que se controle en la red de telecomunicaciones de ITSOEH y que permita ejecutar las funciones necesarias para gestionar el cobro de impresión y que además controle tanto a los usuarios a través de un inicio de sesión como los archivos que se van a utilizar. Este artículo tiene como objetivo proporcionar una visión general de las técnicas de recolección de datos utilizadas en el desarrollo de aplicaciones móviles. En la actualidad, las aplicaciones móviles recopilan una gran cantidad de datos valiosos que permiten a los desarrolladores comprender mejor a los usuarios y mejorar la experiencia del usuario. En primer lugar, se discuten las técnicas de recolección de datos pasivas, que se realizan sin la intervención activa del usuario.

Estas técnicas incluyen el registro de eventos, que captura la interacción del usuario con la aplicación y proporciona información sobre patrones de uso, duración de la sesión y acciones realizadas. Además, se exploran los registros de errores y las métricas de rendimiento, que ayudan a identificar problemas técnicos y mejorar el funcionamiento general de la aplicación. A continuación, se abordan las técnicas de recolección de datos activas, que requieren la participación directa del usuario. Esto puede incluir encuestas y cuestionarios en la aplicación, que recopilan información demográfica, preferencias y comentarios sobre la experiencia del usuario. También se discute la posibilidad de utilizar pruebas de usabilidad, donde los usuarios realizan tareas específicas en la aplicación mientras se registran sus interacciones y se recopilan sus comentarios. Además, se examinan las técnicas de recolección de datos contextualizados, que aprovechan sensores y funciones del dispositivo móvil para recopilar datos adicionales. Estos datos contextuales pueden incluir la ubicación geográfica, el movimiento del dispositivo, el nivel de luz y la conectividad a redes sociales, entre otros. Estos datos enriquecen la comprensión del comportamiento del usuario y permiten personalizar la experiencia de la aplicación de manera más efectiva. Finalmente, se destacan las consideraciones éticas y de privacidad asociadas con la recolección de datos en aplicaciones móviles. Se resalta la importancia de obtener el consentimiento informado de los usuarios, así como de proteger y anonimizar adecuadamente los datos recopilados.

*Palabras clave:* Aplicación móvil, Datos, Impresión, Recolección, Técnicas

## Abstract

At the Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH), in addition to offering higher education programs, complementary services are provided for the development of academic activities, specifically the printing service, which has become a predominant necessity for submitting assignments or required documentation to achieve competencies. Currently, the Institute only has a printing service in one out of its nine buildings, serving a student body of 2579 students, not counting the teaching and administrative staff who also make use of this service. With a high demand for printing, it is necessary to optimize resources and time to streamline the

process. Therefore, it is necessary to conduct research on a mobile application that can be controlled within the ITSOEH telecommunications network and allows for the execution of necessary functions to manage printing charges, as well as controlling both users through a login system and the files to be used. This article aims to provide an overview of the data collection techniques used in the development of mobile applications. Currently, mobile applications collect a vast amount of valuable data that enables developers to better understand users and improve the user experience. Firstly, passive data collection techniques are discussed, which are performed without the active intervention of the user.

These techniques include event logging, capturing user interaction with the application, and providing information on usage patterns, session duration, and actions performed. Additionally, error logs and performance metrics are explored, aiding in the identification of technical issues and overall application improvement. Next, active data collection techniques are addressed, requiring direct user participation. This may involve in-app surveys and questionnaires that gather demographic information, preferences, and user experience feedback. Usability testing is also discussed, wherein users perform specific tasks in the application while their interactions and feedback are recorded. Furthermore, contextual data collection techniques are examined, leveraging sensors and mobile device functions to gather additional data. This contextual data may include geographical location, device movement, light levels, and social media connectivity, among others. These data enrich the understanding of user behavior and enable more effective personalization of the application experience. Lastly, ethical and privacy considerations associated with data collection in mobile applications are highlighted. The importance of obtaining informed user consent and properly safeguarding and anonymizing collected data is emphasized.

Keywords: Mobile application, Data, Printing, Collection, Techniques.

## INTRODUCCIÓN

En la era digital actual, las aplicaciones móviles han transformado la forma en que interactuamos con la tecnología y con el mundo que nos rodea. Desde redes sociales hasta aplicaciones de productividad y salud, estas herramientas se han convertido en una parte integral de nuestra vida diaria. Sin embargo, detrás de cada aplicación exitosa se encuentra un vasto conjunto de datos que permite a los desarrolladores comprender mejor a los usuarios y mejorar la experiencia del usuario. La recolección de datos se ha vuelto fundamental en el desarrollo de aplicaciones móviles, ya que proporciona información valiosa sobre los patrones de uso, las preferencias del usuario y las áreas de mejora. En este artículo, se explora en detalle las diversas técnicas de recolección de datos utilizadas en el desarrollo de aplicaciones móviles, destacando tanto las metodologías pasivas como las activas.

Inicialmente, las técnicas de recolección de datos pasivas, que se llevan a cabo sin la intervención activa del usuario incluyen el registro de eventos, que permite capturar la interacción del usuario con la aplicación y proporciona información sobre el flujo de uso, las acciones realizadas y la duración de las sesiones. Además, discutiremos los registros de errores y las métricas de rendimiento, que son fundamentales para identificar problemas técnicos y optimizar el funcionamiento general de la aplicación. Las técnicas de recolección de datos activas, involucran la participación directa del usuario, esto puede incluir la implementación de encuestas y cuestionarios dentro de la aplicación, que permiten recopilar información demográfica, preferencias y comentarios sobre la experiencia del usuario. También se analiza la posibilidad de utilizar pruebas de usabilidad, en las cuales los usuarios realizan tareas específicas en la aplicación mientras se registran sus interacciones y se recopilan sus comentarios. Además de las técnicas pasivas y activas, las técnicas de recolección de datos contextualizados, que aprovechan los sensores y las funcionalidades del dispositivo móvil para recopilar información adicional pueden incluir la ubicación geográfica, el movimiento del dispositivo, el nivel de luz y la conectividad a redes sociales, entre otros. El uso inteligente de estos datos enriquece la comprensión del comportamiento del usuario y permite personalizar la experiencia de la aplicación de manera más efectiva.

Bajo este contexto, se analizaron las aplicaciones disponibles en la tienda de PlayStore que ofrecen servicios de impresión, con el objetivo de identificar áreas de oportunidad y analizar los servicios existentes; por otra parte, se diseñó y aplicó un instrumento de recolección de datos (encuesta) para determinar la pertinencia del desarrollo de una aplicación móvil, propia de ITSOEH, que permita gestionar el proceso de impresión y controlar el cobro del servicio.

La impresión móvil es una tecnología importante que permite mejorar la productividad y la rentabilidad de las operaciones del servicio, mejorando la eficacia de los esfuerzos de automatización y optimizando los recursos humanos y económicos. Además, proporciona un retorno rápido de la inversión al aumentar el grado de respuesta, el servicio al cliente y los mejoramientos de eficiencia de los programas que utiliza para entregar el servicio a los usuarios. Este servicio aumenta la confianza y la lealtad de los usuarios, ayudando a optimizar tiempos, costos e infraestructura cuando algún docente o alumno requiera imprimir un documento.

El propósito del presente artículo surge de la necesidad de brindar a ITSOEH la oportunidad de mejorar sus procesos y eficientar sus actividades con la implementación de tecnologías que optimicen el uso de sistema de impresión que la institución posee para poder atender las necesidades, se ha realizado una investigación previa acerca del tipo de dispositivos que son adecuados para la aplicación móvil de impresión tales como: impresoras de puesto, de red, multifunción, fotocopadoras, etc., con estos datos de estudio se puede presentar una propuesta que satisfaga las necesidades que proporciona el servicio de impresión de calidad, con los consumos necesarios, ubicando el tipo de dispositivos adecuados en cada espacio de un modo más racional y con una distribución efectiva. Es importante destacar la importancia de abordar las consideraciones éticas y de privacidad asociadas con la recolección de datos en aplicaciones móviles ya que es crucial obtener el consentimiento informado de los usuarios y proteger adecuadamente los datos recopilados, garantizando la confidencialidad y la anonimización cuando sea necesario.

## DESARROLLO

En la actualidad son muchas las aplicaciones que se han desarrollado para solucionar problemas relacionados con el acceso remoto y el control de actividades diarias que realiza el ser humano. El *cloud computing* se ha convertido en una de las tendencias más importantes para compartir y distribuir información mediante el acceso remoto y/o en tiempo real utilizando internet como medio esencial para lograr que dichos desarrollos funcionen de manera óptima.

Existen aplicaciones móviles que utilizan los sistemas de telecomunicaciones y los servicios de internet para proporcionar facilidad y accesibilidad a recursos que faciliten el desarrollo de tareas; como es el caso de las actividades educativas que cada día deben resolverse con eficacia y rapidez además de un costo accesible; por ejemplo la impresión de los archivos generados en actividades como tareas, trabajos, etc., implican tiempo y dinero para la entrega de cada uno de ellos; motivo por el cual es necesario realizar mejoras para optimizar dicho proceso.

En el caso de las aplicaciones móviles orientadas a satisfacer este tipo de necesidades, se ha encontrado que la mayoría de ellas están desarrolladas en la plataforma Android, que corresponde a la tecnología más utilizada en el mercado. Dentro de las que se destacan las siguientes:

- ❖ Google Cloud Print. Aplicación que permite realizar impresiones desde el dispositivo móvil aceptando imprimir documentos, contactos, páginas web, mensajes de texto, correos electrónicos, archivos adjuntos. (Google, 2023)
- ❖ Easy Print. Permite administrar impresoras y trabajos de impresión, e imprimir documentos y correos electrónicos (Microsoft, 2023)
- ❖ Mobile Print. Desarrollado por la compañía Samsung, asegura impresión de archivos, páginas web, imágenes, eventos del calendario, contactos, mensajes de texto, mensajes de correo electrónico, cuenta con opciones para elegir el tamaño del papel, la orientación, copias, color, del tipo de archivo que se va a imprimir. (MobileDynamix, 2023)
- ❖ PrintJinni. Aplicación que imprime cualquier archivo y permite la pre-visualización antes de imprimirlo, no se encuentra disponible en México. (Thinxtream, 2023)

Es evidente que las aplicaciones satisfacen las necesidades básicas de impresión para los usuarios, pero no controlan el monitoreo de los archivos y el pago por el servicio.

### **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Describir las técnicas de recolección de datos utilizadas en el desarrollo de aplicaciones móviles, con el fin de comprender y mejorar la experiencia del usuario.

- Describir, explorar y analizar las técnicas de recolección de datos pasivas, activas y contextualizadas utilizados en el desarrollo de aplicaciones móviles.
- Explicar y comprender cómo funcionan las técnicas de recolección de datos pasivas, activas y contextualizadas, así como su utilidad en el desarrollo de aplicaciones móviles.
- Evaluar la aplicación de las técnicas de recolección de datos pasivas, activas y contextualizadas en el desarrollo de una aplicación móvil, identificando los beneficios y las limitaciones de su implementación.
- Diseñar y desarrollar encuestas y cuestionarios que permitan recopilar datos activos de los usuarios para mejorar la comprensión de sus preferencias y necesidades.
- Aplicar técnicas de recolección de datos contextualizados en una aplicación móvil, utilizando sensores y funciones del dispositivo para enriquecer la experiencia del usuario y personalizar la aplicación.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

El objeto de estudio de este artículo es la aplicación de técnicas de recolección de datos para el desarrollo de una aplicación móvil dirigida específicamente a los estudiantes y personal del ITSOEH. Se describen las diversas técnicas utilizadas para recopilar datos relevantes sobre los estudiantes y el personal, sus necesidades y preferencias, con el objetivo de mejorar la experiencia académica y el rendimiento estudiantil y actividades administrativas a través de la aplicación móvil.

La importancia del objeto de estudio de este artículo radica en la necesidad de adaptar y mejorar las aplicaciones móviles a las particularidades y necesidades específicas de quienes integran el tecnológico. Los estudiantes universitarios y el personal administrativo se enfrentan a desafíos académicos únicos y requieren herramientas y recursos que les brinden un apoyo efectivo en su proceso de aprendizaje. Al describir las técnicas de recolección de datos, se busca obtener información valiosa sobre sus preferencias, necesidades y comportamientos, con el fin de personalizar la aplicación y ofrecerles una experiencia académica más efectiva. Al comprender sus patrones de uso, intereses y dificultades, se pueden diseñar características y funcionalidades específicas que les ayuden a gestionar mejor su tiempo, acceder a recursos relevantes, mejorar su productividad y fomentar su compromiso con el aprendizaje. Además, el desarrollo de una aplicación móvil centrada en los estudiantes universitarios y su personal puede facilitar la comunicación y la interacción entre ellos y con el ITSOEH. Puede brindar acceso rápido a información institucional, calendarios de clases, notificaciones importantes, así como a recursos y servicios de apoyo académico como el de impresión. Esto no solo mejora la experiencia del estudiante, sino que también puede contribuir a aumentar su participación y compromiso con el tecnológico.

### **METODOLOGÍA**

La metodología mixta combina enfoques cuantitativos, que se centran en la recopilación de datos numéricos y estadísticos, con enfoques cualitativos, que se enfocan en la comprensión y la interpretación de los datos en su contexto. Al describir las técnicas de recolección



de datos para el desarrollo de una aplicación móvil, es necesario tener en cuenta tanto los aspectos objetivos como subjetivos de la experiencia del usuario. La metodología mixta permite recopilar datos objetivos mediante la recopilación de métricas cuantitativas, como el sistema operativo, la tasa de retención de usuarios y el tiempo de uso de la aplicación. Al mismo tiempo, permite obtener información cualitativa a través de la realización de entrevistas y encuestas, lo que brinda una comprensión más profunda de las percepciones, opiniones y necesidades de los usuarios. Así mismo, la metodología mixta permite la triangulación de datos, lo que implica la convergencia y comparación de los resultados obtenidos de diferentes fuentes y métodos. Al utilizar múltiples enfoques de recolección de datos, se puede obtener una imagen más completa. Esto fortalece la validez y la confiabilidad de los resultados, al tiempo que proporciona una visión amplia y contextualizada de la problemática estudiada.

#### *Técnicas de recolección de datos pasivas*

Las técnicas de recolección de datos pasivas se llevan a cabo sin la intervención activa del usuario. Estas técnicas son fundamentales para comprender el comportamiento del usuario y optimizar el rendimiento de la aplicación. Una de las técnicas más utilizadas es el registro de eventos. Esta técnica consiste en capturar la interacción del usuario con la aplicación, registrando acciones como clics, desplazamientos y tiempos de respuesta. Estos registros de eventos proporcionan información detallada sobre los patrones de uso, la duración de las sesiones y las funciones más utilizadas, lo que permite a los desarrolladores tomar decisiones informadas sobre la mejora de la interfaz de usuario y la optimización del flujo de la aplicación.

Además del registro de eventos, también se utilizan los registros de errores y las métricas de rendimiento para mejorar la calidad de la aplicación. Los registros de errores ayudan a identificar y solucionar problemas técnicos, mientras que las métricas de rendimiento permiten evaluar el rendimiento general de la aplicación, como la velocidad de carga de las pantallas y el consumo de recursos. Estos datos pasivos son valiosos para los desarrolladores, ya que les brindan información objetiva sobre el rendimiento y la estabilidad de la aplicación, lo que les permite realizar mejoras y correcciones en función de los datos recopilados.

#### *Técnicas de recolección de datos activas*

A diferencia de las técnicas pasivas, las técnicas de recolección de datos activas requieren la participación directa del usuario. Estas técnicas proporcionan una comprensión más profunda de las preferencias, necesidades y opiniones del usuario. Una técnica comúnmente utilizada es la implementación de encuestas y cuestionarios dentro de la aplicación. Estas encuestas pueden recopilar información demográfica, como edad, género y ubicación, así como preferencias y comentarios sobre la experiencia del usuario. Las respuestas obtenidas de las encuestas pueden ayudar a los desarrolladores a adaptar la aplicación a las necesidades específicas de los usuarios y a identificar posibles áreas de mejora.

Otra técnica activa es la realización de pruebas de usabilidad. En estas pruebas, los usuarios seleccionados realizan tareas específicas dentro de la aplicación mientras sus interacciones son registradas y se recopilan sus comentarios. Estas pruebas proporcionan información valiosa sobre la facilidad de uso, la navegación intuitiva y la eficacia de las funciones de la aplicación. Los resultados de las pruebas de usabilidad permiten a los desarrolladores identificar obstáculos o problemas en la experiencia del usuario y realizar ajustes necesarios para mejorarla.

#### *Técnicas de recolección de datos contextualizados*

Además de las técnicas pasivas y activas, las técnicas de recolección de datos contextualizados aprovechan las capacidades del dispositivo móvil para recopilar información adicional. Los sensores del dispositivo, como el GPS, el acelerómetro y el giroscopio, permiten recopilar datos contextuales relevantes. Por ejemplo, la ubicación geográfica puede ayudar a personalizar la experiencia del usuario según su ubicación, ofreciendo información localizada o servicios basados en la proximidad. El movimiento del dispositivo puede ser utilizado para detectar acciones como sacudir el teléfono o girarlo, lo que puede activar funciones específicas dentro de la aplicación. Además, el nivel de luz ambiente o la conectividad a redes sociales también pueden ser considerados como datos contextuales útiles para mejorar la experiencia del usuario.

La recolección de datos contextuales brinda a los desarrolladores una visión más completa del entorno en el que los usuarios interactúan con la aplicación. Esto les permite adaptar la aplicación de manera más precisa a las necesidades y preferencias del usuario, creando una experiencia personalizada y relevante.

### **FASES DEL DESARROLLO**

Para poder identificar y conocer las necesidades y/o preferencias de los usuarios, se diseñó y aplicó un instrumento de recolección de datos contextualizados, el cual sólo fue proporcionado a usuarios de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales; a continuación, se detalla la metodología empleada para obtener la información antes mencionada:

**1.- Diseño de instrumento de recolección de datos.** En esta primera etapa se generó una encuesta que incluía preguntas para identificar en qué periodo del semestre se imprime más, el tiempo promedio del servicio, preferencias de impresión, entre otras preguntas clave. La Figura 1, corresponde al instrumento diseñado.

**2.- Cálculo de muestra.** Considerando una población de 540 usuarios incluyendo estudiantes, docentes y personal administrativo, dentro de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, y aplicando la ecuación 1, se obtuvo una muestra de 224.71., considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular muestra (Hernandez Sampieri & al, 2006)

Donde

n = Tamaño de la muestra a calcular

N = Tamaño de la población

Z = Desviación del valor medio,

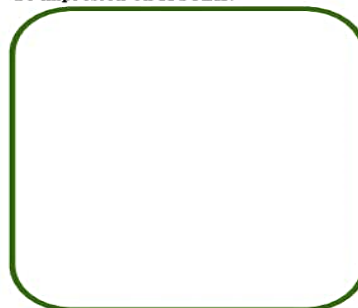
e = Margen de error máximo que admito

p = Proporción que se espera encontrar

**3.- Aplicación de instrumento.** Durante esta etapa se aplicaron 225 encuestas a usuarios, a través de formatos impresos que fueron entregados a estudiantes, docentes y administrativos, de las carreras ya mencionadas.

**4.- Análisis de resultados.** Para analizar los datos encontrados en la aplicación del instrumento, se utilizaron herramientas ofimáticas.

1. ¿A qué división de carrera perteneces?
  - ☐ Ingeniería en sistemas computacionales
  - ☐ Arquitectura
2. ¿Cuál es tu rol en la división de carrera?
  - ☐ Administrativo
  - ☐ Docente
  - ☐ Alumno
3. ¿En qué periodo del semestre imprimes más archivos?
  - ☐ Al iniciar el semestre
  - ☐ En cada corte parcial
  - ☐ Al final del semestre
  - ☐ Apertura de convocatorias
  - ☐ Otro: \_\_\_\_\_
4. ¿Dónde imprimes tus archivos?
  - ☐ En la papelería del edificio IV
  - ☐ En la jefatura de la división de carrera
  - ☐ En mi casa
  - ☐ En un ciber
  - ☐ Otro: \_\_\_\_\_
5. ¿Cuántas hojas al día imprimes?
  - ☐ 1 a 3 impresiones
  - ☐ 4 a 7 impresiones
  - ☐ De 8 a 10 impresiones
  - ☐ Más de 10 impresiones
6. Al elegir las preferencias de impresión ¿Cuál es la opción que más utilizas?
  - ☐ A color
  - ☐ Blanco y/o negro
  - ☐ Las dos anteriores
7. ¿Cuál es el tamaño de papel que más utilizas para imprimir tus archivos?
  - ☐ Carta
  - ☐ Oficio
  - ☐ Tabloide
8. ¿Cuál es el tipo de papel que más utilizas para imprimir tus archivos?
  - ☐ Papel bond
  - ☐ Opalina gruesa
  - ☐ Opalina delgada
  - ☐ Otro: \_\_\_\_\_
9. ¿Cuál es el mayor problema que observas al momento de imprimir en la papelería de ITSOEH? (Elige varias opciones)
  - ☐ Larga fila de espera
  - ☐ Infección de virus en la USB
  - ☐ El costo de hojas en blanco
  - ☐ El costo de las impresiones
  - ☐ El tiempo en modificar el archivo para imprimirlo
10. ¿Cuánto estás dispuesta a pagar por cada impresión a color?
  - ☐ 0.50 c - \$2.00
  - ☐ \$3.00 - 5.00
11. ¿Cómo describirías la calidad de impresión del servicio de la papelería de ITSOEH?
  - ☐ Excelente
  - ☐ Aceptable
  - ☐ Mala
12. ¿Cuentas con un teléfono inteligente?
  - ☐ Si
  - ☐ No
13. Selecciona el sistema operativo con el que trabajas:
  - ☐ ANDROID
  - ☐ IOS
  - ☐ WINDOWS Phone
  - ☐ Otro: \_\_\_\_\_
14. ¿Qué opinas acerca de utilizar una aplicación móvil que te facilite imprimir tus archivos a través de un sistema de red?
  - ☐ Interesante
  - ☐ Regular
  - ☐ Indiferente
15. Si la aplicación te permite comprar saldo para pagar automáticamente tus impresiones ¿Cuál sería tu forma de pago para adquirirlo?
  - ☐ Tarjeta de saldo
  - ☐ Bitcoin
  - ☐ Otro: \_\_\_\_\_
16. ¿Qué propones para mejorar el servicio de impresión en ITSOEH?



Gracias por tu  
participación

Figura 1. Instrumento de recolección de datos

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 225 encuestas aplicadas, 89% corresponden a estudiantes, 10% a personal docente y el 1% restante a personal administrativo. Como lo muestra los resultados que se presentan en la Tabla 1, dentro de los datos que más destacaron se encontró que los periodos donde más se hace uso del servicio de impresión corresponden a cada corte parcial y al final del semestre, con 110 y 60 ocurrencias, por parte de los estudiantes, mientras que para el personal fue de 13 y 9, respectivamente. Los resultados mostraron que los lugares concurridos para el proceso de impresión corresponden al edificio IV, que contempla la papelería y la división de carrera, con 131 respuestas.

Se destacaron que los principales problemas que intervienen en el servicio de impresión son el excesivo tiempo de espera, el costo de servicio y finalmente, el daño de los archivos electrónicos a través de virus. Los encuestados argumentaron que el medio para mejorar el servicio sería incrementar el número de acceso a las computadoras y reducir el costo de impresión.

Pregunta	Opciones de respuesta	No. Ocurrencias	
		Estudiantes	Personal
<i>Periodo de impresión</i>	Al iniciar el semestre	25	4
	En cada corte parcial	110	13
	Fin de semestre	60	9
	Apertura de convocatorias	0	0
	Otro: todo el semestre	13	2
<i>Lugar de impresión</i>	Papelería edificio IV	131	12
	División de carrera	2	14
	Ciber	33	9
<i>Problemas de impresión</i>	Tiempo	165	8
	Infección de virus	100	7
	Costo	147	6
<i>Mejoras al servicio</i>	Incrementar computadoras	14	2
	Reducir el costo	20	2

*Tabla 1. Número de ocurrencias por pregunta con opción múltiple de respuestas*

Continuando con el análisis de identificación de requerimientos, se encontró que la calidad del servicio de impresión actual es considerada “malo”, con un 62% para los estudiantes y 92% para el personal, por lo que uno de los cuestionamientos acerca de la posible solución sería el contar con una aplicación que automatice y mejore el proceso, además de controlar su costo, por lo que el 79% de los estudiantes y el 100% del personal mostró interés en la propuesta. Finalmente, se descubrió que el 76% de la matrícula estudiantil cuenta con un teléfono inteligente con sistema operativo Android, lo que da pauta a utilizarlo como plataforma de desarrollo del proyecto.

Pregunta	Opciones de respuesta	Porcentaje	
		Estudiantes	Personal
<i>Calidad del servicio</i>	Excelente	16%	8%
	Aceptable	22%	0
	Malo	62%	92%
<i>Opinión de app</i>	Interesante	79%	100%
	Regular	16%	0
	Indiferente	5%	0
<i>Sistema operativo</i>	Android	76%	60%
	Ios	13%	32%
	Otro	11%	8%

*Tabla 2. Porcentajes de respuesta por preguntas concretas*

## CONCLUSIÓN

Durante ésta etapa de recolección de datos y análisis de información se detectó que los encuestados no se encuentran satisfechos con el servicio de impresión que brinda el Instituto y que entre las alternativas de solución que se proponen, destaca el incremento de dispositivos para utilizar el servicio y que el costo disminuya gradualmente debido a que los periodos intensos de impresión se llevan a cabo durante la evaluación de cada parcial tanto para estudiantes como para el personal; aunado a ello se identificó que la problemática recae en el tiempo de espera y el daño a los dispositivos de almacenamiento que se encuentran expuestos a archivos maliciosos (virus) debido a que los equipos que brindan el servicio no se encuentran protegidos.

Además, se concretó que el medio para solucionar las problemáticas que afectan la calidad del servicio de impresión es a través del desarrollo e implementación de una herramienta tecnológica que administre los archivos y el costo del mismo; y que dicha herramienta deberá garantizar que durante los periodos identificados se agilice el proceso de impresión.

Finalmente, la aplicación que será desarrollada para dar solución a la problemática planteada será a través de la plataforma Android con la finalidad de ofrecer a los usuarios una interfaz manejable y de fácil acceso.

## BIBLIOGRAFÍA

Google. (2023). *Google.es*. Obtenido de [www.google.es/landing/cloudprint/](http://www.google.es/landing/cloudprint/)

Hernandez Sampieri, R., & al, e. (2023). *Metodología de la Investigación*. 4ta edición.

Microsoft. (2017). *Technet.Microsoft*. Obtenido de [www.technet.microsoft.com/es-es/library/ff5191999\(v=ws.10\).aspx](http://www.technet.microsoft.com/es-es/library/ff5191999(v=ws.10).aspx)

MobileDynamix. (20 de abril de 2023). *GooglePlay*. Obtenido de [www.play.google.com/store/apps/details?id=com.dynamixsoftware.printershare](http://www.play.google.com/store/apps/details?id=com.dynamixsoftware.printershare)

*PrintJinni*. (s.f.). Obtenido de <http://www.printjinni.com/>

Thinxstream, T. (21 de Noviembre de 2022). *PrintJinni*. Obtenido de [www.printjinni.com](http://www.printjinni.com)

# Guía para definir y evaluar Objetivos educativos y Atributos de egreso

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.674

A. González-Angeles<sup>1</sup>, R. Zamora-Alarcón<sup>1</sup>, O. A. López-Núñez<sup>1</sup>, F. Lara-Chávez<sup>1</sup>, A. Cardenas-Robles<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ingeniería, Blvd. Benito Juárez S/N, Mexicali B.C., 21280, México; [gangelesa@uabc.edu.mx](mailto:gangelesa@uabc.edu.mx), [zamora@uabc.edu.mx](mailto:zamora@uabc.edu.mx), [oscar.lopez.nunez@uabc.edu.mx](mailto:oscar.lopez.nunez@uabc.edu.mx), [fernando.lara.chavez@uabc.edu.mx](mailto:fernando.lara.chavez@uabc.edu.mx), [arili.cardenas@uabc.edu.mx](mailto:arili.cardenas@uabc.edu.mx)

**Línea de investigación:** Ingeniería aplicada a la Educación.

## Resumen

En el semestre 2021-2, el programa educativo (PE) Ingeniero mecánico estableció 6 atributos de egreso (AE) y 5 Objetivos educativos (OE) de acuerdo al marco de referencia CACEI 2018. Estos se modificaron según lo establecido en el procedimiento de planeación, valoración y evaluación de atributos de egreso de la facultad. Los AE fueron generados a partir del perfil de egreso del PE, los cuales son congruentes con los siete atributos que establece CACEI (cédula 3.5.3) y son difundidos en la página de internet de la facultad y redes sociales, con acceso al público en general.

El mapeo de AE del PE Ingeniero Mecánico y desarrollo de las cédulas 4.2.1 se realizó por cuerpos colegiados, quedando evidenciado en minutos de trabajo. Para asegurar la participación de estudiantes y profesores en el mapeo de atributos, se incorporó el mapeo general a la retícula o mapa curricular para que al momento de la reinscripción, el estudiante y maestro tutor conozcan a cual AE impacta la materia que va a cursar. Además, en el formato de las políticas de evaluación de cada una de las Unidades de aprendizaje (UA), se incluye el AE que impacta y si este se va a evaluar algún AE en una, tarea, examen o práctica de laboratorio.

*Palabras clave:* Atributos de egreso, Objetivos educativos, Evaluación de AE.

## Abstract

In the 2021-2 semester, the Mechanical Engineer program (PE) established 6 graduate attributes (AE) and 5 educational objectives (OE) according to CACEI 2018 reference framework. Graduate attributes were modified as established in the procedure for Planning, assessment and evaluation of faculty. The EA were generated from the PE graduation profile, are consistent with the seven attributes established by CACEI (document 3.5.3) and are disseminated on the faculty's website and social networks, with access to the general public.

The mapping of AE of the PE Mechanical Engineer and development of the format 4.2.1 were carried out by group of experts, being evidenced in work records. To ensure the participation of students and teachers in the mapping of attributes, the general mapping was incorporated into the grid or curricular map so that at the time of re-registration the student and tutor know what AE impacts the subject they are going to study. In addition, in the format of the evaluation policies of each of the learning units (AU), it includes the EA that impacts and if any EA is going to be evaluated in a homework, exam or laboratory practice.

*Keywords:* graduation attributes, educational objectives, AE evaluation.



## INTRODUCCIÓN

La educación superior como cualquier otro proceso de calidad, debe de realizar procesos de autoevaluación y autorregulación conducentes a la acreditación. El objetivo de la acreditación es proporcionar una opinión independiente sobre si la entidad acreditada tiene sus procesos homologados y calidad en sus servicios. (Vargas Porras, 2011)

Actualmente son 31 los Organismos Acreditadores (OA) que poseen el reconocimiento del consejo para la acreditación de la educación superior A.C. (COPAES) para realizar el proceso de acreditación de los Programas Académicos de las Instituciones de Educación Superior (IES).

El Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C., (CACEI) es uno de los organismos acreditadores reconocidos por COPAES. Su objetivo primordial es, promover que las instituciones de educación superior (IES) ofrezcan educación de calidad a los estudiantes inscritos en programas de ingeniería, mediante la acreditación de los programas educativos en dicha área. (CACEI, 2023)

Para que un programa educativo (PE) de ingeniería cumpla con la acreditación, debe de tener postulados los objetivos educacionales (OE), los cuales son definidos por CACEI como “las habilidades y logros que los egresados un programa educativo (PE) deberán cumplir a unos años de terminar su carrera”.

Estos OE deben de cubrir con las necesidades regionales, nacionales e internacionales de los empleadores, también llamados grupos de interés y deben ser congruentes con la misión institucional y de la facultad de origen. Como mejora continua, estos OE deben de ser evaluados periódicamente para estar al tanto de los cambios tecnológicos y desarrollos de la región.

El PE también debe de tener postulados los Atributos de egreso (AE), los cuales son enunciados que establecen en términos generales las características que deben de poseer todos los recién egresados de los programas de ingeniería en México. (Barrera Bustillos & Nieto Caraveo, 2021). La redacción de los atributos debe de realizarse en base al perfil de egreso del PE y a los 7 AE sugeridos por CACEI, solo que personalizándolos para cada PE. Después de tener los AE postulados, se debe hacer una evaluación de la relación de OE con AE.

## OBJETIVO GENERAL

Este documento tiene como propósito desarrollar una Guía para definir y evaluar los Objetivos educacionales y Atributos de egreso de los PE de las ingenierías.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Revisar que los OE y AE actualmente establecidos en el PE cumplan con requerimientos mínimos de CACEI.
- 2.-Establecer y presentar ante la academia, autoridades educativas y grupos de interés los nuevos AE y OE.
- 3.-Evaluar los OE y AE a través de encuestas y rubricas respectivamente.
- 4.-Presentar los resultados obtenidos de la evaluación de los OE y AE ante la academia y grupos de interés para realizar acciones de mejora continua.

## OBJETO DE ESTUDIO

El estudio y desarrollo de los OE y AE se llevará a cabo en el programa educativo ingeniero mecánico de la facultad de ingeniería de una universidad pública.

## METODOLOGÍA

### OBJETIVOS EDUCACIONALES.

Para el establecimiento o rediseño de los OE y AE es necesario consultar el manual de procedimientos de la institución. Estos manuales normalmente contienen una instrucción de trabajo o procedimiento para el diseño y actualización, así como instrumentos de valoración de dichos OE y AE. Nota: En caso de no tenerlo hay que desarrollarlo.

Para la redacción de los OE se debe de tomar como referencia el Objetivo del programa educativo. Los enunciados deben de responder las preguntas, ¿Qué? ¿Cómo? y ¿Para qué?, reflejando una visión de éxito en el trabajo de los egresados con valores y/o actitudes. Esta visión de éxito se alcanzará después de 5 años de haber egresado, es decir un recién egresado no puede cumplir un OE. Por otro lado estos OE deben de cubrir necesidades de los grupos de interés o empleadores (GI) del PE.

Una vez que se hayan redactado los OE, se debe de evaluar congruencia entre estos y las misiones de la Institución, Facultad y PE. Lo anterior se debe a que es un indicador evaluado (indicador 3.4) por CACEI marco de referencia 2018 (Concejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, 2021). En caso de no cumplir con este punto se deben de reescribir los OE anexando las palabras clave para su alineación con la misiones.

Posteriormente se debe de evaluar la congruencia entre los OE y los atributos de egreso (AE) del PE (cedula 3.5.2). En este punto se debe de justificar el grado de impacto de un OE con los atributos o viceversa. Por ejemplo: El AE1 impacta en el 60% de los OE del PE ingeniero mecánico, debido a que los OE 1, 3 y 5 analizan, identifican y resuelven problemas a empresas de carácter mecánicos, térmico

o de fluidos tendiendo las normas y estándares de ingeniería vigentes. Nuevamente, en caso de ser necesario se deben de rescribir dichos OE.

Es importante señalar que todo el procedimiento anteriormente descrito debe de quedar plasmado en una minuta firmada por el grupo de trabajo. Por último se pasan los nuevos OE a consideración de la academia del PE (o cuerpo colegiado) para su aprobación o en su defecto reestructuración, quedando todo evidenciado en otra minuta de trabajo.

## EVALUACIÓN DE OBJETIVOS EDUCACIONALES

La evaluación de los OE la realizan los grupos de interés (ex alumnos que tienen un periodo 5 años de egreso y empleadores). Ellos son quienes emiten su opinión con respecto al nivel de cumplimiento de los OE del PE durante el ejercicio profesional del Egresado a través de una encuesta.

Para tal efecto se elabora una matriz para la evaluación de los objetivos educativos. En esta matriz cada OE debe de contener criterios de desempeño con niveles Inicial, Medio y Avanzado. Cada criterio de desempeño debe de contener un indicador que es la pregunta que se realizará a los egresados y empleadores.

La encuesta debe de ser difundida a través del departamento de vinculación. Quienes deben de contar con procedimiento establecido y una base de datos de Empleadores y Egresados actualizada, ya que es un punto de evaluación por parte de CACEI.

## ATRIBUTOS DE EGRESO

El proceso de creación y/o revisión de los AE inicia cuando el Responsable del Programa Educativo (RPE) convoca a la academia y comisiona un cuerpo colegiado, quedando como evidencia una Minuta de Reunión de los Acuerdos definidos. El cuerpo colegiado comisionado, define a los AE como declaraciones claras y sucintas de la capacidad esperada del egresado y deben ser evidenciadas mediante resultados de aprendizaje de los estudiantes del programa educativo.

Hay que recordar que los AE son enunciados que establecen en términos generales las características que deben de poseer todos los recién egresados de los programas de ingeniería en México y que para su redacción y valoración hay que consultar el manual de procedimientos de la institución.

La redacción de los atributos debe de realizarse en base al perfil de egreso del PE y a los 7 AE sugeridos por CACEI, solo que personalizándolos para cada PE.

Una vez realizada la redacción de los AE personalizados, se procede a realizar la justificación de la relación entre los atributos del PE y los de CACEI (cedula 3.5.3). Posteriormente, se realiza un mapeo para determinar la aportación de los cursos del PE a los atributos de egreso del CACEI (cedula 4.2.1), así como la aportación de los cursos a los atributos de egreso del PE (cedula 4.2.1a). Por ejemplo: si en alguno de los atributos del PE mencionamos que los estudiantes “Analizan y desarrollan procesos de diseño mecánico, industrial... etc.” En el mapa curricular debemos de señalar cuales Materias o Unidades de aprendizaje contribuyen a que el estudiante desarrolle la habilidad del diseño. Este proceso se debe de realizar para todos los atributos enunciados por el PE.

## VALORACIÓN DE ATRIBUTOS DE EGRESO

Para la valoración se realiza una planeación general basada en la cedula 4.2.1a, el PE decide en que materias evaluar los atributos. Algunos PE deciden evaluar los AE en todas las materias obligatorias, algunos otros deciden valorar los AE en un extracto de materias. Independientemente de cómo decidan valorar la evaluación de los AE se realiza semestralmente de manera progresiva (nivel Inicial, Medio y Avanzado) a través de rúbricas elaboradas por cuerpos colegiados. Los indicadores para cada criterio de desempeño (CD) deben ser obtenidos de las PUAS (Planeación de la unidad de aprendizaje o cartas descriptivas) de las unidades de aprendizaje que valorarán dichos atributos. La actividad para valorar cada indicador puede ser una tarea, práctica de laboratorio, reactivos de examen, presentación audiovisual o reporte escrito. El profesor o profesores de la asignatura son parte del cuerpo colegiado quienes deciden la actividad que se ajuste mejor al indicador del atributo correspondiente y la rúbrica bajo la cual se va a calificar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El coordinador del PE encomendó a un grupo colegiado la generación de los OE. Los OE fueron definidos a partir del Objetivo del programa educativo, se revisó que fueran congruentes con la misión institucional de la Universidad y de la Facultad (Tabla 1), estos reflejan los logros previstos de los egresados a 5 años de egreso y responden a las necesidades (regionales, estatales o nacionales) de los grupos de interés.

Una vez que los OE fueron generados y revisados, el grupo colegiado los presentó a la academia, autoridades de la facultad y a los grupos de interés. Si no hay observaciones se difunden a la comunidad en general a través de páginas oficiales y redes sociales en diferentes idiomas.

**Tabla 1**

*Revisión de Congruencia con la Misión Institucional y de la FIM.*

Misión-UABC	Misión-FIM	OE1
Formar integralmente ciudadanos profesionales, competentes en los ámbitos local, nacional, transfronterizo e internacional, libres, críticos, creativos, solidarios, emprendedores, con una visión global y capaces de transformar su entorno con responsabilidad y compromiso ético, así como promover, generar, aplicar, difundir y transferir el conocimiento para contribuir al desarrollo sustentable, al avance de la ciencia, la tecnología, las humanidades, el arte y la innovación, y al incremento del nivel de desarrollo humano de la sociedad Bajacaliforniana y del país.	Formar profesionistas en ingeniería a nivel licenciatura y posgrado, de manera integral, capaces de afrontar los retos de su profesión con liderazgo, actitud emprendedora y compromiso ético, que contribuyan de manera innovadora, crítica y creativa al avance de la ciencia, de la tecnología y al desarrollo sustentable en el ámbito regional, transfronterizo, nacional e internacional.	OE1. Los egresados desarrollan diseños, optimizan y mantienen sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales, de forma crítica con responsabilidad y compromiso social.

## OBJETIVOS EDUCACIONALES FINALES

- Los egresados desarrollan diseños, optimizan y mantienen sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales, de forma crítica con responsabilidad y compromiso social.
- Los egresados poseen posgrado o certificación, generan informes técnicos y aplican normas, investigación y análisis de datos para la toma de decisiones adecuadas con ética y responsabilidad, reconociendo la necesidad permanente de mantenerse actualizado en ingeniería mecánica.
- Los egresados dirigen, coordinan y capacitan el desarrollo y mantenimiento de procesos de manufactura, térmicos y de fluidos, aplicando la normativa vigente y seleccionando los materiales adecuados a través de metodologías de mejora para garantizar la calidad de los productos, servicios y sistemas con eficiencia, responsabilidad y seguridad social.
- Los egresados integran y dirigen equipos de trabajo multidisciplinario, promoviendo una comunicación efectiva, para aumentar la competitividad en el sector productivo o de servicios con liderazgo y ética.
- Los egresados son empresarios o socios de compañías que proveen insumos, maquinaria, equipos, productos y servicios dirigidos a empresas de carácter mecánico, térmico y de fluidos locales e internacionales con actitud creativa.

Los AE fueron generados a partir del perfil de egreso del PE (Figura 1), se revisó la contribución entre AE y OE cédula 3.5.2 (Tabla 2), que sean congruentes con los siete atributos que establece CACEI (cédula 3.5.3) y se presentan los acuerdos al PE Ingeniero mecánico. Si hay observaciones se hacen las correcciones pertinentes, se presentan los AE ante las autoridades y a los grupos de interés y comunidad en general. (Página oficial y redes sociales, figura 2).

**Figura 1**

Generación de AE a Partir del Perfil de Egreso del PE

**Perfil de egreso**

El Ingeniero Mecánico posee conocimientos y habilidades para diseñar, analizar, proyectar, instalar, operar y mantener sistemas mecánicos, térmicos, hidráulicos y neumáticos, así como optimizar el aprovechamiento de la energía, y el adecuado manejo de las propiedades mecánicas de los materiales, utilizando el método científico y los procedimientos adecuados, en la solución de problemas que conduzcan a la satisfacción de las necesidades de la sociedad, para lograr con ello resultados económicamente rentables bajo un marco de preservación del medio ambiente y los recursos naturales.

**Atributos de egreso**

- 1.- Identificar, formular y resolver problemas mecánicos, térmicos o de fluidos aplicando los principios de las ciencias básicas e ingeniería.
- 2.- Analizar y desarrollar procesos de diseño mecánico, industrial, térmico y de fluidos, aplicando la normatividad y leyes vigentes, seleccionando parámetros, equipos y materiales adecuados que resulten en proyectos que cumplan las necesidades y estándares específicos de la ingeniería mecánica.
- 3.- Desarrollar y conducir una experimentación mecánica, térmica y de fluidos para analizar e interpretar datos y utilizar normas y estándares nacionales e internacionales, aplicando el juicio ingenieril, para establecer conclusiones.
- 4.- Reconocer sus responsabilidades éticas y profesionales en el planteamiento, solución y evaluación de problemas o proyectos de ingeniería mecánica que consideren el impacto de las soluciones en el contexto global, económico, ambiental y social.
- 5.- Reconocer la necesidad permanente de conocimiento técnico, administrativo y científico de la ingeniería mecánica y tener la habilidad para localizar, evaluar, integrar y aplicarlo en su entorno profesional.
- 6.- Trabajar y comunicarse efectivamente con equipos multidisciplinarios en el planteamiento de metas y cumplimiento de tareas en tiempo y forma, analizando riesgos e incertidumbre en la ingeniería mecánica.

**Tabla 2**

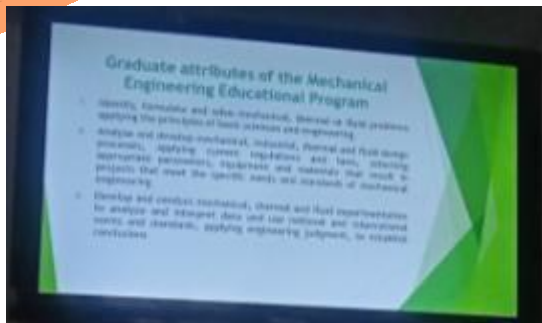
Revisión de OE vs AE

Atributos/Objetivo	Identificar, formular y resolver problemas mecánicos, térmicos o de fluidos aplicando los principios de las ciencias básicas e ingeniería	Analizar y desarrollar procesos de diseño mecánico, industrial, térmico y de fluidos, aplicando la normatividad y leyes vigentes, seleccionando parámetros, equipos y materiales adecuados que resulten en proyectos que cumplan las necesidades y estándares específicos de la ingeniería mecánica	Desarrollar y conducir una experimentación mecánica, térmica y de fluidos para analizar e interpretar datos y utilizar normas y estándares nacionales e internacionales, aplicando el juicio ingenieril, para establecer conclusiones	Reconocer sus responsabilidades éticas y profesionales en el planteamiento, solución y evaluación de problemas o proyectos de ingeniería mecánica que consideren el impacto de las soluciones en el contexto global, económico, ambiental y social	Reconocer la necesidad permanente de conocimiento técnico, administrativo y científico de la ingeniería mecánica y tener la habilidad para localizar, evaluar, integrar y aplicarlo en su entorno profesional	Trabajar y comunicarse efectivamente con equipos multidisciplinarios en el planteamiento de metas y cumplimiento de tareas en tiempo y forma, analizando riesgos e incertidumbre en la ingeniería mecánica
Analizar, diseñar, optimizar y mantener sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación, atendiendo las normas y	Identificar, formular y resolver problemas mecánicos, térmicos o de fluidos aplicando los principios de las ciencias básicas e ingeniería	Analizar y desarrollar procesos de diseño mecánico, industrial, térmico y de fluidos, aplicando la normatividad y leyes vigentes, seleccionando parámetros, equipos y materiales adecuados que cumplan las necesidades y estándares específicos de la ingeniería mecánica	Desarrollar y conducir una experimentación mecánica, térmica y de fluidos para analizar e interpretar datos y utilizar normas y estándares nacionales e internacionales, aplicando el juicio ingenieril, para establecer conclusiones	Reconocer sus responsabilidades éticas y profesionales en el planteamiento, solución y evaluación de problemas o proyectos de ingeniería mecánica que consideren el impacto de las soluciones en el contexto global	Reconocer la necesidad permanente de conocimiento técnico, administrativo y científico de la ingeniería mecánica y tener la habilidad para localizar, evaluar, integrar y aplicarlo en su	Trabajar y comunicarse efectivamente con equipos multidisciplinarios en el planteamiento de metas y cumplimiento de tareas en tiempo y forma, analizando riesgos e incertidumbre en la ingeniería



**Figura 2**

*Difusión de AE. A) Pantalla al Interior del Laboratorio. B) Página Oficial de la Facultad.*



A)

## Atributos de Egreso

Los atributos de egreso conforman los componentes indicativos del potencial de un egresado para adquirir las competencias o capacidades para ejercer la práctica de la ingeniería a un nivel apropiado.

1. Identificar, formular y resolver problemas mecánicos, térmicos o de fluidos aplicando los principios de las ciencias básicas e ingeniería.
2. Analizar y desarrollar procesos de diseño mecánico, industrial, térmico y de fluidos, aplicando la normatividad y leyes vigentes, seleccionando parámetros, equipos y materiales adecuados que resulten en proyectos que cumplan las necesidades y estándares específicos de la ingeniería mecánica.
3. Desarrollar y conducir una experimentación mecánica, térmica y de fluidos para analizar e interpretar datos y utilizar normas y estándares nacionales e internacionales, aplicando el juicio ingenieril, para establecer conclusiones. Identificar, formular y resolver problemas mecánicos, térmicos o de fluidos aplicando los principios de las ciencias básicas e ingeniería.

B)

Para la valoración de los AE se realizó un mapeo para determinar la aportación de los cursos del PE a los atributos de egreso del CACEI (Figura 3). Posteriormente se hizo una planeación (Tabla 4) para la evaluación de los AE de manera progresiva a través de rúbricas elaboradas por cuerpos colegiados. Los indicadores para cada criterio de desempeño (CD) deben ser obtenidos de las PUAS (cartas descriptivas) de las unidades de aprendizaje (UA) que valorarán dichos atributos. Es importante mencionar que la valoración se hace de manera semestral y se va modificando el proceso para contribuir a la mejora continua.

**Figura 3**

*Mapeo para Determinar la Aportación de los Cursos del PE a los Atributos de Egreso del CACEI.*

ETAPA BÁSICA			ETAPA DISCIPLINARIA			ETAPA TERMINAL		
AE1- Resolver problemas	AE2- Diseño	AE3- Experimentación	AE4- Ética	AE5- Actualización	AE6- Trabajo en equipo			
1er semestre	2do semestre	3er semestre	4to semestre	5to semestre	6to semestre	7mo semestre	8vo semestre	
2 3	2 3	2 3	1 2 2	2 1 2	2 2 2	3 1	1 3	
Cálculo diferencial 33523	Cálculo integral 33530	Cálculo multivariable 34948	Circuitos Electromecánicos 36066	Mecánica de fluidos I 36071	Mecánica de fluidos II 36077	Máquinas hidráulicas 36082	Sistemas de Bombeo 36087	
2 AE-1I 7	2 AE-1I 7	2 AE-1I 7	1 AE-1M 6	2 AE-1M 7	2 AE-2M 6	3 AE-2A 7	1 AE-4M 5	
2 3	2 2 2	2 3	2 2 2	2 2 2	4	2 2	2 1 2	
Álgebra Superior 33524	Mecánica Vectorial 33532	Ecuaciones diferenciales 33537	Ciencias de los Materiales 36073	Ingeniería de Manufactura 36079	Taller de Mant. Industrial 36084	Manuf. Asist. por Computadora 36083	Sist. Integrados de Manufactura 36089	
2 AE-1I 7	2 EA-1I EA-3R 8	2 AE-1I 7	2 AE-3M 6	2 AE-3M 8	AE-3I 4	AE-5M 4	2 AE-5A 7	
1 2	1 2 2	2 1 2	4	3	2 2	4	3	
Metodología de la programación 33525	Química 33533	Electricidad y Magnetismo 33538	Dibujo Mecánico Computarizado 36067	Administración 33552	Ingeniería Económica 33556	Emprendimiento y Liderazgo 33560	Evaluación de Proyectos Sustentables 36088	
1 EA-1I 4	1 AE-3I EA-1I 6	2 EA-1I 7	AE-2I 4	AE-4I 3	2 AE-4A 6	AE-6M 4	AE-6A 3	

Finalmente se realiza la evaluación periódica de los OE y AE de manera indirecta, a través de una encuesta anual que se envía a los 2 grupos de interés (empleadores y egresados) (Tabla 5). Se recopilan y analizan los resultados por parte de un grupo colegiado y se presentan ante la academia para hacer los ajustes pertinentes, tratando de dar solución a las recomendaciones de los grupos de interés.

Es importante señalar que otro indicador de evaluación de nuestros AE son los resultados del examen Egel Ceneval. Donde se monitorean los resultados obtenidos por nuestros recién egresados en las 5 área que evalúa el examen (1.-Diseño, 2.-Procesos de manufactura, 3.-Automatización y control, 4.- Termodinámica y 5.-Lectura y comprensión y redacción indirecta). El cruce de los resultados obtenidos por la evaluación de los AE por parte de los profesores, Grupos de interés y Examen Egel Ceneval debe de llevar a una conclusión congruente y acción de mejora pertinente por parte de la academia.

Tabla 4

Planeación para la Valoración de AE.

Planeación de valoración de atributos PE-Ingeniero-Mecánico						semestre	Meta
2.1. Atributo	2.6. Criterios de desempeño	2.7. Cursos	2.8. Indicadores				
A1 Identificar, formular y resolver problemas mecánicos, térmicos o de fluidos aplicando los principios de las ciencias básicas e ingeniería	CD1 El alumno identifica y formula problemas a partir de variables y parámetros involucrados a resolver.	Estática	I1	Los alumnos relacionan las fuerzas que actúan sobre un elemento, resolviendo problemas que involucren fuerzas que actúen en vigas bajo condiciones estáticamente determinadas, para simplificar los sistemas de fuerzas que actúan en condiciones de equilibrio, con actitud crítica y responsable.	2023	60%	
		Dinámica	I2	Los alumnos aplican los conceptos de la dinámica rotacional, para solucionar problemas que involucren momento angular y cinético, a través de las ecuaciones que rigen la conservación del momento angular, con disposición al trabajo colaborativo y responsabilidad.	2023	60%	
					2023		
		Termodinámica	I4	Determinan los cambios de estado de las sustancias puras y gases ideales, mediante los procedimientos en la obtención de propiedades termodinámicas, diagramas de fase o por medio de las distintas ecuaciones de estado, para el análisis de procesos termodinámicos, con actitud crítica y reflexiva.	2023	60%	
	CD2 El alumno formula y/o modela utilizando los principios de las ciencias básicas y/o de la ingeniería para la solución de los problemas planteados.	Mecanismos	I1	Los alumnos evalúan los elementos rígidos de distintos mecanismos articulados de cuatro barras, mediante los análisis cinemáticos de los cuerpos aplicando las condiciones correspondientes de construcción, para la fabricación de prototipos de maquinaria o equipo, con actitud analítica y responsable.	2023	60%	
		Circuitos electromecánicos	I3	Los alumnos realizan la conexión de un circuito en corriente alterna, mediante la interpretación del diagrama, para medir sus valores técnicos a través de un osciloscopio, con actitud crítica y orden.	2023	60%	
		Termodinámica	I2	Los alumnos determinan los balances de exergía en sistemas termodinámicos aplicando la primera y segunda ley de termodinámica, para cuantificar la disponibilidad y destrucción de exergía, con orden y pensamiento analítico.	2023	60%	
		Mecánica de fluidos 1	I3	Los alumnos determinan las pérdidas de energía, mediante el uso de placas de orificio relacionándolas con un coeficiente de Velocidad, para obtener el coeficiente de pérdida de las placas de orificio utilizadas, con disciplina y disposición para el trabajo en equipo.	2023	60%	
		Transferencia de calor	I4	Calculan la transferencia de calor unidimensional y bidimensional de sólidos regulares en estado estable y a través del tiempo, empleando el método de diferencias finitas y el criterio de estabilidad correspondiente al método explícito, para estimar la ganancia o pérdida de calor del sólido en estudio, con actitud objetiva y racional.	2023	60%	
	CD3 El alumno integra y aplica herramientas matemáticas o de cómputo para formular y resolver problemas complejos de ingeniería	Sistemas de Generación de Energía	I1	Los alumnos calculan el funcionamiento de las centrales de potencia operadas con turbinas de gas, empleando las ecuaciones correspondientes del análisis termodinámico del ciclo Brayton, para estimar los rendimientos del ciclo básico y/o sus derivaciones, con actitud objetiva, racional y colaborativa.	2023	60%	

Tabla 5

Reactivos de la Encuesta Enviada a los Empleadores y Egresados.

Objetivo Educativo	Descripción de la actividad lograda por el Egresado a los 4 o 5 años de concluidos sus estudios	Atributos de egreso	Criterios de desempeño	Indicadores	Reactivos	
					Tomando como referencia la escala siguiente, responderá: (1: Totalmente de acuerdo, 2: Parcialmente en desacuerdo, 3: Ni en desacuerdo ni en acuerdo, 4: Parcialmente de acuerdo, 5: Totalmente de acuerdo)	AE
Los egresados desarrollan diseños, optimizan y mantienen sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales, de forma crítica con responsabilidad y compromiso social.	Los egresados desarrollan diseños, optimizan y mantienen sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales, de forma crítica con responsabilidad y compromiso social.	A1 A2 A3 A4 A5 A6	El egresado desarrolla diseño en sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación, atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales.	25 % de los egresados desarrollan diseño en sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación, atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales.	Desarrolla diseño en sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación, atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales.	A1 A2 A3 A5
			El egresado optimiza sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación, atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales con responsabilidad y compromiso social.	20% de los egresados optimizan sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación, atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales con responsabilidad y compromiso social.	Optimiza sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación, atendiendo las normas y estándares de ingeniería vigente nacionales e internacionales con responsabilidad y compromiso social.	A1 A2 A3 A4 A5 A6
			El egresado mantiene sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación.	30% de los egresados mantienen sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación.	Mantiene sistemas mecánicos, térmicos o de fluidos a través de la implementación de metodologías y tecnologías orientadas al desarrollo sustentable e innovación.	A1 A2 A3 A4 A5 A6



## CONCLUSIONES

La evaluación de los 6 AE del PE se realiza Semestralmente de manera progresiva en cada una de las UA obligatorias (31 de mecánica y 1 de tronco común TC), a través de rúbricas elaboradas por cuerpos colegiados. La actividad para valorar cada indicador puede ser una tarea, práctica de laboratorio, reactivos de examen, presentación audiovisual o reporte escrito. El profesor de la asignatura decide la actividad que se ajuste mejor al indicador del atributo correspondiente y debe de entregar todas las evidencias en formato digital.

La planeación para valoración de AE en PE Ingeniero Mecánico se realizó de manera colegiada. Los indicadores para cada criterio de desempeño fueron obtenidos de las PUAS (cartas descriptivas) de las unidades de aprendizaje que valorarán dichos atributos

El proceso de recolección de datos inicia con la instrucción del coordinador o responsable del PE (RPE) hacia las 8 coordinaciones de área donde están distribuidas las 31 materias obligatorias que evalúan los 6 AE del PE ingeniero mecánico. Estas coordinaciones de área tienen asignadas unidades de aprendizaje afines al área, a las cuales les indican en reuniones por área del proceso de evaluación y recolección de datos. Finalmente la instrucción de trabajo llega a los docentes aplicadores de la evaluación de atributos, y estos a su vez aplican y recolectan los diferentes productos de aprendizaje de acuerdo a su rúbrica. Los coordinadores de área son responsables del seguimiento y recolección de evidencias para posteriormente subirlas a un drive predispuesto para tal propósito.

Los resultados de la evaluación periódica a los AE han permitido mejorar el proceso en el que los académicos, egresados y empleadores los valoran. Se han realizado cambios, los cuales incluyen mejoras en las actividades, actualización de indicadores, rúbricas y número de UA donde se evalúan los atributos.

Se concluye que todos los estudiantes que finalizan el programa, logran todos los atributos a nivel avanzado de manera satisfactoria debido a que en todos los indicadores se supera la meta propuesta del 60%. Finalmente se publican los resultados englobando la participación de las autoridades, los cuerpos colegiados y grupos de interés.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barrera Bustillos, M. E., & Nieto Caraveo, L. M. (2021). *Mejora Continua orientada por resultados de aprendizaje* (1.8). Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. [https://doi.org/http://cacei.org.mx/docs/cacei\\_mr2018\\_pautasgenerales.pdf](https://doi.org/http://cacei.org.mx/docs/cacei_mr2018_pautasgenerales.pdf)
- CACEI. (2023). *La acreditación del CACEI añade valor*. <http://cacei.org.mx/nvfs/nvfs01/nvfs0101.php>
- Concejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. (2021). *Marco de Referencia 2018 para programas de ingeniería*. <https://doi.org/http://cacei.org.mx/nvfs/nvfs02/nvfs0210.php>
- Vargas Porras, A. E. (2011). La acreditación: Una forma de estandarizar la educación. *Revista Educación*, 26(2), 245. <https://doi.org/10.15517/revedu.v26i2.2923>

# Modelamiento matemático de una columna de lecho fijo empacada con la biomasa de *Schinus molle*

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.676

Rosalba Ramírez Noriega<sup>1</sup>, Erika García Domínguez<sup>1</sup>, Rigoberto Barrios Francisco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso/e-mail:

[erikagarcia.tessfp@gmail.com](mailto:erikagarcia.tessfp@gmail.com)

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México-Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso/e-mail: [rrosal.no@gmail.com](mailto:rrosal.no@gmail.com)

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México-Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso/e-mail:

[rigoberto.bf@sfelipeprogreso.tecnm.mx](mailto:rigoberto.bf@sfelipeprogreso.tecnm.mx)

**Línea de investigación:** Ciencia básica en Ingeniería Química

## Resumen

El modelado matemático de Michaelis se obtuvo con el diseño en columna de adsorción de lecho fijo con corteza *Schinus molle* (pirul) como empaque para la adsorción del colorante anaranjado de metilo, se ajustó el modelo desarrollado por la isoterma de Freundlich. El modelamiento matemático a partir de la simulación por Matlab permitió conocer la velocidad de flujo de un  $7.1763 \times 10^{-5}$  cm/s, tiempo de operación de 6.80 min, su punto de ruptura de 3.704 min, un 85.23% de equilibrio con el gas entrante, con un coeficiente de transferencia de masa de Michaelis es  $7.1732 \times 10^{-6}$  mol/m<sup>3</sup> y 86.26% del adsorbato retenido por el adsorbente. Se llevó a cabo la verificación de la columna de adsorción de lecho fijo con el software de Matlab R2013a, en el cual se creó el programa para el proceso. De acuerdo con el parámetro del modelo aplicado para la simulación de la columna, se obtuvo el proceso de remoción del colorante.

*Palabras clave:* Columna, Modelamiento, *Schinus Molle*

## Abstrac

The Michaelis mathematical modeling was obtained with the fixed bed adsorption column design with *Schinus molle* bark (pirul) as packing for the adsorption of the methyl orange dye, the model developed by the Freundlich isotherm was adjusted. The mathematical modeling from the Matlab simulation allowed to know the flow velocity of a  $7.1763 \times 10^{-5}$  cm/s, operation time of 6.80 min, its breaking point of 3.704 min, an 85.23% equilibrium with the incoming gas, with a Michaelis mass transfer coefficient is  $7.1732 \times 10^{-6}$  mol/m<sup>3</sup> and 86.26% of the adsorbate retained by the adsorbent. The verification of the fixed bed adsorption column was carried out with the Matlab R2013a software, in which the program for the process was created. According to the parameter of the model applied for the simulation of the column, the dye removal process was obtained.

**Keywords:** Column, Modeling, *Schinus molle*

## INTRODUCCIÓN

El modelado en columnas de adsorción de lechos, permite la estimación de parámetros para conocer el diseño u operación como: la concentración del soluto al final de la adsorción, el tiempo necesario para llevar a cabo la operación hasta un punto deseado, la cantidad de adsorbente necesario, las etapas necesarias o la longitud de las columnas. Además, permite también conocer las respuestas del sistema a las variaciones a ciertos parámetros característicos de operación de diseño. Para la obtención de un modelo será necesario de los datos de equilibrio, las expresiones de velocidad de adsorción, los balances y las condiciones de frontera (Kumar, N., 2013).

Los modelos de adsorción son representados mediante relaciones algebraicas. Permitiendo determinar la velocidad a la que los contaminantes son retirados del medio acuoso [5]. En este sentido, se propone obtener un modelo cinético para describir el mecanismo por el que transcurre el proceso de adsorción a través de la biomasa *Shinus molle* (pirul), verificando este modelo con el software de MATLAB R2013a. Este mecanismo en la mayor parte de los casos es complejo y puede involucrar reacciones químicas entre grupos funcionales del adsorbente y los iones metálicos, reacciones de intercambio iónico y/o formación de complejos; además, hay que tener en cuenta los procesos de transferencia de materia, tales; como el transporte de especies en la fase líquida, difusión desde la fase líquida hasta la superficie sólida y difusión en el interior de macroporos o microporos (Guala, S. M. et al., 2009).

La modelación matemática, implica la representación del modelo conceptual de las relaciones matemáticas, requiriendo de un algoritmo apropiado. Para obtener el modelo matemático que mejor describa al proceso de adsorción en columnas de lecho, es necesario seleccionar e identificar las variables del proceso entre los diferentes modelos tanto teóricos como empíricos (Lara, J. et al., 2016).

Una manera común de representar el equilibrio del proceso de adsorción es mediante isothermas de equilibrio, éstas representan la distribución del material adsorbido entre la fase sólida y la fase fluida en el equilibrio a una temperatura determinada. Los detalles del equilibrio del proceso, generalmente conocidos como isothermas de adsorción, describen el comportamiento de la interacción entre adsorbato-adsorbente y proveen información sobre la capacidad del adsorbente estudiado, las isothermas de Langmuir y Freundlich, son estudiadas para este sistema de adsorción (Olaekan, A., 2012).

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL

Obtener la simulación de la columna empacada con *Shinus molle* mediante software de Matlab R2013a.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener los parámetros de operación de la columna para la simulación.
- Determinar el punto de ruptura de la columna mediante la simulación
- Determinar los parámetros Michaelis para la columna.

### OBJETO DE ESTUDIO

El modelo matemático aplicado a los datos teóricos experimentales permitió estimar parámetros de régimen de Michaelis a partir de las corrientes de flujo, concentración de alimentación y velocidad de flujo; comenzando de las relaciones algebraicas de las variables en el proceso unitario de adsorción.

Fue aplicado el Software de Matlab como un lenguaje de cálculo para programar los datos de altura de columna 50 cm, diámetro de la columna 5 cm, área 19.63cm, velocidad lineal de 10cm/min y flujo volumétrico 0.0196m<sup>3</sup>/h

Obteniendo así el punto de saturación de 6.011 min, tiempo de adsorción 5.2501 min, tiempo de contacto 3.7041 min, tiempo de operación 6.80 min y Michaelis coeficiente de transferencia de 7.5630cm.

## METODOLOGÍA

La simulación consistió en una metodología cuantitativa debido a que en la investigación se definen los parámetros de régimen de Michaelis como el tiempo de adsorción, las condiciones de equilibrio y los balances de materia en la columna aplicado a la biomasa de *schinus molle* como empaque de la columna. A partir de ello se elaboró un algoritmo para la programación en MATLAB. A continuación, se mencionan las fases del desarrollo.

### FASE DE DESARROLLO 1

#### Balance del soluto en la columna

Para los cálculos de operación puede considerarse en forma conveniente las concentraciones se expresan como masa por soluto/ masa libre del soluto.

Para el balance de materia se muestran en la tabla 1, los parámetros de condición de operación para la columna y la notación de concentraciones del gas y colorante anaranja de metilo.

**Tabla 1.***Parámetros para el balance de materia y diseño de la columna.*

	Parámetros	Resultados
<b>Condiciones de operación</b>	Presión	1 atm
	Temperatura de operación	25 °C
	Flujo volumétrico	0.0196349 m <sup>3</sup> /h
<b>Propiedades de la biomasa</b>	Empaque Schinus molle	0.001078m <sup>3</sup>
	Densidad	0.44 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad	6.2 %
<b>Propiedades de la solución</b>	Densidad del colorante	1.14 g/cm <sup>3</sup>
	Densidad del gas	0.0015 g/cm <sup>3</sup>
<b>Diseño de la columna</b>	Altura de la columna	50 cm
	Diámetro de la columna	5 cm

## FASE DE DESARROLLO 2

### Parámetros Obtenidos por Michaelis

Cálculos obtenidos de las ecuaciones de Michaelis, este método es posible calcular la altura del lecho de adsorción, el tiempo de contacto y el tiempo de adsorción respecto a las condiciones de operación que se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.***Parámetros del modelo de Michaelis.*

Parámetros	Resultados
Tiempo De Ruptura ( $t_R$ )	3.2941 min
Tiempo De Adsorción ( $t_A$ )	5.0929 min
Altura Del Lecho De Adsorción ( $Z_A$ )	14.4171 cm <sup>3</sup>

## FASE DE DESARROLLO 3

### MATLAB R2013a

Para llevar a cabo la simulación en el software de Matlab R2013a que utiliza el lenguaje de programación “M”, de acuerdo al modelo de Michaelis empleado para describir el proceso, las condiciones para la simulación se muestran en la siguiente tabla 3.

**Tabla 3.***Parámetros de la simulación.*

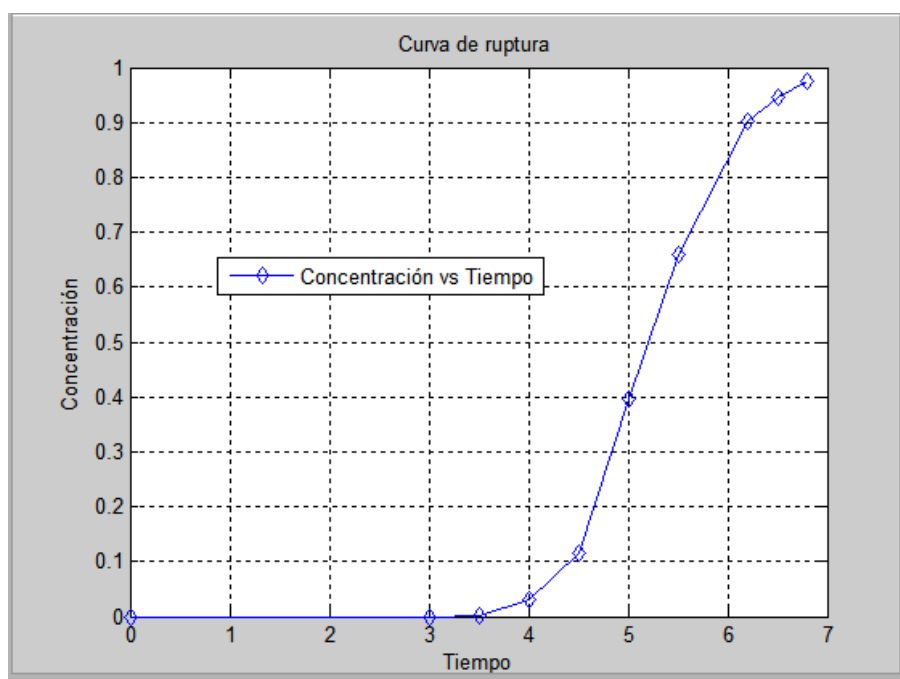
	Parámetros	Resultados
<b>Condiciones de Operación</b>	Presión	1 atm
	Temperatura de operación	25 °C
	Flujo volumétrico	0.0196349 m <sup>3</sup> /h
<b>Características del Biosorbente</b>	Empaque Schinus molle	0.001078 m <sup>3</sup>
	Densidad	0.44 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad	6.2 %
<b>Propiedades de la Solución</b>	Velocidad de adsorción	7.056x10 <sup>-5</sup> cm/seg
	Densidad del colorante	1.14 g/cm <sup>3</sup>
	Altura de transferencia del solido	7.420x10 <sup>-5</sup> cm
	Densidad del gas	0.00115 g/cm <sup>3</sup>
<b>Condiciones de la Columna</b>	Altura de transferencia del gas	0.07318 cm
	Altura de la columna	50 cm
	Diámetro de la columna	5 cm
	Altura del lecho de adsorción	14.414 cm

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La forma y el tiempo de la aparición de la curva de ruptura influye mucho sobre el método de operación de un adsorbente de lecho fijo, la zona de adsorción se presentó a una altura de 14.765 cm, con un tiempo de ruptura de 3.70 minutos, llegando a su punto de saturación a los 6.011 minutos concluyendo con un tiempo de operación de 6.80 minutos ver figura 1.

**Figura 1.**

Curva de ruptura obtenida en la simulación de Matlab R2013a de la columna de lecho fijo.



El coeficiente de transferencia de masa de Michaelis es de  $7.1732 \times 10^{-6}$  mol/m<sup>3</sup>, la biomasa *Schinus Molle* alcanza una eficiencia del 86.26% de retención del colorante con un tiempo de operación de 6.80 minutos con una altura de columna de 50 cm y diámetro de 5 cm.

En la tabla 4, se muestra una comparación de los resultados calculados en la metodología con respecto a los resultados obtenidos del programa Matlab R2013a en la columna de lecho fijo utilizando la corteza de *Schinus molle* como empaque.

**Tabla 4.**

Comparación de resultados.

Parámetros	Calculado	Programa Matlab	Desviación
Tiempo de ruptura	3.2941 min	3.7041 min	4.1 %
Tiempo de adsorción	5.0930 min	5.2501 min	1.5 %
Altura del lecho de adsorción	14.4171 cm <sup>3</sup>	14.7650 cm <sup>3</sup>	3.4 %
Velocidad de adsorción	0.00007056 cm/seg	0.00007176 cm/seg	1.2 %
Grado de saturación	82.69 %	85.23 %	2.5 %
Altura de transferencia de gas	0.07318 cm	0.07562 cm	2.4 %
Parámetros	CALCULADO	PROGRA MAMATLAB	DESVIACIÓN
Altura de transferencia solido	0.0000742 cm	0.0000743 cm	1 %
Altura global de transferencia	0.2868 cm	0.2965 cm	9.7 %
Numero de transferencias	0.07320 cm	0.08774 cm	1.4 %
Michaelis coeficiente de transferencia	0.000007168 cm	0.00007173 cm	5 %
Masa de adsorbato retenida por el adsorbente	85.70 %	86.26 %	5.4 %

## CONCLUSIÓN

El trabajo de esta investigación cumple con los objetivos propuestos, además se ha establecido una metodología de trabajo para el modelado de Michaelis para la simulación de una columna de lecho fijo utilizando como empaque *Schinus molle*.

Se comprobó la efectividad de la columna de acuerdo a los parámetros para el balance de masa, temperatura de operación, concentración de alimentación, capacidad de adsorción, flujo volumétrico y velocidad de adsorción.

El software de Matlab fue empleado para la simulación de la columna de lecho fijo, desarrollando el algoritmo de programación del modelo de Michaelis, que describe el proceso de manera eficiente.

El equilibrio se logró por la isoterma de Freundlich obteniendo el coeficiente de regresión de 0.9615, en lo cual se aprecia que existe una gran relación en la adsorción del colorante.

El coeficiente de transferencia de masa de Michaelis es de  $7.1732 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^3$ , la biomasa *Schinus Molle* alcanza una eficiencia del 86.26% de retención del colorante con un tiempo de operación de 6.80 minutos y un flujo volumétrico de  $0.019635 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## REFERENCIAS

- [1] Guala, S. M., Elder H. V., Pérez, G. y Chies, A. (2009). Evaluación del Poder Antioxidante de Fracciones de Aceite Esencial Crudo de *Schinus molle* L. obtenidas por Destilación al Vacío. Información Tecnológica-Vol. 20 N°2-2009, pág.: 83-88. Scielo. doi: 10.1612/inf.tecnol.4024it.08
- [2] Kumar, N. (2013). Modelación matemática del proceso de biosorción de Cromo+6 y Ni+2: estudios en serie en columnas de lecho fijo con Bagazo de Caña de Azúcar. *DSPACE.UCLV*.
- [3] Lara, J., Tejada, C., Villabana, Á., & Arrieta, A. (2016). Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre. *SciElo.org*.
- [4] Olalekan, A. (2012). Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin–Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of  $\text{Zn}^{2+}$  Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *RESARCHGTE*, 38-45.



# Caracterización física y mecánica de bloques de adobe y mampostería de adobe en la región de El Arenal Hidalgo

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.677

José Antonio Cortés Benítez<sup>1</sup>, Héctor Iván Montoya Martínez<sup>2</sup>, Arturo Arellano Hernández<sup>3</sup>, Sarahi Hernández Hernández<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: [jacortes@upfim.com](mailto:jacortes@upfim.com)

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: [hmontoya@upfim.com](mailto:hmontoya@upfim.com)

<sup>3</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: [aarellano@upfim.com](mailto:aarellano@upfim.com)

<sup>4</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: [sarahihdez34@gmail.com](mailto:sarahihdez34@gmail.com)

## Línea de investigación: caracterización física y mecánica de materiales utilizados en la construcción

### Resumen

En esta investigación se presentan los resultados de la caracterización física y mecánica de bloques de adobe, fabricados en el municipio de El Arenal Hidalgo y a la mampostería construida con estas piezas y unidas con juntas de mortero de arcilla-arena y mortero cemento-cal-arena. Las características que se estudiaron en los adobes fueron: resistencia a compresión, módulo de rotura, variación de la masa y volumen con el tiempo, masa volumétrica y el impacto de incrementar el contenido de arcilla en la mezcla utilizada para la fabricación de adobe; en cuanto a la mampostería, únicamente se obtuvo la resistencia a compresión.

Con base en los resultados obtenidos, se concluyó que se puede comenzar la construcción a los 21 días de la fabricación de los adobes, así mismo, estos adobes no cumplen con la resistencia a compresión para ser utilizado estructuralmente; en cuanto a la mampostería, se concluye que con las resistencias obtenidas, no se debería tener problemas para soportar las cargas gravitacionales propias de este tipo de construcciones, además, que se visualizó una correlación entre la resistencia de diseño a compresión de los adobes y la resistencia de diseño a compresión de la mampostería; por último, se observó que el incrementar la resistencia del material utilizado en la junta, no afecta significativamente la resistencia de la mampostería.

*Palabras clave: adobe, calidad, construcción, estructuras, mampostería.*

### Abstract

This research presents the results of the physical and mechanical characterization of adobe blocks manufactured in the municipality of El Arenal Hidalgo and the masonry built with these pieces and joined with clay-sand mortar and cement-lime-sand mortar joints. The characteristics that were studied in the adobes were: compressive strength, modulus of rupture, variation of mass and volume with time, volumetric mass and the impact of increasing the clay content in the mixture used for the manufacture of adobe; As for the masonry, only the compressive strength was obtained.

Based on the results obtained, it was concluded that construction can begin 21 days after the manufacture of the adobes; likewise, these adobes do not meet the compression resistance to be used structurally; regarding the masonry, it is concluded that with the resistance obtained, there should be no problems supporting the gravitational loads typical of this type of construction. In addition, a correlation was visualized between the design compressive strength of the adobes and the design compressive strength of masonry; Finally, it was observed that increasing the resistance of the material used in the joint does not significantly affect the resistance of the masonry.

*keyword: adobe, quality, construction, structures, masonry.*

## INTRODUCCIÓN

En el mundo, el sistema de construcción con base en tierra moldeada, ha sido utilizado por miles de años y aunque estas construcciones pueden ser funcionales por muchos años, es necesario dar mantenimiento continuamente para evitar el deterioro de la mampostería de adobe, esto es una de las principales causas por las que el sistema constructivo ha caído en desuso y otros sistemas más resistentes, pero con mayor impacto ambiental lo han sustituido.

En el país, existen un gran número de edificaciones construidas con mampostería de adobe, generalmente los edificios más antiguos de las principales ciudades y cabeceras municipales están contruidos con base en este material. Actualmente, se siguen construyendo este tipo de edificaciones, ya que el adobe provee de gran acústica, tiene muy buenas propiedades térmicas y es barato comparado con otros materiales de construcción, como el tabique rojo recocido o el bloque de concreto. En cuanto al impacto ambiental, los adobes son secados al sol, por lo que no es necesario hornearlos y por lo tanto se evita la quema de materiales que se usan como combustibles, que pueden ser desde maderas, papel o en algunos lugares hasta plásticos y neumáticos.

En la zona en estudio, el adobe se fabrica con una mezcla de arcilla, arena y paja, esta mezcla se moldea en cajas de madera y se dejan secar al sol. Después de cierto tiempo, dependiendo del medio ambiente donde se curen, esta mezcla toma una consistencia sólida, lo que se conoce como bloques de adobe. Para la construcción de mampostería, las piezas de adobe se acomodan en hiladas en soga y se unen mediante una junta realizada únicamente con la combinación de arena y arcilla. Debido a que los adobes son susceptibles al deterioro por la acción del medioambiente, principalmente por la lluvia, en ocasiones los muros de adobe se recubren con una mezcla de cal y arena.

El adobe como material de construcción, ha sido ampliamente utilizado y la experiencia indica que tiene una buena resistencia a compresión, sin embargo, es malo resistiendo fuerzas de tensión, por lo que deberían de tomarse las medidas necesarias, si se utiliza en lugares que presenta actividad sísmica. Para tratar de contrarrestar su poca capacidad para resistir fuerzas de tensión, y además, hacer que el muro de mampostería de adobe trabaje en conjunto, los constructores han utilizado confinamiento de diferentes tipos como carrizo, madera y en casos de estructuras importantes, castillos y dalas de concreto.

**Figura 1**  
**Mampostería de Adobe.**



Nota: tomada de Edificaciones Antisísmicas de Adobe (2010), Viceministerio de Contrucción y Saneamiento. Disponible en: <http://www.vivienda.gob.pe/dnc>

En la zona del Valle del Mezquital, destaca el municipio del Arenal en la fabricación de piezas de barro rojo recocido, petatillo, tabicones y por supuesto los bloques de adobe, los fabricantes han obtenido las proporciones y procesos de fabricación de las piezas de adobe en forma empírica o les han sido transmitidas de generación en generación. Durante esta investigación, se trabajó con cuatro talleres diferentes, que fueron elegidos debido a las facilidades que nos dieron para estar presentes durante la fabricación de los adobes, además, que nos explicaron todo el proceso. Las ubicaciones de los talleres en la zona en estudio se muestran en la figura 2, sin embargo, para evitar posibles problemas por los resultados obtenidos, no se definen las ubicaciones de los talleres analizados.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL

El propósito de esta investigación, es obtener la resistencia a compresión de los bloques de adobe y la mampostería construida con estas piezas, además, se busca definir el impacto que tiene el incrementar el contenido de arcilla en la resistencia de las piezas de adobe y el tiempo necesario para que la contracción por secado de las piezas, no afecte de manera desfavorable en la construcción.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A continuación, se describe los objetivos específicos:

- Obtener la resistencia de diseño a compresión de los bloques de adobe.
- Obtener módulo de rotura en vigas de adobe.
- Definir como varía la masa y volumen de los bloques en función del tiempo.
- Definir el tiempo para que la contracción por secado no afecte a la construcción.
- Obtención de masa volumétrica del adobe.
- Obtener resistencia de diseño a compresión de mampostería de adobe.

**Figura 2**

**Ubicación de Talleres en Municipio de El Arenal, Hidalgo.**



## OBJETO DE ESTUDIO

Aunque la construcción con adobes ha sido ampliamente utilizada en todo el país, las propiedades de las materias primas para la elaboración del adobe varían de región a región, por lo que las propiedades de los adobes fabricados en una región, pueden variar significativamente a las de otra. Debido a esto, es necesario determinar las propiedades mecánicas de la mampostería construida con bloques fabricados en la región del Arenal Hidalgo. El presente estudio, busca ayudar a los ingenieros civiles que trabajen en la región en estudio y que busquen parámetros de diseño para construcción de nuevas estructuras de mampostería de adobe o para construcciones en las que se requieren realizar modificaciones o simplemente evaluar la integridad estructural de estas.

## METODOLOGÍA

Para la investigación, se fabricaron bloques y vigas de adobe en cuatro diferentes talleres de la región del Arenal Hidalgo, con las proporciones que los fabricantes utilizan normalmente en este tipo de piezas y que han sido transmitidas de generación en generación, parte del proceso se presenta en la figura 3. El suelo utilizado es obtenido de bancos de material de la zona y la paja es comprada con productores de la región. Los cuatro talleres utilizan una proporción de 70% de suelo arcilloso, 30% de arena y el agua necesaria para que la mezcla tenga una buena trabajabilidad, sin embargo, el contenido de paja varía de un taller a otro. En el taller 4, se fabricaron adobes y vigas con las proporciones definidas anteriormente y también con proporciones de 50% de suelo arcilloso y 50% de arena, para con estos definir el impacto de reducir el contenido de arcilla en la mezcla.

**Figura 3**

**Fabricación de Piezas de Adobe.**





a) Mezcla de materiales

b) Moldeado de adobes

c) Secado al sol de especímenes

En cuanto a los moldes utilizados para la fabricación de adobes y vigas, estos varían en dimensiones, debido a que cada taller construye sus propios moldes, además, por las deformaciones que sufren durante el desmoldado y a la contracción por secado, las piezas terminadas tienen dimensiones menores a las del molde. Las dimensiones interiores de los moldes y el promedio de las dimensiones de los adobes se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5**  
**Dimensiones de Moldes y Adobes.**

Descripción	Dimensiones de moldes (cm)			Dimensiones de adobes (cm)		
	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
Bloques de adobe taller 1	42.00	22.00	14.00	40.72	20.38	13.55
Vigas de adobe taller 1	70.00	15.00	15.00	-	14.39	13.55
Bloques de adobe taller 2	41.00	20.00	14.00	37.03	18.06	12.90
Vigas de adobe taller 2	70.00	15.00	15.00	-	14.37	12.81
Bloques de adobe taller 3	42.00	21.00	14.00	40.61	20.47	13.16
Vigas de adobe taller 3	70.00	15.00	15.00	-	-	-
Bloques de adobe taller 4	30.00	15.00	10.00	28.30	14.59	9.55
Vigas de adobe taller 4	70.00	15.00	15.00	-	14.52	13.37

Después del desmoldado, los bloques y vigas se dejaron secar al sol por 5 días, posteriormente, el secado se continuó a la sombra. En la figura 4, se muestra la configuración típica de un taller en la región de estudio, donde una zona está destinada para el secado al sol y otra zona para el secado a la sombra. Al terminar la etapa de secado, los bloques fueron lijados para quitar los defectos en las caras de los adobes y con esto procurar que las caras sobre las que se aplicaron las cargas sean paralelas entre ellas. Estos bloques terminados fueron los que se utilizaron para realizar las pruebas.

**Figura 4**  
**Zona de Secado de los Bloques de Adobe al Sol y a la Sombra.**



#### Monitoreo de masa y volumen de adobes

Para el monitoreo de masa y volumen, se estudiaron cuatro especímenes del taller 1 y cuatro del taller 2, el monitoreo inicio desde el día de su fabricación y se mantuvo durante 60 días. Posterior a las mediciones del primer día, se tuvo acceso a los especímenes monitoreados hasta el día 11, fecha en que los bloques de adobes fueron trasladados a las instalaciones de la universidad. Para evitar perder partículas de los adobes, estos se colocaron sobre charolas plásticas y sobre ellas se obtuvo su masa y volúmenes de los especímenes durante todo el monitoreo, esto como se observa en la figura 5. Los días posteriores a la entrega de los especímenes, se siguió monitoreando su masa y volumen cada tercer día y posteriormente dos veces a la semana.

Para la obtención de la masa volumétrica, se obtuvo un promedio de la relación de la masa y volumen en el último día del monitoreo, esto se realizó con la ecuación (1).

$$\gamma_{adobe} = \frac{M_{adobe}}{V_{adobe}} \quad (1)$$

**Figura 5**  
**Monitoreo de Volumen y Masa de Bloques de Adobe.**



### Pruebas a compresión en bloques de adobes

El objetivo de la prueba, es la determinación de la resistencia nominal a compresión de los bloques de adobe, lo anterior para determinar cuál es la resistencia de las piezas fabricadas en los talleres del Arenal. Los bloques de adobe fueron probados a los 40 días, donde la contracción por secado se había estabilizado. Para la realización de las pruebas, se utilizó una prensa hidráulica de 120 ton, la cual se programó para que aplicará la carga con una velocidad uniforme de 0.24 MPa/s, que es el promedio del límite inferior y superior propuesto por la norma NMX-C-036-ONNCCE.

Debido al reducido presupuesto, no se pudo realizar el cabeceo con azufre, sin embargo, se trató de que las cargas se transmitiesen correctamente lijando los bloques de adobe, para con esto asegurar que las dos caras donde se aplicó la carga fueran paralelas y las caras restantes fueran perpendiculares a estas. Para asegurar que la carga se repartiera uniformemente sobre el área cargada, se hizo un arreglo de placas de acero y placas de neopreno como el que se muestra en la figura 6.

La resistencia a compresión de la pieza,  $f_p$ , se calculó con la ecuación (2), que es la relación entre la carga que causó la falla,  $P_{up}$  y el área de la cara sobre la cual se aplicó la carga,  $A_{tp}$ .

$$f_p = \frac{P_{up}}{A_{tp}} \quad (2)$$

La resistencia de diseño a compresión del bloque de adobe,  $f_p^*$ , se obtuvo con la ecuación (3), la cual está en función del promedio de las resistencias de los bloques probados a compresión,  $\bar{f}_p$  y el coeficiente de variación,  $c_v$ .

$$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{(1+2.5 c_v)} \quad (3)$$

Debido a que no se realizaron el número de pruebas necesarias para poder calcular el coeficiente de variación, se decidió utilizar un coeficiente de variación de 0.35, que se aplica a piezas de fabricación artesanal y donde no existe control de calidad, esto como se indica en la norma NMX-C-404-ONNCCE.

### Figura 6

*Acondicionamiento de Muestras para Pruebas de Compresión en Adobes.*



### Obtención de módulo de rotura

Para la determinación del módulo de rotura de las vigas de adobe, se hicieron algunas adaptaciones de lo definido en la norma NMX-C-191-ONNCCE, en esta norma se explica el procedimiento para la obtención del módulo de rotura en vigas de concreto simple. Los

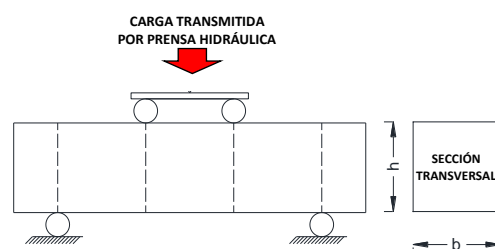
especímenes utilizados para esta prueba, fueron fabricados en moldes de madera con dimensiones interiores de 15 cm x 15 cm x 70 cm, con lo anterior, la viga tiene una sección transversal cuadrada y una longitud de 70 cm. La sección transversal se adoptó de la norma NMX-C-191-ONNCCE-2008, sin embargo, la longitud que marca la norma, se incrementó de 50 cm a 70 cm para evitar una posible falla en la zona de los apoyos, con esto, la longitud del voladizo que se encuentra más allá de los apoyos es de 12.5 cm, aunque la norma marca que esta longitud debe de ser de 2.5 cm.

Como se observa en la figura 7, en las vigas se marcaron líneas de apoyo, primeramente, marcando la zona que se encuentra entre los apoyos que tiene una longitud de 45 cm, con lo que en los extremos quedan zonas con longitudes aproximadas de 12.5 cm. Posteriormente, la zona de 45 cm se dividió en tercios, definiendo así los puntos donde se aplicó la carga y delimitando el tercio medio donde se debe de presentar la grieta por tensión. La máquina de ensaye utilizada, se programó para que la velocidad en el incremento de esfuerzo en las fibras extremas fuera de 0.86 MPa/min, que es el límite inferior propuesto por la norma de referencia.

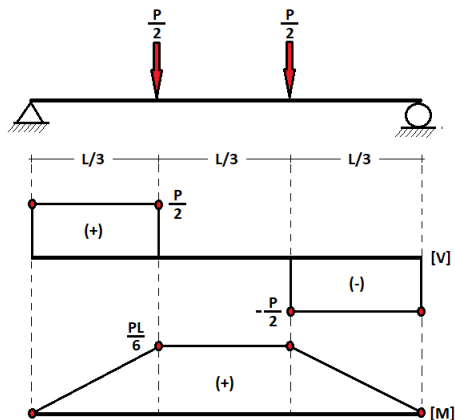
El módulo de rotura,  $R$ , se calcula con la ecuación (4), que está en función de la carga que causó la falla del espécimen,  $P$ , la longitud del claro,  $L$  y la geometría de la sección transversal. En todas las vigas, el claro utilizado fue de 45 cm y la carga se aplicó en los tercios del claro como se representa en la figura 7.

$$R = \frac{PL}{bh^3} \quad (4)$$

**Figura 7**



**Configuración de Apoyos y Cargas para las Pruebas en Vigas.**



### Construcción de pilas de adobe

Para realizar las pruebas en mampostería, se construyeron 15 pilas de mampostería de adobe, cuatro pilas con piezas del taller 1, cuatro pilas con piezas del taller 2, tres pilas con piezas del taller 3 y cuatro pilas con piezas del taller 4. Como se observa en la figura 8, las pilas de mampostería se construyeron con tres bloques de adobe unidos mediante juntas de 1.5 cm de espesor, para las pilas del taller 1, 2 y 3 se utilizó una junta con las mismas proporciones de los adobes (30 % arena y 70 % suelo arcilloso) y para el taller 4, se utilizó un mortero de cemento-cal-arena, en ambos materiales, se utilizó el agua necesaria para que la mezcla tenga una trabajabilidad adecuada. Se procuró que las caras donde se aplicó la carga fueran paralelas entre sí, esto se logró colocando una pieza encima de la otra, unidas mediante la junta y utilizando un nivel de burbuja, se niveló la segunda pieza, posteriormente, se colocó la segunda junta y la tercera pieza y se volvió a nivelar la pila, este procedimiento se observa en la figura 8. Posterior a la construcción, las juntas de unión se dejaron secar por tres meses, esto debido a problemas logísticos con el préstamo de la maquina universal.

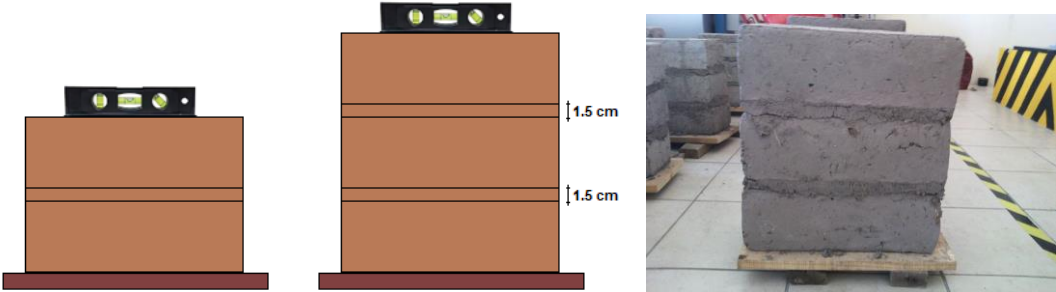
### Pruebas en pilas de adobe

El objetivo de la prueba, es la determinación de la resistencia de diseño a compresión de la mampostería de piezas de adobe. Debido al reducido presupuesto, no se pudo realizar el cabeceo con azufre, sin embargo, para procurar que la carga aplicada sobre la pila se reparta



uniformemente sobre el área, se utilizó un arreglo de esponjas y placas de neopreno en la parte inferior y superior de la pila y una tabla de madera en la base para facilitar su transporte como se muestra en la figura 9. Para la realización de la prueba, se utilizó una maquina universal marca CONTROLS, que tiene una capacidad a compresión de 2000 kN (204 ton) y 1000 kN (102 ton) a tensión. La máquina se programó para que aplicará la carga con una velocidad uniforme de 24.4 kPa/s, que es el límite inferior de lo definido en la norma NMX-C-464-ONNCCE.

**Figura 8**  
*Construcción de Pilas de Mampostería de Adobe.*



La resistencia de la pila de mampostería se calculó con la ecuación (5), la cual es la relación entre la carga que causó la falla de la pila,  $P_u$  y el área de la cara donde se aplicó la carga,  $A_{pila}$ , esta relación esta corregida por el factor de corrección,  $F_c$ , el cual se muestra en la tabla 6 y que está en función de la relación de la altura de la pila y su espesor.

$$f_m = \frac{P_u}{A_{pila}} F_c \quad (5)$$

**Figura 9**  
**Maquina Universal Marca CONTROLS.**



**Tabla 6**  
**Factores Correctivos para la Resistencia de las Pilas (Obtenida de NMX-C-464-ONNCCE).**

Relación altura a espesor de la pila	2	3	4	5	6
Factor correctivo	0.75	0.90	1.00	1.05	1.06

La resistencia de diseño a compresión de la mampostería,  $f_m^*$ , se obtuvo con la ecuación (6), la cual está en función del promedio de las resistencias de las pilas probadas a compresión,  $\overline{f_m}$  y el coeficiente de variación,  $c_m$ . La norma NMX-C-464-ONNCCE, definen que el coeficiente de variación no puede ser menor que 0.15.

$$f_m^* = \frac{\overline{f_m}}{(1+2.5 c_m)} \quad (6)$$

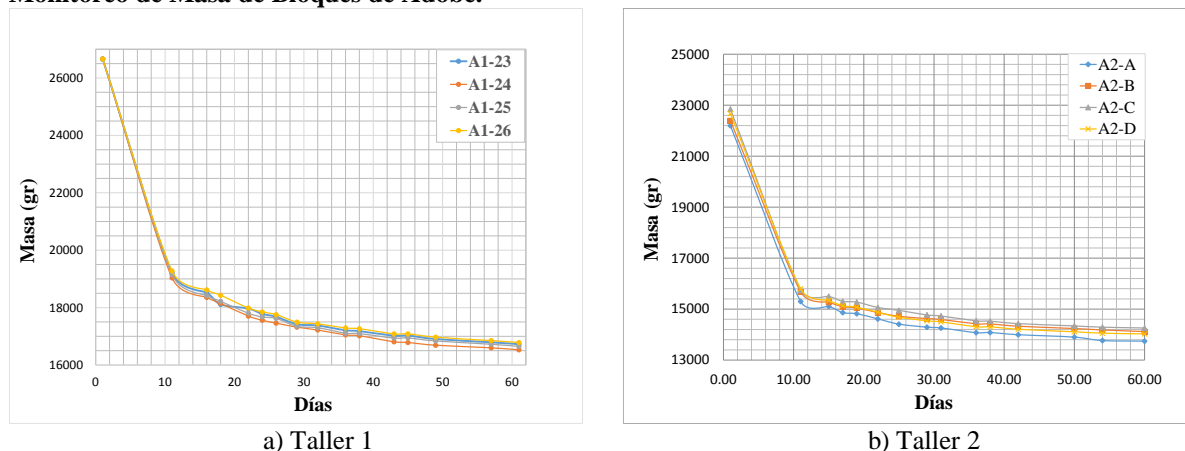
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados de monitoreo de masa y volumen de bloques de adobe

En la figura 10, se presentan los resultados del monitoreo de masa de los especímenes del taller 1 y 2, al analizarlos se observa que, aun después de los 60 días de monitoreo, los bloques siguen perdiendo masa por pérdida de agua; sin embargo, al analizar los resultados del volumen de los bloques presentados en la figura 11, se observa que a partir del día 21, el suelo que compone a los bloques, llegó a su estado de límite de contracción, donde aunque siga perdiendo masa, la pérdida de volumen cesa. En promedio, los especímenes del taller 1 perdieron el 12.51% de su volumen inicial y los del taller 2 perdieron el 23.22% de su volumen inicial. Con base en lo anterior, se puede definir que a partir del día 21, posterior a la fabricación, se puede realizar la construcción, ya que la contracción por secado no afectara en la construcción.

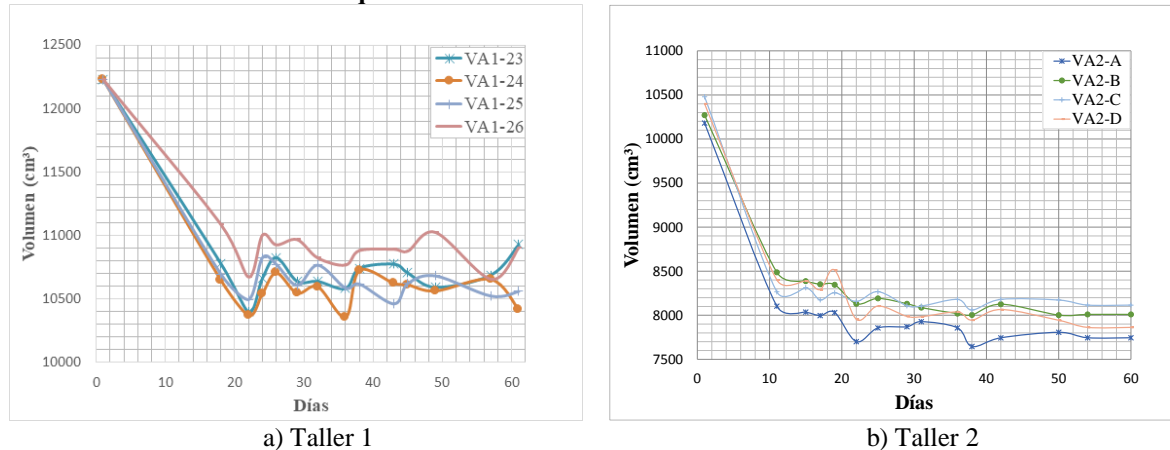
**Figura 10**

**Monitoreo de Masa de Bloques de Adobe.**



**Figura 11**

**Monitoreo de Volumen de Bloques de Adobe.**



**Tabla 7**

**Masa Volumétrica de Bloques de Adobe.**

Bloque	Taller 1		Taller 2	
	$\gamma$ (KN/m³)	$\gamma$ (kg/m³)	$\gamma$ (KN/m³)	$\gamma$ (kg/m³)
1	15.01	1530.59	17.39	1773.42
2	15.57	1587.57	17.37	1770.97
3	15.46	1576.96	17.27	1760.73
4	15.10	1539.53	17.53	1787.68
Promedio	15.29	1558.66	17.39	1773.20

En la tabla 7, se presenta la masa volumétrica de los especímenes monitoreados del taller 1 y 2, esta fue calculada a los 60 días y se observa que el taller 1, tiene una masa volumétrica promedio 12% menor que el del taller 2, esto es porque se utilizó una mayor cantidad de paja en la fabricación de estos.

### Resultados de resistencia a compresión en bloques de adobe

Con la metodología descrita, se obtuvo la resistencia a compresión de las piezas de adobe,  $f_p$ , de los cuatro diferentes talleres, estos valores se presentan en la tabla 8. Como se puede observar en la tabla, los bloques fabricados en el taller 4, son los que tiene la mayor resistencia a compresión, lo anterior, debido a que tiene el menor contenido de paja y propicia que la pieza tenga menos huecos interiores. Los fabricantes comentaron que, en esta zona, podría no agregársele paja a los adobes, ya que el suelo ocupado en la fabricación es de muy buena calidad; por otro lado, al incluir exceso de paja como se hizo en el taller 1, se generan huecos internos y disminuye la resistencia a compresión de la pieza, la falla de estos tipos de especímenes, se muestra en la figura 12. En la tabla 8, también se presentan las resistencias de diseño a compresión,  $f_p^*$ , que se obtuvieron con el coeficiente de variación propuesto por norma NMX-C-404-ONNCCE, que para piezas fabricadas artesanalmente y sin control de calidad es de 0.35.

Para determinar el impacto debido al decremento del contenido de arcilla en la mezcla utilizada en la fabricación de los bloques, se compararon las resistencias de los bloques del taller 4, en donde se fabricaron adobes con una mezcla de 70% arcilla y 30% arena y bloques con una mezcla de 50% arcilla y 50% arena, es importante mencionar, que en ambos tipos de adobes, se utilizó el mismo proceso de fabricación y mismo contenido de paja. Al analizar los resultados promedio, se observa una reducción del 24.66% en la resistencia de los adobes donde se disminuyó el contenido de arcilla, sin embargo, aun así, se logró una resistencia mayor a la del taller 1, donde se incluyó demasiada paja.

**Tabla 8**

**Resistencia a Compresión de Bloques de Adobe,  $f_p$ .**

Bloque	Taller 1		Taller 2		Taller 3		Taller 4		Taller 4*	
	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
1	1.40	14.29	2.70	27.49	2.24	22.88	2.59	26.40	2.30	23.44
2	1.33	13.54	2.23	22.76	1.66	16.9	3.07	31.31	2.10	21.44
3	1.43	14.57	2.61	26.60	2.37	24.16	2.49	25.39	2.35	24.00
4	0.95	9.66	2.45	24.97	1.13	11.55	2.74	27.95	2.21	22.50
5	1.21	12.33	2.78	28.30	2.39	24.4	3.20	32.64	2.05	20.85
6	1.92	19.62	2.24	22.87	1.86	19.01	3.21	32.72	2.00	20.42
7	1.48	15.08	-	-	2.27	23.13	3.06	31.15	2.33	23.73
$f_{promedio}$	1.39	14.16	2.50	25.50	1.99	20.29	2.91	29.65	2.19	22.34
$f_p^*$	0.74	7.55	1.33	13.60	1.06	10.82	1.55	15.81	1.17	11.91

\*Estos especímenes fueron fabricados en el taller 4 utilizando una proporción de 50% arcilla y 50% arena.

**Figura 12**

**Falla de Espécimen 1, Taller 1.**



### Resultados de módulo de rotura

En la tabla 9, se presentan los resultados de los módulos de rotura de los talleres analizados, no obstante, el taller 3 no se pudo probar, debido a que estas muestras fueron vandalizadas. Al analizar los datos, se observa que los talleres que presentaron una baja resistencia

a compresión, también presentan un módulo de rotura bajo, sin embargo, no se observa una relación entre estas dos variables, como se ha podido observar en otro tipo de piezas como tabique rojo recocido o bloques de concreto. En cuanto el efecto de disminuir el contenido de arcilla en los especímenes fabricados en el taller 4, esto generó una reducción en el promedio del módulo de rotura del 46.21%. En la figura 13 se muestra parte del proceso utilizado para la obtención del módulo de rotura.

**Tabla 9**

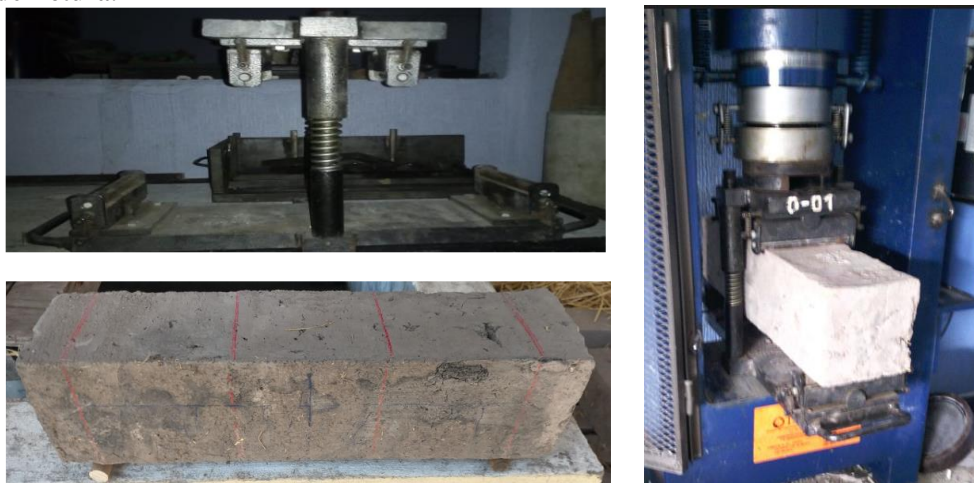
**Módulo de Rotura, R.**

Viga	Taller 1		Taller 2		Taller 4		Taller 4*	
	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
1	0.18	1.88	0.39	4.01	0.26	2.65	0.11	1.17
2	0.33	3.34	0.47	4.83	0.44	4.45	0.17	1.69
3	0.40	4.07	0.37	3.74	0.26	2.63	0.23	2.3
4	0.51	5.2	0.23	2.31	0.26	2.66	0.17	1.69
5	0.26	2.65	-	-	-	-	0.15	1.48
<i>f<sub>promedio</sub></i>	0.34	3.43	0.37	3.72	0.30	3.10	0.16	1.67

\*Estos especímenes fueron fabricados en el taller 4 utilizando una proporción de 50% arcilla y 50% arena.

**Figura 13**

**Prueba de Módulo de Rotura.**



#### Resultados de pilas de mampostería de adobe a compresión.

Con la metodología descrita, se obtuvo la resistencia a compresión de las pilas de adobe de los cuatro diferentes talleres. En la tabla 6, se presentan las resistencias de las pilas de los cuatro talleres analizados y su correspondiente resistencia de diseño a compresión,  $f_m^*$ . Para las pilas que tuvieron coeficientes de variación,  $C_m$ , menores de 0.15, se utilizó este valor para obtener la resistencia de diseño a compresión de la mampostería, lo anterior como lo indica la norma NMX-C-464-ONNCCE.

Con base en las resistencias de diseño mostradas en la tabla 6, se puede concluir, que este material, puede resistir sin ningún problema las cargas gravitacionales que se presentan en las estructuraciones típicas de mampostería de adobe de un nivel, donde el muro únicamente resiste un sistema de piso muy ligero y su peso propio.

En las figuras 14, 15, 16 y 17, se observan las fallas que se presentaron en cada taller y al compararlas con lo definido en la NMX-C-464-ONNCCE, se concluye que las fallas fueron por agrietamiento vertical, que como lo indica la norma, se generan por esfuerzos de tensión que se inducen en las piezas por las deformaciones desiguales entre el material de la junta y la pieza.



**Tabla 10**  
**Resultados de Pruebas a Compresión de Pilas de Adobe.**

No. Espécimen	Taller 1		Taller 2		Taller 3		Taller 4	
	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
1	0.86	8.76	1.18	12.02	1.32	13.50	0.98	9.98
2	0.79	8.03	1.27	12.96	1.15	11.69	1.46	14.86
3	0.89	9.11	1.32	13.44	1.16	11.86	1.56	15.91
4	0.75	7.69	1.09	11.15	-	-	2.13	21.73
$f_{mpromedio}$	0.82	8.40	1.22	12.39	1.21	12.35	1.58	16.09
$\sigma$	0.06	0.65	0.10	1.02	0.10	1.00	0.41	4.13
$C_m$	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.26	0.26
$f_m^*$	0.60	6.11	0.88	9.01	0.88	8.98	0.96	9.80

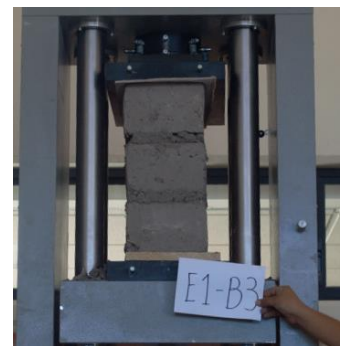
**Figura 14**  
**Falla de Espécimen 4 Taller 1.**



**Figura 15**  
**Falla de Espécimen 1 Taller 2.**



**Figura 16**  
**Falla de Espécimen 1 Taller 3.**



**Figura 17**  
**Falla de Espécimen 1 Taller 4.**

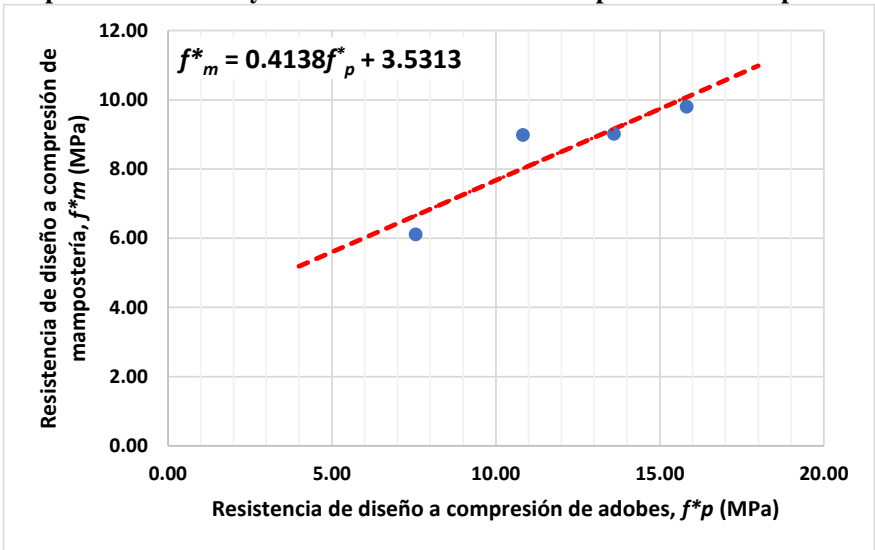


En la tabla 7, se muestran las resistencias de diseño a compresión de los bloques de adobe y las resistencias de diseño a compresión de la mampostería, al analizar estos resultados gráficamente como se presentan en la figura 18, podemos observar que existe una relación entre ambas variables, este comportamiento también se ha observado en mamposterías construidas con otro tipo de piezas. Aunado a lo anterior, no se observa un cambio significativo en la resistencia a compresión de la mampostería unida con mortero de cemento-cal-arena y la mampostería unida con una mezcla de 70% arcilla y 30% arena, este comportamiento también se ha observado en la mampostería de piezas de arcilla, donde los resultados experimentales indican, que para resistencias de las piezas menores a 15 MPa (150 kgf/cm²), la resistencia del mortero no impacta en resistencia a compresión de la mampostería.

**Tabla 11**  
**Resultados de Resistencia de Diseño a Compresión de los Bloques de Adobe y Resistencia de Diseño a Compresión de Mampostería.**

No. Espécimen	Taller 1		Taller 2		Taller 3		Taller 4	
	(MPa)	(kgf/cm²)	(MPa)	(kgf/cm²)	(MPa)	(kgf/cm²)	(MPa)	(kgf/cm²)
$f_p^*$	0.74	7.55	1.33	13.60	1.06	10.82	1.55	15.81
$f_m^*$	0.60	6.11	0.88	9.01	0.88	8.98	0.96	9.80

**Figura 18**  
**Resistencia de Diseño a Compresión de Adobe y Resistencia de Diseño a Compresión de Mampostería.**





## CONCLUSIONES

En la región de El Arenal Hidalgo existen muchos tipos de fibras y suelo necesarios para la fabricación de piezas de adobe, por lo anterior, este tipo de construcción es factible de llevar a cabo en poblaciones cercanas de escasos recursos, al ser un material económico y de relativa facilidad de construcción. Con base en los resultados de este documento, se puede concluir lo siguiente:

- En cuanto al comportamiento de la masa y volumen de los especímenes, se concluye que, a los 21 días posterior a la fabricación de los adobes, el suelo alcanza su límite de contracción, por lo posterior a esta edad ya se puede construir sin que la estructura se vea afectada por la contracción por secado.
- Las piezas de adobe, no pueden utilizarse estructuralmente, ya que no alcanzan la resistencia mínima propuesta por la NMX-C-404-ONNCCE, que define que los bloques, deben de tener una resistencia mínima promedio de 15 MPa (150 kgf/cm<sup>2</sup>) y una resistencia mínima individual de 12 MPa (120 kgf/cm<sup>2</sup>) y los tabiques deben tener una resistencia mínima promedio de 11 MPa (110 kgf/cm<sup>2</sup>) y una resistencia mínima individual de 7 MPa (70 kgf/cm<sup>2</sup>).
- Los talleres donde se presentó una baja resistencia a compresión de los bloques de adobe, también presentaron una resistencia a tensión por flexión o módulo de rotura bajo.
- La disminución en el contenido de arcilla de la mezcla utilizada para la fabricación de los bloques de adobe, genera una disminución en la resistencia a compresión y en el módulo de rotura.
- En cuanto a la masa volumétrica, se observa que un valor bajo en masa volumétrica indica que la resistencia a compresión será baja.
- Los resultados de la resistencia de diseño a compresión de la mampostería de adobe, indican que se puede utilizar este material para la construcción de estructuras de mampostería típicas de un nivel, ya que pueden resistir las cargas gravitacionales sin ningún problema; sin embargo, la norma NMX-C-404-ONNCCE, define que las piezas no alcanzan las resistencias para ser utilizadas estructuralmente.
- Se observó una correlación entre la resistencia de diseño a compresión de los bloques de adobe y la resistencia de diseño a compresión de la mampostería.
- El incrementar la resistencia del material utilizado en las juntas, no incrementa la resistencia a compresión de la mampostería.

## BIBLIOGRAFÍA

ASTM C67 – 20 (2020), Standard Test Methods For Sampling And Testing Brick And Structural Clay Tile, American Society for Testing and Materials, Pennsylvania, United States.

Gabriel O. Gallo (2005), Diseño Estructural de Casa Habitación, McGraw-Hill, México, D.F.

Melli Piralla (2008), Diseño Estructural, México D.F., Editorial Limusa, México, D.F.

NMX-C-036-ONNCCE-2013 (2013), Industria de la Construcción - Mampostería - Resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y Adoquines – Métodos de Ensayo, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

NMX-C-037-ONNCCE-2013 (2013), Industria de la Construcción - Mampostería - Determinación de la Absorción Total y la Absorción Inicial de Agua en Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones – Método de Ensayo, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

NMX-C-038-ONNCCE-2013 (2013), Industria de la Construcción - Mampostería - Determinación de las Dimensiones de Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones – Método de Ensayo, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

NMX-C-061-ONNCCE (2015), Industria de la Construcción - Cementantes Hidráulicos - Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cementantes Hidráulicos, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

NMX-C-404-ONNCCE-2012 (2012), Industria de la Construcción - Mampostería - Bloques, Tabiques o ladrillos y Tabicones para uso Estructural - Especificaciones y Métodos de Ensayo, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

NXM-C-464-ONNCCE-2010 (2010), Industria de la Construcción - Mampostería - Determinación de la Resistencia a Compresión Diagonal y Módulo de Cortante, así como, Determinación de la Resistencia a Compresión y Módulo de Elasticidad de Mampostería de Arcilla o de Concreto – Métodos de Ensayo, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

NXM-C-486-ONNCCE-2014 (2014), Industria de la Construcción - Mampostería - Mortero para Uso Estructural – Especificaciones y Métodos de Ensayo, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, México.

NTCM-2017 (2017), Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, Gaceta Oficial de la Ciudad de México, diciembre 2020.

# Interfaz como estrategia para atender la reprobación del estudiantado en el TESCO.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.678

Guadalupe Adriana Gordillo Gutiérrez<sup>1</sup> Adriana Zavala Martínez<sup>2</sup> Mónica Olivia Cervantes Meléndez<sup>3</sup> Verónica Muñoz Ponce<sup>4</sup> Martha Elena Rabadán Serrano<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México (TecNM) /Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli(TESCO)

<sup>1</sup>[guadalupe.gg@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:guadalupe.gg@cuautitlan.tecnm.mx), <sup>2</sup>[adriana.zm@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:adriana.zm@cuautitlan.tecnm.mx), <sup>3</sup>[monica.cm@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:monica.cm@cuautitlan.tecnm.mx),  
<sup>4</sup>[veronica.mp@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:veronica.mp@cuautitlan.tecnm.mx), <sup>5</sup>[martha.rs@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:martha.rs@cuautitlan.tecnm.mx)

## Línea de investigación: Productividad y competitividad

### Resumen

El análisis para la plataforma virtual que se espera desarrollar tiene como objetivo identificar e implementar una solución innovadora dentro de una tecnología flexible en el campo de la educación en línea. Este análisis permite enfatizar la utilidad de una herramienta para que los estudiantes puedan acceder a cursos y material didáctico de alta calidad, despertando el interés en el manejo de la tecnología y en cada uno de sus componentes, mejorando así su rendimiento académico y disminuyendo el índice de reprobación y deserción, proyectando de forma confiable el impacto positivo en el desarrollo de la plataforma virtual en la comunidad estudiantil, brindando una herramienta multifuncional, dinámica, estratégica, sobre todo, útil, que les ayude en la adquisición de un aprendizaje significativo, tanto en la formación profesional, como al término de ésta. La metodología propuesta para el análisis es Proceso Racional Unificado, en inglés, Rational Unified Process (RUP), la cual promueve una solución disciplinada, que consiste en organizar las tareas y responsabilidades dentro de una organización. Para efectos del análisis, se presenta una tabla, cuya información arroja el porcentaje con mayor índice de reprobación, lo que hace evidente la necesidad de implementar algún tipo de apoyo para los estudiantes, en este caso, cursos en línea, dentro de una plataforma digital que pueda ser una oportunidad para el estudiantado, por medio de una interfaz que interaccione de forma clara por medio de una comunicación activa, recordando que, en la actualidad, los jóvenes están sumergidos en un mundo digital lleno de creatividad, interacciones, opciones y oportunidades; también se muestra una tabla de procesos que resalta el seguimiento para la participación en áreas específicas detectadas en tiempo y forma, sin olvidar que, la primera fase consiste en entender y cubrir las necesidades concretas dentro del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCO).

*Palabras clave: Educación inteligente, estrategia, interfaz, interacción, rendimiento académico*

### Abstract

The analysis for the virtual platform that is expected to be developed aims to identify and implement an innovative solution within a flexible technology in the field of online education. This analysis allows us to emphasize the usefulness of a tool so that students can access high-quality courses and teaching materials, awakening interest in the management of technology and in each of its components, thus improving their academic performance and reducing the index of failure and dropout, reliably projecting the positive impact on the development of the virtual platform in the student community, providing a multifunctional, dynamic, strategic, and above all, useful tool that helps them in the acquisition of significant learning, both in vocational training, as well as at the end of it. The methodology proposed for the analysis is Rational Unified Process (RUP), which promotes a disciplined solution, which consists of organizing tasks and responsibilities within an organization. For the purposes of the analysis, a table is presented, whose information shows the percentage with the highest failure rate, which makes evident the need to implement some type of support for students, in this case, online courses, within a digital platform. that can be an opportunity for students, through an interface that interacts clearly through active communication, remembering that, currently, young people are immersed in a digital world full of creativity, interactions, options and opportunities ; A table of processes is also shown that highlights the follow-up for participation in specific areas detected in a timely manner, without forgetting that the first phase consists of understanding and covering the specific needs within the Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCO).

Keywords: Intelligent education, strategy, interface, interaction, academic performance

## INTRODUCCIÓN

La educación en línea ha adquirido una gran relevancia en los últimos años, y es necesario buscar soluciones innovadoras que mejoren la calidad y accesibilidad de los procesos de aprendizaje. En dicho contexto, el análisis dirigido a identificar la necesidad de una plataforma virtual de cursos, surge como una propuesta para abordar los desafíos del proceso enseñanza aprendizaje presentes en el mundo estudiantil dentro del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI).

La plataforma virtual se propone con el objetivo de ofrecer a los estudiantes una alternativa flexible y accesible para mejorar su rendimiento académico. Mediante el acceso a cursos en línea y material didáctico de alta calidad, los estudiantes podrán reforzar sus conocimientos y habilidades de manera autónoma, además, de fomentar la interacción con docentes y tutores, brindando un acompañamiento constante en el proceso de aprendizaje. En el presente artículo, se observa la problemática de la reprobación en las asignaturas en los programas educativos que imparte el TESCO y se propone una plataforma virtual, en la cual se encuentren cursos diseñados según la evaluación sumativa de primero, segundo, tercer parcial, segundas oportunidades o incluso, la no acreditación y por consecuencia curso de repetición (recursamiento).

Para García, en su artículo titulado Retroalimentación en educación en línea: una estrategia para la construcción del conocimiento menciona que:

Esta innovadora forma de enseñar y aprender conlleva a reflexionar sobre el proceso de evaluación: ¿deberá requerirse también una nueva forma de evaluar? ¿es la retroalimentación importante en el proceso de evaluación? ¿cómo podría definirse el concepto de “retroalimentación”? ¿una retroalimentación efectiva, eficaz, adecuada y sistemática generará conocimiento en línea? A través de este artículo se describirá el proceso de retroalimentación como detonante para la construcción del conocimiento(2014, p.2).

El fragmento anticipa que la enseñanza y el aprendizaje innovadores pueden requerir cambios en la evaluación y destaca la importancia de la retroalimentación como un componente crucial en este proceso. Las preguntas planteadas invitan en un panorama extenso y rico a explorar y definir estos conceptos en un contexto de construcción de conocimiento en línea, como una opción más para el sector educativo.

## DESARROLLO

En el TESCO se tiene la problemática de reprobación de los estudiantes a lo largo de su trayectoria académica en el programa educativo al cual están inscritos y reinscritos. Este indicador de reprobación también ocasiona que los estudiantes deserten, ya que cada asignatura no aprobada, tiene un costo en dinero de acuerdo con la cantidad de créditos de cada materia y en tiempo. Cada crédito, actualmente cuesta \$186.00, (se tienen asignaturas de 4, 5, 6 o más créditos) y el recuso de las asignaturas se tiene que hacer de manera presencial en contra turno, situación que les impide a algunos estudiantes poder trabajar y si no trabajan, no cuentan con el recurso para continuar sus estudios.

La plataforma propuesta se conformará en varias etapas y requiere un equipo multidisciplinario que permita integrar diferentes perspectivas y conocimientos en su creación y en el diseño de los diferentes cursos para los estudiantes de los programas educativos de licenciatura, en modalidad presencial y a distancia, como lo establece el Lineamiento de Planeación, Evaluación y Acreditación de Asignaturas, contenido en el Manual de Lineamientos Académico Administrativos 2015 del Tecnológico Nacional de México (TecNM).

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo del presente estudio es proponer la implementación de una plataforma virtual que aloje cursos con base en la necesidad de atender de manera directa los indicadores de reprobación y de manera indirecta los indicadores de deserción del estudiantado del TESCO; para ello, se recopilan los indicadores de reprobación del periodo 2022-2 y se analizan las causas y consecuencias de la reprobación.

## OBJETO DE ESTUDIO

Dentro del TESCO, se detecta como área de oportunidad la implementación que busque de manera interactiva, la unión usuario-máquina, que en el presente sería estudiante-curso, para potenciar la enseñanza aprendizaje en los estudiantes. Las ventajas de usar cursos en línea es tener la posibilidad de gestionar su propio horario, brindando la libertad de acceder a los cursos en línea en cualquier momento y desde cualquier ubicación, lo que permite ajustar el proceso de aprendizaje según compromisos y preferencias personales, ofreciendo diversidad de alternativas. Dentro de la carrera de Contador Público existe una gran variedad de temas disponibles que se espera abarcar con diferentes niveles de dificultad, lo que otorga la capacidad de hallar cursos que se ajusten a sus intereses y objetivos educativos de manera personalizada. Se propone que, al finalizar los cursos en línea, se otorguen certificados que tengan un valor significativo, tanto para mejorar el currículum de los estudiantes, como para su crecimiento profesional. Adicionalmente, con los cursos en línea se facilita la comunicación entre estudiantes y profesores al hacer uso de foros, chats en tiempo real y videoconferencias, promoviendo la colaboración y el aprendizaje social. También los cursos en línea proporcionan la oportunidad de mantener al día las habilidades y conocimientos de manera cómoda y eficiente.

## METODOLOGÍA

El fenómeno de reprobación se identificó en el periodo 2022-2 en el TESCO, como resultado del indicador de aprovechamiento que mide el procedimiento de Planeación, Evaluación y Acreditación de Asignaturas realizado en los 9 programas educativos que se imparten en

el TESCO en modalidad presencial y que se observa en la Tabla 1, dicha tabla se elabora al final de cada periodo, dividiendo el número de estudiantes aprobados de cada asignatura entre el número de estudiantes inscritos en cada asignatura y multiplicando por 100, se suman todos los resultados de todas las asignaturas y se obtiene un promedio.

Como proyecto, el cuerpo académico en consolidación de Ingeniería y Mejora Continua, conjuntamente con dos estudiantes de la Carrera de Contador Público y un estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales, participó en la Convocatoria de Innovatec, del Tecnológico Nacional de México; después de analizar la problemática de reprobación, propuso conformar una plataforma virtual, en donde se desarrolle un módulo de interfaz para integrarlo a los diferentes sistemas y bases de datos con que cuenta el TESCO, para obtener toda la información del estudiante como carrera, semestre, materias que ha cursado, etc., que permita al estudiante ubicar sus necesidades en los temarios de cada asignatura y por otro lado, el desarrollo de un módulo, donde se presente el curso o temas seleccionado por el estudiante para poder cursarlos en línea y pueda cubrir sus requerimientos de aprendizaje.

**REPORTE DE APROVECHAMIENTO Y ESTUDIANTES REPROBADOS FO-205P11101-25**

Estudiantes reprobados

Semestre<sub>(1)</sub>:2022-2Período<sub>(2)</sub>:Final

Fecha de entrega<sub>(3)</sub>: 30 de enero de 2023

No. (4)	Carrera(5)	Total de Grupos (6)	Total de Estudi antes (7)	Estudiantes aprobados(8)		Estudiantes reprobados (9)					
			Canti dad	Canti dad	%	Con 1 materia	Con 2 materias	Con 3 materias	Con 4 o másmat erías	Total	%
1	Ingeniería en Administración	16	534	355	66%	58	23	28	70	179	34%
2	Contador Público	15	469	378	81%	29	18	9	35	91	19%
3	Ingeniería en Gestión Empresarial	15	406	283	70%	50	17	10	46	123	30%
4	Ingeniería en Logística	20	723	525	73%	89	36	14	59	198	27%
5	Ingeniería en Sistemas Computacionales	23	855	649	76%	75	25	31	75	206	24%
6	Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones	10	226	183	81%	20	6	5	12	43	19%
7	Ingeniería Industrial	26	2019	1703	84%	148	71	16	81	316	16%
8	Ingeniería Mecatrónica	17	600	340	57%	93	45	29	93	260	43%
9	Ingeniería Química	14	435	329	76%	51	16	6	33	106	24%
	Totales cantidad/promedio	156	6267	4745	75%	613	257	148	504	1522	25%

Tabla 1 Reporte de aprovechamiento y estudiantes reprobados, periodo 2022-2

Fuente: Coordinación de Sistema de Gestión de Calidad del TESCO

**FASES DEL DESARROLLO**

En la actualidad existe una gran preocupación por atender y encontrar soluciones para reducir los indicadores de reprobación en el TESCO, aunado a que los Organismos Acreditadores, como el Consejo de Acreditación en la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) y el Consejo de Acreditación de la Contaduría y el Consejo de Acreditación en Ciencias Administrativas, Contables y Afines (CACECA), evalúan la trayectoria escolar de los estudiantes.

El Marco de Referencia 2018 del CACEI, en el Contexto Internacional, evalúa en su Categoría 2 Estudiantes, indicador 2.3 Trayectoria Escolar, las estadísticas y tendencias, de acuerdo con la normatividad del programa educativo por cohorte generacional de los programas educativos de ingeniería para detectar áreas de oportunidad que incidan en el establecimiento de estrategias de mejora para el desempeño



de los estudiantes en su plan de estudios, así como el seguimiento a éstas, considerando índices como: reprobación, rezago, retención, abandono escolar, deserción, eficiencia terminal y eficiencia de titulación.

De igual manera, el Instrumento Didáctico de Evaluación del CACECA evalúa en la categoría 2 de Estudiantes en el criterio 2.3 Trayectoria Escolar y el indicador 2.3.1, que evalúa el que se contemple una evaluación y/o diagnóstico de la trayectoria escolar de los estudiantes que incluya, entre otros aspectos, la observación del comportamiento y del aprovechamiento de los estudiantes en clase para canalizarlos a programas de apoyo.

Adicionalmente, se contempla el objetivo 4 de desarrollo sostenible de la Agenda 2030, el cual es “Garantizar una educación, inclusiva, equitativa y de calidad, promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos”. Específicamente la meta 4.3 define que al año 2030 se asegure el acceso igualitario de todos los hombres y mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria.

México cuenta con un sistema de educación superior robusto y diversificado, sin embargo, existen problemas significativos: deserción, reprobación, falta de orientación vocacional, los cuales redundan en la eficiencia terminal, cobertura, equidad, pertinencia, financiamiento, gobernanza, entre otros. (Fernández Fassnacht, 2017).

Una razón más para atender los índices de reprobación, es que, el TESCO para elevar su calidad académica, ha recurrido a la certificación de sus procesos, mismos que se observan en la figura 1.

## Mapa de Procesos

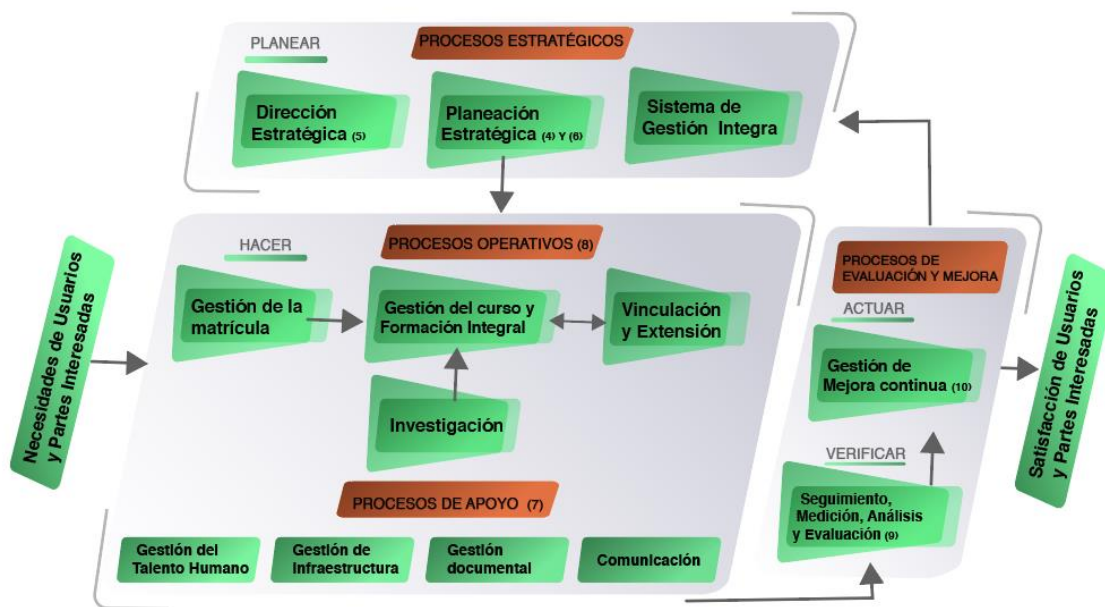


Figura 1 Mapa de Procesos.

Fuente: <https://tesci.edomex.gob.mx/>

En el TESCO, los procesos estratégicos, educativos y de apoyo están certificados en la Norma ISO 9001:2015, situación que requiere atender los Requisitos de Planificación: 6.1.1, 6.1.2, 6.2.1, los cuales mencionan lo siguiente:

6.1.1 Al planificar el sistema de gestión de la calidad, la organización debe considerar cuestiones referidas al contexto de la organización, partes interesadas y determinar los riesgos y oportunidades que es necesario abordar con el fin de:

- asegurar que el sistema de gestión de la calidad pueda lograr sus resultados previstos;
- aumentar los efectos deseables;
- prevenir o reducir efectos no deseados;
- lograr la mejora.

6.1.2 La organización debe planificar:

- las acciones para abordar estos riesgos y oportunidades;
- la manera de:
  - integrar e implementar las acciones en sus procesos del sistema de gestión de la calidad
  - evaluar la eficacia de estas acciones.

6.2.1 La organización debe establecer objetivos de la calidad para las funciones y niveles pertinentes y los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad. Los objetivos de la calidad deben:

- ser objeto de seguimiento.

Es decir, los resultados de reprobación y deserción son riesgos, porque no se están cumpliendo con los resultados planeados.

De la Norma ISO 9001:2015, también se debe atender el requisito de Operación 8.7.1 y el requisito de Análisis y Desempeño 9.1.3, que establece el control de las salidas no conformes y el análisis y evaluación, respectivamente, y que a la letra dicen:

8.7.1 La organización debe asegurarse de que las salidas que no sean conformes con sus requisitos se identifican y se controlan para prevenir su uso o entrega no intencionada. La organización debe tomar las acciones adecuadas basándose en la naturaleza de la no conformidad y en su efecto sobre la conformidad de los productos y servicios. Esto se debe aplicar también a los productos y servicios no conformes detectados después de la entrega de los productos, durante o después de la provisión de los servicios. La organización debe tratar las salidas no conformes de una o más de las siguientes maneras:

a) corrección.

9.1.3 La organización debe analizar y evaluar los datos y la información apropiados que surgen por el seguimiento y la medición. Los resultados del análisis deben utilizarse para evaluar:

a) la conformidad de los productos y servicios;

b) el grado de satisfacción del cliente;

d) si lo planificado se ha implementado de forma eficaz.

Lo anterior significa que el TESCO debe identificar como salidas no conformes, a los estudiantes no aprobados y en las asignaturas que desertan para corregir, dar seguimiento, prevenir y mejorar el proceso educativo. En la medición de la no aprobación y deserción, se deben analizar los resultados y sus causas, así como verificar si lo planificado es adecuado.

Como consecuencia de la atención a los requisitos ya mencionados de la Norma ISO 9001:2015, finalmente se debe solventar el requisito de Mejora 10.3 de Mejora continua, el cual establece.

10.3 La organización debe mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe considerar los resultados del análisis y la evaluación, y las salidas de la revisión por la dirección, para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua.

Por lo tanto, en función del resultado del análisis y la medición el TESCO debe asegurar la mejora continua.

En el TESCO se opera el proceso educativo según el procedimiento de Planeación, Evaluación y Acreditación de Asignaturas, que tiene como objetivo alcanzar el índice de aprovechamiento académico en, por lo menos, un 80% de los estudiantes inscritos en los programas educativos de nivel licenciatura en la modalidad presencial ofertados en el TESCO, mediante el control, seguimiento y cumplimiento puntual de la Instrumentación Didáctica para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de las asignaturas impartidas.

La medición del procedimiento mencionado señala que se debe alcanzar un aprovechamiento del 80% como mínimo, situación que en 6 programas educativos no se logra en el semestre 2022-2, como puede observarse en la tabla 1, en la que 6 carreras no alcanzaron el indicador aceptado como mínimo del 80% de aprovechamiento.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el TESCO se tiene la necesidad de atender los indicadores de reprobación, al considerar que es prioridad en su misión y visión, la formación integral de los estudiantes y que adquieran las habilidades duras y blandas que les permitan tener un desempeño laboral, familiar y personal acorde con los requerimientos de la sociedad. Para atender esta necesidad, se plantea la creación de una plataforma virtual que sea una herramienta que aloje cursos de regularización, e incluso de consulta como material de apoyo para los estudiantes.

En el artículo “Utilización de la plataforma virtual Moodle para el desarrollo del aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios”, de Martínez-Sarmiento y González (2019), se menciona:

La importancia del aprendizaje autorregulado en el nivel universitario. Se describe la implementación de un programa virtual de acompañamiento utilizando la plataforma Moodle, con el objetivo de promover el aprendizaje autorregulado entre los estudiantes. Mediante un diseño cuasiexperimental, se evaluaron las mejoras en el rendimiento académico y las dimensiones del aprendizaje autorregulado. Los resultados mostraron mejoras significativas en los estudiantes del grupo experimental después de la intervención, enfatizando la importancia de promover el aprendizaje autorregulado en entornos virtuales de aprendizaje.

Lo que significa que las herramientas de aprendizaje virtuales fungen como una solución para aumentar el aprovechamiento académico del estudiantado

Por otro lado, en el artículo “Plataforma virtual: una herramienta didáctica para el proceso de enseñanza aprendizaje” escrito por de Marecos (2020), destaca que la plataforma virtual es un recurso didáctico válido en el ámbito educativo, promoviendo el trabajo autónomo, la innovación, la motivación y la comunicación con el docente. Es decir, que la educación virtual representa una serie de ventajas con estrategias diseñadas que permiten al estudiantado mejorar el aprovechamiento, disminuir la deserción y, por ende, culminar sus estudios universitarios.

También, Marecos deja ver que existen dificultades en la implementación de la enseñanza-aprendizaje virtual tales como: la conectividad a internet, los costos, la administración, el dominio y los recursos necesarios, así como que es necesario el trabajar en la cultura digital tanto de docentes como de estudiantes para una mejor inserción en la era digital.

El presente artículo abordó la justificación desde diferentes puntos de vista o estrategias para atender el fenómeno de la reprobación en las asignaturas que se imparten en los programas educativos en el TESCO, llegando a la conclusión de que una plataforma virtual



de cursos, utilizando la metodología Rational Unified Process (RUP), es una de las mejores soluciones que puede adoptar el TESCI, puesto que el uso de plataformas virtuales en la educación superior ha demostrado ser una herramienta eficaz para la transferencia de conocimientos y el fomento del aprendizaje autorregulado. Investigaciones recientes respaldan la importancia de promover el aprendizaje autorregulado en entornos virtuales de aprendizaje (Smith et al., 2021). Los resultados de un estudio exploratorio realizado por Johnson y Williams (2018) sugieren que las plataformas virtuales pueden mejorar la colaboración entre docentes y estudiantes, lo que favorece un ambiente de aprendizaje más dinámico y participativo.

Además, el artículo de Chen et al. (2020) destaca que las plataformas virtuales facilitan el acceso a recursos educativos y promueven el aprendizaje interactivo, permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades digitales importantes para su futuro desarrollo profesional. Sin embargo, también se menciona que es esencial abordar las barreras de acceso a la tecnología, especialmente para aquellos estudiantes en entornos desfavorecidos.

No obstante, es importante mencionar que este proyecto se encuentra en una etapa inicial y se espera que en futuras investigaciones, se realice una evaluación más exhaustiva de la plataforma y se recojan datos adicionales sobre el impacto en el rendimiento académico de los estudiantes y su satisfacción general (García et al., 2022). Asimismo, se recomienda continuar explorando nuevas tecnologías y prácticas pedagógicas que puedan enriquecer la experiencia de aprendizaje a través de la plataforma.

Es importante mencionar que las investigaciones recientes han enfatizado la importancia de incluir también indicadores cualitativos que analicen la experiencia de los estudiantes y docentes en el uso de las plataformas virtuales (Khalid et al., 2021).

## CONCLUSIÓN

En este estudio, se ha abordado la importancia de las plataformas virtuales en la educación superior y se ha propuesto una plataforma virtual de cursos, la cual debe tener un enfoque colaborativo y multidisciplinario, además de ser robusta y de calidad, fundamentada en las mejores prácticas y estándares.

El uso de plataformas virtuales en la educación superior ha demostrado ser una herramienta eficaz para la transferencia de conocimientos y el fomento del aprendizaje autorregulado. En el artículo "Utilización de la plataforma virtual Moodle para el desarrollo del aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios" de Martínez-Sarmiento y González (2019), se destaca la importancia de promover el aprendizaje autorregulado en entornos virtuales de aprendizaje. Los resultados de este estudio muestran mejoras significativas en el rendimiento académico y las dimensiones del aprendizaje autorregulado después de la implementación de un programa virtual de acompañamiento utilizando la plataforma Moodle. Esto refuerza la relevancia de las plataformas virtuales como herramientas que potencian la autonomía y el desarrollo cognitivo de los estudiantes.

Asimismo, el artículo "Plataforma virtual: una herramienta didáctica para el Proceso de Enseñanza Aprendizaje" de Marecos (2020), destaca que las plataformas virtuales son recursos didácticos válidos que promueven el trabajo autónomo, la innovación, la motivación y la comunicación con el docente. Sin embargo, se mencionan dificultades en su implementación, como la conectividad a internet, los costos y la administración. Estas dificultades señalan la necesidad de trabajar en la cultura digital, tanto de docentes, como de estudiantes para una mejor inserción en la era digital.

La metodología RUP fue seleccionada por tener los elementos necesarios e indispensables, fundamentados en estándares internacionales para el análisis, diseño, desarrollo e implementación de la plataforma virtual de cursos, permitiendo una gestión estructurada y controlada del proyecto.

La evaluación y validación de la plataforma se deberá de llevar a cabo mediante pruebas de usabilidad, encuestas de satisfacción de los usuarios y comparaciones de desempeño con otros sistemas similares. Estas técnicas han permitido medir la eficacia y eficiencia de la plataforma, así como recopilar el feedback de los usuarios para realizar mejoras continuas.

La plataforma virtual de cursos propuesta en este estudio debe ser una herramienta eficaz para la educación superior, promoviendo el aprendizaje autorregulado, el trabajo autónomo y la comunicación entre docentes y estudiantes. En un entorno educativo cada vez más digitalizado, las plataformas virtuales desempeñan un papel crucial en la mejora de la experiencia educativa de los estudiantes y en la promoción de la enseñanza de calidad. Con la continua evolución de la tecnología y la creciente demanda de la educación en línea, es esencial que las instituciones educativas sigan explorando y adoptando plataformas virtuales innovadoras que satisfagan las necesidades de los estudiantes y los docentes.

Para iniciar la primera etapa de esta plataforma virtual, se propone elaborar un análisis apoyado de la metodología Rational Unified Process (RUP), que es un marco de trabajo ampliamente reconocido y utilizado en la industria del desarrollo de software, caracterizado por su enfoque iterativo e incremental. La metodología proporciona una estructura bien definida para la gestión del proyecto, desde la fase de análisis y diseño hasta la implementación y mantenimiento. Hay que mencionar que el proyecto tiene un enfoque colaborativo y multidisciplinario, lo que permitirá obtener una plataforma robusta y de calidad, siguiendo las mejores prácticas y estándares.

La metodología RUP, garantiza la incorporación de funcionalidades de manera progresiva y facilita la validación y evaluación continua del sistema (Brown et al., 2019). Se ha puesto énfasis en la usabilidad y accesibilidad de la plataforma, buscando brindar una experiencia de usuario intuitiva y amigable.

Es importante tener en cuenta que estas perspectivas y metas a futuro están sujetas a cambios y ajustes a medida que avance cada una de las etapas indicadas en la metodología RUP. El compromiso de seguir mejorando y adaptándose a las necesidades cambiantes de los usuarios y del entorno educativo será fundamental para el éxito y la relevancia de la plataforma.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agenda 2030 Organización de Naciones Unidas
- [2] Brown, E., Jones, P., & Thomas, H. (2019). Applying Rational Unified Process (RUP) in Educational Technology Projects. *International Journal of Technology in Education*, 12(1), 45-57.
- [3] Chen, H., Wu, C. H., & Wang, Y. (2020). Virtual Learning Environments in Higher Education: A Review of Benefits and Challenges. *Journal of Online Learning*, 26(4), 68-82.
- [4] De Marecos, P. C. G. (2020). Plataforma virtual: una herramienta didáctica para el Proceso de Enseñanza Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4(2), 860-877.
- [5] Fernández Fassnacht, E. (2017). Una Mirada a los desafíos de la educación superior en México. *Innovación educativa*, 17 (74).
- [6] García, M., Rodríguez, C., & López, J. (2022). Evaluation of a Virtual Learning Platform for Higher Education. *Educational Technology Research*, 9(3), 200-215.
- [7] Instrumento Didáctico de Evaluación del CACECA
- [8] Johnson, R. S., & Williams, L. D. (2018). Enhancing Collaboration through Virtual Learning Platforms. *International Journal of Educational Innovation and Research*, 5(2), 118-132.
- [9] Johnson, L. A., Smith, M. K., & Wilson, R. K. (2023). A Longitudinal Study of Virtual Learning Platforms: Student Engagement and Academic Performance. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 18(1), 30-45.
- [10] Khalid, A., Khan, M. S., & Ahmed, N. (2021). Student and Faculty Perceptions of Virtual Learning Environments: A Case Study in a Higher Education Institution. *International Journal of Distance Education*, 15(2), 87-102.
- [11] Manual de Lineamientos Académico Administrativos 2015 del Tecnológico Nacional de México.
- [12] Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional
- [13] Martínez-Sarmiento, L. F., & González, M. L. G. (2019). Utilización de la plataforma virtual Moodle para el desarrollo del aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios. *Educar*, 55(2), 479-498.
- [14] Norma ISO 9001:2015
- [15] Smith, J. A., Brown, K. T., & Lee, C. (2021). The Role of Virtual Learning Platforms in Higher Education. *Journal of Educational Technology*, 14(3), 275-290.
- [16] García, M. A. A. (2014). Retroalimentación en educación en línea: una estrategia para la construcción del conocimiento. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 59-73.

# Sistema de carga de módulos fotovoltaicos solares con monitoreo remoto

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.679

Dr. Omar Barragán Pérez<sup>1</sup>, Dr. Edgar Roberto Sandoval García<sup>2</sup>, Mtra. Elva Bernal Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> TecNM Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [omar.bp@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:omar.bp@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>2</sup> TecNM Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [edgar.sg@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:edgar.sg@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>3</sup> TecNM Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [elva.br@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:elva.br@cuautitlan.tecnm.mx)

## Línea de investigación: Mecatrónica

### Resumen

El presente trabajo muestra el desarrollo de un sistema para monitorear de manera remota un centro de carga constituido con módulos fotovoltaicos solares.

En primera instancia se realiza el diseño de la estructura del sistema de carga solar que permita soportar los paneles solares, para después realizar el diseño del circuito eléctrico para la conexión de los paneles, posteriormente, se implementa el método de almacenamiento de la carga eléctrica generada, además, el diseño del sistema de monitoreo y automatización del movimiento de los paneles solares para aprovechar al máximo la radiación solar.

Con este sistema se es posible almacenar energía eléctrica de Corriente Continua en baterías. Después, se utilizó un inversor con capacidad de 2000 Watts para alimentar dispositivos eléctricos de Corriente Alterna, con la energía almacenada. Cabe mencionar que el sistema es capaz de ser monitoreado en tiempo real desde la computadora. El movimiento de las posiciones de las celdas solares es controlado por un teléfono celular por medio de una aplicación móvil conectada por bluetooth.

Con este sistema se es posible proporcionar salidas de tensión de 12 V, 24V y 48V y alimentar corriente alterna, también se pretende ganar terreno en el uso de energías renovables de manera accesible, para aplicaciones en sectores públicos o privados con el objetivo de aprovechar energía solar utilizando paneles de una manera practica y eficiente.

*Palabras clave: Paneles solares, Sistema, Monitoreo de carga solar.*

### Abstract

The present work shows the development of a system remotely monitor a load center made up of solar photovoltaic modules.

In the first instance, the design of the structure of the solar charging system that allows the solar panels to be supported, and then the design of the electrical circuit for the connection of the panels is developed, subsequently, the storage method of the generated electrical charge is implemented. In addition, he designed the monitoring and automation system for the movement of the solar panels to make the most of solar radiation.

With this system, it is possible to store Direct Current electrical energy in batteries. Afterward, an inverter with a capacity of 2000 Watts was used to power AC electrical devices with the stored energy. It is worth mentioning that the system is capable of being monitored in real-time from the computer. The movement of the positions of the solar cells is controlled by a cell phone through a mobile application connected by Bluetooth.

With this system, it is possible to provide voltage outputs of 12 V, 24V, and 48V and feed alternating current. It is also intended to gain ground in the use of renewable energy in an accessible way, for applications in public or private sectors to harness energy. using solar panels practically and efficiently.

## INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de las energías limpias a nivel global y con la zona geográfica donde se encuentra México con un alto potencial solar se estima que la potencia solar en el país es de 5 KWh/m<sup>2</sup> diarios, que corresponde a 50 veces la generación eléctrica nacional.[1,2].

A través de los años la energía solar había sido desaprovechada para consumo eléctrico por desconocimiento de las aportaciones que esta pueda brindar o falta de tecnología, dado que desde hace siglos se hacia la quema de minerales siendo estos los principales, carbón y petróleo. Esto contribuyendo al incremento de dióxido de carbono al medio ambiente, provocando una aportación significativa a los efectos invernaderos. La energía solar ha crecido exponencialmente en el siglo XXI debido a la creciente conciencia de la necesidad de fuentes de energía limpias y renovables. El costo de los paneles solares y la tecnología fotovoltaica se ha reducido drásticamente y su adopción está aumentando en todo el mundo. Además, se han introducido políticas de apoyo y subsidios en muchos países para fomentar la energía solar y otras formas de energía renovable. [3].

Además, en 2020 Muñiz, et al. Publico un trabajo donde, instalo, módulos de Insolight, dándose valores medidos de dicha tecnología, así como ciertas hipótesis tomadas para su simulación. Debe tenerse en consideración que algunos de los valores que aquí se muestran son fruto de hipótesis del producto con una madurez tecnológica más avanzada a la actual. A modo de resumen, la tecnología aquí tratada de la compañía de Insolight se compone de módulos fotovoltaicos con dos tipos de célula, unas microcélulas de alta eficiencia de materiales III-V que captaran la irradiancia directa concentrada por la óptica gracias al microseguimiento integrado que será capaz de enfocar las células para ángulos de incidencia menores o iguales de 55 °. Debajo de esta matriz de estás microcélulas, tan pequeñas que el sombreado será tolerable, se dispone una serie de células de silicio que permitirán el aprovechamiento de la irradiación indirecta que no se focaliza en las microcélulas, además de aquella irradiación concentrada con ángulos de incidencia mayores de 55 °. En esta situación, aunque parte de dicha irradiación se disperse en la óptica, sí que se dará una concentración de la irradiación en las células de silicio. Por este motivo estas células están preparadas con mayor metalización de forma que las pérdidas por resistencia en serie se reduzcan, pero aún con esto la operación de la célula se verá afectada empeorándose el field factor, FF, en esas situaciones. La hipótesis tomada para la simulación es optimista en este sentido, pues se ha considerado que para ángulos de incidencia mayores que 55 ° toda la irradiación incidente llega a las células de silicio como irradiación difusa. [4].

De acuerdo con León Trigo et al. En México no existe el subsidio gubernamental para una suficiente inversión para el desarrollo de energías renovables, a través de la FIDE se otorgan fideicomisos en la instalación de energías renovables para usuarios de CFE, pero no es accesible para la mayoría de los usuarios de servicio básico. México por su parte no cuenta con el desarrollo de tecnología propia para el análisis de viabilidad en la viabilidad de la evolución eléctrica a una Smart grid; esto con lleva a depender de la tecnología de países desarrollados. [4].

Considerando que en México el mercado fotovoltaico es muy bajo ya que en es una gran inversión y la adquisición de un sistema de energía solar en domicilios mexicanos es de solo el 1% de la población mexicana. En cuestiones empresariales el consumo de energía eléctrica a través de centrales fotovoltaicas va en aumento siendo Bimbo, Cemex, Deacero, Walmart, Soriana, Liverpool y Nestle de las mayores en apostar por la energía solar, ya que los gastos en electricidad pueden disminuir hasta un 99% comento la empresa instaladora de paneles solares Galt Energy. [5].

Por lo que es de suma importancia incursionar en el desarrollo y aplicación de energías limpias que impacten con gran magnitud en el territorio nacional, se cuente con el conocimiento para un desarrollo optimo que pueda generar veneficio, incluyendo técnicas de automatización y control para un aprovechamiento mas optimo en el entorno considerando el potencial sé que tiene en esta área de trabajo. Así, fomentar el uso de paneles solares en mejores condiciones a costos más accesibles.

## DESARROLLO

Para el desarrollo del sistema formado por módulos fotovoltaicos solares considerando, que se deben tomar en cuenta todos los elementos que constituyen un sistema fotovoltaico solar se deben efectuar los cálculos, realizar un balance energético entre consumo y generación de energía de origen solar, de esta manera hacer uso eficiente de la energía solar. La radiación se expresa en kW/m-día, para obtener este dato se debe de medir durante un año la radiación solar en el sitio de la instalación, sin embargo, es practico el uso de tablas, graficas o mapas de radiación, que han sido desarrollados por algunos laboratorios o por la Organización Meteorológica Mundial. Muchos de los lugares donde se establecen los (SFV) la medición de la radicación solar está avalados por un número considerable de años de medición, es decir, tener en cuenta las condiciones climatológicas y meteorológicas del sitio. Por otro lado, se debe tener en cuenta si en el lugar existe otro recurso renovable para la producción de electricidad, que resulte más económico que la solar como: el viento, el agua, las biomasas, etc. Es por ello que para implementar un sistema fotovoltaico solar es importante considerar todo lo antes mencionado, esto con el fin de obtener el mejor rendimiento [6].

También considerado que en México la creciente demanda. Según la Energy Transitions Commission (2017), el consumo per cápita anual de energía para garantizar una buena calidad de vida es de 80 a 100 Giga-Joules (Gj). En México, en 2015, se consumieron 70.8 GJ, por lo que, el Gobierno Federal tiene el compromiso, a través de la Ley de Transición Energética (LTE) (DOF, 2015), a incrementar la participación de energías limpias en la matriz eléctrica. Además, a este sistema, en donde la generación eléctrica no recae en una sola fuente, se le llama Generación Distribuida (GD). El sistema de GD se permite para centrales eléctricas con capacidad de generación menor a 0.5 Mega watts (MW). Los usuarios con esta capacidad no necesitan Sistemas de control de automatización basado en controles eléctricos para edificios sustentables.12 permiso para generar energía eléctrica; por eso se les llama generadores exentos [7].

## OBJETO DE ESTUDIO

Diseñar e implementar un centro de carga solar utilizando celdas fotovoltaicas utilizando un sistema automatizado y un monitoreo remoto. Que permita un óptimo aprovechamiento de la energía solar con capacidad de generar salidas de tensión de 12 V, 24 V, 48V. Además de manera automática realizar movimientos en la estructura que permitan una carga óptima de las celdas fotovoltaicas.

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada se basa en el diseño y construcción de la estructura de soporte de los paneles fotovoltaicos solares para después el diseño del sistema de carga y monitoreo electrónico que permita un aprovechamiento de la energía solar en los paneles fotovoltaicos.

### Sistemas fotovoltaicos

Considerando que un sistema fotovoltaico permite que la energía solar se convierta en energía eléctrica que se pueda utilizar, este sistema está integrado por: los paneles solares, el regulador de carga, acumulador y el inversor. Este dispositivo se encarga de recibir la energía proveniente del sol a través de las células fotovoltaicas figura 1, de estas se puede elegir entre módulos policristalinos y monocristalinos [7].

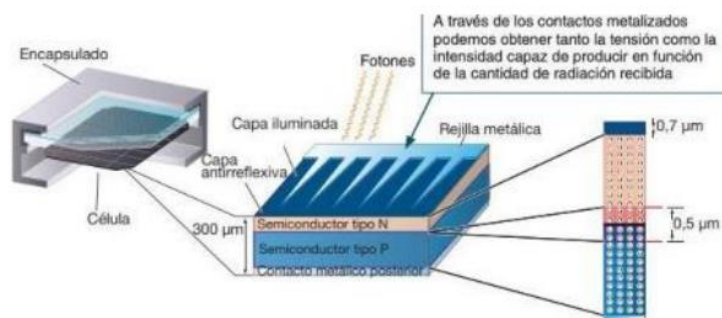


Figura 1 Estructura de célula fotovoltaica

Las opciones comunes para el montaje de paneles solares serán hacia el sur, como lo indica en las investigaciones previas, siempre buscando la perpendicularidad al Sol en las horas del mediodía. Para conocer el Angulo óptimo de los paneles solares es necesario tener en cuenta las características de instalación como se muestra en la figura 2 y su uso ya que la altura solar en invierno es inferior que el verano, y es por esta razón es lógico pensar que para la primera instalación se usaran ángulos de inclinación mayores y para el segundo menor.

Periodo de diseño	Angulo $\beta$ óptimo (°)
Invierno	$\lambda + 20$
Uniforme anual	$\lambda + 15$
Primavera y Verano	$\lambda$
Conexiones a red eléctrica	$\lambda * 0.85$

Donde  $\lambda$  corresponde a la latitud del lugar en valor absoluto y grados.

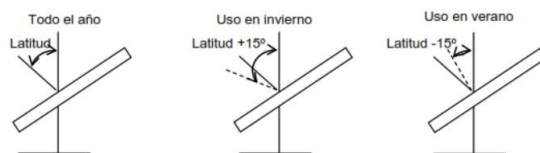


Figura 2 diseño y ángulo

### Estructura Mecánica

El diseño estructural se basa en un seguidor solar de dos ejes, la característica del modelo logra que se pueda seguir completamente la trayectoria del sol y posicione a los paneles fotovoltaicos en posición perpendicular a la de los rayos del sol. La mencionada posición es óptima para la generación de energía. El prototipo consiste básicamente en una base que soporta un eje para el movimiento de elevación (este-oeste) y otro eje para el movimiento acimutal. Sobre este último estaría la base para los módulos fotovoltaico [9].

### Controlador para sistemas fotovoltaicos

Un dispositivo esencial en sistemas de energía solar fotovoltaica es un dispositivo. Gestionar y regular el flujo de energía entre los paneles solares y las baterías es su función principal, asegurando una carga adecuada de las baterías y protegiéndolas de sobrecargas o descargas profundas que podrían causar daño.



## Interfaz de monitoreo

Una interfaz de monitoreo es una herramienta o plataforma, que nos enseña en tiempo real lo que sucede, permite supervisar y visualizar el rendimiento, estado o actividad de sistemas, aplicaciones, redes, servicios u otros elementos tecnológicos. ofrecen Estas interfaces una representación gráfica y en tiempo real de los datos recopilados. Esto permite a los administradores y usuarios observar efectivamente el comportamiento y la salud del sistema.

## Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de Mando
- Parte Operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, y los captadores como fotodiodos, finales de carrera. La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque

hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema, como se muestra en la figura 3 Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado [8].

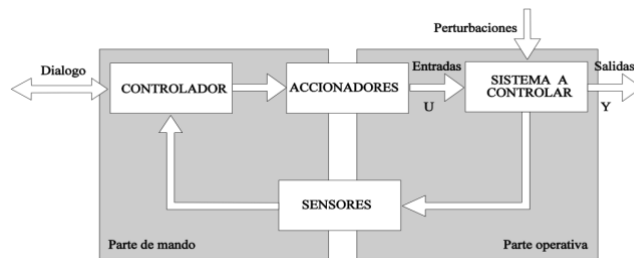


Figura 3 Diagrama de sistema de automatización

Objetivos de la automatización:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción [10,11].

## FASES DEL DESARROLLO

Para el desarrollo del proyecto se realiza el diseño con ayuda de herramientas Computer Aided Desing (CAD) o Dibujo Asistido por Computadora por sus siglas en ingles. Con estas herramientas es posible realizar los componentes mecánicos con geometrías complejas de manera dinámica además de hacer modificaciones con facilidad lo que permite facilitar la visualización previa del diseño.

Considerando lo siguiente se opta por realizar el modelo en 3D para tener todos los componentes de manera óptima y posteriormente pasar a 2D y tener los planos de trabajo. De esta manera se realiza la estructura como se muestra en la Figura 4. Esta estructura es la encargada de generar movimiento para mejor aprovechamiento de la luz solar y soportar los paneles fotovoltaicos solares. El material utilizado es Perfil Tubular Rectangular un soporte central y cuatro soportes con espárragos para regular altura, utilizando soldadura para realizar las uniones.





Figura 4 Estructura del panel solar

Después se realiza el diseño del sistema de carga solar con interfaz de monitoreo donde se utilizan dos paneles solares de la marca SOLARTEC conectados en serie con un voltaje en cada uno de 30.6 V, cuatro paneles de la marca SOLREVER conectados en paralelo, con una intensidad de corriente de cada uno de 8.44 A.

Obtenido lo siguiente

Voltaje en serie  $V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} \dots V_n \dots (1)$

Intensidades en paralelo  $I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} \dots I_n \dots (2)$

Considerando las ecuaciones 1 y 2 se realiza el cálculo de voltaje y corriente teniendo lo siguiente:

$$V_T = 30.6 + 30.6 = 61.2 \text{ V}$$

$$I_T = 8.44 + 8.44 + 8.44 + 8.44 = 33.76 \text{ A}$$

Se usan 8 Baterías de la marca TLH de ciclado profundo de un material de ácido-plomo con una autonomía cada una de 12 V con 11 Amper hora (Ah).

Se realiza una conexión de 2 baterías en serie y 6 en paralelo, con las ecuaciones 1 y 2 se calcula el voltaje y corriente total de las baterías.

$$V_T = 12 + 12 = 24 \text{ V}$$

$$I_T = 115Ah + 115Ah + 115Ah + 115Ah + 115Ah + 115Ah = 690Ah$$

Se incorpora un inversor de corriente 2000 watts con una entrada de 24 V Corriente Directa (DC) y una salida de 110V Corriente Alterna.

De esta manera se almacena la energía eléctrica en las baterías y con el inversor se hace la transformación de CD a CA, para poder usar en cualquier dispositivo.

Posteriormente se realiza una simulación eléctrica de los componentes, se utiliza software Tinkercad para la simulación de las celdas fotovoltaicas como se muestra en la figura 5. Además, se usa Proteus 8 para la simulación del circuito eléctrico se puede observar en la figura 6, esto con el fin de obtener una salida de 2000 watts.

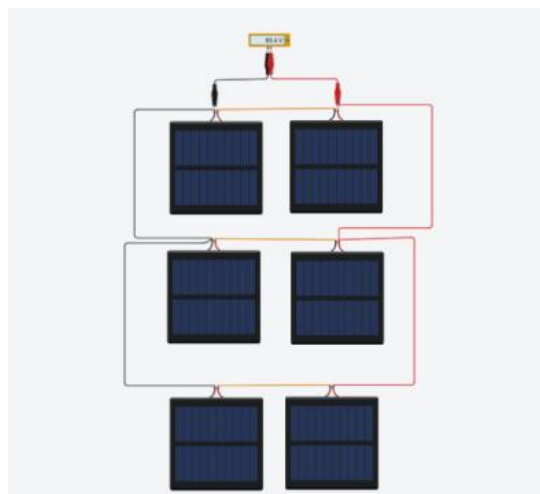


Figura 5 Simulación Conexión serie Paralelo de Celdas Fotovoltaicas

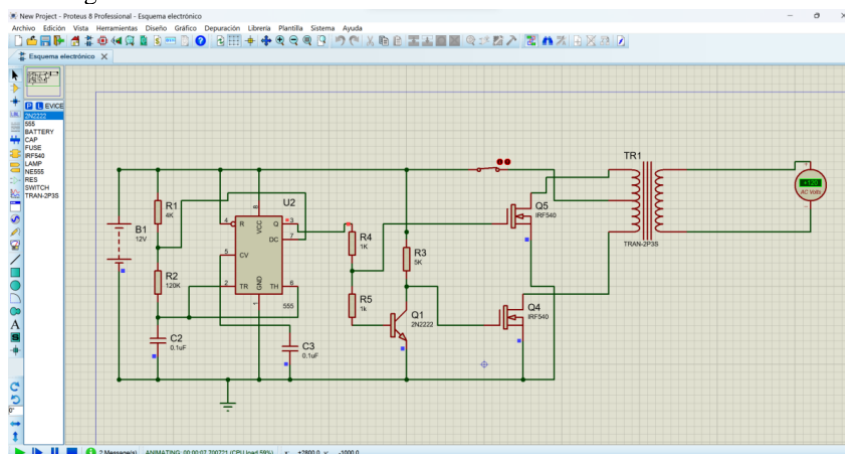


Figura 6 Simulación de conexión inversor.

Se realizan pruebas para obtener los voltajes requeridos de CD utilizando un convertidor variable para que se puedan cargar dispositivos con Corriente Directa, se puede observar en la figura 7.

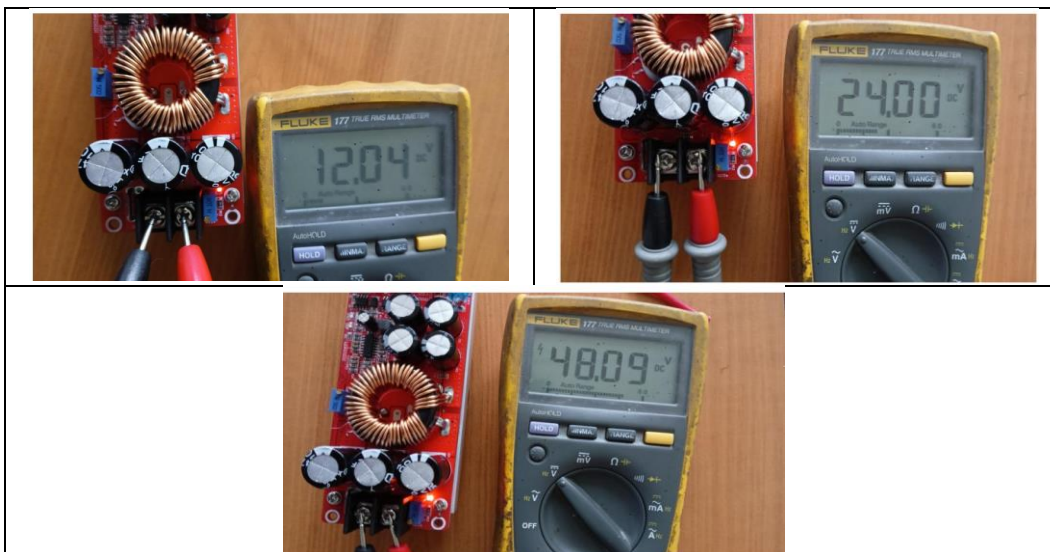


Figura 7 Salidas de 12, 24 y 48 Volts CD.

Posteriormente se realiza la automatización y monitoreo de las celdas fotovoltaicas, primero para la automatización de movimientos de la estructura que soportan las celdas fotovoltaicas, se utiliza un sistema de control de lazo abierto, como se observa en la figura 8 el diagrama de control para el funcionamiento. Donde se realiza la activación del pistón eléctrico para generar movimiento y llegar a la posición deseada. En la figura 9 se muestra la simulación del circuito de control para las conexiones eléctricas y realizar los movimientos de las celdas fotovoltaicas de manera automática, así aprovechar más la radiación solar en las celdas fotovoltaicas.[12].

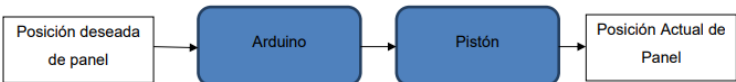


Figura 8 Lazo abierto de control

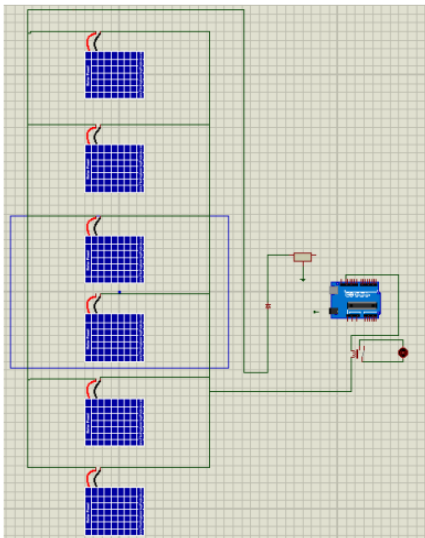


Figura 9 Simulación de Circuito de control

Después se realiza una aplicación móvil, la interfaz se muestra en la figura 10, para poder realizar el control de las posiciones de las celdas fotovoltaicas por medio de Bluetooth.



Figura 10 Interfaz de Aplicación Móvil para control de posiciones

Para el monitoreo de la carga solar se utiliza un módulo ESP-WROOM-32 (ESP32) como microcontrolador seleccionado para realizar el monitoreo debido a la cantidad de entradas y tener conectividad wifi, para poder realizar un enlace con el software LabView. De esta manera se realizó la interfaz en la figura 11. Que permite monitorear la carga de las celdas solares donde se muestra el voltaje, Corriente, Potencia y temperatura ambiente de las celdas fotovoltaicas de manera inalámbrica y en tiempo real.

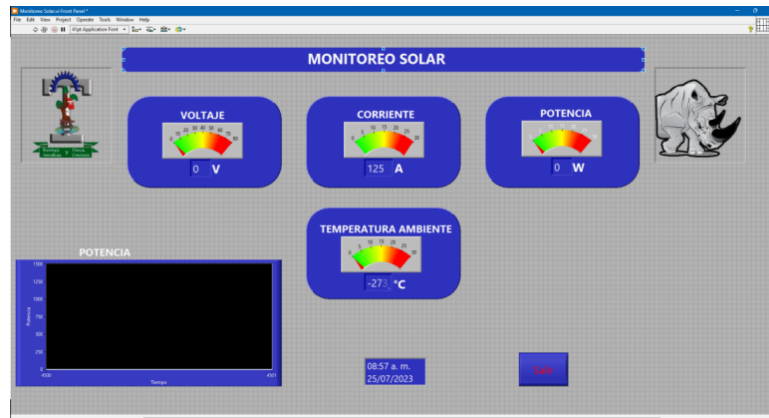


Figura 11 Interfaz de Monitoreo de carga solar

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 12 se muestra el montaje de los paneles solares en una zona que permita un mayor aprovechamiento de la radiación solar.



Figura 12 Montaje de los paneles solares en la estructura.

Se realiza la conexión de las baterías serie paralelo como medio para almacenar la energía solar generada por las celdas fotovoltaicas, tal como se observa en la imagen 13.



Figura 13 Conexión de baterías

Para realizar pruebas de funcionamiento del sistema, primero se prueba el inversor conectando un teléfono celular así verificando la carga del mismo con uso de energía solar se observa en la figura 14.

En la figura 13 se muestra el inversor conectado y funcionando. Posteriormente se verifico la corriente que consume el inversor con 2 computadores comerciales conectadas (CPU y Monitor), La corriente consumida es de 15.2 mA lo que no implica demanda de consumo. De tal forma se verifica el correcto funcionamiento de los dispositivos con el uso de energía solar. [13].



Figura 13 Carga de teléfono celular

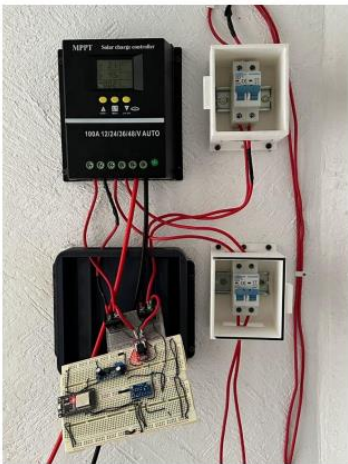


Figura 12 Conexiones de inversor y circuito de control.

Finalmente se prueba el funcionamiento de la interfaz de monitoreo funcionando de manera inalámbrica de la carga eléctrica, mostrado en la figura 13 obtenido en tiempo real el voltaje, corriente y potencia cargado con las celdas fotovoltaicas, también es posible conocer cuanta energía eléctrica se está consumiendo en tiempo real de esta manera se puede administrar el uso de la energía solar generada y así poder utilizar los dispositivos eléctricos conectados de manera confiable.

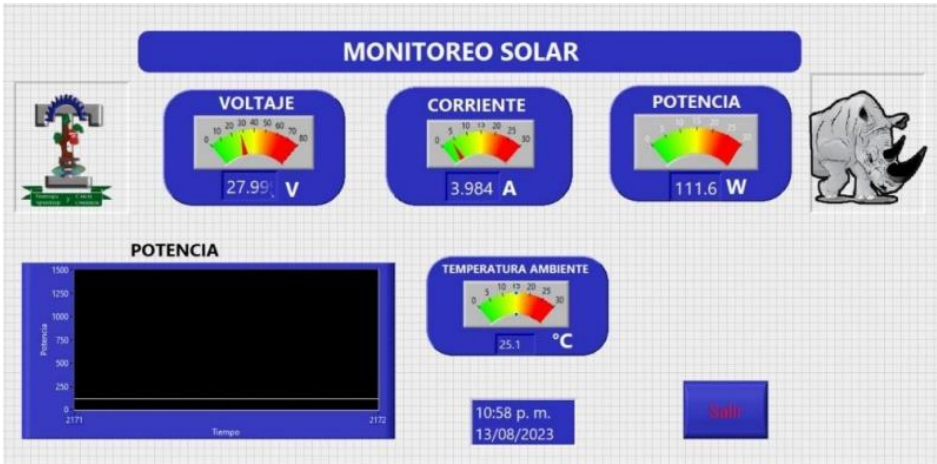


Figura 13 Monitoreo de carga eléctrica



## CONCLUSIÓN

El presente trabajo muestra un sistema de monitoreo de carga eléctrica utilizando celdas fotovoltaicas que captan radiación solar, lo que permite uso de energías limpias considerando un consumo de hasta 2000 watts, esto posibilita el aumento de paneles solares para más dispositivos eléctricos, de igual forma el sistema implementado para controlar la posición de los paneles permite un mejor aprovechamiento de la radiación solar dependiendo la estación del año, además al tener un monitoreo en tiempo real se puede conocer de manera exacta cuanta energía eléctrica se tiene y el consumo eléctrico de los dispositivos conectados. Cabe mencionar que las salidas de carga de 12V, 24V y 48V, se anexaron funcionando de manera adecuada.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Castañeda, D. (2021). México y sus transiciones energéticas. NEXOS. Coordinación de Energías Renovables. (2008). Energías Renovables 2008-Energía solar. Tecnología de la información, Dirección General y Asistencia Financiera, secretaria de Energía.
- [2] Martínez-Cienfuegos I. G. et al. (2016). Aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica en el Estado de México. Informe Técnico. IEECC Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/106218>.
- [3] Limón-Portillo, A. (2017, 2 de junio). Energía solar en México: su potencial y aprovechamiento. Transición energética y finanzas públicas. <https://ciep.mx/x3Da>.
- [4] Muñoz-Miguel, J.P. (2020). Instalación fotovoltaica de tejado con paneles solares de alta eficiencia. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- [5] León-Trigo L. I. et al. (2019). Smart Grids en México: Situación actual, retos y propuesta de implementación. Ingeniería Investigación y Tecnología. 20(2). <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.015>.
- [6] MordorIntelligence. (2022). Análisis del tamaño y la participación del mercado de energía solar en México tendencias y pronósticos de crecimiento (2023 - 2028). <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/mexico-solar-energy-market>.
- [7] Matsumoto, Y. (2022). Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico. México, CDMX: Departamento de Ingeniería Eléctrica CINVESTAV-IPN.
- [8] Borges, J. M. (2013). Implementación de paneles solares en casa habitación. Ciudad de México: IPN.
- [9] Zumaya, J. A. (2013). Evaluación de la sustentabilidad del consumo de energía eléctrica en edificios de la UPZ mediante aprovechamiento solar. CDMX: IPN, ESIME.
- [10] Martínez, P. A. (2002). Programación de PLC's. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- [11] Charre-Ibarra S. M. et al. (2014). Sistema didáctico de control de presión. Formación Universitaria. 7(5). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000500005>.
- [12] Llamuca Landa A. B., Caisaguano Moreano A. X., (2016). Control y monitoreo de un sistema de generación de energía eléctrica con paneles solares para el alumbrado público en la facultad de informática y electrónica. tesis de licenciatura. escuela superior politécnica de chimborazo. Ecuador.
- [13] Alben Melo V. et al. (2019). Sistema de monitoreo del consumo eléctrico de la iluminación o carga en un edificio. Investigación Formativa en Ingeniería. 163-172.

# Prototipo de robot seguidor de línea velocista

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.673

María de los Ángeles Villalobos Alonzo<sup>1</sup>, Héctor Ulises Cabrera Villaseñor<sup>2</sup>, Ana Eugenia Romo González<sup>3</sup>, Omar Zarate Navarro<sup>4</sup>, Jessica Lisbeth Monreal Vélez<sup>5</sup>, Francisco de Jesús López Mercado<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Jalisco e ISIDM, Ingeniería en Mecatrónica: [avillalobos@utj.edu.mx](mailto:avillalobos@utj.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Jalisco. TSU área Robótica: [ulises.cabrera@utj.edu.mx](mailto:ulises.cabrera@utj.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de Jalisco CCD. Tecnologías de la Información: [aromo@utj.edu.mx](mailto:aromo@utj.edu.mx)

<sup>4</sup>Universidad Tecnológica de Jalisco CCD. Tecnologías de la Información: [ozarate@utj.edu.mx](mailto:ozarate@utj.edu.mx)

<sup>5</sup>Universidad Tecnológica de Jalisco. TSU área Robótica: [2121100500@soy.utj.edu.mx](mailto:2121100500@soy.utj.edu.mx)

<sup>6</sup>Universidad Tecnológica de Jalisco. TSU área Robótica: [2121100491@soy.utj.edu.mx](mailto:2121100491@soy.utj.edu.mx)

## Línea de investigación: Robótica

### Resumen

El presente proyecto describe el rediseño y construcción del prototipo de robot seguidor de línea velocista a partir de la versión 1.0, para su perfeccionamiento se utilizó el modelo del ciclo de vida *waterfall* y la aplicación de sus fases; en el diagnóstico se establecieron los requisitos y la identificación de áreas de mejora a través la puesta en práctica del diagrama de causa y efecto que dio como resultado la propuesta para la selección de los componentes y materiales adecuados para su fabricación, el diseño esquemático de conexión eléctrica del robot, de la tarjeta PCB en EAGLE y la estructura mecánica del prototipo. En la implementación se desglosa la arquitectura del hardware, el ensamblaje de los componentes y conexiones y el sistema mecánico. En las pruebas se evaluó el funcionamiento en el seguimiento con precisión de rectas y curva y el tiempo versus velocidad alcanzado en el trayecto del circuito. De los principales resultados obtenidos; 1) el diseño de la tarjeta PCB donde el chasis tiene un espesor de 1 mm lo hace aerodinámico y resistente, 2) la estructura del circuito impreso incorporando el montaje electrónico y acomodo distribuido e integrado de los materiales y componentes, dividido en dos bloques; inferior (Sensores) y superior (Microcontroladores, drivers, motores, chips y reguladores), 3) el peso ligero del chasis con componente instalados obtuvo parámetros de 100.57g, 4) un prototipo más estético y funcional y 5) el análisis comparativo entre la versión 1.0 y 2.0 con relación a trece categorías de estudio.

*Palabras clave: Robótica, Hardware, Prototipo.*

### Abstract

The present project describes the redesign and construction of the high-speed line-following robot prototype from version 1.0. To refine it, the waterfall lifecycle model was used, along with the application of its phases. During the diagnosis phase, requirements were established, and areas for improvement were identified through the implementation of a cause and effect diagram, resulting in a proposal for the selection of suitable components and materials for its fabrication. This included the schematic electrical connection design of the robot, the PCB layout in EAGLE, and the mechanical structure of the prototype. The implementation phase breaks down the hardware architecture, component assembly, connections, and the mechanical system. Testing evaluated its performance in accurately following straight and curved lines and the time versus speed achieved on the circuit path. Among the key results obtained were: 1) the PCB design with a chassis thickness of 1 mm, making it aerodynamic and sturdy, 2) the structure of the printed circuit incorporating electronic assembly and integrated distribution of materials and components, divided into two blocks: lower (sensors) and upper (microcontrollers, drivers, motors, chips, and regulators), 3) the lightweight chassis with installed components achieved a weight of 100.57g, 4) a more aesthetically pleasing and functional prototype, and 5) a comparative analysis between version 1.0 and 2.0 in relation to thirteen study categories.

*Keywords: Robotics, Hardware, Prototype.*

## INTRODUCCIÓN

La robótica móvil es una de las ramas de la robótica que ha presentado avances acelerados a partir del seguimiento de la industria 4.0 en los últimos años. Ha cambiado la forma en que se conciben los sistemas robóticos en su estructura mecánica, de navegación y control, así como en la innovación de los vehículos no tripulados y las propiedades de los materiales para hacerlos más eficientes.

El escenario idóneo para mostrar los avances en la robótica a microescala son las competencias de robótica nacionales e internacionales (RoboRAVE) que sirven como espacios de construcción de experiencias y conocimientos en el área de la ingeniería (electrónica, robótica, programación y regulación autónoma), tecnología y ciencia para los estudiantes e investigadores de las universidades.

El objetivo de estos espacios es lograr que los vehículos o microrobots de forma autónoma puedan realizar tareas específicas tratando de conseguir los mejores resultados en tiempo u objetivos con relación al resto de los participantes. Existen diversos tipos de categorías como: Batalla de Robots, Robot Laberinto, Drone Racing, Pelea de Bipedos, Robot Fútbol, Robot Trepador, Robot Sumo y Robot Seguidor de línea, en este último, se centra el interés de los autores.

## DESARROLLO

Los Robot Seguidor de línea, son máquinas móviles capaces de detectar y seguir una línea, la cual se encuentra ubicada en el suelo de una superficie blanca o negra. “Los seguidores de línea capturan la posición en la que se encuentran mediante sensores ópticos, para poder seguir la línea correctamente se utilizan diferentes tipos de algoritmos de control, que logren mantener el robot sobre la línea y recorrer la trayectoria completa en el menor tiempo posible” (Romero, Soto, Gutiérrez y Rico, 2017, p. 116).

Por tal, el diseñar un prototipo de Robot Seguidor de Línea Velocista (RSLV) para competencia, fue la ruta de trabajo que se estableció el Cuerpo académico UTJAL-09 en colaboración con el taller de robótica de las carreras de TSU área Robótica y TSU área Automatización de la División de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Jalisco.

Para ello, se partió de proyectos previos como la versión 1.0 (v1.0), para realizar el diagnóstico mediante un diagrama de *Fishbone* para identificar las áreas de mejora del robot v1.0 a la versión 2.0 (v2.0), el diseño y perfeccionamiento del prototipo con la implementación de las mejoras establecidas y las pruebas del funcionamiento para evaluar el rendimiento del nuevo prototipo.

Se utilizó la investigación aplicada, documental y el método del ciclo de vida en cascada o *waterfall* para el desarrollo y optimización del programa del robot, en dos fases: en el diseño del chasis para integrar la capa electrónica del robot y en la tracción del vehículo.

Rediseñar y construir un robot seguidor de línea a partir del análisis de áreas de mejora de la v1.0 permitido realizar evaluaciones con relación al ensamble, componentes, desempeño, distribución, resistencia y estética del prototipo, además, de las mejoras implementadas en los materiales del chasis y el sistema electrónico integrado, proponen una diferencia innovadora, que está en proceso de patente.

Es importante señalar, que en el presente artículo sólo se describe la arquitectura del hardware del robot seguidor de línea velocista v2.0.

## OBJETIVO GENERAL

Rediseñar y fabricar el prototipo de robot seguidor de línea velocista v2.0.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar el diagnóstico mediante un diagrama de *Fishbone* para las mejoras del robot seguidor de línea velocista v2.0.
2. Determinar los componentes adecuados para construir el robot seguidor de línea velocista v2.0.
3. Diseñar en Autodesk EAGLE tarjeta PCB del robot seguidor de línea velocista v2.0.
4. Diseñar la estructura de la tarjeta de circuito impreso Solidworks.
5. Esbozar el ensamblado de los componentes del prototipo robot seguidor de línea velocista v2.0.
6. Evaluar y analizar de forma comparativa los resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento y rendimiento de los prototipos v1.0 y v2.0.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto principal de estudio es describir la transformación desde la arquitectura del hardware del prototipo robot seguidor de línea velocista v2.0 para ser utilizado en competencias por los estudiantes del taller de robótica y a su vez, presentar el análisis comparativo de los prototipos v1.0 y v2.0.

## METODOLOGÍA

El presente estudio se alinea con la investigación aplicada ya que la “investigación se orienta a conseguir un nuevo conocimiento destinado que permita soluciones de problemas prácticos” (Álvarez-Risco, 2020, p. 3). en el desarrollo de prototipos en áreas del conocimiento de la mecatrónica y robótica.

Se aplicó el diseño del ciclo de vida en cascada o *waterfall* que “se caracteriza por que todas las fases se realizan de forma secuencial [...]. Cada una de estas etapas o fases son realizadas por personas o equipos de trabajo especializados” (Trigás-Gallego, 2012, p.15) compuesta de cinco fases simplificadas diagnóstico o requisitos, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento, lo que formalizo la guía de trabajo por parte del equipo del proyecto.

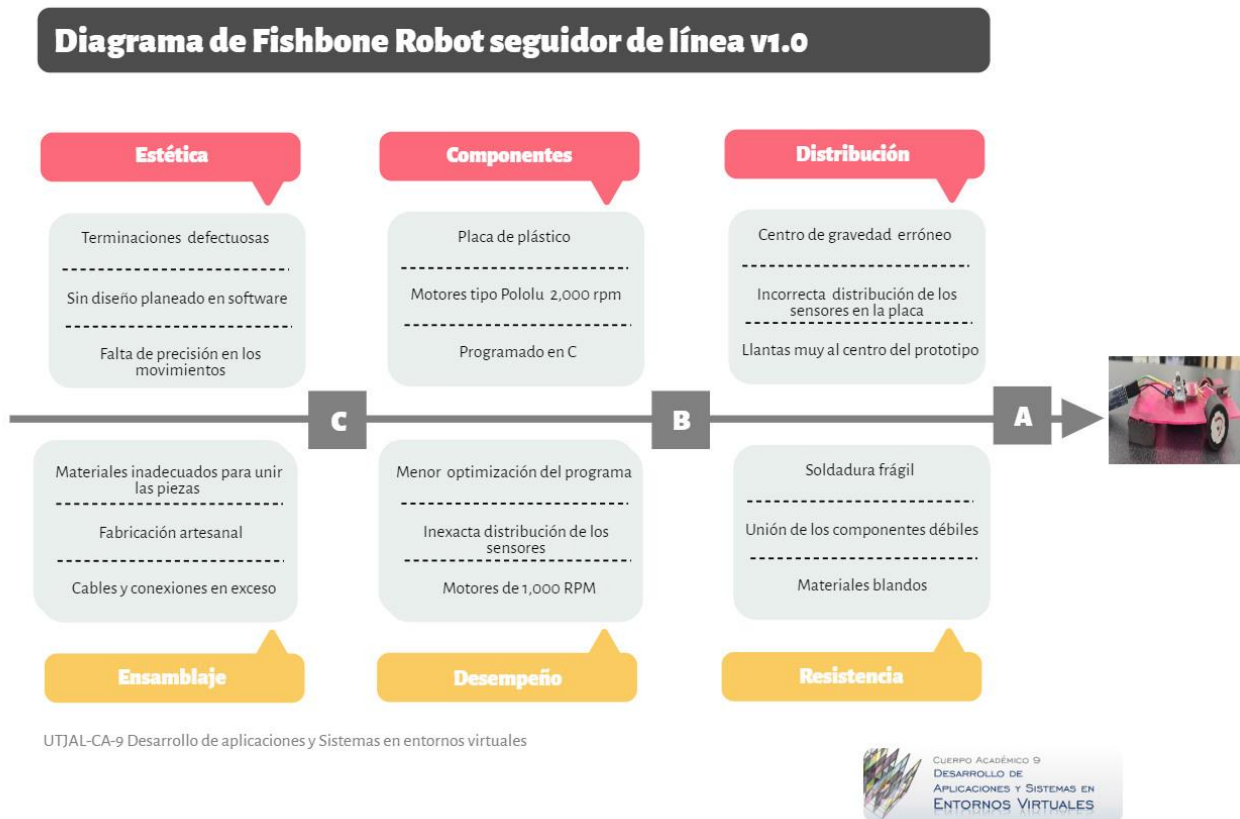
A su vez, se utilizó la investigación documental definida por Tancara, (1993) como “una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos, en primera instancia, y la presentación sistemática, coherente y suficientemente argumentada de nueva información en un documento científico, en segunda instancia” (p.94). Con el objeto de obtener información de prototipos de robot velocistas semejantes y con ello, generar antecedentes del proyecto en cuanto a diseño, componentes, materiales y fabricación del mismo.

## FASES DEL DESARROLLO

En la fase I. Diagnóstico para identificar los requerimientos para la v2.0 del robot velocista se desarrolló el diagrama *Fishbone* que se muestra en Figura 1.

**Figura 1**

Diagrama de *Fishbone* Robot v1.0



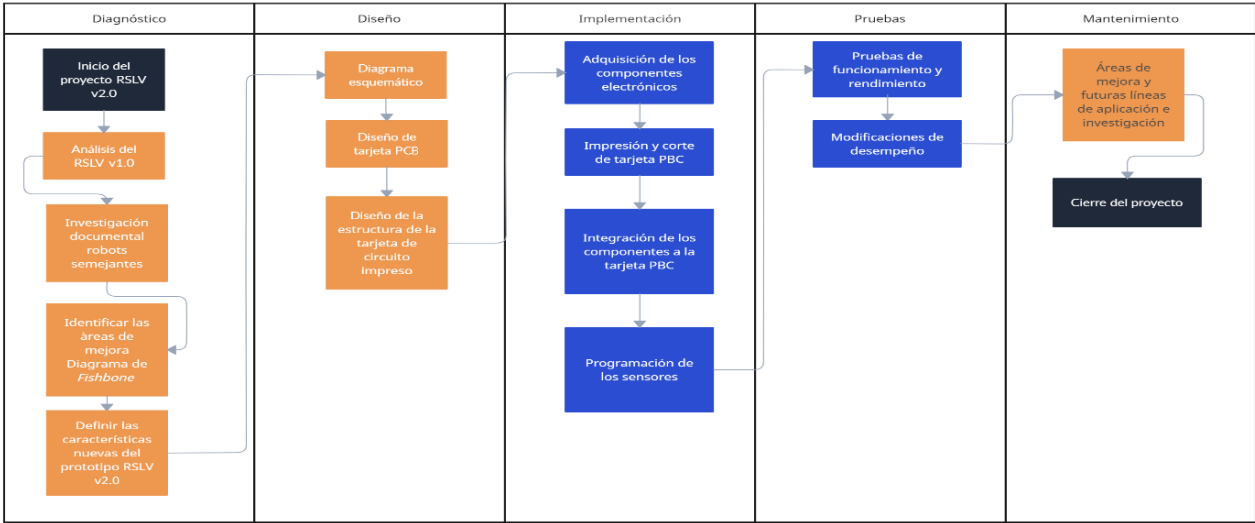
Fuente: Creación propia.

Los requerimientos de prototipo *Robot v2.0* identificados a partir del diagrama *Fishbone* son:

- Distribución: Centro de gravedad bien posicionado al centro, establecimiento de los sensores en la parte inferior frontal de la placa PCB, poner las llantas en la parte superior de la placa con recubierta de látex para mejorar la tracción y agarre en la pista.
- Resistencia: Definir materiales firmes y resistentes para la estructura del chasis FR4.
- Componentes: Placa fabricada PCB y Motores de tipo Pololu 3,000 RPM
- Desempeño: Incluir en la placa PCB una línea de ocho sensores y motores de 3,000 RPM.
- Estética: Diseño esquemático del robot en Solidworks y el diseño de la estructura de la tarjeta del circuito impreso.
- Ensamble: Terminados más limpios con base al rediseño del chasis y los componentes unificados en un sólo módulo.

Una vez realizado el levantamiento de los requisitos para la v2.0 del RSLV, se trazó la trayectoria de trabajo del equipo de proyecto como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**  
*Diagrama de proceso del proyecto RSLV v2.0*

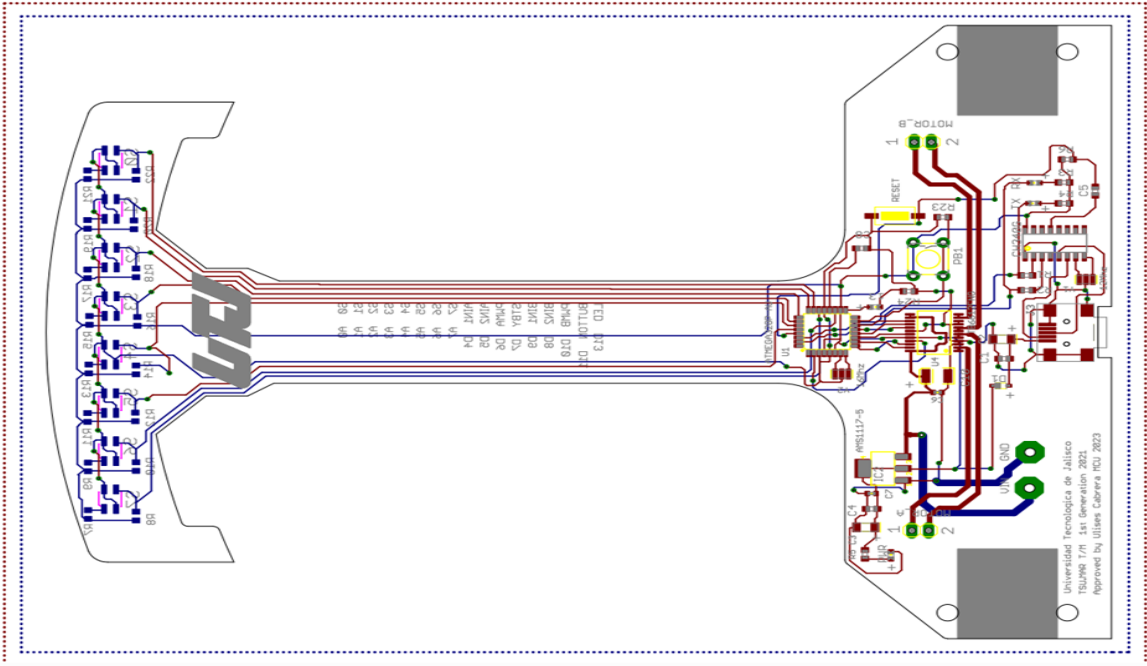


Fuente: Creación propia.

En la fase II Diseño del prototipo RSLV v2.0 se muestran los diseños relacionados con PCB (chasis) y del circuito impreso.

2.1 Diseño de la tarjeta PCB. El chasis es la estructura principal del robot y es lo suficientemente resistente y rígido para soportar los componentes y movimientos del vehículo. El chasis brinda una aerodinámica aceptable, ya que sus dimensiones son 15x15 cm. Se fabricó en FR4 que contienen fibra de vidrio reforzado, que por su versatilidad, resistencia y durabilidad da el soporte requerido para la capa electrónica. En cuando al grosor de la placa es de 1 mm, haciéndolo más ligero. En cuanto al corte de la placa de acuerdo a las dimensiones establecidas en el diseño y la serigrafía del diseño plasmada en la cara de cobre de doble capa.

**Figura 3.**  
*Estructura de la Placa PCB del Robot Seguidor de Línea Velocista v2.0.*



Fuente: Cabrera-Villaseñor, (2023). Boceto diseñado en software Autodesk EAGLE

Nota: En proceso de patente.

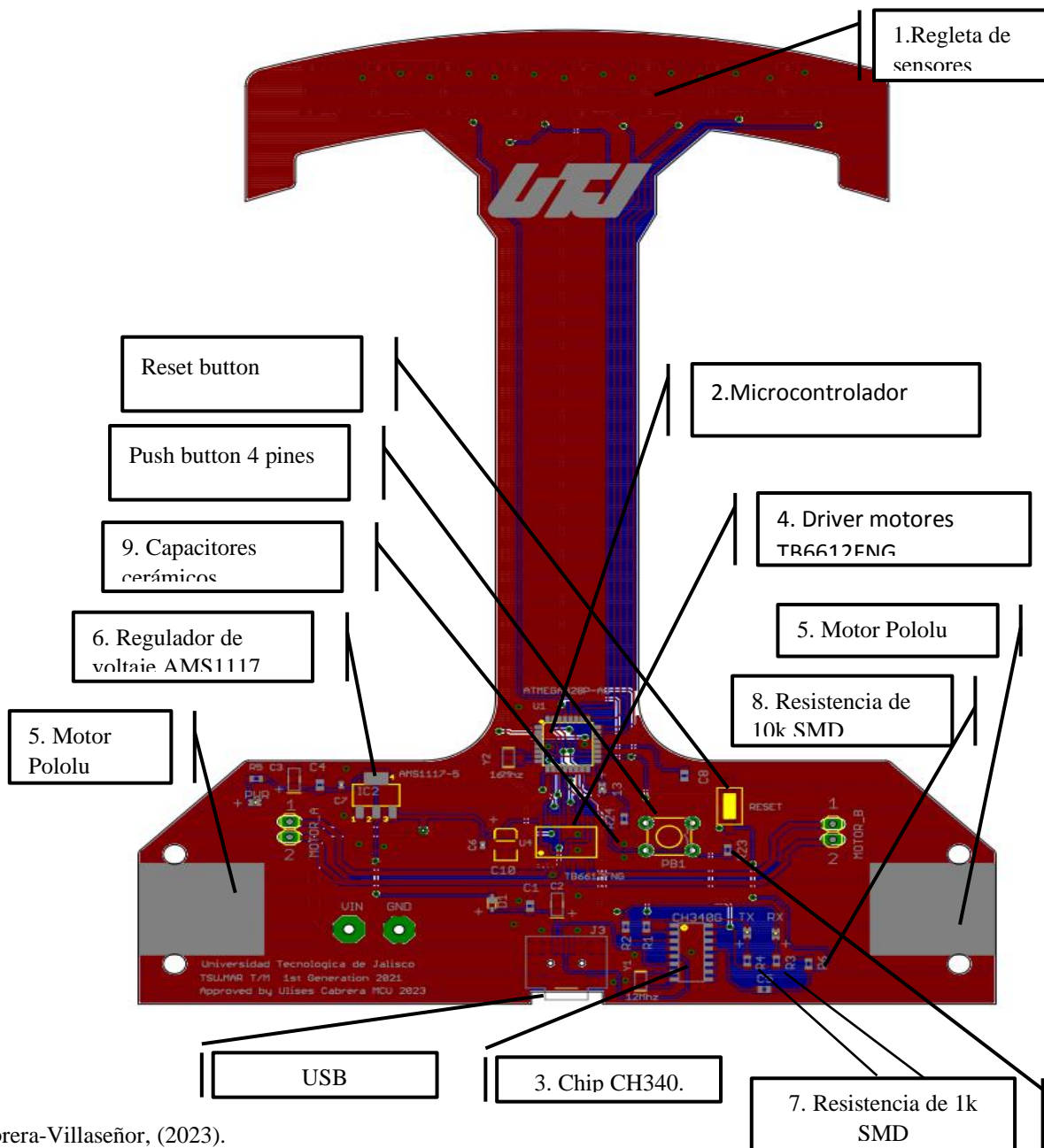


El diseño de la placa PCB mostrado en la figura 3 se realizó en Autodesk EAGLE, incorporando el montaje electrónico y acomodo distribuido e integrado de los materiales y componentes, se puntualiza con mayor detalle en la fase del diseño de la tarjeta de circuito impreso.

2.2 Diseño de la tarjeta de circuito impreso se refiere al diseño del chasis para integrar la capa electrónica del robot y los componentes, se representan en orden de aparición; sensores, microcontrolador, chip CH340, driver motor, motor Pololu, regulador de voltaje, resistencias de 1k y 10k SMD y capacitores cerámicos Por tal, la arquitectura del hardware está distribuida en dos bloques; 1) Inferior (Sensores) e 2) Superior (Microcontroladores, drivers, motores, chips y reguladores de voltaje, por mencionar algunos) como se observa en la Figura 4.

**Figura 4.**

*Arquitectura Hardware Robot Seguidor de Línea Velocista v2.0.*



Fuente: Cabrera-Villaseñor, (2023).

Nota: En proceso de patente.

- 2.2.1 Regleta de sensores. Los sensores de línea tienen un módulo con ocho emisores de infrarrojos y ocho receptores (fototransistor). El fototransistor está conectado resistencia pull-up forma el divisor el voltaje produce una salida de tensión analógica de 0 V a VIN (típicamente 5V) depende de reflejar la luz. Los ocho sensores distribuidos en la parte superior del chasis del robot (Figura 5) permiten la detección más precisa de las líneas e interacciones en la pista.

**Figura 5.**

*Módulo de Sensores de Línea Robot Seguidor de Línea Velocista v2.0.*



Nota: Regleta de sensores RSLV v2.0 [Fotografía], por Taller de robótica división Mecatrónica: UTJ, 2023.

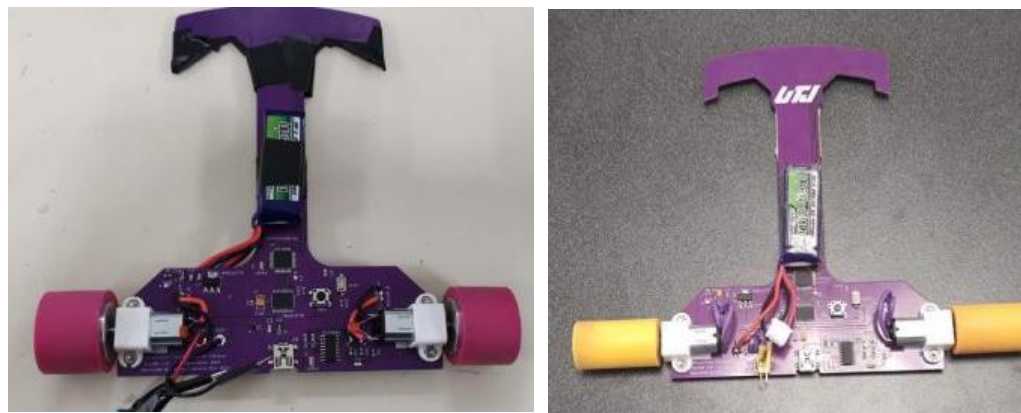
- 2.2.2 Microcontrolador Atmega328. Es el cerebro del robot y se encarga de procesar el código (programa) que se le asigna, acumula y manipula los datos para la toma de decisiones con base a la información de los sensores y la lógica del programa. El Atmega328 se encarga de leer los valores de los sensores y usar esta información para decidir cómo ajustar correctamente los motores y estabilizarlos. Controlará la velocidad y la dirección de los motores para que puedan seguir la ruta de forma rápida y precisa. Además, es la parte fundamental para un robot de seguidor de línea velocista, ya que es responsable de controlar y coordinar las partes del robot para que funcione de forma autónoma, siguiendo líneas de manera rápida y eficiente.
- 2.2.3 Chip CH340. Se programa la placa utilizada en el robot seguidor de línea velocista, para conectar el robot a la computadora a través de un puerto USB y cargar y actualizar el código del robot. La depuración y el monitoreo en tiempo real del robot seguidor de línea son posibles gracias a la conexión USB habilitada por el chip CH340. Para ajustar y optimizar el comportamiento del robot, puede enviar datos de depuración al robot y recibir información del estado o lecturas de sensores.
- 2.2.4 Drive de motores TB6612FNG. Es esencial para controlar y administrar los motores del vehículo en especial para lograr movimientos precisos y un seguimiento efectivo de la línea. La señal PWM enviada al controlador se ajusta la velocidad de los motores y lograr el movimiento del robot más suave.
- 2.2.5 Motores Pololu. Emiten las señales de modulación por ancho de pulso (PWM) son una forma común de controlar los motores, esto permite que se mueva a la velocidad deseada mientras se sigue la línea. Los motores también permiten que el robot seguidor de línea se mueva en la misma dirección o gire a la izquierda-derecha según las necesidades de rastreo de línea al invertir la polaridad de los motores o mediante el uso de mecanismos de dirección.
- 2.2.6 Regulador de voltaje AMS1117-5, se usa para controlar el voltaje de entrada a un nivel seguro y constante de 5V esto es necesario para brindar alimentación confiable y estable a los componentes electrónicos del robot, como microcontroladores, sensores y otros circuitos integrados. También ayuda a proteger el voltaje de entrada de fluctuaciones que podrían afectar negativamente el rendimiento de los componentes o incluso dañarlos.
- 2.2.7 Resistencia de 1k SMD. Se utiliza para limitar o controlar el flujo de corriente en un circuito la resistencia de 1k SMD para limitar la corriente que fluye a través de componentes como diodos, LED u otros dispositivos sensibles. Al limitar la corriente, se protegen las partes de los daños causados por corrientes excesivas.
- 2.2.8 Resistencia de 10k SMD: Se maneja con frecuencia como parte de un divisor de tensión en circuitos un conjunto de resistencias que permite obtener una fuente de tensión más alta con una tensión proporcional se conoce como divisor de tensión. Esto puede ser útil para medir las tensiones en varios puntos del circuito o establecer niveles de referencia. En ocasiones, los transistores se polarizan con resistencia SMD de 10k para que los transistores funcionen adecuadamente, deben polarizarse correctamente. La resistencia de 10k SMD se puede ajustar para determinar la corriente de polarización requerida y asegurarse de que el transistor funcione de manera óptima.

2.2.9 Capacitores cerámicos. Son requeridos para filtrar el ruido eléctrico y las interferencias en los circuitos en el robot seguidor de línea velocista. Pueden colocarse cerca de componentes sensibles, como sensores o microcontroladores, para ayudar a eliminar el ruido no deseado que puede afectar su rendimiento.

En la fase III Implementación se fabricó el prototipo Robot Seguidor de Línea Velocista v2.0, sobre la placa PCB y de acuerdo al diseño de la tarjeta de circuito impreso se colocó y soldó los componentes, se realizó el montaje y conexión de los motores eléctricos, así como de la fuente de energía e instalación de las llantas (se probó con dos tipos de ruedas diferentes las cuales varía su tamaño). En la figura 6 se muestra el chasis terminado y todos sus componentes instalados con vistas frontal, como resultado es un prototipo más estético y funcional.

**Figura 6.**

*Modelos de Prototipos RSLV v2.0*



Nota: Prototipos de RSLV v2.0 [Fotografías], por Taller de robótica división Mecatrónica: UTJ, 2023.

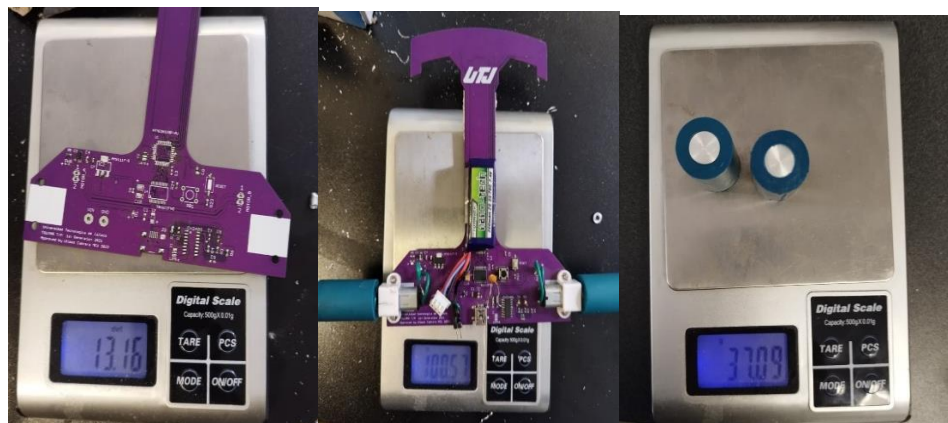
En cuanto a las ruedas recubiertas de látex están conectadas al motor y tienen un radio de 1 cm y un rin en aluminio sujeto al eje del motor por un tornillo prisionero y una llanta en goma. Este tipo de ruedas son esenciales porque se necesita agarre perfecto en cada curva cuando alcanza velocidades de más de 3 m/s. Las llantas junto los motores quedaran en la parte trasera del robot para que no tenga problemas con algún componente que interponga su camino.

La elección de los motores es una parte importante del diseño mecánico porque determina la potencia y la velocidad del robot. Los motores con caja reductora ofrecen un buen torque, para obtener buenos resultados de estos, las llantas juegan un papel importante junto con el resto del robot como carga, en este caso deben proporcionar un alto nivel de adherencia a la superficie.

Los motores del robot seguidor de línea velocista son accionados por un controlador que permite enviar señales eléctricas para controlar la velocidad y la dirección de los motores. El controlador recibe información de los sensores que determinan la línea y con base en esta información, envía comandos a los motores para mantener al robot en la línea (Figura 8) la trayectoria se describe en la fase de pruebas.

En la fase IV Pruebas se registraron los resultados de funcionamiento y rendimiento del robot seguidor de línea velocista v2.0, lo primero que se realizó fue el pesaje de la placa chasis con y sin componentes obteniendo los siguientes parámetros; sin componente 13.16g y con componentes 100.57g (Figura 7) El componente que abarca el 38% del peso del robot son las llantas, el resto se distribuye entre la batería y los motores.

**Figura 7.**  
*Comparativo del peso del chasis sin y con componentes.*



Nota: Datos de pesaje del prototipo RSLV v2.0 [Fotografías], por Taller de robótica división Mecatrónica: UTJ, 2023.

Aun incorporando los componentes de montaje superficial tiene un peso ligero con relación a otros robots de su categoría de competencia como el de Casados, Palacios, García, Gámez y Aguilar, (2017, p.211) que tiene un peso de 150g.

Para las pruebas de funcionalidad del prototipo RSLV v2.0 se construyó una pista de carreras (Figura 8) que cuenta con un fondo blanco, piso liso y limpio para evitar que se derrape en las vueltas. La pista está trazada con cinta negra, se integrarán curvas y líneas rectas (el robot se desplazará alrededor de tres metros de distancia).

**Figura 8.**  
*Robot Siguiendo Línea v2.0*



Nota: Prototipos de RSLV v2.0 [Fotografías], por Taller de robótica división Mecatrónica: UTJ, 2023.

Se procedido a colocar el RSLV v2.0 dentro de la pista de competencia, con la finalidad de que siga la trayectoria marcada en la pista, antes de que el robot arranque se debe calibrar los sensores para que estos se comiencen a adaptar en las condiciones de la pista. Para ello se debe; encender el robot esté ya empezó su principal programa, colocar el robot sobre la pista, presionar el pulsador; los leds titilan por segundo y se debe girar de manera suave el robot de tal forma que los sensores pasen por la superficie blanco y negra. En este punto el robot debe tener el programa inicial de calibración con los leds que indican que ya está calibrado el robot.

Para finalizar, se realizaron dos pruebas para verificar que el robot completará con éxito el recorrido completo sin salir de la pista. El tiempo estimado en que recorrió la pista es de 10 segundos de ida y 10 segundos de regreso.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se realiza un análisis comparativo partiendo desde las diferencias existentes entre los prototipos RSLV v1.0 y v2.0 a partir de trece categorías de análisis que se muestra a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1.***Análisis de las Diferencias y Resultados de los Prototipos RSLV v1.0 y v2.0*

<b>Características</b>	<b>Prototipo v1.0</b>	<b>Prototipo v2.0</b>	<b>Resultado obtenido</b>
Peso	99 gr	100.57 gr	Mejor tracción y agarre en llantas.
Materiales	Materiales blandos y frágiles	Materiales firmes y residentes	Mayor durabilidad a largo plazo.
Componentes	Diferentes módulos	Unificados en un sólo módulo	Una reducción de posibles cortos circuitos y sobrecalentamiento.
Velocidad	16 segundos por vuelta	10 segundos por vuelta	Menor tiempo en recorrer la pista de pruebas.
Tamaño	9 cm X 15.5 cm	16 cm X 20 cm	Aumento de la estabilidad en curvas a alta velocidad.
Precio	\$1,500.00	\$3,500.00	Mejora la calidad de los componentes utilizados.
Distribución de componentes	Centro de gravedad desfasado	Centro de gravedad bien posicionado	Reducción de oscilación al seguir la línea, mayor desempeño.
Estética	Terminados imperfectos	Terminados más estructurales y	Prototipo más estético y ligero.
Motores	Tipo Pololu 1,000 RMP	Tipo Pololu 3,000 RPM	Mayor velocidad en vueltas completadas en el circuito.
Batería	1,500 Mah	300 Mah	Mejor distribución y una considerable reducción de peso.
Sensores	Placa independiente de sensores	Sensores en PCB	Mayor precisión de censado con respecto a la distancia entre llantas y sensores.
Llantas	Recubiertas de caucho	Recubierta de látex	Mejor tracción y agarre al momento de tomar curvas en la pista de pruebas.
Chasis	Plástico TPU	Tarjeta PCB	Mejor desempeño en pruebas gracias a la mayor firmeza del chasis.

Fuente: Creación propia.

Entre los principales resultados obtenidos podemos observar un alto desempeño del robot en comparación del antecesor.



## CONCLUSIÓN

En este trabajo de investigación se ha presentado el proceso de reingeniería del robot seguidor de línea v2.0, así como los principales aportes a la robótica a microescala en el diseño, construcción y programación de robots, en el futuro se han de adaptar a diferentes entornos industriales, de servicio y comerciales para dar solución a las diversas necesidades y problemáticas como el almacenaje de mercancías, automatización de bodegas con transporte autónomo de carga, vehículos autónomos de transporte humano, por mencionar algunos. Entre los casos más exitosos de estos robots citados por Márquez-Sánchez, García-Sánchez, Sandoval-Gutiérrez y Filomeno, (2019) esta “la empresa Amazon, quien utiliza una variante de los robots seguidores de línea para llevar el control de sus almacenes. [...] Otro robot en la industria es el Weasel, fabricado por SSI SCHÄFER. El cual está diseñado para tareas de transporte interno en almacenes. Otra empresa dedicada a este tipo de robots es CEIT. La cuál maneja un robot que tiene remolques para transportar el material a diferencia de los otros robots que llevan encima la carga. Este robot puede remolcar hasta 3000 Kg a una velocidad de 1 m/s en la versión CEIT Truck 3000a.

Para finalizar, es importante enfatizar que los resultados obtenidos de esta investigación forman parte del “Modelo de capacidades y habilidades técnicas y blandas de aprendizaje de la robótica para competencia” de la división de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Jalisco, donde se tiene como eje rector a la robótica como un instrumento que ayuda a la integración y trabajo colaborativo entre estudiantes, docentes, investigadores y la sociedad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Risco, A. (2020). Clasificación de las investigaciones. Universidad de Lima, Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Carrera de Negocios Internacionales.
- Casados, J. L. O., Palacios, E. U. M., García, J. R., Gámez, J. C. M., & Aguilar, M. E. B. (2017). Diseño y construcción de un prototipo “robot seguidor de línea velocista”. *Pistas Educativas*, 38(124).
- Márquez-Sánchez, C., García-Sánchez, J.R., Sandoval-Gutiérrez, J. y Filomeno, N. M. (2019). Robots seguidores de línea: generalidades. El camino a la innovación educativa. *Boletín UPIITA-IPN No. 72*. Recuperado de: <https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/813-cyt-numero-72/1677-robots-seguidores-de-linea-generalidades>
- Romero, M. C., Soto, J. A. C., Gutiérrez, G. A. A., & Rico, F. R. (2017). Sistema de control y arquitectura de un robot seguidor de línea. *Cultura Científica y Tecnológica*, (59).
- Tancara, C. (1993). La investigación documental. *Temas sociales*, (17), 91-106.
- Trigás Gallego, M. (2012). *Metodología Scrum*. Bachelor's thesis, Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10609/17885>

# Interfaces UX

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.675

Dr. Ricardo Pérez Calderón  
*División de Ingeniería en Informática*  
*Universidad Politécnica del Valle de México*  
*Tultitlan, Estado de México, CP. 54910*  
[rperez@upvm.edu.mx](mailto:rperez@upvm.edu.mx)

## Resumen

Las interfaces son el elemento esencial en el procesamiento de datos de los sistemas de información, de las páginas web o de las aplicaciones, con ellas se genera una sensación de idoneidad en el cumplimiento de los objetivos, a través de ellas se pueden representar de forma gráfica los procedimientos en el entendido de que las empresas son exitosas derivado de la gestión de sus procesos, es por esta razón, la importancia de tener certeza de lo que se está procesando, por tal motivo, el diseño de interfaces con la ayuda de las diversas herramientas que existen en la web es trascendental para facilitar su bosquejo e implementación. La propuesta para visualizar las interfaces que se van a desarrollar en este proyecto se basarán, en un par de lenguajes de programación como Java y Go y algunas aplicaciones especializadas como Webflow, Framer, entre otras, así como el manejador de base de datos MySQL.

**Palabras Clave:** Interfaces, Lenguajes, Objetivos, Información.

## Abstract

The interfaces are the essential element in the data processing of the applications, the web pages and the information systems, with them an ideal sensation is generated in the fulfillment of the objectives, it is a graphic form of representation of the processes, It is for this reason, the importance of being certain of what is being displayed, through the various tools that exist within the web that facilitate the design and implementation. The development of the system to visualize the presented interfaces will be based on various programming languages such as Java, Go, among others, and the MySQL database manager.

**Keywords:** Interfaces, Languages, Objectives, Information

## INTRODUCCIÓN

Existe una gran cantidad de herramientas enfocadas en el diseño de interfaces, las cuales se pueden entender desde una óptica meramente abstracta porque tratan de plasmar la funcionalidad de algún proyecto, sin duda esa percepción de las necesidades de operatividad se puede traducir en interfaces las cuales ayudan a cada usuario a sus propósitos, por lo tanto, su implementación a través de las diversas herramientas que existen en el mercado son de gran trascendencia para los fines que se persigan por cada uno de los sistemas, el presente proyecto pretende realizar interfaces con el apoyo de estas herramientas.

La plataforma Stack Overflow que dentro de sus diversas actividades es realizar año con año una encuesta anual para desarrolladores, muestra sus resultados al menos desde el año 2011, la plataforma se describe como el “Empoderar al mundo para desarrollar tecnología a través del conocimiento colectivo, es un espacio comunitario para encontrar y aportar respuestas a los desafíos técnicos y es considerado como uno de los sitios web más populares del mundo”, sin duda alguna es un referente mundial en el uso de herramientas tecnológicas para el desarrollo de aplicaciones y sistemas de información. Esta plataforma recoge información de la diversidad de herramientas tecnológicas en la automatización de interfaces, sistemas o Apps.

Sus encuestas abarcan diversos rubros: el nivel de educación, el tipo de documentación usada, las plataformas de aprendizaje en línea, los años de experiencia, el tipo de roles del desarrollador, la nacionalidad de los desarrolladores, la edad, entre otros. Uno de estos rubros es el de Programming, Scripting and Markup Languages, como se muestra en la tabla 1, se desglosa la información de este rubro desde el año 2018 al año 2021, en la cual se expresan las tecnologías de mayor uso que utilizan los encuestados:

**Tabla 1.**  
**Comparativa de Programming, Scripting, and Markup Languages en 4 años**

Tecnología	2018	2019	2020	2021
JavaScript	69.8	67.8	68.0	64.96
HTML	68.5	63.5	63.0	56.07
SQL	57.0	54.4	55.0	47.08
Java	45.3	41.1	40.0	35.35
Python	38.8	41.7	44.0	48.24
Basch/Shell/PowerShell	39.8	36.6	33.0	27.13
C#	34.4	31.0	31.0	27.86
Php	30.7	26.4	26.0	21.98
Swift	8.1	6.6	6.0	5.1
Go	7.1	8.2	9.0	9.55
Ruby	10.1	8.4	7.0	6.75
Kotlin	0.0	6.4	8.0	8.32

**Nota: Tecnologías de uso en el desarrollo** (<https://insights.stackoverflow.com/survey>)

Esta plataforma (Stack) indica que JavaScript es la herramienta más utilizada en los últimos 15 años, sin embargo, existe una diversidad de herramientas para desarrollar interfaces, como C#, Php, java, entre otras.

Por otro lado, también se obtiene información en relación con los FrameWorks de mayor uso en la web. La consultora Edis, indica que un marco de trabajo es: “es un esquema que ofrece una estructura base para elaborar un proyecto con objetivos específicos, una especie de plantilla que sirve como punto de partida para la organización y desarrollo de software.” Adicionalmente indica que permite agilizar procesos de desarrollo porque se puede reutilizar herramientas o módulos. Cuando el programador se especializa en un Framework se convierte en un eficiente desarrollador, en la tabla 2 se muestran los marcos de trabajo de mayor uso por los desarrolladores.

**Tabla 2.**  
**Comparativa de FrameWork de 4 años**

FrameWork	2018	2019	2020	2021
React.js	27.8	31.3	35.9	40.14
Angular	36.91	30.7	25.1	22.96
JQuery	0.0	48.7	43.3	34.42
Asp.net	27.2	26.3	19.1	18.1
Django	13.0	13.0	14.2	14.99
Spring	0.0	17.6	16.2	16.4
Ruby on Rails	0.0	8.2	7.0	7.04

**Nota: Tecnologías de FrameWork en Web** (<https://insights.stackoverflow.com/survey>)

La plataforma indica que el Framework de mayor preferencia es React.js que compite con otros marcos de trabajo como Angular y Django. Los Frameworks mejoran las características del desarrollo.

Es importante mencionar a los paradigmas de programación, ya que con ellos se han creado herramientas de desarrollo, tradicionalmente existían 4, aunque debido a las necesidades y comportamientos deseados por parte de los usuarios estos ya se han diversificado. El significado de lo que es un paradigma de programación al igual que en todos los aspectos de la vida, se puede decir que es como un modelo o patrón a seguir y en los lenguajes de programación a través de sus gramáticas de libre contexto son eso, estructuras sintáctica y semánticamente correctas que se deben seguir para el desarrollo de programas en cada lenguaje. Cada uno de los paradigmas es totalmente diferente en su concepción y, por lo tanto, lógicamente en la manera en que se programan. Sin embargo, algunos lenguajes se pueden adaptar en la mayoría de los paradigmas como es el caso de JavaScript que se le puede considerar multiparadigma de programación. A continuación, se describen los de mayor particularidad.

**Imperativo.** Es un paradigma de programación en donde los lenguajes que lo implementan actúan línea por línea y hasta que no concluya una no se puede continuar con la siguiente, en el entendido de que si una sentencia es un ciclo o una estructura de control el programa se procesará dependiendo de la sentencia a ser ejecutada. A pesar de que es el primer paradigma de programación, muchos de los lenguajes actúan bajo este paradigma aun los de reciente creación.

**Funcional.** Es un paradigma de programación en donde se implementan las funciones, pero no como si fuera un procedimiento para ejecutar, va más allá, una función para este paradigma se entiende como un proceso en donde se le envían los argumentos y hasta que no tenga resueltos esos argumentos no se ejecutan la función, puede ser que una función invoque a otra función y a otra función y así sucesivamente. Entonces se ejecuta la última función invocada debido a que ya se tiene resuelto su argumento y así sucesivamente hasta concluir y dar el valor. A este proceso se le conoce como recursividad. Un ejemplo muy claro de esto es la implementación de funciones en Excel, ya que se puede llamar a otras funciones (la misma u otras) dentro de los parámetros de cada función.

**Basado en reglas.** Es un paradigma de programación que se basa en un concepto que se denomina hechos (base de conocimiento) y que para poder inferir un cuestionamiento a una pregunta se basa en el concepto de reglas, una regla tiene encabezado y cuerpo, con este tipo de mecanismos se puede contestar solicitudes a la base de conocimiento. Dependiendo de la solicitud que se le haga se hace un recorrido con el motor de inferencia lo que se llama backtracking que intenta encontrar respuesta a la solicitud planteada.

**Orientado a Objetos.** Es un paradigma de programación que es usado en los lenguajes de programación modernos, calificado como el que cambio el desarrollo de la programación debido a la diversidad de características que se pueden implementar dentro de él, tales como la creación de objetos, la abstracción, el encapsulamiento, la herencia, entre otras, además de que tiene mucha fiabilidad, lo que lo hace un paradigma de programación robusto.

**Reactiva o Data Flow.** Según la consultora Deloitte, indica que es aquella “cuya principal característica es el uso de llamadas asíncronas no bloqueantes siempre que sea posible”, por otro lado, otra consultora Edteam indica que es una programación “asíncrona orientado al flujo de datos y a la propagación del cambio”. Se puede mencionar estas características del paradigma: asíncrona, existen el flujo de datos, existe la propagación del cambio, entre otras, la consultora Keepcoding indica que se “suele usar en el big data o en programas que requieran mucha velocidad y variedad del código”. Como se muestra en la tabla 3, a través de la biblioteca de ReactiveX (RX), se puede implementar este paradigma en la mayoría de los lenguajes de programación.

**Tabla 2.**

**Lenguajes de programación que representan a un paradigma**

Paradigma	Lenguajes Representativos
Imperativo	Pascal, C, Cobol
Procedimental	C, Java
Paralelo	Python, Java
Orientado a Eventos	Visual Basic
Declarativo	SQL
Funcional	Scheme, Lisp
Basado en Reglas	Prolog
Orientado a Objetos	Java, C#, Python
Reactiva o Data Flow	Spring, RX java, RX Java Script, RX Kotlin, RX Net

**Nota: Paradigmas de la Programación (fuente propia)**

Por lo anterior, se considera que los lenguajes y las herramientas son trascendentales en el desarrollo de los sistemas de información. Es importante mencionar que para llegar a la implementación de las interfaces existe un concepto de suma importancia, *la usabilidad*, Sánchez quien cita a Shneiderman, (2011), indica sus características:

1. *Facilidad de Aprendizaje*, el entender el funcionamiento del sistema o aplicación
2. *Eficiencia de uso*, implica la capacidad de ser productivo en el uso del sistema
3. *Retención sobre el tiempo*, capacidad de recordar el funcionamiento del sistema
4. *Tasa de Error*, reducción del error en el momento de la operatividad

5. *Satisfacción*, Grado de satisfacción del sistema para el cumplimiento de los objetivos

También este mismo autor indica lo siguiente para la usabilidad “idealmente debe considerarse desde el inicio del proceso de desarrollo hasta las últimas acciones antes de implementar el sistema, producto o servicio disponible al público”, por lo tanto, tiene una alta relación con el concepto de interfaces ya que considera: a los usuarios, sus necesidades de ellos, las características esenciales del desarrollo, el correcto producto y lógicamente el propio desarrollo de las interfaces.

En este sentido del alcance de las interfaces, Aranburu quien cita a Lallemand, (2020), indica que “profesionales con más experiencia en la temática veían innecesario crear una definición común para determinar qué es la User Experience (UX) y qué elementos la componen”, también comenta que cada entidad debe desarrollar su propio enfoque y determinar qué objetivos buscan cumplir, sin duda un concepto que dependiendo del proyecto, de personas involucradas en el desarrollo y de la experiencia, jamás serán las mismas circunstancias, características y alcances de las interfaces.

Por último, Aranburu, (2010) también indica que para entender y evaluar la interacción del usuario maquina es necesario analizar la experiencia desde tres dimensiones, como las muestra en la figura 1, las cuales las digitalizo de la siguiente manera:

**Fig. 1.**  
**Tres Dimensiones**



**Nota: Dimensiones de la experiencia. Aranburu Z., Erick, (2020)**

1. *Funcionalidad*. El sistema debe ejecutar cada una de las acciones para lo cual fue diseñado.
2. *Usabilidad*. Realizar cada una de las tareas de una forma óptima.
3. *Experiencial*. Que el usuario tenga plena confianza de hacer que lo piensa se está haciendo.

Sin embargo, para lograr estas características se deben usar las herramientas para el diseño de interfaces las cuales hacen que sea más fácil su desarrollo e implementación. Existe una infinidad de herramientas que realizan la implementación de interfaces a continuación, se describen algunas.

**webflow**

Webflow.

Se define en su página oficial como: “El poder crear código, sin escribir nada, adicionalmente comenta que a través de él se toma el control de HTML, CSS y JavaScript en un lienzo visual y, por último, se genera un código semántico limpio que está listo para publicar o entregar a los desarrolladores.” Son de las herramientas denominadas No-Code, porque lo hacen de manera automática. Sin embargo, para el diseño de interfaces cumplen con el objetivo de ser una herramienta que garantiza el cumplimiento de los objetivos de los sistemas o aplicaciones.

**Framer**

Framer.

Se define en su página oficial como el poder: “Iniciar el sitio de sus sueños con IA. Código cero, máxima velocidad, adicionalmente indica que se puede diseñar sitios en un lienzo de forma libre, con animaciones e interacción a un CMS”. La página EcuRed indica que Framer es: “Entorno de trabajo de diseño "todo en uno", es una herramienta para dibujar, prototipar y compartir proyectos entre equipos. Combina la familiaridad de la edición visual con la flexibilidad del código. Todo un flujo de trabajo de diseño, ahora en una interfaz inteligente.” Cuenta con todas las características del diseño como la maquetación, la inclusión de componentes y la capacidad de adaptarse a un entorno responsivo.



## InVision Studio

Invision.

En el blog de la empresa Intelli, indica lo siguiente en relación con Invision: “En esta era moderna de desarrollo de software, el diseño es un componente crítico. Para crear diseños hermosos y funcionales para sus aplicaciones web o móviles, puede tomar la ayuda de Invision Studio, una herramienta de diseño.” Sin duda es una herramienta que cumple con las exigencias del diseño de interfaces para el cumplimiento de los objetivos que se pretende el desarrollo de proyectos.



Lenguaje GO.

En la página oficial de GO, indica que “se puede realizar lo siguiente: Crear sistemas simples, seguros y escalable. Fácil de aprender y excelente para equipos, cuenta con una simultaneidad incorporada y una biblioteca estándar robusta, así como un Gran ecosistema de socios, comunidades y herramientas” Al podersele incorporar una gran cantidad de bibliotecas lo hacen una herramienta muy potente para el diseño de interfaces lo que desencadena en la consecución de los objetivos del desarrollo.



Lenguaje Java.

La empresa Oracle define java como: “la plataforma número uno de lenguaje de programación y desarrollo. Reduce costos, acorta los plazos de desarrollo, impulsa la innovación y mejora los servicios de las aplicaciones. Java sigue siendo la plataforma de desarrollo preferida por empresas y desarrolladores, y cuenta con millones de desarrolladores que ejecutan más de 60 mil millones de máquinas virtuales Java en todo el mundo.”

Los entornos de programación que implementan java lo hacen una herramienta potente para el tratamiento de interfaces aunado a su robustez en su desarrollo.

## OBJETO DE ESTUDIO

Por lo anterior y para poder implementar el presente proyecto se pretende desarrollar el siguiente objetivo general: Desarrollar e implementar interfaces a través de herramientas tecnológicas para satisfacer las necesidades de los usuarios.

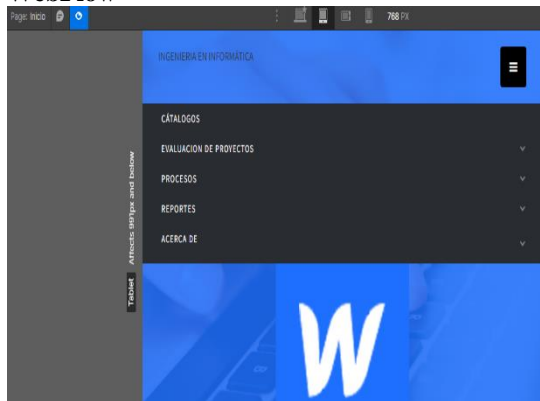
Para cumplir el objetivo general se proyecta llevarlo a cabo por fases a través de la culminación de los siguientes objetivos específicos:

- 1 Analizar las herramientas que existen en el mercado para el desarrollo de las interfaces.
- 2 Crear prototipos para satisfacer las necesidades de los usuarios
- 3 Desarrollar los Front-End necesarios usando al menos 5 herramientas destinadas para el diseño de interfaces.

Las herramientas de diseño de interfaces.

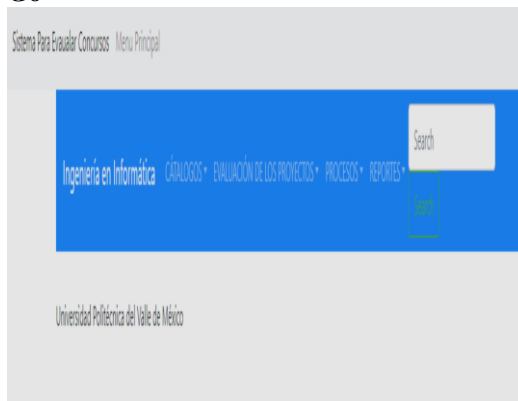
Se mostrará la misma interfaz en algunas herramientas de uso comercial, lo importante es que las herramientas se adaptan al tipo de dispositivo que se emplee como: una máquina de escritorio, un equipo portátil (laptop) o un dispositivo móvil (tableta o celular). En las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 se presenta el front-end con las herramientas propuestas.

**Figura 2.**  
**WebFlow**



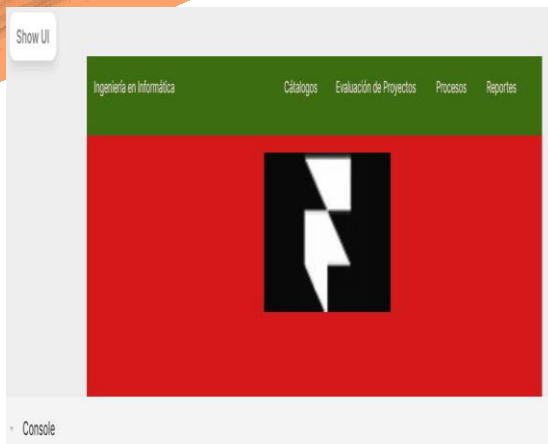
**Nota: (Diseño del autor)**

**Figura 3.**  
**Go**



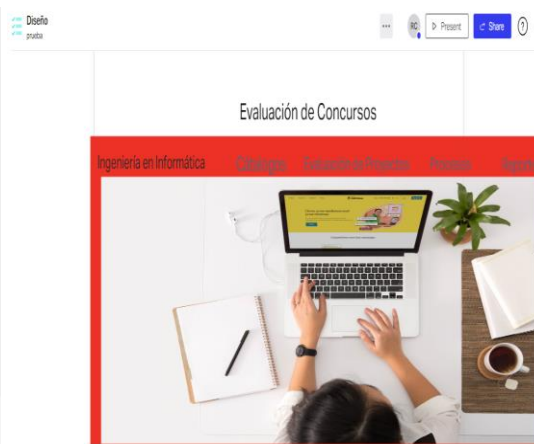
**Nota: (Diseño del autor)**

**Figura 4.  
Framer**



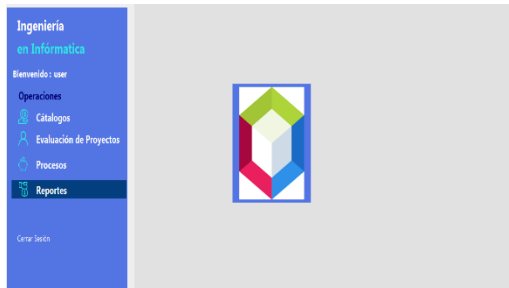
**Nota: (Diseño del autor)**

**Figura 5.  
Invision**



**Nota: (Diseño del autor)**

**Figura 6.  
Java**



**Nota: (Diseño del autor)**

## **METODOLOGÍA.**

La Ingeniería de software es la rama de la informática en la que se aplica las etapas del desarrollo de software, según Somerville, 2000, "es una disciplina de la ingeniería cuya meta es el desarrollo costeable de sistemas de software, contemplando todos los aspectos y etapas del desarrollo".

Las etapas del desarrollo son definidas por el mismo autor de la siguiente manera:

1. *Especificación del software*, se debe definir la funcionalidad del software y sus restricciones de operación
2. *Diseño e implementación del Software*, producir software que cumpla con la especificación
3. *Validación del Software*, validar el software para asegurar que hace lo que el cliente desea
4. *Evolución del software*. El software debe evolucionar para cubrir las necesidades cambiantes del cliente.

En estas etapas se implementan los elementos que se necesitan para desarrollar sistemas, aplicaciones o interfaces, por ejemplo, la característica de especificación de software es lo que se pretende en la etapa de lo que hoy se denomina researcher del diseño de interfaces, siempre ha existido incluso se han hecho metodologías que recopilan la información para el diseño de sistemas.

Disciplinas que interviene en el diseño de las interfaces

Las interfaces UX son conceptos que se han venido desarrollando con el paso del tiempo no como se le conocen en la actualidad, sin embargo, en el desarrollo de los sistemas siempre han estado presentes. En este sentido cuando se decía que se estaba haciendo el análisis de los sistemas, se hacía una recolección de información de lo que se pretendía implementar, el analista de sistemas se encargaba de indagar la mayor parte de la información usando la múltiples técnicas que se podían usar: entrevistas con los usuarios, se observaba cómo funcionaba el área en cuestión, se recolectaba evidencias de reportes, resultados o información que se debía entregar a otros usuarios, cómo operaba el departamento, como funcionaba el software viejo o cómo operaba un software parecido, en fin, se usaban la

mayoría de los elementos necesarios. En la actualidad se necesitan muchas áreas para ofrecer un producto diversificado y que cumpla con las exigencias para lo cual está destinado.

Andrada, (2019) de la universidad para los líderes, menciona algunas disciplinas para el diseño UX:

- ✓ *Gestión de proyectos.* Desarrollo de una planeación para un proyecto.
- ✓ *Investigación del Usuario.* Se debe comprender las necesidades y motivaciones en todos los aspectos, tanto del producto como de los usuarios.
- ✓ *Evaluación de usabilidad.* Es obtener el nivel de satisfacción del usuario con el producto.
- ✓ *Arquitectura de la información.* Entender el flujo de los datos en el flujo de los procesos del proyecto.
- ✓ *Diseño de UI.* Detectar las necesidades del usuario, considerando su facilidad en el transcurso y diseño de los procesos.
- ✓ *Diseño de Interacción.* Que el producto responda de la mejor manera a cada una de las peticiones
- ✓ *Diseño Visual.* Generar una estrategia para el componente del diseño visual.
- ✓ *Estrategia de contenido.* Es la gestión de los contenidos del producto.
- ✓ *Accesibilidad.* La inclusión de personas con capacidades diferentes.
- ✓ *Análisis Web.* Análisis de los datos a través de herramientas de recolección de información (Google Analytics)

Históricamente, en la implementación de sistemas no había tanta cantidad de personal anexo para el desarrollo de un software, es por ello, que las interfaces hoy en día tienen éxito en el desarrollo de software o productos, ya que contemplan una diversidad de disciplinas que lo hacen robusto y hacen que se cumpla el objetivo y como consecuencia, que se tenga éxito el producto. Hoy en día, las interfaces UX son la parte analítica de lo que se proyecta hacer, es realizar investigación alrededor de lo que se desea y es entender al usuario, en pocas palabras es deducir el problema a ser implementado. El diseño de la maquetación hace que sean posibles las interfaces UX. Por otro lado, las interfaces UI hacen que lo que se analizó en la fase de UX se le presente al usuario de una manera sencilla, amigable y que cumpla con lo que se espera del desarrollo, cabe aclarar que UI es solamente una disciplina de todas las que se necesitan para el diseño de las interfaces.

### Herramientas para el desarrollo del sistema.

En el proyecto se desarrolló prototipos de Front-End para que los usuarios entendieran la importancia de cada uno de los componentes para el logro de los objetivos. En las figuras 6 y 7 se presenta una interfaz para hacer el mismo proceso (la aplicación de ahorros).

**Figura 6**

### Ahorros

**Nota: (Diseño del autor)**

**Figura 8.**

### Ahorros

**Nota: (Diseño del autor)**

### Parte del Código de las interfaces.

En la figura 9, se presenta el uso de un FrameWork para el diseño de una interfaz en Bootstrap.

**Figura 9.**

#### Parte de un código

```
<nav class="navbar navbar-expand-sm navbar-dark bg-primary">
  <a class="navbar-brand" href="#">Ingeniería en Informática</a>
  <button class="navbar-toggler d-lg-none" type="button" data-toggle="collapse" data-
target="#collapsibleNavId" aria-controls="collapsibleNavId"
  aria-expanded="false" aria-label="Toggle navigation"></button>
  <div class="collapse navbar-collapse" id="collapsibleNavId">
    <ul class="navbar-nav mr-auto mt-2 mt-lg-0">
      <li class="nav-item dropdown">
        <a class="nav-link dropdown-toggle" href="#" id="dropdownId" data-toggle="dropdown" aria-
haspopup="true" aria-expanded="false">CATALOGOS</a>
        <div class="dropdown-menu" aria-labelledby="dropdownId">
          <a class="dropdown-item" href="iniciocategoria">Categorías</a>
          <a class="dropdown-item" href="iniciopregunta">Preguntas</a>
          <a class="dropdown-item" href="iniciorelcatpre">Relación Categoría-Preguntas</a>
          <a class="dropdown-item" href="iniciorevisor">Revisores</a>
          <a class="dropdown-item" href="inicioparticipante">Participantes</a>
          <a class="dropdown-item" href="inicio">Proyectos</a>
          <a class="dropdown-item" href="iniciorelpropar">Relación Participantes-Proyecto</a>
        </div>
      </li>
    </ul>
  </div>
</nav>
```

**Nota: (Diseño del autor)**

## RESULTADOS

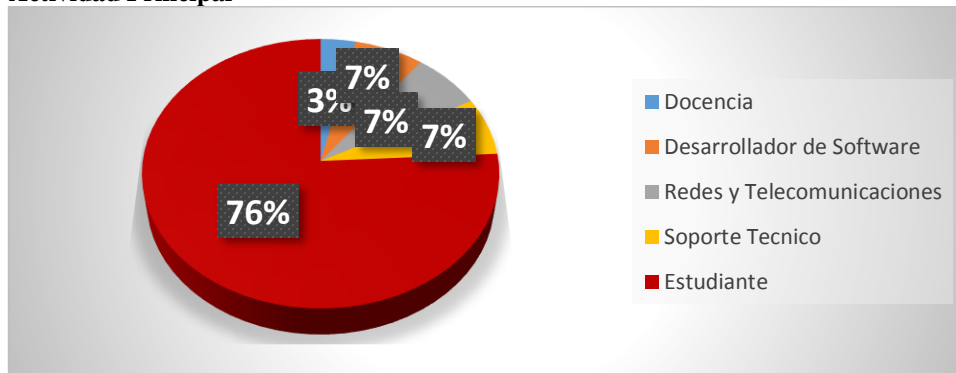
Se realizó una encuesta con el uso de un formulario en Google drive, a través de la siguiente liga se refleja el formulario:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSemAOP\\_DNXKw0rl6uzMnh57CNvfmYMyLvqDkvtBrAX42yncYA/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSemAOP_DNXKw0rl6uzMnh57CNvfmYMyLvqDkvtBrAX42yncYA/viewform?usp=sf_link)

1. En la Figura 10 se observa el tipo de actividad de los encuestados, ¿Cuál es su actividad principal a la que se dedica?

**Figura 10**

#### Actividad Principal



**Nota: (Diseño del autor)**

El 76 % de los encuestados son estudiantes, una característica que denota la importancia del diseño de las interfaces, por su formación universitaria.

2. ¿Qué deben cumplir las interfaces?

Se enuncian algunos de las repuestas de los encuestados

- Útil, usable, ergonómico e intuitivo
- Principalmente que el usuario se adapte de manera rápida, que sea intuitiva, hoy en día existen también los comandos de voz y reconocimiento facial
- Coherente, Legible, Interactiva, Flexible, Familiar, Eficiente.

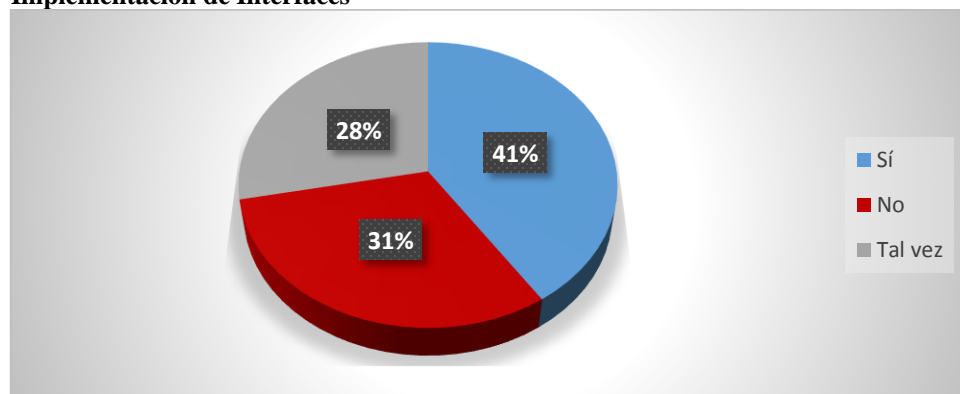
- Tiene que ser simple, clara, fácil de usar, y rápida
- Facilidad de comprensión y de uso, debe ser también acorde al tema del que se habla
- Que tiene que ser de manera clara para el usuario
- Sea intuitivo para el usuario, clara y coherente.
- Información precisa para evitar que el usuario no cometa errores
- Interactiva y Buen Diseño, sea sencilla y amigable
- Los requisitos y especificaciones del usuario

Por lo tanto, si se puede entender la importancia del diseño de interfaces para los sistemas de información, páginas web o Apps.

3. En la Figura 11 se observa si se ha implementado interfaces, ¿Ha implementado o desarrollado el diseño de interfaces?

**Figura 11**

#### **Implementación de Interfaces**



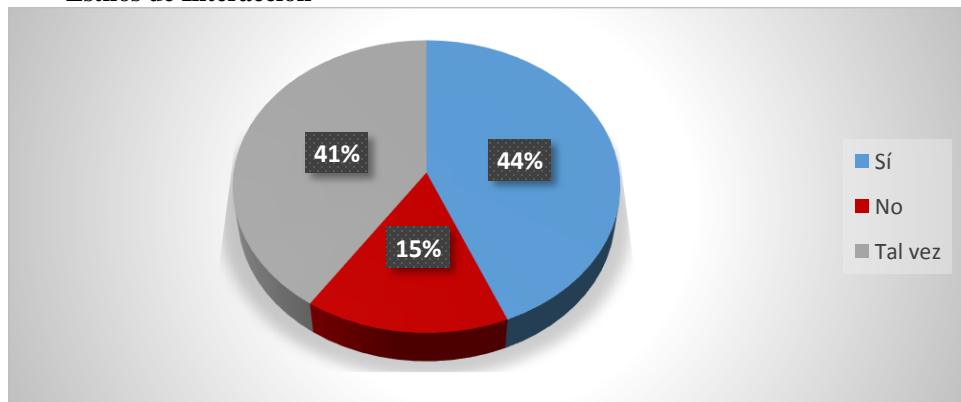
**Nota: (Diseño del Autor)**

Solamente el 41 % de los encuestados ha diseñado o programado interfaces debido a que no se dedican al desarrollo de aplicaciones o sistemas.

4. En la Figura 12 se muestra si se conoce la interacción en las interfaces, ¿Aplica los estilos de interacción en el diseño de interfaces en sus proyectos?

**Figura 12**

#### **Estilos de Interacción**



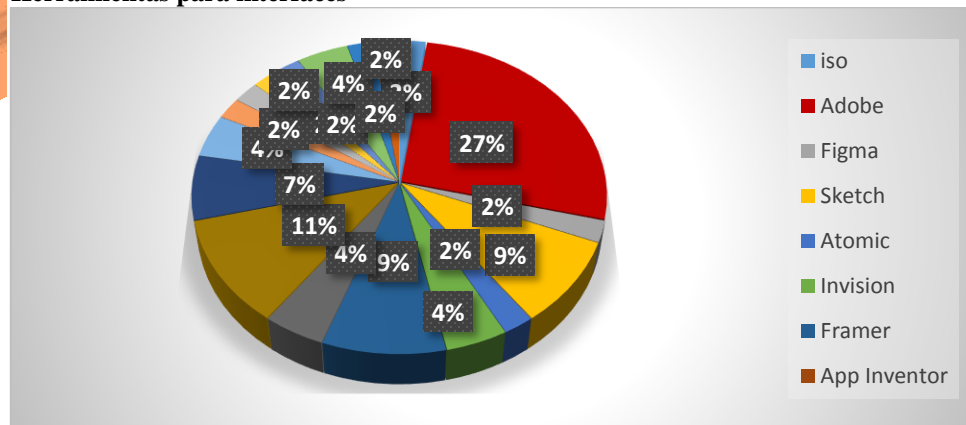
**Nota: (Diseño del Autor)**

Solamente el 44 % de los encuestados aplica los estilos de interacción como indica Aranburu Z., que son la experiencia, la usabilidad y la funcionalidad

5. En la Figura 13 se observa la diversidad de herramientas para el desarrollo de interfaces, ¿Qué herramientas para el desarrollo de interfaces, conoce?



**Figura 14**  
**Herramientas para interfaces**

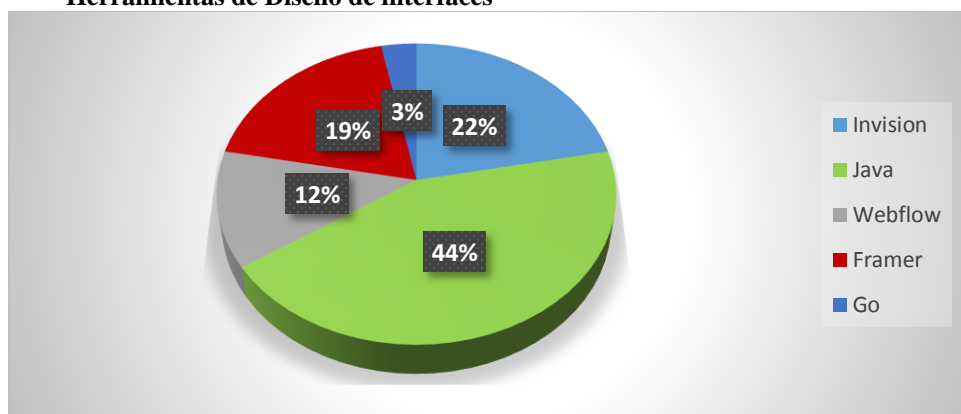


**Nota: (Diseño del Autor)**

Se denota que existe una gran variedad de herramientas para desarrollar interfaces, la más usada por los encuestados es Adobe con un 27% a través de su suite de herramientas y java con un 11% sin olvidar la diversidad de software que existe en el mercado.

- En la Figura 14 se observa cuál de las interfaces cumple con los objetivos ¿Cuál de las siguientes interfaces creé que cumpla con los objetivos de un proyecto?

**Figura 14**  
**Herramientas de Diseño de interfaces**



**Nota: (Diseño del Autor)**

La interfaz que cumpliría con los objetivos fue la desarrollada por java con el 44 %, seguida de la Invision con un 22% y después la de Framer con un 19%.

## CONCLUSIONES

Es trascendental resaltar que, el diseño de las interfaces es un concepto que ha venido ganando importancia desde de la década anterior para el desarrollo no sólo de software si no de cualquier producto que se quiera innovar o colocarse en algún sector del mercado. El comportamiento de los usuarios hace necesario que exista esta gran cantidad de especialistas involucrados en el desarrollo de proyectos, es por ello, la diversidad de agentes implicados en el diseño e implementación de las interfaces, desde luego ellos inciden y hacen que sea un producto con mayor impacto y desde luego que se cumpla el objetivo que se planteó. Las diversas herramientas que se presentaron son un elemento que ayudan a que tenga éxito el producto. Por lo tanto, es indispensable tener conocimiento de ellas y de su funcionamiento para la implementación de proyectos y como resultado lograr satisfacción.

## REFERENCIAS

- Andrada A. M., (2019), Importancia del diseño UX UI, recuperado de: <https://unade.edu.mx/importancia-diseno-ux-y-ui/>, el día 19 de Julio para consulta.
- Ambler, A.; Burnett, M. y Zimmerman, B. (1992): "Operational Versus Definitional: A Perspective on Programming Paradigms", Computer, September.
- Aranburu Z., Erick, (2020), Demox: nuevo modelo de trabajo de diseño y evaluación de la UX en interfaces industriales. Recuperado de: [https://ebiltegia.mondragon.edu/xmlui/bitstream/handle/20.500.11984/1876/AranburuZabaloErik\\_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ebiltegia.mondragon.edu/xmlui/bitstream/handle/20.500.11984/1876/AranburuZabaloErik_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y), el día 18 de julio del 2023.
- Build with the power of code — without writing any, recuperado de: <https://webflow.com/?r=0>, el día 04 Julio del 2023.
- Framer, recuperado de: <https://www.ecured.cu/Framer>, el día 1 de Julio del 2023.
- Framework, recuperado de <https://www.edix.com/es/instituto/framework/>, el día 14 de agosto del 2023 para consulta.
- Interfaz de usuario: Qué es y cómo diseñar una UI, recuperado de <https://ovacen.com/disenio-interfaz-usuario-ui/>, el día 14 de junio del 2023.
- La programación reactiva en Spring recuperado de <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/la-programacion-reactiva-en-spring.html>, el día 07 de junio del 2023.
- Paradigmas de Programación, recuperado de: [https://ferestrepoca.github.io/paradigmas-de-programacion/paralela/paralela\\_teor%C3%ADa/index.html](https://ferestrepoca.github.io/paradigmas-de-programacion/paralela/paralela_teor%C3%ADa/index.html), el día 27 de agosto del 2023.
- Qué es la programación reactiva recuperado de <https://ed.team/blog/que-es-la-programacion-reactiva-y-como-functiona>, el día 14 de junio del 2023.
- Qué-es-la-programación-data-flow, recuperado de <https://keepcoding.io/blog/que-es-la-programacion-data-flow/>, el día 10 de junio del 2023.
- Sánchez, W, O. (2011), La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características, Recuperado de: <http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/1937>, el día 18 de Julio del 2023 para consulta.
- Somerville Ian, (2005), Ingeniería del Software -. 7ma Edición. Recuperado de: <https://dokumen.tips/education/ingenieria-del-software-ian-sommerville-7ma-edicion-2005.html>, el día 05 de julio del 2023 para consulta.
- What is Invision Studio?, Recuperado de: <https://intellipaat.com/blog/what-is-invision-studio/>? US, el día 30 de junio del 2023.
- WPratt y Marvin V. Zelkowitz, Lenguajes de Programación - 3b\* Edición

# Desarrollo de un GRC (Governance, Risk, and Compliance) con Herramientas de Microsoft Office 365.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.682

Ing. Daniel Uriel Guerrero Jiménez <sup>1</sup>, Dr. Omar Barragán Pérez <sup>2</sup>.

*1* TecNm Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli/ [daniel.guerrero.profesional@gmail.com](mailto:daniel.guerrero.profesional@gmail.com)

*2* TecNm Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli /[omar.bp@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:omar.bp@cuautitlan.tecnm.mx)

**Línea de investigación: Tecnologías de la Información**

## RESUMEN

En el entorno empresarial actual, caracterizado por una creciente dependencia de la tecnología y la información, la gestión eficaz del Cumplimiento Normativo (Compliance), la Gestión de Riesgos y el Gobierno Corporativo (GRC) se ha convertido en un pilar fundamental para garantizar la sostenibilidad y el éxito de las organizaciones. En un mundo digital donde los datos son uno de los activos más valiosos y la ciberseguridad es una prioridad constante, la necesidad de un enfoque integrado y estratégico para abordar estas áreas es más crítica que nunca.

El presente estudio se propone abordar esta necesidad creciente al explorar cómo las herramientas disponibles en Microsoft Office 365, una suite de aplicaciones y servicios empresariales líder en el mercado, pueden ser aprovechadas de manera innovadora para desarrollar un sistema de GRC eficaz. En un contexto donde la agilidad empresarial y la toma de decisiones informadas son esenciales, esta investigación pretende arrojar luz sobre cómo la integración de Office 365 en la gestión de GRC puede impulsar la eficiencia, la transparencia y la capacidad de respuesta de las organizaciones.

*Palabras clave: GCR, Office 365, TI capacidad organizacional.*

## ABSTRACT

In today's business environment, characterized by an increasing reliance on technology and information, effective management of Regulatory Compliance, Risk Management, and Corporate Governance (GRC) has become a fundamental pillar to ensure the sustainability and success of organizations. In a digital world where data stands as one of the most valuable assets and cybersecurity remains a constant priority, the need for an integrated and strategic approach to address these areas is more critical than ever.

This study aims to address this growing need by exploring how the tools available in Microsoft Office 365, a leading suite of enterprise applications and services, can be innovatively leveraged to develop an efficient GRC system. In a context where business agility and informed decision-making are paramount, this research seeks to shed light on how the integration of Office 365 into GRC management can enhance the efficiency, transparency, and responsiveness of organizations.

*Keywords: GCR, Office 365, IT organizational capacity.*

## INTRODUCCIÓN

En el entorno empresarial actual, el cumplimiento normativo, la gestión de riesgos y el gobierno corporativo son aspectos críticos para garantizar el éxito y la sostenibilidad de las organizaciones. En este contexto, el desarrollo de un GRC (Governance, Risk, and Compliance) eficaz se vuelve fundamental para mantener el cumplimiento de las regulaciones, mitigar los riesgos y establecer un marco sólido de gobernanza.

Una investigación realizada en la Universidad Steinbeis de Berlín y Instituto de Inteligencia Empresarial Gürtelst, el Gobierno, Riesgo y Cumplimiento (GRC) es un tema emergente en el mundo de los negocios y la tecnología de la información. Sin embargo, hasta la fecha existe una falta de investigación sobre un enfoque integrado de GRC apenas ha sido investigada. (Nicolas Racz, 2019)

Además, de acuerdo con (Weippl Edgar, 2011) La integración de las actividades de gobernanza, riesgo y cumplimiento (GRC) ha sido testigo recientemente de una mayor atención. Muchas organizaciones han implementado software GRC integrado.

En los últimos años, la evolución tecnológica ha impulsado la aparición de soluciones que facilitan la implementación y gestión de un GRC de manera más eficiente. Una de estas soluciones es la utilización de herramientas disponibles en Microsoft Office 365, una suite de aplicaciones empresariales ampliamente adoptada y reconocida.

El objetivo de esta investigación es explorar el potencial y las ventajas de utilizar las herramientas de Microsoft Office 365 para el desarrollo de un GRC en el contexto empresarial. Se analizarán las funcionalidades clave de Office 365 que pueden respaldar las actividades de gobierno, gestión de riesgos y cumplimiento normativo, y se evaluará cómo estas herramientas pueden integrarse y complementarse entre sí para lograr resultados óptimos.

Se abordarán aspectos como la utilización de SharePoint como plataforma para establecer políticas, procedimientos documentos y controles relacionados con el gobierno corporativo y el cumplimiento normativo. Además, se explorará cómo Microsoft Teams puede facilitar la comunicación, colaboración y coordinación de actividades relacionadas con el GRC en equipos de trabajo.

Asimismo, se analizará el potencial de Microsoft Planner para la asignación y seguimiento de tareas, y cómo Microsoft Excel puede ser utilizado para realizar análisis de riesgos, mantener registros de cumplimiento normativo y generar informes relevantes.

Y por último la utilización de Outlook y Power automate para la programación de flujos de correos de recordatorios o alertamientos automáticos para cumplimiento de entrega de información en tiempo. (Microsoft.com, 2023)

A través de esta investigación, se espera proporcionar una visión integral y práctica sobre cómo aprovechar las herramientas de Microsoft Office 365 para establecer y fortalecer un GRC en las organizaciones. Se explorarán casos de estudio, se identificarán las mejores prácticas y se brindarán recomendaciones para maximizar el uso de estas herramientas en el contexto del GRC.

En resumen, este estudio tiene como objetivo demostrar que el desarrollo de un GRC con herramientas de Microsoft Office 365 puede ofrecer una solución efectiva, flexible y escalable para abordar los desafíos de gobernanza, riesgo y cumplimiento en las organizaciones empresariales de hoy en día.

## DESARROLLO

La implementación exitosa de un sistema de GRC requiere herramientas que faciliten la gestión de políticas internas, la evaluación de riesgos y el seguimiento del cumplimiento normativo. Microsoft Office 365 ofrece un conjunto de herramientas que pueden ser utilizadas para estos fines.

**SharePoint:** Esta plataforma de colaboración permite la creación de portales de cumplimiento normativo y gobernanza corporativa. Ofrece la posibilidad de almacenar y compartir documentos de políticas y procedimientos, así como de establecer flujos de aprobación para garantizar el cumplimiento de las políticas. (Microsoft.com, 2023)

**Microsoft Teams:** La herramienta de comunicación y colaboración en equipo facilita la coordinación de actividades relacionadas con el GRC. Los equipos pueden utilizar Teams para discutir temas de cumplimiento, programar reuniones de evaluación de riesgos y mantener un registro de las conversaciones relacionadas con el GRC. (Microsoft.com, 2023)

**Microsoft Planner:** Para asignar y dar seguimiento a las tareas relacionadas con el GRC, Planner se convierte en una herramienta valiosa. Las tareas pueden organizarse en tableros, asignarse a equipos o individuos, y establecer fechas límite para garantizar que se cumplan los plazos de cumplimiento.

**Microsoft Excel:** Excel se puede utilizar para realizar análisis de riesgos detallados y mantener registros de cumplimiento normativo. Su capacidad para realizar cálculos complejos y crear informes personalizados resulta esencial en la gestión de riesgos. (Microsoft.com, 2023)

**Power Automate:** para facilitar la creación de flujos de trabajo automáticos de notificaciones y aprobaciones, Recopilación., Integración de aplicaciones, Sincronización de datos ya que se integra estrechamente con otras aplicaciones y servicios de Microsoft Office 365 como los ya antes mencionados. lo que permite una automatización más profunda en el ecosistema de Microsoft. (Microsoft.com, 2023)

**Outlook:** para la comunicación mediante correo electrónico, apoyando la programación de flujos de correos de recordatorios o alertamientos automáticos para cumplimiento de entrega de información en tiempo con apoyo de Power automate. (Microsoft.com, 2023)

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### Objetivo General:

-Analizar y demostrar cómo las herramientas de Microsoft Office 365 pueden ser utilizadas para establecer un sistema de GRC en una organización empresarial.

### Objetivos Específicos:

1. Identificar las herramientas de Office 365 más relevantes para el desarrollo de GRC.
2. Evaluar cómo estas herramientas pueden integrarse y complementarse para optimizar el sistema GRC.
3. Aplicar un caso de estudio que demuestren la eficacia de Office 365 en la implementación de GRC.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio se centra en las herramientas y funcionalidades proporcionadas por Microsoft Office 365 y su aplicabilidad en el desarrollo de un sistema de GRC en el contexto empresarial.

## METODOLOGÍA

Este estudio se basa en una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la Gestión de Riesgos y el Gobierno Corporativo (GRC). En adelante solo GRC; y las herramientas de Office 365. Además, se examinan casos prácticos de implementación de GRC utilizando estas herramientas.

El enfoque de gestión de proyectos PMI en cascada, a menudo llamado "modelo de ciclo de vida en cascada", es un marco tradicional y secuencial que se utiliza para gestionar proyectos. Se divide en varias etapas distintas que deben seguirse secuencialmente. Aquí están las etapas típicas en el desarrollo de proyectos según el modelo PMI en cascada:

### Inicio (Initiating):

- Definición del proyecto.
- Identificación de los interesados clave.
- Desarrollo de una carta del proyecto.

### Planificación (Planning):

- Creación del plan de proyecto detallado, que incluye la programación, el presupuesto, los recursos y la gestión de riesgos.
- Desarrollo de un plan de gestión de cambios.
- Establecimiento de objetivos y entregables del proyecto.
- Identificación de dependencias entre tareas.

### Ejecución (Executing):

- Implementación de las actividades del proyecto según lo definido en el plan.
- Coordinación de los equipos de trabajo.
- Monitoreo y control de los recursos.
- Comunicación con los interesados.

### Seguimiento y Control (Monitoring and Controlling):

- Supervisión continua del progreso del proyecto.
- Control de calidad de los entregables.
- Gestión de cambios y correcciones cuando sea necesario.
- Monitoreo de riesgos y gestión de problemas.

### Cierre (Closing):

- Finalización de todas las actividades del proyecto.
- Entrega de los entregables al cliente o usuario final.
- Evaluación del proyecto para asegurar que todos los objetivos se cumplan.
- Cierre formal del proyecto, incluida la documentación final y lecciones aprendidas.

(Project Management Institute, 2013)

Es importante destacar que, en el enfoque en cascada, cada etapa debe completarse antes de pasar a la siguiente. Esto significa que no se deben realizar cambios significativos una vez que se ha avanzado a una etapa posterior, ya que esto puede resultar en costos adicionales y retrasos. Por lo tanto, es crucial una planificación exhaustiva y una comprensión clara de los requisitos desde el principio. Si bien el enfoque en cascada es adecuado para proyectos bien definidos y estables, puede ser menos flexible en comparación con otros enfoques de gestión de proyectos, como la metodología ágil, que se adapta mejor a proyectos en los que los requisitos pueden cambiar con el tiempo. Por lo tanto, la elección del enfoque dependerá de la naturaleza y los requisitos del proyecto en cuestión.



## FASES DEL DESARROLLO

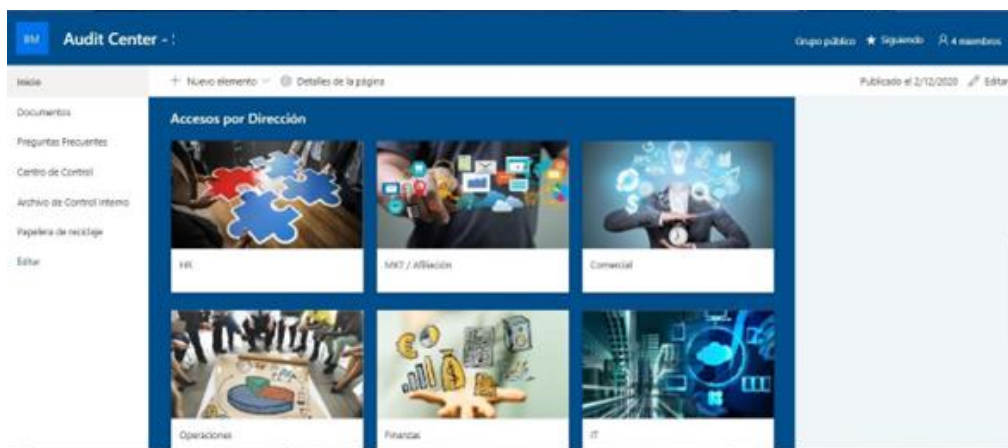
El proceso de desarrollo se divide en las siguientes fases:

- Identificación de las herramientas de Office 365 relevantes para GRC.
- Integración y personalización de las herramientas seleccionadas.
- Implementación y prueba del sistema GRC en un entorno empresarial real.

Vista principal del sitio

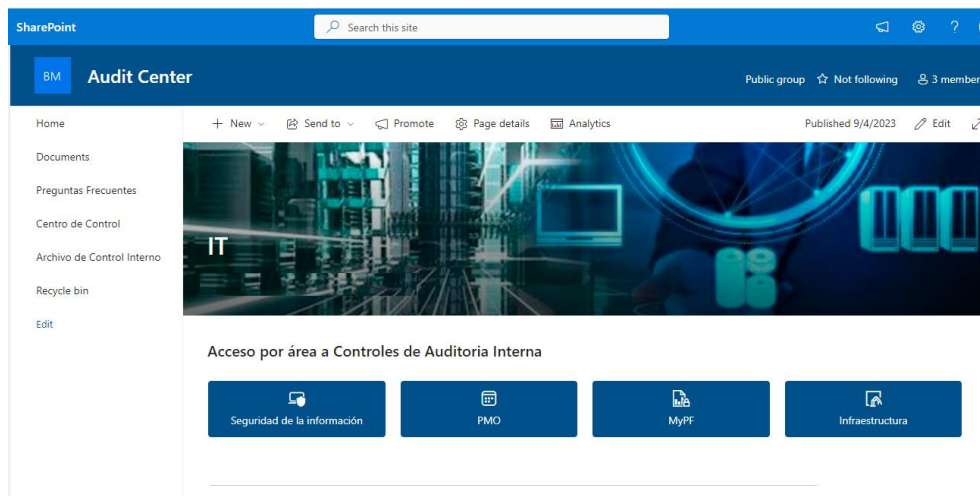
Podemos ver el resultado final de este proyecto donde en el sitio mostrado en la **figura 1**, se puede ingresar a revisar en cualquier momento los controles asignados, seleccionando primero la dirección, el área correspondiente, visualizando todos los controles que se tengan asignados. Así mismo, esta fue una de las primeras etapas del desarrollo de este portal y a partir de este punto se realizaría el diseño de lo general a lo particular.

**Figura 1**  
*Sección por dirección. (elaboración propia)*



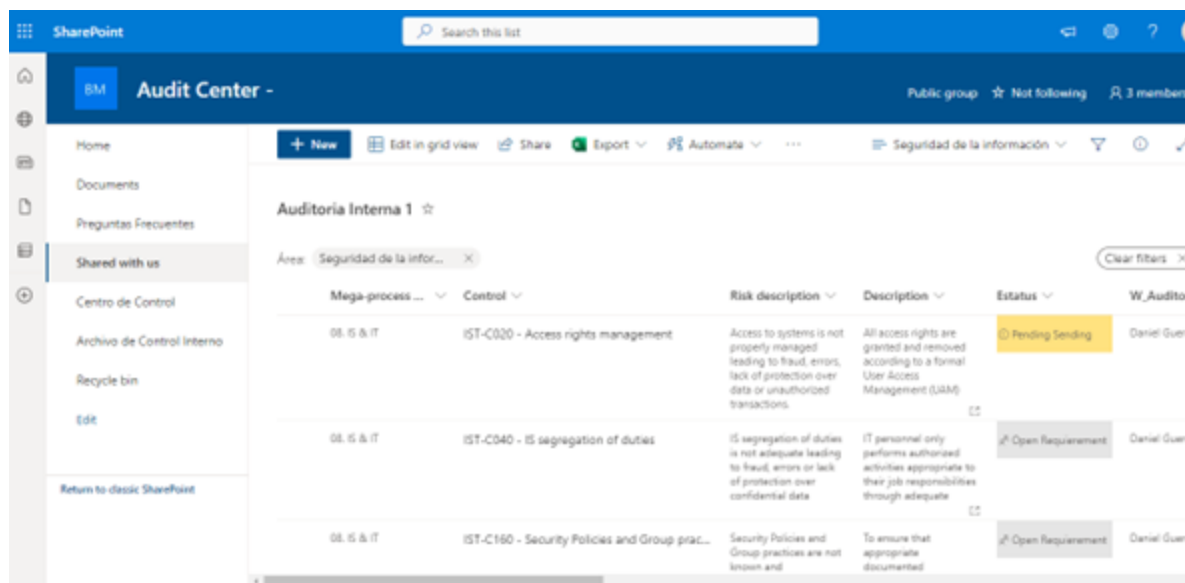
En la figura 2 el portal se muestra amigable con el usuario, segmenta los grupos de acuerdo con cada área de la organización donde para este ejemplo nos centraremos en el área de tecnología.

**Figura 2**  
*Sección por área correspondiente. (elaboración propia)*



Una vez que ingresamos en la sección de los controles de seguridad se mostrara la pantalla mostrada en la **Figura 3**. Se inicia con la carga de cada uno se los controles a cumplir por los owners de los procesos. Entre los puntos mas importantes de esta carga se encuentran: Titulo del control, riesgo del control, descripción, responsable de proporcionar las evidencias, responsable de validar estas evidencias y fechas de entrega.

**Figura 3**  
*Sección por control asignado. (elaboración propia)*

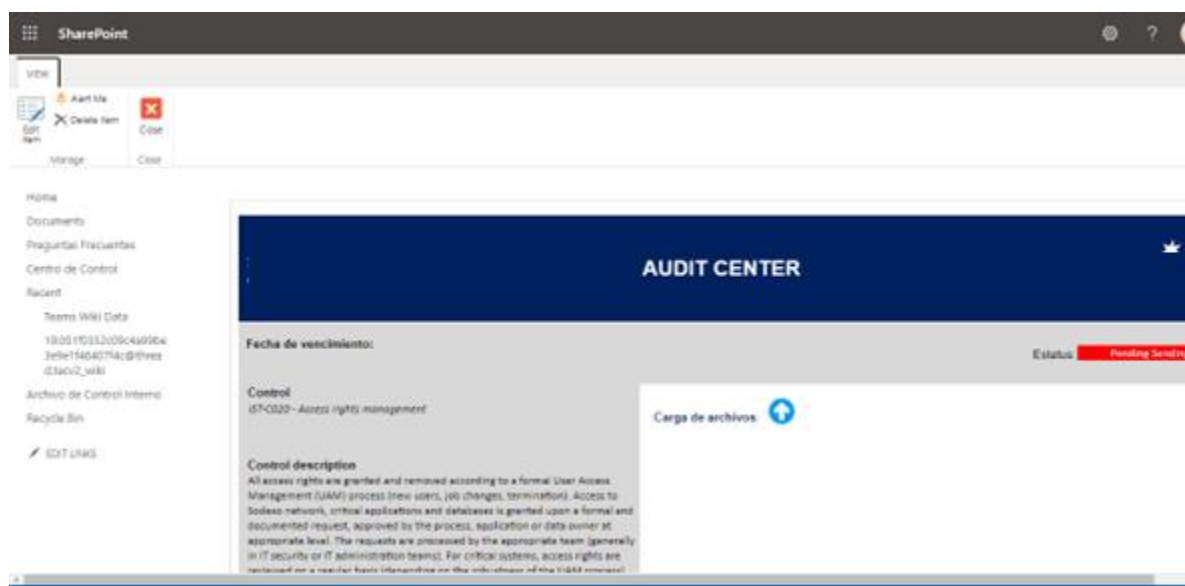


The screenshot shows the SharePoint Audit Center interface. The left sidebar contains navigation options: Home, Documents, Preguntas Frecuentes, Shared with us, Centro de Control, Archivo de Control Interno, Recycle bin, and Edit. The main content area displays a table of controls under the heading 'Auditoria Interna 1'. The table has columns for Mega-process, Control, Risk description, Description, Estatus, and W\_Auditor. Three controls are listed:

Mega-process	Control	Risk description	Description	Estatus	W_Auditor
08. IS & IT	IST-C020 - Access rights management	Access to systems is not properly managed leading to fraud, errors, lack of protection over data or unauthorized transactions.	All access rights are granted and removed according to a formal User Access Management (UAM)	Pending Sending	Daniel Guan
08. IS & IT	IST-C040 - IS segregation of duties	IS segregation of duties is not adequate leading to fraud, errors or lack of protection over confidential data	IT personnel only performs authorized activities appropriate to their job responsibilities through adequate	Open Requirement	Daniel Guan
08. IS & IT	IST-C160 - Security Policies and Group prac...	Security Policies and Group practices are not known and	To ensure that appropriate documented	Open Requirement	Daniel Guan

En la **Figura 4**. Se puede visualizar la pantalla de edición de cada uno de los controles específicos. En esta pantalla es donde se cargan los atributos específicos de cada control y en su momento aquí visualizaremos también la información que el owner a cargado para asegurar el cumplimiento con este control en particular.

**Figura 4**  
*Sección "Editar elemento" para poder agregar comentarios y adjuntar archivos. (elaboración propia)*



The screenshot shows the 'Edit item' form in the SharePoint Audit Center. The form is titled 'AUDIT CENTER' and includes a 'Fecha de vencimiento:' field. The 'Control' field is set to 'IST-C020 - Access rights management'. The 'Control description' field contains a detailed description of the control. The 'Estatus' field is set to 'Pending Sending'. The 'Carga de archivos' section shows a blue plus icon for uploading files.

En la **Figura 5** se puede visualizar la pantalla de interfaz de la carga de la información por parte del owner.

**Figura 5**

*Pantalla de carga de archivos o evidencias solicitadas y cualquier comentario que se desee agregar. (elaboración propia)*

The screenshot shows a web interface for uploading evidence. On the left, there's a sidebar with 'EDITAR' at the top, followed by icons for 'Ejecutar', 'Portapapeles', and 'Acciones'. Below these are 'Papellera de reciclaje' and 'EDITAR VÍNCULOS'. The main area is titled 'Fecha de vencimiento:' and 'Estatus: Open Requerimen'. It contains a 'Control' section with the title 'FIN-C087 - Sub-ledger and general ledger reconciliation' and a 'Control description' section with a detailed text about reconciliation processes. Below that is a 'Requerimientos' section and an 'Owner' field with the name 'Mario Paetz'. On the right, there's a 'Carga de archivos' section with an upload icon and a red arrow pointing to a yellow box that says 'Haga clic aquí para adjuntar un archivo'. Below this is a 'Comentarios:' section with a text area.

Proceso de Revisión de las evidencias para mitigar los riesgos asociados a los controles.

#### Inicio de revisión

Una vez concluido el diseño del portal podemos iniciar con su operabilidad. En cuanto iniciemos las campañas de revisión de cumplimiento. La plataforma activará una alerta de recordatorio programada mediante power automate para dar aviso de la próxima a la fecha de inicio de revisión, que llegará vía correo electrónico (Outlook) a las o los responsables del control con la siguiente notificación (ejemplo) mostrado en la **Figura 6**:

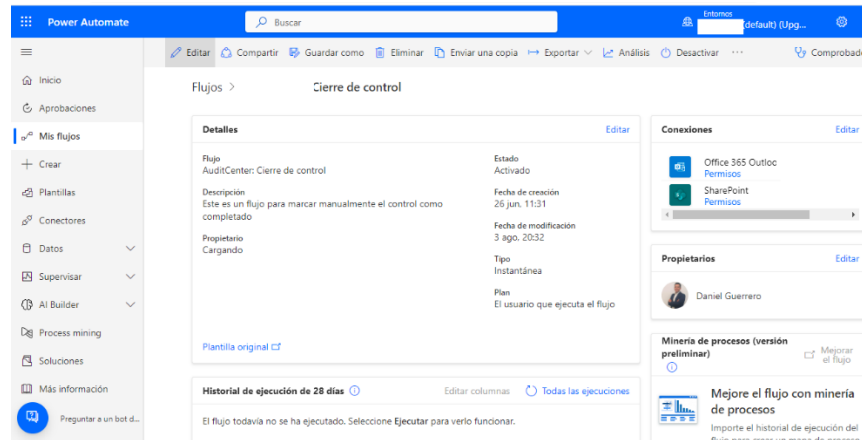
**Figura 6**

*Correo de aviso automático. (elaboración propia)*

The screenshot shows an email interface with a toolbar at the top containing various icons for editing and formatting. The email header shows 'Mensaje' and 'Enviar' buttons, and 'Para: Daniel Guerrero'. The body of the email contains the following text: 'De: Daniel Guerrero', 'Enviado: lunes, 2023 04:20 a. m.', 'Para: Daniel Guerrero', and 'Asunto: Notificación: Inicia Revisión de Cumplimiento GRC'. The main text of the email reads: 'Esta es una notificación del sitio Cumplimiento GRC, referente al testing :', 'Control: IST-C020 - Access rights management asignado a Daniel Guerrero del área de Seguridad de la información.', 'Mensaje: Se ha dado inicio al periodo de revisión de este control del cual eres dueño/a. Tienes hasta el **2023-09-03** para reunir y cargar la evidencia y/o información requerida.', 'De acuerdo a la metodología definida por SPI, de no recibir los requerimientos antes de la fecha de vencimiento, el control sera reportado como fallado debido a la falta de información.', 'Puedes consultar y completar el control de la auditoría en el siguiente vinculo:', followed by a URL: 'https:// /layouts/15/listform.aspx? PageType=48&ListId=c1953199%2D22f6%2D4853%2Db4a8%2D561a3ca1271f8&ID=85&ContentTypeID=0x01003E3F056A96C1624DB7E3AC253E8DE17D', and '¡Gracias!'. At the bottom, there is a footer note: 'Este correo electrónico fue generado automáticamente por Power Automate del SharePoint Audit Center. Para cualquier duda o pregunta sobre este correo, favor de ponerse en contacto con el equipo de Control Interno. No responda directamente este correo.'

Adicional a esto se programaron 6 flujos automáticos haciendo uso de Power automate y Outlook mostrados en la figura 7.

**Figura 7**



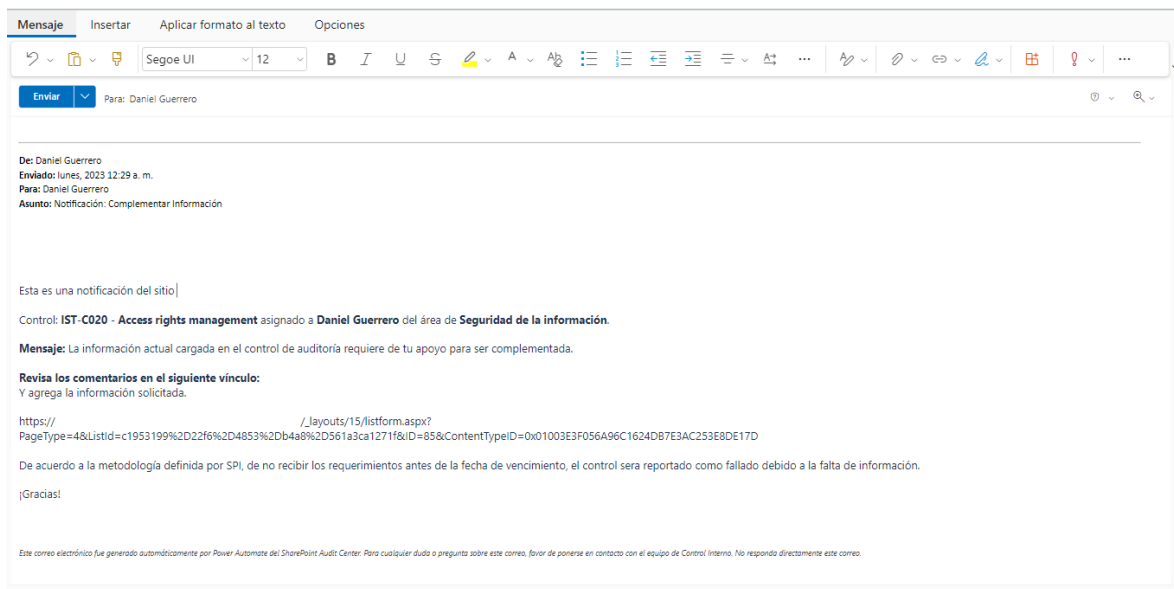
*Automatización de alertas. (elaboración propia)*

### **Completar y/o agregar información.**

Una vez iniciada la revisión la evidencia soporte d cumplimiento y riesgo y que ya se solicitaron previamente los requerimientos necesarios, se estará monitoreando la información que vayan cargando al control asignado, y en caso de que la información proporcionada no sea suficiente para la revisión o no este completa, se enviara la siguiente notificación, para que esta sea completada (ejemplo **Figura 8**):

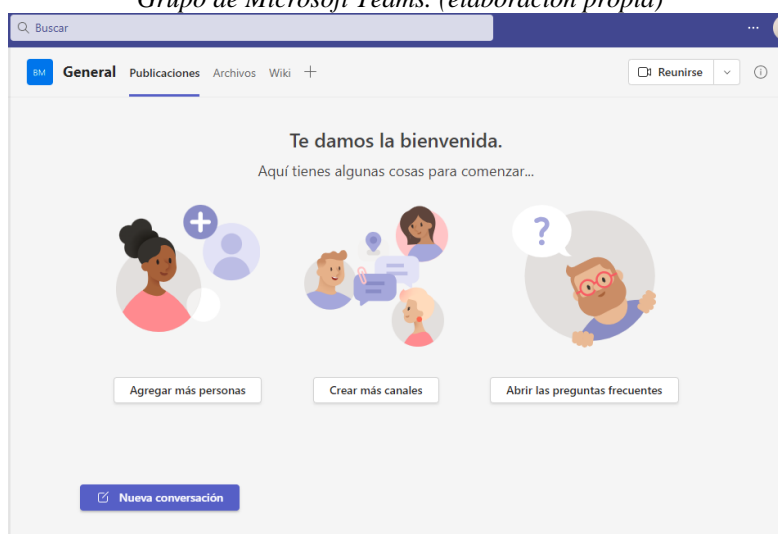
**Figura 8**

*Corre de alertamiento información faltante. (elaboración propia)*



Así mismo se genera un grupo de Teams para facilitar los mensajes a todos los involucrados del cual podremos visualizar un ejemplo en la **Figura 9**.

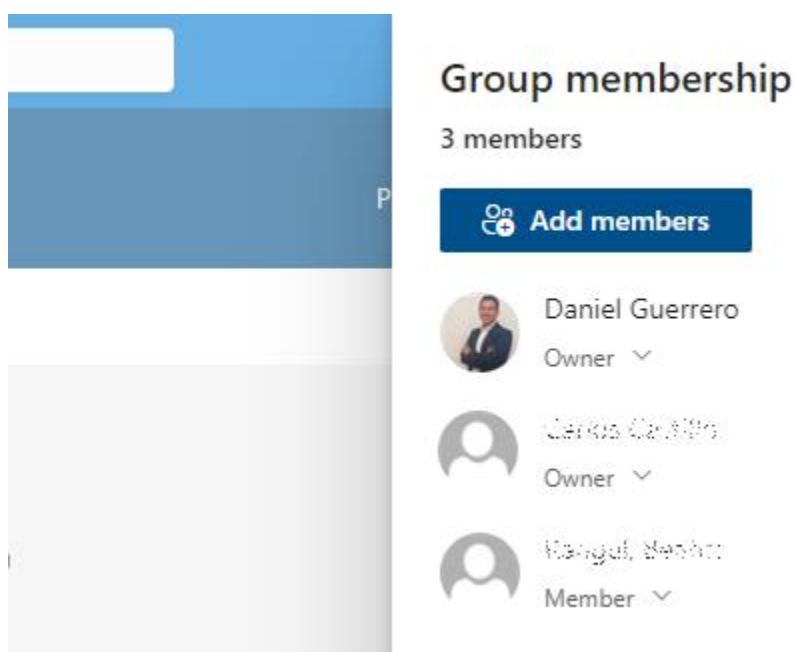
**Figura 9**  
Grupo de Microsoft Teams. (elaboración propia)



Para el almacenado de la información se realizara mediante SharePoint lo cual garantiza la disponibilidad de la información cuando sea necesaria.

Ademas de esto para controlar la restricción de la información de igual manera se llevara a cabo mediante el administrador de permisos de office 365 determinado por el active directory mediante las cuentas de correo y/o mediante los permisos o restricciones asignados por los “owners” portal del GRC como por ejemplo lo visualizado en la **Figura 10**.

**Figura 10**  
Control de accesos. (elaboración propia)





## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que las herramientas de Office 365, como SharePoint, Teams, Planner, Power automate, outlook y Excel, pueden utilizarse efectivamente en el desarrollo de un sistema de GRC. La integración de estas herramientas permite una gestión más eficiente de políticas, riesgos, controles y cumplimiento normativo. Los casos de estudio presentados confirman la viabilidad y eficacia de esta aproximación.

## CONCLUSIÓN

En resumen, este estudio arroja luz sobre la viabilidad y el valor que conlleva el desarrollo de un Sistema de Gestión de Cumplimiento Normativo, Gestión de Riesgos y Gobierno Corporativo (GRC) utilizando las potentes herramientas proporcionadas por Microsoft Office 365. Los resultados y análisis presentados revelan que esta estrategia puede ser una solución efectiva, altamente adaptable y escalable para abordar los desafíos apremiantes que enfrentan las organizaciones empresariales en la actualidad en relación con la gobernanza, los riesgos y el cumplimiento normativo.

A lo largo de esta investigación, se ha demostrado que la integración de Office 365 en el ámbito del GRC ofrece ventajas significativas. En primer lugar, la capacidad de centralizar datos y procesos relacionados con la gobernanza, el cumplimiento y la gestión de riesgos en una plataforma familiar y altamente utilizada proporciona una mayor eficiencia operativa. Esto permite a las organizaciones reducir la duplicación de esfuerzos, mejorar la coherencia en la toma de decisiones y facilitar la colaboración interdepartamental.

Además, la flexibilidad de Office 365 se ha destacado como un factor clave. Las organizaciones pueden adaptar y personalizar estas herramientas para satisfacer sus necesidades específicas de GRC, lo que resulta en un enfoque más centrado en la empresa y en sus procesos internos. Esto es crucial en un entorno empresarial donde la adaptabilidad y la capacidad de respuesta son esenciales para mantener la competitividad y cumplir con las cambiantes regulaciones.

Asimismo, no podemos pasar por alto la escalabilidad que ofrece esta solución. A medida que las organizaciones crecen y evolucionan, Office 365 puede expandirse y ajustarse para mantenerse al día con los requisitos cambiantes de GRC. Esta escalabilidad reduce la necesidad de inversiones significativas en tecnologías nuevas a medida que la organización se expande.

Sin embargo, es importante reconocer que la implementación exitosa de un sistema de GRC con Office 365 no es una solución única para todos. Requiere una planificación cuidadosa, una comprensión profunda de los procesos de negocio y una gestión efectiva del cambio. Además, la ciberseguridad sigue siendo una preocupación importante, y las organizaciones deben garantizar que se tomen medidas adecuadas para proteger la integridad de los datos y la privacidad.

En última instancia, este estudio subraya la importancia de considerar la integración de Office 365 en la estrategia de GRC como una opción valiosa para las organizaciones que buscan optimizar sus procesos, mantenerse en cumplimiento normativo y gestionar eficazmente los riesgos. Sin embargo, se recomienda una evaluación detallada de las necesidades y la preparación para la implementación antes de embarcarse en este viaje hacia un GRC más efectivo y moderno.

## REFERENCIAS

Dulaney, E. A. (2019) "Office 365 For Dummies" For Dummies.

Nicolas Racz. (2022). A process model for integrated IT governance, risk, and compliance management.

TU Vienna, Institute for Software Technology and Interactive Systems, Favoritenstr. 9-11

1040, Vienna, Austria.

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d28d185b7609674e7bf782db812bcd1c48753718>

Pickett, K. H., & Pickett, B. R. (2015) "IT Governance: An International Guide to Data Security and ISO27001/ISO27002" Kogan Page.

URL: [https://books.google.com.mx/books?id=s7q8kNkjNhgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbp\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=s7q8kNkjNhgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbp_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Project Management Institute. (2013) Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®) -- Quinta edición. Project Management Institute, Inc.

(S/f). Microsoft.com. Recuperado el 17 de septiembre de 2023, de <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/enterprise/office-365-e3?activetab=pivot:informaci%C3%B3ngeneraltab>

Weill, P., & Ross, J. W. (2004) "IT Governance: How Top Performers Manage IT Decision Rights for Superior Results" Harvard Business Review Press.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/236973378\\_IT\\_Governance\\_How\\_Top\\_Performers\\_Manage\\_IT\\_Decision\\_Rights\\_for\\_Superior\\_Results](https://www.researchgate.net/publication/236973378_IT_Governance_How_Top_Performers_Manage_IT_Decision_Rights_for_Superior_Results)

Weippl, E. (2011) Governance, Risk & Compliance (GRC) Software - An Exploratory Study of Software Vendor and Market Research Perspectives. Technische Universität Vienna, Austria.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5718984/authors#authors>

Withe, R., & Ramstein, L. (2011) "Microsoft Office 365: Connect and Collaborate Virtually Anywhere, Anytime" Microsoft Press.

# "Los planes de estudio y la implementación de recursos tecnológicos para el aprendizaje"

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.683

Víctor Manuel Zamudio García<sup>1</sup>, Andrés Solares Sustaeta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, e-mail: [vzamudio@upmh.edu.mx](mailto:vzamudio@upmh.edu.mx)

<sup>2</sup> Dirección de Investigación Educativa, e-mail: [asolaressustaeta@gmail.com](mailto:asolaressustaeta@gmail.com)

## Línea de investigación: Informática

### Resumen

Los cambios que la tecnología ha provocado en el sector educativo no pueden pasar desapercibidos, resulta ilógico, que se perpetúen los modelos tal como se han conocido hasta ahora y es imprescindible no caer en la obsolescencia que impida aprovechar las oportunidades que las TIC ofrecen. Cualquier reforma o modificación que se desee realizar sobre los sistemas educativos no solamente debe reconocer estos cambios y nuevos comportamientos de los alumnos, sino que debe integrarlos en cualquier plan de estudios destinado a mejorar la educación.

Este trabajo se enfocó en investigar en los planes de estudio en diferentes momentos, el desarrollo de contenidos para el uso de recursos tecnológicos en las clases buscando el logro del aprendizaje de los alumnos, por lo que se realizó el estudio mediante la aplicación de un instrumento de medición a docentes de diferentes escuelas, después se realizó el cálculo de la correlación entre las 2 variables (variable 1: importancia de la implementación de TIC como apoyo en los procesos de enseñanza, variable 2: apoyo en la adquisición de aprendizajes) por medio de los cálculos de estadística inferencial correspondiente utilizando Coeficiente de correlación de Spearman, así se pudo inferir que existe una correlación entre las dos variables, además, como el coeficiente de relación da un valor positivo, indica que la relación entre ambas variables es fuerte y positiva. La significancia bilateral da un valor de 0.026, el cuál es un valor que es menor a 0.05, por lo tanto, se concluye que los docentes consideran importante la implementación de TIC ya que impacta en el aprendizaje de los alumnos.

*Palabras clave: Aprendizaje, Planes de estudio, TIC.*

### Abstract

The changes that technology has brought about on students cannot go unnoticed; it is illogical to perpetuate the models as they have been known until now and it is essential not to fall into obsolescence that prevents taking advantage of the opportunities that ICT offers. Any reform or modification that is desired to be made to educational systems must not only recognize these changes and new student behaviors, but must integrate them into any curriculum aimed at improving education.

This work focused on investigating in the study plans the impact of the implementation of technological resources in the classes for the achievement of student learning, the study was carried out by applying a measurement instrument, then the calculation of the correlation between the 2 variables (variable 1: importance of the implementation of ICT as support in the teaching processes, variable 2: support in the acquisition of learning) through the calculations of corresponding inferential statistics using Spearman's correlation coefficient. Thus, it could be inferred that there is a correlation between the two variables. Furthermore, since the relationship coefficient gives a positive value, it indicates that the relationship between both variables is strong and positive. The bilateral significance gives a value of 0.026, which is a value that is less than 0.05, therefore, it is concluded that teachers consider the implementation of ICT important since it impacts student learning.

*Keywords: Learning, Study plans, ICT.*

## INTRODUCCIÓN

Analizando los planes y programas de estudio que la Secretaría de Educación Pública propone y enfocándose en el rubro de Tecnología de la Información, se encontraron estos puntos a destacar:

**Planes y programas de estudio del 2011:** Tiene como objetivo fomentar el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Se sugiere el uso de materiales educativos, plataformas tecnológicas y software educativo tanto dentro como fuera del aula. Se busca que los alumnos aprovechen los recursos tecnológicos para comunicarse, obtener información y construir conocimiento. En el nivel de secundaria, se enfatiza el estudio de la técnica y sus procesos de cambio, así como el desarrollo de habilidades digitales. Además, se menciona la importancia de la gestión para el desarrollo de estas habilidades y se destaca el papel de las TIC en la reducción de la desigualdad y en la construcción de sociedades del conocimiento.

**Planes y programas de estudio del 2017:** Se continúa promoviendo el desarrollo de habilidades digitales en la educación primaria y secundaria. Se busca que los alumnos utilicen una variedad de herramientas y tecnologías para obtener información, crear, practicar, aprender, comunicarse y jugar. Se menciona la importancia de internet y los Recursos Educativos Digitales (RED) para profundizar en el aprendizaje y promover el pensamiento computacional. También se destaca la necesidad de contar con conectividad, red interna y equipos de cómputo en todas las escuelas.

**Planes y programas de estudio del 2022:** Aquí, la Nueva Escuela Mexicana enfatiza la importancia de que los estudiantes aprendan de manera crítica el papel de la tecnología en su vida cotidiana. Se busca erradicar la desigualdad en el acceso a las tecnologías y promover su uso ético y responsable. Se menciona que las tecnologías de la información son herramientas necesarias para la enseñanza y el aprendizaje, pero no pueden sustituir al maestro, a la escuela ni a la didáctica como disciplina.

**Planes y programas de estudio del 2023:** Se contempla el uso de las TIC en el desarrollo del pensamiento crítico y en la mejora de la vida familiar y comunitaria. Se sugiere un acercamiento a las tecnologías de la información y la comunicación desde los primeros grados, con el objetivo de que los alumnos se familiaricen con herramientas, máquinas e instrumentos de acuerdo a sus intereses y necesidades. Al realizar el análisis de estos cuatro planes de estudio en lo que se refiere al rubro de Tecnología, se infiere que, en todos, se ha buscado promover el uso de las TIC en la educación, fomentando el desarrollo de habilidades digitales, el acceso a recursos educativos digitales y la integración de las tecnologías en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, se destaca que las tecnologías no pueden reemplazar al maestro ni a la escuela, sino que deben ser utilizadas como herramientas complementarias para potenciar el trabajo colaborativo, vincularlo con la realidad y promover soluciones creativas a problemas diversos.

Se infiere además que para cumplir lo que dicen estos planes, es importante que el docente se acerque más a la tecnología y debe estar capacitado para poder desarrollar el uso de las TIC en el aula, para que de esta forma se promueva un mejor aprendizaje en sus alumnos. Ahora bien, derivado de los planes y programas de estudio, hablar de herramientas tecnológicas en el aula es algo primordial, ya que el desarrollo de aplicaciones digitales ha adoptado un ritmo muy rápido. En el ámbito educativo, desde que apareció la era de la computación, es bastante común que los estudiantes utilicen varias de estas herramientas al momento de realizar sus tareas académicas y para reforzar sus aprendizajes. Dichos recursos les han facilitado su trabajo: el tiempo que utilizan ahora es menor al que utilizaban anteriormente, por ejemplo, antes se tenía que ir físicamente a la biblioteca, y ahora ya no es necesario desplazarse, pues la consulta de material informativo puede realizarse desde casa a través de una computadora portátil o de escritorio, teléfono móvil, tableta, en fin, cualquier dispositivo que esté conectado a Internet.

Es importante destacar que, estas herramientas han ayudado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y no solo a los estudiantes, también a docentes y padres de familia, ya que ahora, éstos últimos se pueden involucrar más en la enseñanza de sus hijos y llegar a límites que hace algún tiempo no se podían imaginar.

En ocasiones, los estudiantes manejan aplicaciones mejor que un docente, sobre todo si el docente es mayor, ya que aquellos nacieron en una época más cercana al desarrollo tecnológico imperante.

Todo esto es de gran ayuda porque tanto profesores como estudiantes son capaces de aprender de una manera más dinámica, puesto que el profesor también aprende al enseñar. El nivel de competitividad será más alto a medida que se utilicen más las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para proyectos, tareas y ejercicios en clase.

El objetivo general de esta ponencia es analizar los planes de estudio que propone la SEP en educación básica en el rubro de Tecnología y medir la percepción del docente sobre la importancia de la implementación de las herramientas tecnológicas que marcan dichos planes a utilizar en el aula para que sus clases sean de apoyo para la adquisición de aprendizaje para sus alumnos.

## DESARROLLO

A continuación, y en congruencia con el objetivo de la investigación, se detallan los elementos conceptuales que se recuperaron.

**Elementos conceptuales**

El plan de estudios es el esquema estructurado de las áreas obligatorias y fundamentales y de áreas optativas con sus respectivas asignaturas que forman parte del currículo de los establecimientos educativos.

Un recurso es una fuente o suministro que son transformados para producir un beneficio y en ese proceso pueden ser consumidos o no estar más disponibles. Un recurso Informático es cualquier componente físico o virtual de disponibilidad limitada en una computadora o un sistema de gestión de la información. Los recursos informáticos incluyen medios para entrada, procesamiento, producción,

comunicación y almacenamiento. Los recursos tecnológicos pueden ser tangibles (una computadora, una impresora u otra máquina) o intangibles (un sistema, una aplicación virtual).

La educación basada en competencias en un ambiente de aprendizaje con recursos tecnológicos, impulsa el desarrollo de habilidades comunicativas mediante el uso de herramientas tecnológicas, ya que facilitan la interacción entre profesor y alumno.

“El concepto de competencia es diverso, según del cual se mire o el énfasis que se le otorgue a uno u otro elemento, pero el más generalizado y aceptado es el de saber hacer en un contexto” (Posada, 2004, p. 1). Tomando en cuenta que el concepto de saber hacer, es aquel conocimiento que integra tanto lo teórico y lo práctico para poder ejecutar una actividad.

La tecnología educativa se define como la variedad de aplicaciones y dispositivos que facilitan la implementación de herramientas tecnológicas dentro de las metodologías educativas.

Derivado de esto, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) que se mencionan en los diferentes planes de estudio, sirven para que los educadores tengan la posibilidad de planificar y orientar el proceso de aprendizaje de forma más eficiente, esto es posible con el uso de recursos como teléfonos inteligentes, computadoras, televisores, entre otros, y a su vez, el desarrollo de éstas, tienen como principal objetivo el optimizar la presentación y el entendimiento de los contenidos educativos para los estudiantes.

Necuzzi (2013) señala que las TIC han impactado en otros aspectos de los estudiantes como son la motivación, la alfabetización digital y las destrezas transversales, y derivado de esto se debe dar la importancia de conocer estas herramientas para poder usarlas en clase y así, hacer diferente la dinámica en la misma. En otras palabras, se debe romper el paradigma existente y dejar a los estudiantes que hagan uso de las TIC tanto para aprender como para generar conocimiento.

Las estrategias de aprendizaje también han pasado por un proceso de modificación, ya que, debido a la modernización del modelo educativo y la actualización de los planes de estudio en el rubro de tecnología, se obtiene un impacto que, de alguna manera, hace que los docentes modifiquen su actuar pedagógico.

Los estudiantes en la actualidad (principalmente los de nivel secundaria), están aprendiendo de una forma diferente gracias a las TIC; ellos nacieron con la tecnología en puerta y desde pequeños saben manipular un teléfono móvil, lo que hace que su comportamiento en clases sea diferente, por ejemplo, ya no toman apuntes, toman fotografías con su celular, ya que, para ellos, esto es más cómodo, práctico y fácil.

Por otra parte, Siemens (2014) nos menciona lo siguiente: “El aprendizaje es un proceso continuo, que dura toda la vida y que las TIC están alterando (recableando) nuestros cerebros. Las herramientas que utilizamos definen y dan forma a nuestro pensamiento” Sin embargo, desde antes que existieran las TIC, el aprendizaje se tenía que adaptar a nuevas situaciones. Como lo explican Díaz y Hernández (2002).

Se debe tomar en cuenta que aprender a aprender implica la capacidad de reflexionar en la forma en que se aprende y actuar, por consiguiente, autorregulando el propio proceso de aprendizaje apoyándose en el uso de estrategias flexibles y apropiadas que se transfieren y adaptan a nuevas situaciones.

## **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **Objetivo general**

Analizar los planes de estudio que propone la SEP en educación básica en el rubro de Tecnología y medir la percepción del docente sobre la importancia de la implementación de las herramientas tecnológicas que marcan dichos planes a utilizar en el aula para que sus clases sean de apoyo para la adquisición de aprendizaje para sus alumnos.

### **Objetivos específicos**

- Realizar el estudio mediante la aplicación de un instrumento de medición para recabar datos.
- Definir las variables de estudio (variable 1: Percepción de los docentes sobre la importancia de la implementación de recursos tecnológicos como apoyo en los procesos de enseñanza de acuerdo a los planes de estudio, variable 2: Percepción de los docentes sobre si la implementación de recursos tecnológicos o entornos virtuales favorecen la adquisición de aprendizajes).
- Realizar el cálculo de la correlación entre las 2 variables por medio de los cálculos de estadística inferencial correspondiente utilizando Coeficiente de correlación de Spearman.

## **OBJETO DE ESTUDIO**

Este trabajo se enfocó en analizar los planes de estudio que propone la SEP en educación básica en el rubro de Tecnología, además de medir la percepción del docente sobre la importancia de la implementación de las herramientas tecnológicas que marcan dichos planes a utilizar en el aula para que sus clases sean de apoyo para la adquisición de aprendizaje para sus alumnos.

Es decir, cómo impacta en los docentes al momento de elegir las TIC a utilizar en el aula, si no las conocen comenzar a familiarizarse con ellas para sus clases para que sean de apoyo para la adquisición de aprendizaje para sus alumnos.

De acuerdo a los cálculos de estadística inferencial ocupada, se puede inferir que existe una correlación entre las dos variables, además, como el coeficiente de relación da un valor positivo, indica que la relación entre ambas variables es fuerte y positiva. La significancia bilateral da un valor de 0.026, el cuál es un valor que es menor a 0.05, por lo tanto, se infiere que los docentes consideran importante la implementación de las TIC como lo marcan los planes de estudio ya que impacta en el aprendizaje de los alumnos.

A continuación, se muestran los cálculos realizados en las siguientes tablas:

En la **Tabla 1** se muestran las frecuencias derivadas de los instrumentos de evaluación aplicados, en las cuales se puede apreciar que en la variable 1 (Percepción de los docentes sobre la importancia de la implementación de recursos tecnológicos como apoyo en los procesos de enseñanza de acuerdo a los planes de estudio), el 95% de los 41 docentes encuestados la considera importante, el 2.5% le da una importancia regular y el 2.5% restante no lo considera importante. En la variable 2 (Percepción de los docentes sobre si la implementación de recursos tecnológicos o entornos virtuales favorecen la adquisición de aprendizajes), se encontró que el 83% de los 41 docentes encuestados considera que, si se favorecen de manera importante los aprendizajes con la implementación de recursos tecnológicos, mientras que el 17% restante le da una importancia regular.

En la **Tabla 2** se muestran los resultados de las correlaciones existentes entre las 2 variables de estudio.

**Tabla 1**

*Tabla de frecuencias derivada de los instrumentos de evaluación aplicados*

INDICADOR DE RESPUESTA	IMPORTANTE	IMPORTANCIA REGULAR	NO IMPORTANTE
POBLACIÓN	DOCENTES	DOCENTES	DOCENTES
PORCENTAJE	%	%	%
Percepción de los docentes sobre la importancia de la implementación de recursos tecnológicos como apoyo en los procesos de enseñanza de acuerdo a los planes de estudio	95	2.5	2.5
Percepción de los docentes sobre si la implementación de recursos tecnológicos o entornos virtuales favorecen la adquisición de aprendizajes	83	17	0

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2**

*Tabla de correlaciones existentes entre las 2 variables de estudio*

#### Correlaciones

			IMP_TIC	ADQ_APREN DIZAJE
Rho de Spearman	IMP_TIC	Coeficiente de correlación	1.000	.348*
		Sig. (bilateral)	.	.026
		N	41	41
	ADQ_APREN DIZAJE	Coeficiente de correlación	.348*	1.000
		Sig. (bilateral)	.026	.
		N	41	41

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Programa estadístico SPSS.

## METODOLOGÍA

La investigación que aquí se presenta, se considera como aplicada, toda vez que está centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, como curar una enfermedad o conseguir un elemento o bien que pueda ser de utilidad. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado, ya que no se trata de explicar una amplia variedad de situaciones, sino que más bien se intenta abordar un problema específico, en este caso la importancia de la implementación de recursos tecnológicos como apoyo en la enseñanza y su relación con la adquisición de aprendizaje.

La investigación es de corte cuantitativo, ya que de acuerdo con Sarduy (2007) este tipo de investigación permite recoger, procesar y analizar datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas. Así mismo, Sousa et al., (2007) menciona que la investigación cuantitativa involucra el análisis de los números para obtener una respuesta a la pregunta o hipótesis de la investigación. El diseño de investigación es no experimental, transversal descriptivo, dado que los datos obtenidos se tendrán de un solo momento y, de acuerdo con Hernández, et al (2010), su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. De acuerdo con Hernández, et ál., (2014) la recopilación de datos implica detallar un plan de acción para reunir los datos específicos que se requieran, así, en esta investigación se utilizó como instrumento el cuestionario para ser aplicado para docentes y obtener datos del proceso de enseñanza – aprendizaje desde dentro.



Se puede mencionar que el método para la recolección de datos se define como el proceso de obtención de información empírica que permita la medición de las variables en las unidades de análisis, a fin de obtener los datos necesarios para el estudio del problema o aspecto de la realidad social motivo de investigación.

De acuerdo con algunos autores, una buena muestra será aquella que representa en pleno a la población de la que fue extraída. Hay tres etapas significativas en el proceso de muestreo:

- Identificación de la población y de la muestra.
- Determinación del tamaño de la muestra.
- Selección de la muestra.

En este sentido, se utilizó un muestreo no probabilístico que, el cual se caracteriza por su aplicación cuando no es posible o es innecesario una muestra probabilística, es decir no todos los sujetos tienen la misma oportunidad de ser seleccionados. Por tal motivo, se realizó un muestreo por conveniencia a 41 docentes para recabar información derivada a las dos variables a estudiar.

### **FASES DEL DESARROLLO**

Se analizaron los puntos importantes de los planes de estudio que propone la SEP en educación básica en el rubro de Tecnología, llegando a la conclusión que, en todos los planes, se ha buscado promover el uso de las TIC en la educación, fomentando el desarrollo de habilidades digitales, el acceso a recursos educativos digitales y la integración de las tecnologías en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Posteriormente, se tuvo la oportunidad de visitar 3 escuelas secundarias generales y se platicó con los docentes de dichos planteles, recabando información acerca de su concepción sobre la importancia que tiene el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación como lo proponen los planes de estudio y como ésta permea en el aprendizaje de sus alumnos.

Derivado de esto, se realizó un estudio para medir la implementación del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como apoyo en la enseñanza y su relación con la adquisición de aprendizaje dirigido a un grupo de estudio de 41 docentes de educación secundaria mediante la aplicación de un instrumento de medición. Después de realizar el cálculo de la correlación entre las 2 variables (variable 1: Percepción de los docentes sobre la importancia de la implementación de recursos tecnológicos como apoyo en los procesos de enseñanza de acuerdo a los planes de estudio, (variable 2: Percepción de los docentes sobre si la implementación de recursos tecnológicos o entornos virtuales favorecen la adquisición de aprendizajes), por medio de los cálculos de estadística inferencial correspondiente utilizando Coeficiente de correlación de Spearman, se pudo encontrar que existe correlación entre las 2 variables y se pudo inferir que los docentes consideran importante la implementación de uso de las TIC como apoyo en la enseñanza ya que impacta en la adquisición de aprendizaje de sus alumnos.

La aplicación del instrumento se realizó mediante la herramienta de Google Forms y, para tal efecto, se les proporcionó la liga a los docentes encuestados, los cuales podían contestar el cuestionario registrándose con su cuenta de correo mediante el acceso por única ocasión. En el citado cuestionario se recolectaron los datos de las variables a ser observadas (variable 1: Percepción de los docentes sobre la importancia de la implementación de recursos tecnológicos como apoyo en los procesos de enseñanza de acuerdo a los planes de estudio, (variable 2: Percepción de los docentes sobre si la implementación de recursos tecnológicos o entornos virtuales favorecen la adquisición de aprendizajes) y analizadas para poder medir la importancia del manejo de la implementación de recursos tecnológicos como apoyo en la enseñanza y su relación con la adquisición de aprendizaje en el ya mencionado grupo de estudio de secundaria.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Posteriormente, de los datos obtenidos del instrumento que se aplicó a la muestra de 41 docentes de educación secundaria que sirvieron de sustento para el respectivo análisis (ver **Tabla 1**), se encontraron los siguientes hallazgos:

Análisis en el grupo de 41 docentes:

Para analizar la correlación existente entre las dos variables de estudio (variable 1: Percepción de los docentes sobre la importancia de la implementación de recursos tecnológicos como apoyo en los procesos de enseñanza de acuerdo a los planes de estudio, (variable 2: Percepción de los docentes sobre si la implementación de recursos tecnológicos o entornos virtuales favorecen la adquisición de aprendizajes) en este grupo de docentes, se utilizó el programa estadístico SPSS, generando el reporte que se muestra en la **Tabla 2**, haciendo la siguiente interpretación:

Al obtener un coeficiente de correlación de 0.348, se puede apreciar que es un valor que oscila entre  $-1$  Y  $+1$ , al encontrarse este valor dentro del rango, se puede inferir que existe una correlación entre las dos variables, además, como el coeficiente de relación que da, es un valor positivo, indica que la relación entre ambas variables es fuerte y positiva. La significancia bilateral da un valor de 0.026, el cuál es un valor que es menor a 0.05, por lo tanto, se descarta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna:

H1 = La implementación de las herramientas tecnológicas que marcan los planes y programas de estudio de la SEP a utilizar en el aula son importantes para sus clases como apoyo para la adquisición de aprendizaje para sus alumnos.

Por lo tanto, se infiere que los docentes consideran importante la implementación de las herramientas tecnológicas que marcan los planes y programas de estudio de la SEP a utilizar en el aula para que sus clases sean de apoyo para la adquisición de aprendizaje para sus alumnos.

## CONCLUSIÓN

Con los cálculos realizados y mencionados anteriormente, se pudo lograr el objetivo de esta investigación y concluir que el uso de las herramientas tecnológicas que marcan los planes y programas de estudio de la SEP a utilizar en el aula son importantes para los docentes en sus clases como apoyo para la adquisición de aprendizaje para sus alumnos.

La integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación en los planes de estudio ha sido un proceso evolutivo con cambios que responden a la necesidad de acercar y preparar a los estudiantes para un mundo cada vez más digital y tecnológico, incluyendo el desarrollo de habilidades digitales actuales en cada una de las épocas, impactando los procesos de enseñanza aprendizaje con entornos mucho más efectivos transformando a las escuelas en centros de aprendizaje y conocimiento dinámico.

Se debe tener en cuenta que los recursos tecnológicos son importantes para la mejora de la vida de los individuos que facilitan la transmisión comunicativa, ya que son usados generalmente en el ámbito educativo por los docentes como medios para dar y obtener un conocimiento importante y benéfico.

En estos días, la implementación y el uso de las TIC en el proceso educativo como lo marcan los planes de estudio, son muy importantes porque permite reforzar los aprendizajes de los estudiantes, derivado de esto, se exige al docente a prepararse en el uso de estas tecnologías para diseñar sus unidades didácticas incorporando los diversos recursos tecnológicos como: computadoras, equipos de multimedia, uso de las laptops, TV para proyección de videos educativos, etc.

Actualmente, los estudiantes están muy involucrados con las herramientas tecnológicas, ya que, aunque sigan apareciendo nuevas aplicaciones, ellos siempre tendrán la disponibilidad a utilizarlas, por consiguiente, los docentes tienen que involucrarse también con dichas herramientas y aplicaciones, puesto que los nuevos desarrollos dan pauta y hacen posible las clases amenas y dinámicas. Es importante recalcar que las herramientas tecnológicas no solo les están brindando soporte académico, sino que incluso también un soporte emocional y de entretenimiento.

Con esto, los estudiantes pueden estar motivados durante su estancia en la escuela, además de que estarán involucrados en su formación al participar activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, utilizando y aplicando herramientas para lograr un máximo aprovechamiento escolar, a la vez que aumentan su espacio social. Si el docente las utiliza y les ayuda a utilizarlas adecuadamente, el aprovechamiento podrá ser mejor.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cerda M.S, Cristian. (2002). Elementos a considerar para integrar las tecnologías del aprendizaje de manera eficiente en el proceso de enseñanza aprendizaje. Estudios pedagógicos (Valdivia), (28), 179-191. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052002000100011>
- Díaz-Barriga A. Frida, Gerardo Hernández Rojas (2002). “Estrategias para el aprendizaje significativo: Fundamentos, adquisición y modelos de intervención”. En: Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. McGraw-Hill, México, pp.231-249.
- Hernández-Baeza, A., Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. Anales de psicología/annals of psychology, 30(3), 1151-1169.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). investigación. México, DF: Mc Graw Hill.
- M., Sousa, Driessnack, V. y Costa, I. (septiembre-octubre, 2007). Revisión de los diseños de investigación relevantes para la enfermería: parte 3: métodos mixtos y múltiples. Revista Latinoamericana de Enfermagem, 15(5), 179-182. Recuperado de: [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n5/es\\_v15n5a24.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n5/es_v15n5a24.pdf)
- Molinero Bárcenas, María del Carmen, & Chávez Morales, Ubaldo. (2019). Herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de educación superior. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 10(19), e005. Epub 15 de mayo de 2020. <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.494>
- Necuzzi, C. (2013). Desarrollo cognitivo involucrado en los procesos de aprendizaje y enseñanza con integración de las TIC. UNICEF. Disponible en: [http://www.unicef.org/argentina/spanish/Estado\\_arte\\_desarrollo\\_cognitivo.pdf](http://www.unicef.org/argentina/spanish/Estado_arte_desarrollo_cognitivo.pdf)
- Posada Álvarez, R. (2004). Formación superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante. Revista Iberoamericana De Educación, 35(1), 1-33. <https://doi.org/10.35362/rie3512870>
- Sarduy Domínguez, Y., (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. Revista Cubana de Salud Pública, 33(3),0.[fecha de Consulta 19 de Junio de 2023]. ISSN: 0864-3466. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21433320>
- SEP (2011). Programas de estudio 2011. Guía para el Maestro. Educación Básica. Secundaria. México, SEP.
- SEP. Secretaría de Educación Pública. (2017). Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la Educación Básica. SEP (2022). Plan de estudio de la Educación Básica 2022. Anexo, [https://www.qob.mx/cms/uoloads/attachment/file/792397/plande\\_estudio\\_Dara\\_la\\_educacion\\_preescolar\\_primaria\\_secundaria\\_2022.pdf](https://www.qob.mx/cms/uoloads/attachment/file/792397/plande_estudio_Dara_la_educacion_preescolar_primaria_secundaria_2022.pdf)
- Siemens, G. (2004), “Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age”, in Elearnspace. Disponible en: <http://www.elearnspace.org/articles/connectivism.html>.
- Tecnología en el proceso educativo: nuevos escenarios. Revista Venezolana de Gerencia, vol. 25, núm. 92, pp. 1809-1823, 2020. Universidad del Zulia. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/290/29065286032/html/>
- Zarceño, Ada Janeth, & Andreu, Patricia Carolina. (2015). Las tecnologías, un recurso didáctico que fortalece la autorregulación del aprendizaje en poblaciones excluidas. Perfiles educativos, 37(148), 28-35. Recuperado en 19 de junio de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S018526982015000200019&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018526982015000200019&lng=es&tlng=es).
- Zea, C., Atuesta, M. R. y González, M. (2000). Informática y escuela: un enfoque global. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

# Evaluación de la actividad enzimática en *Agave duranguensis* (Asparagales: Asparagaceae) expuesta a radiación Ultravioleta-Beta

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.684

Victor Emmanuel Sanchez-Sanchez<sup>1</sup>, Briceida Yali Sarmiento-Molina<sup>1</sup>, Rubén Iván Marin-Tinoco<sup>2</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Nuñez<sup>3</sup>, María de los Ángeles Sariñana-Navarrete<sup>1</sup>, María Gorety Contreras-Hernández<sup>4</sup>, Cayetano Navarrete-Molina<sup>1</sup>, Marcela Verónica Gutiérrez-Velázquez<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo, [v3s5sanchez@gmail.com](mailto:v3s5sanchez@gmail.com) (V.E.S.-S.); [1906054@utrodeo.edu.mx](mailto:1906054@utrodeo.edu.mx) (B.Y.S.-M.); [est\\_primo23@hotmail.com](mailto:est_primo23@hotmail.com) (M.A.S.-N.); [navarretemolina1977@gmail.com](mailto:navarretemolina1977@gmail.com) (C.N.-M.)

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, [labrodeo@gmail.com](mailto:labrodeo@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, [luisvn70@hotmail.com](mailto:luisvn70@hotmail.com)

<sup>4</sup>Instituto Tecnológico de Durango, [mgorety@itdurango.edu.mx](mailto:mgorety@itdurango.edu.mx)

<sup>5</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Durango, [guvvm8102@hotmail.com](mailto:guvvm8102@hotmail.com)

\*Autor de correspondencia: [guvvm8102@hotmail.com](mailto:guvvm8102@hotmail.com)

**Línea de investigación:** Estrés ambiental

## Resumen

Las plantas, han desarrollado diversos mecanismos moleculares, morfológicos y fisiológicos como respuesta a alteraciones del medio ambiente. En este sentido, es necesario comprender los mecanismos de defensa que tienen las plantas ante el estrés, y de esta manera, implementar herramientas de control de calidad. Una de estas plantas es el agave, del cual, México es considerado como su centro de origen, adicionalmente, la primera especie reconocida fue *Agave americana* L. (1753). Este género pertenece a la familia Agaváceae y se considera endémica de América. Se distribuye, desde el sur de EUA a Colombia y Venezuela. El objetivo de este estudio fue determinar la actividad de las enzimas catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) y fenilalanina amonio liasa (PAL, por sus siglas en inglés) del agave mezcalero (*Agave duranguensis*) sometidas a diferentes condiciones de radiación Ultravioleta-Beta. Dichas enzimas son importantes, considerando que las enzimas CAT y SOD son consideradas como antioxidantes y la enzima PAL se relaciona con la biosíntesis de metabolitos secundarios. La determinación de las mismas, en cada uno de los tratamientos, se determinó por triplicado. La actividad enzimática (AE) CAT ( $\text{U mL}^{-1}$ ) se expresó en unidades internacionales, definiéndose como la transformación de un  $\mu\text{mol}$  por minuto durante la reacción enzimática, la AE SOD se expresó como la cantidad de enzimas que causa el 50% de la máxima inhibición de nitrotetrazolium blue cloruro a azul y la AE PAL fue calculada a partir de una curva de calibración de ácido trans-cinámico, y se expresó como ( $\mu\text{g AC mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). Los resultados evidenciaron, que los tratamientos agudos y graves, de cada enzima, mostraron valores significativamente más altos con respecto al control. El estudio de dichas enzimas es importante, considerando que permite que las plantas activen sus mecanismos de defensas para la eliminación o disminución de algunas moléculas de peróxido de hidrogeno presentes en ellas. Por lo anterior, es recomendable que se realicen más investigaciones, acerca de la AE utilizando diferentes tipos de plantas.

**Palabras clave:** ácido trans-cinámico, biosíntesis, inhibición, mecanismos de defensa

## Abstract

Plants have developed various molecular, morphological and physiological mechanisms in response to environmental alterations. In this sense, it is necessary to understand the defense mechanisms that plants have against stress, and in this way, implement quality control tools. One of these plants is the agave, of which Mexico is considered the center of origin; additionally, the first recognized species was *Agave Americana* L. (1753). This genus belongs to the Agaváceae family and is considered endemic to America. It is distributed from the south of the USA to Colombia and Venezuela. The objective of this study was to determine the activity of the enzymes catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and phenylalanine ammonium lyase (PAL) of the agave mezcalero (*Agave duranguensis*) subjected to different radiation conditions UV-Beta. These enzymes are important, considering that the CAT and SOD enzymes are considered antioxidants and the PAL enzyme is related to the biosynthesis of secondary metabolites. Their determination, in each of the treatments, was determined in triplicate. The CAT enzymatic activity (EA) ( $\text{U mL}^{-1}$ ) was expressed in international units, defined as the transformation of one  $\mu\text{mol}$  per minute during the enzymatic reaction, the EA SOD was expressed as the amount of enzymes that causes 50% of the maximum inhibition of nitrotetrazolium blue chlorid to blue and the EA PAL was calculated from a calibration curve of trans-cinnamic acid, and was expressed as ( $\mu\text{g AC mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). The results showed that acute and severe treatments of each enzyme showed significantly higher values compared to the control. The study of these enzymes is important, considering that it allows plants to activate their defense mechanisms to eliminate or reduce some hydrogen peroxide molecules present in them. Therefore, it is recommended that more research be carried out on EC using different types of plants.

**Keywords:** trans-cinnamic acid, biosynthesis, inhibition, defense mechanisms

## INTRODUCCIÓN

Los agaves son uno de los grupos vegetales más distintivos de México. Son de gran importancia, tanto en el aspecto ecológico, como en el económico y cultural. El género *Agave*, ubicado en la familia Agaváceae, incluye una gran variedad de plantas que se adaptan a sitios áridos (Domínguez-Rosales et al., 2008). Son especies monocotiledóneas, de las cuales se obtienen diversos bienes y servicios, destacando la obtención de sustancias para uso medicinal, combustible, abono, materiales para la construcción de viviendas y para la elaboración de implementos agrícolas (Enríquez del Valle et al., 2016). De la misma manera, son un recurso utilizado para satisfacer ciertas necesidades, por ejemplo, para la elaboración de comidas, bebidas, medicinas, fertilizantes, entre muchas otras cosas. Reportándose, más de cien formas de uso, de las cuales 70 sirven de empleo a las personas que le dan algún tipo de aprovechamiento. Destacando la producción de bebidas destiladas, como el tequila, el sotol y el mezcal (Barrientos Rivera et al., 2019). En este sentido, su uso y aprovechamiento, representa una alternativa productiva sostenible, a través del desarrollo y aplicación de estrategias que se basan en sistemas de manejo agrícola y procesos de producción específicos (Reynoso-Santos et al., 2012).

Un país donde el agave es una alternativa productiva sostenible es México, el cual es considerado el centro de origen de esta planta, encontrándose registradas el 75% de las especies de este género. La adaptación de estas plantas, les permite sobrevivir con deficiencia de agua, desde un 80 hasta un 90% de disminución de su contenido tisular de agua (Ramírez-Tobías et al., 2014). Lo anterior, porque este género muestra un metabolismo tipo ácido de las crasuláceas (CAM, por sus siglas en inglés). Además, posee otras adaptaciones fisiológicas y morfológicas, las cuales le han permitido presentar una amplia dispersión en distintas zonas geográficas con climas estresantes (CONACYT, CIATEJ & AGARED, 2017). Por tal motivo, el estrés ambiental es uno de los principales factores, que evita que el cultivo de ciertas especies aumente y evidencie una buena calidad, además, de una desviación significativa de las condiciones óptimas para la vida, pues se provocan cambios en todos los niveles funcionales del organismo, los cuales pueden ser reversibles o permanentes (Benavides, 2002). Lo anterior, generalmente es identificado como un trastorno por estrés oxidativo (EO), el cual se refiere al desequilibrio entre las especies reactivas oxidantes oxígeno/nitrógeno (ROS/RNS, por sus siglas en inglés) y la capacidad de respuesta antioxidante del organismo. Este estrés, surge por el aumento ROS/RNS y una disminución de la habilidad de protección antioxidante, lo cual se caracteriza por reducir la capacidad de los sistemas endógenos para combatir ataques oxidativos dirigidos a blancos biomoleculares (Domínguez-Rosales et al., 2008). Sin embargo, existen diversos factores que provocan que la planta entre en un estado de estrés y reduzca su desarrollo. Uno de estos factores, quizá el más importante, es la luz, la cual regula el crecimiento y desarrollo de la planta. Sin embargo, el aumento de la radiación Ultravioleta-Beta (RUV-B), puede causar un impacto negativo en ellas, provocando que la fotosíntesis disminuya, además de dañar las biomoléculas de la planta (Benavides, 2002).

En este contexto, determinar el impacto negativo que tienen los RUVB en plantas de importancia económica debe ser prioritario. Una de estas plantas es el *Agave duranguensis*, la cual es una planta icónica dentro del estado de Durango, México, jugando un papel crucial en la economía y la cultura, principalmente en algunos municipios del sur del estado como Nombre de Dios, Súchil y El Mezquital, región donde se concentra la producción de mezcal en el estado (Garzón Rocha & Rodríguez Leiton, 2023). En Durango, el agave ha sido aprovechado por los habitantes e industrias como materia prima del destilado, el cual genera una bebida alcohólica tradicional y fundamental para la economía del estado, pero, más allá de su valor económico, esta especie, promueve la conservación del ecosistema local, considerando que, promueve la conservación de las poblaciones de agave silvestre y todo el ecosistema que representa, además, la planta es rica en carbohidratos fermentables como las agavinas y levanos, clasificados como fructanos (polímeros de fructosa) con actividad prebiótica (CONABIO, 2020). Estos fructanos, sirven como sustrato para el crecimiento de algunos grupos de bacterias benéficas para nuestra microbiota intestinal, mismos que mejoran la eficiencia en la producción de fermentados como el tequila o mezcal (Rocha & González, 2018). Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de este estudio fue determinar la actividad de las enzimas catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) y fenilalanina amonio liasa (PAL, por sus siglas en inglés) del agave mezcalero (*A. duranguensis*) sometidas a diferentes condiciones de RUV-B. Revelar los comportamientos de dichas enzimas, contribuirá a entender sus mecanismos de defensa y reducir las pérdidas ocasionadas por este tipo de estrés. Lo cual, contribuirá a promover una visión sustentable y holística alineada con objetivos productivos, económicos, sociales, ambientales y culturales, facilitando así, la promoción de estrategias dirigidas a incrementar los ingresos de los productores mezcaleros (Marín-Tinoco et al., 2023; Meza-Herrera et al., 2022; Navarrete-Molina et al., 2020, 2019a, 2019b; Ornelas-Villarreal et al., 2022a, 2022b; Ríos-Flores et al., 2018, 2017; Ríos-Flores & Navarrete-Molina, 2017).

## DESARROLLO

El nombre agave proviene del griego “*Agavus*”, que significa “noble o admirable”, la primera especie reconocida fue la de *Agave americana* L. (1753), misma que ha sido denominada, como la planta del siglo. Recientemente, el agave y las cactáceas han adquirido una importante relevancia en la agricultura, principalmente en las zonas áridas y semiáridas. Porque son plantas, que poseen un alto grado de adaptación a zonas áridas, considerando, que presentan modificaciones estructurales y fisiológicas, que les permiten subsistir en ambientes, en que el agua, es el principal factor ecológico que limita el desarrollo de la vegetación (Rodríguez-Ruvalcaba, 2002). La familia Agaváceae es endémica de América, está distribuida desde el sur de EUA a Colombia y Venezuela, además está conformada por nueve géneros y 340 especies. El lugar que posee mayor diversidad biológica de este género es México, porque se encuentran 261 especies equivalentes al 75% del total, con 177 endémicas (70%). Dentro de las aplicaciones de mayor importancia, del agave o maguey, es su uso como fuente de fibras duras, alimentación y la elaboración de bebidas alcohólicas (Reynoso-Santos et al., 2012), de la misma manera, ancestralmente ha sido utilizado para el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas como la *Diabetes mellitus*.



Adicionalmente, las especies de este género, han evidenciado compuestos fenólicos en su materia biológica, inclusive se ha reportado, una capacidad de secretar insulina y de inhibir la actividad de enzimas digestivas que hidrolizan hidratos de carbono, entre otros efectos. Así mismo, se ha reportado que la sabia preparada, de la hoja de agave, es fuente de metabolitos secundarios como saponinas esteroidales, glucósidos, compuestos fenólicos y flavonoides, mismos que proporcionan beneficios a la salud (Cerdeña de los Santos, 2011).

En el estado de Durango, la especie representativa de este género es el *A. duranguensis*, la cual se ha utilizado, durante varios años, como materia prima para la elaboración de mezcal. Las plantaciones comerciales con que se cuenta, provienen de plantas que han sido obtenidas por semillas y han sido trasplantadas de forma directa de la charola al campo (Hernández-Vargas et al., 2008). Como se mencionó, en Durango se aprovecha como materia prima para la industria mezcalera, la cual es una actividad representativa y es el sustento de algunas poblaciones que se encuentran en el sur del estado, en este contexto, destacan los municipios de Tamazula, Mezquital, Nombre de Dios, Súchil y Durango. Esta especie, posee gran importancia económica, y además, representa una forma de sustento para la industria regional mezcalera (Rosales-Mata et al., 2014).

### **Importancia del agave**

El agave es la materia prima utilizada para la elaboración de tequila y mezcal, en este sentido, México posee la denominación de origen de estas bebidas, las cuales son muy apreciadas en el mercado internacional. Los agaves o magueyes son plantas que tienen gran importancia social, económica y ecológica, que prosperan en numerosos ecosistemas y altitudes (Barrientos Rivera et al., 2019). Forman uno de los grupos más importantes de plantas, desde el punto de vista cultural y económico, considerando, que han sido aprovechados por el hombre, desde hace muchos años, para obtener un gran número de beneficios (CONACYT, CIATEJ & AGARED, 2017). Su importancia ecológica, radica en el número de especies animales y vegetales, con las que establece asociaciones y en su capacidad en retención de suelos (Ramírez-Tobías et al., 2014). Adicionalmente, actúan como generadores, conservadores y retenedores de suelos, complementado con el importante papel que desempeñan como sustento y hábitat para muchos organismos (González-Elizondo et al., 2009). Su importancia económica, radica en la gran variedad de productos y subproductos, que se pueden elaborar con las diferentes especies de agaves que existen (Figueroa, 2009). Adicionalmente, se ha reportado como una fuente potencial de biocombustible (Desgarenes Valido, 2016).

### **Caracterización morfológica del agave**

El agave es una planta perenne, conocida comúnmente como maguey, tiene hojas arrosetadas, las cuales también se denominan pencas, el borde de las pencas suele ser lineal, espatulada, lanceolada, oblonga u ovalada, generalmente tienen una gran rigidez y poseen espinas laterales (Barrientos Rivera et al., 2019). Se considera una planta xerofita, la cual presenta modificaciones o especializaciones morfológicas como estrategia para adaptarse a ambientes desérticos (Espinosa Barrera, 2015). En este mismo sentido, es una planta hermafrodita que posee inflorescencia en espiga, sus flores tienen un color amarillo verdoso, su fruto es capsular leñoso alargado dehiscente y cada capsula contiene un gran número de semillas aplanadas y de testa negra (Barrientos Rivera et al., 2019). Las hojas le permiten el almacenamiento de agua, además de estar asociadas a otras adaptaciones como una cutícula gruesa, acumulación de cera y la presencia de estomas que las protegen y evitan la pérdida de agua. También presentan sistemas de raíces superficiales, las cuales permiten la captación de pequeñas cantidades de agua (Espinosa Barrera, 2015).

En este mismo contexto, México es considerado como centro de origen del agave. De la misma manera, numerosas especies de este género, se han utilizado como alimento para la población de Mesoamérica desde hace bastante tiempo, además, de haber satisfecho algunas de las necesidades más importantes de los pobladores (Domínguez-Rosales et al., 2008). El alto número de especies endémicas en México, sugiere que la diversidad del grupo se debe a la fisiología que le ha permitido adaptarse en los hábitats heterogéneos (Barrientos Rivera et al., 2019). Además se caracterizan, por desarrollarse en hábitats en condiciones extremas, por ejemplo, en donde existe el déficit hídrico, y temperatura, suelos escasos de nutrientes y elevada irradiación solar. Lo antes mencionado, es debido a las adaptaciones metabólicas y fisiológicas que la planta de agave ha desarrollado a lo largo del tiempo. Por lo que, las modificaciones metabólicas le han permitido hacer un uso eficiente del agua, una mayor regulación del balance hídrico, así como, tener mayor eficiencia fotosintética que cualquier otro tipo de plantas que se desarrolla en condiciones de estrés (Cammal-Velázquez et al., 2020).

### **Estrés oxidativo**

El EO se refiere a un proceso irreversible de caída en el organismo, el cual es producto de las especies reactivas del oxígeno (ERO), y expresa una influencia negativa en el envejecimiento. El EO también se entiende como la producción de una excesiva cantidad de las ROS/RNS en el organismo, las cuales son el producto de un desbalance entre la generación y destrucción de ROS/RNS. De esta manera, el EO es una repercusión del aumento de la producción de radicales libres (RL) y, de igual manera, una reducción en el sistema de defensa antioxidante. El sistema de ERO se representa por los RL, así como, por moléculas de radicales no libres, tales como el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), superóxido ( $O_2^-$ ), oxígenos libres y los radicales hidroxilos (OH) (Domínguez-Rosales et al., 2008).

Los RL son considerados benéficos o tóxicos, dependiendo de la concentración y de los mecanismos antioxidantes que los produzcan. El tipo de radical más frecuente es el oxígeno, en cuya estructura está presente el oxígeno como centro funcional generando ERO, como el radical OH,  $H_2O_2$ , y anión  $O_2^-$ . El  $H_2O_2$  no es un radical libre, considerando que no posee electrones libres, por lo tanto, se considera una molécula reactiva que puede ser precursora de radicales OH (Valderrama Díaz, 2014). Lo anterior sucede, porque los procesos aeróbicos utilizan Nicotinamida Adenina Dinucleótido ( $NADH^+$  o  $NADH$ ) como donador de electrones, reduciendo así, el electrón de un oxígeno para formar el radical ion  $O_2^-$ . Dicho radical cambia a  $H_2O_2$  de manera espontánea o por la acción del SOD, misma que



puede difundirse fácilmente por medio de las membranas celulares, principalmente en el citoplasma donde la enzima CAT reduce el  $H_2O_2$ , produciendo una nueva molécula de oxígeno detoxificando las ERO (Silva Arévalo, 2020; Colavita, 2021). En este mismo contexto, los RL son especies químicas (átomos o moléculas) que tienen la capacidad de existir interdependientemente, además, contienen uno o más electrones en su último orbital. Los radicales de oxígeno y otras ERO son generados por procesos endógenos. También pueden ser causados por factores exógenos como la contaminación ambiental, la exposición a diferentes agentes químicos, la exposición a RUV-B o a radiación ionizante, por ende, la vida media biológica de los RL es tan solo de microsegundos; sin embargo, son capaces de reaccionar, con casi cualquier átomo o molécula que se encuentre a su alrededor, provocando así EO y daño a moléculas, membranas celulares y tejidos (Gomar, 2012).

#### **Efectos de radiación ultravioleta de onda corta**

La RUVB es un factor ambiental que afecta de forma significativa al planeta. Este tipo de radiación, controla el funcionamiento de ecosistemas terrestres y acuáticos, a través del control de procesos fotobiológicos, así como, por su acción sobre otros factores ambientales y ciclos naturales, mismos que inciden en la distribución de los organismos (Carrasco-Ríos, 2009). La RUV-B es aquella comprendida entre las longitudes de onda 280 y 320 nm, comprende una pequeña región del espectro electromagnético; su acción sobre plantas es considerable, fundamentalmente porque las biomoléculas (proteínas y ácidos nucleicos) la absorben fuertemente. Las proteínas, como biomoléculas, son moléculas orgánicas que en su estructura contienen aminoácidos aromáticos, tales como la tirosina, fenilalanina y triptófano. Algunos estudios indican, que la absorción de RUV-B, por los aminoácidos cíclicos, induce la oxidación no específica de estos, alterando de esta forma, la conformación y el funcionamiento de las proteínas. Dicho de otra forma, puede llegar a afectar de manera significativa, la vida de la planta, considerando que los mecanismos de reparación se basan en la capacidad de síntesis y en la tasa de reposición de las proteínas, umbrales que pudieran ser sobrepasados por el efecto de RUV-B (Neyra Recky, 2022). Los niveles de este tipo de radiación, varían de manera constante en la atmósfera, ya sea, por motivos naturales o antropogénicos. La RUV-B es altamente energética y es importante biológicamente, debido a que, puede producir alteraciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas en los organismos vivos, principalmente en plantas (Carrasco-Ríos, 2009). El daño que se produce, por el efecto de la RUV-B, está relacionado con la disminución de clorofilas, porque al degradarse las proteínas y polipéptidos, se genera una desorganización de las granas y liberación de los pigmentos, los cuales en estado libres son fotooxidados. Además, la producción de ROS, aparte de oxidar macromoléculas biológicas, causa la activación de mecanismos de defensa, que involucran alteración en la síntesis de enzimas y sustancias antioxidantes como los fenoles, flavonoides, carotenoides y ácido ascórbico (Carrasco-Ríos, 2009).

#### **Especies reactivas de oxígeno**

Las ROS participan en el metabolismo vegetal, igualmente tienen funciones en la señalización como mensajeros secundarios, regulando el crecimiento y desarrollo, así como, en las respuestas a condiciones ambientales adversas. Las especies reactivas, provocan la desnaturalización de enzimas al oxidar los grupos  $-SH$  de las proteínas, la destrucción de las membranas celulares, por peroxidación lipídica y modificar carbohidratos y proteínas estructurales. Existen dos tipos de sistemas antioxidantes, los cuales son: los enzimáticos, que incluyen las SOD, CAT y distintas clases de peroxidasas; y los no enzimáticos, como el ácido ascórbico, el glutatión reducido y los carotenoides (Betancourt-Velázquez, 2003).

#### **Actividad enzimática**

Las enzimas son producto de origen biológico, las cuales catalizan las reacciones bioquímicas que están relacionadas con la vida de las células, así mismo, forman combinaciones químicas con uno o varios sustratos. Las enzimas son proteínas sensitivas al ambiente físico-químico que pueden cambiar su actividad (Carrascosa Molina, 2019), siendo esta una propiedad que caracteriza a las enzimas, la cual se define como el efecto catalítico producido por la enzima, en proporción con la cantidad presente de dicha actividad en el medio reactivo. Además, la actividad y estabilidad de las enzimas se relaciona con el estado de hidratación de la proteína (Carrascosa Molina, 2019).

##### ***Catalasa***

Las ERO ( $H_2O_2$ ,  $O_2$ , radicales OH), se forman durante la reducción del oxígeno en el agua. Esto afecta a las proteínas y lípidos, de esta manera necesitan sistemas antioxidantes, en donde se incluyen ciertas enzimas. El  $H_2O_2$  se forma, debido a la dismutación del radical peróxido. Sin embargo, existen algunas enzimas que son capaces de degradar el  $H_2O_2$ , como las CAT's, peroxidasas y las peroxirredoxinas (Carrascosa Molina, 2019). La CTA es una enzima antioxidante que se encuentra presente en los organismos aerobios; cataliza la disminución del  $H_2O_2$  en agua y oxígeno (Pérez Espinosa, 2015).

##### ***Superóxido dismutasa***

La SOD, constituye la primera defensa contra los radicales  $O_2$ . La reducción de estos radicales, permite que se produzca  $H_2O_2$  y oxígeno (Cabrera García & Robles Cairo, 2010). La inducción de SOD, se lleva a cabo durante el EO, al momento en que los niveles de  $O_2$ , en la célula, sobrepasan el umbral de la tasa dismutación espontánea (Navarro, 2018). Estas enzimas se pueden encontrar en casi todos los tejidos y participan en la eliminación de  $O_2$  (Terrado-Quevedo et al., 2003).

##### ***Fenilalanina amonio liasa***

La enzima PAL se encarga de catalizar la conversión de L-fenilalanina a ácido trans-cinámico. Esta es la primera enzima termorreguladora del metabolismo fenilpropanoide en plantas, dentro del cual, están presentes productos relacionados con los mecanismos de defensa de las plantas contra patógenos (Almario et al., 1994). Por otro lado, esta enzima se encuentra situada en un

punto de ramificación entre el metabolismo primario y secundario, por lo cual, la reacción que cataliza es una etapa reguladora en la formación de compuestos fenólicos de gran importancia (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009).

## **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **Objetivo general**

- Determinar la actividad de las enzimas CAT, SOD y PAL del agave mezcalero bajo diferentes condiciones de RUV-B.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la actividad de la enzima CAT del agave mezcalero en condiciones naturales y en dos condiciones de RUV-B.
- Evaluar la actividad de la enzima SOD del agave mezcalero en condiciones naturales y en dos condiciones de RUV-B.
- Evaluar la actividad de la enzima PAL del de agave mezcalero en condiciones naturales y en dos condiciones de RUV-B.

## **OBJETO DE ESTUDIO**

La investigación fue realizada, dentro de las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional - Unidad Durango (CIIDIR-IPN-UD), específicamente dentro del laboratorio de Biotecnología, mismo que cuenta con los reactivos y equipos necesarios para que esta investigación fuera desarrollada con éxito.

## **METODOLOGÍA**

### **Materiales, reactivos y equipo**

Para esta investigación se utilizó una lámpara FS40T12-UVB-BP, dicha lámpara tiene una intensidad de 270-400 nm, tubos de ensayo de 50 mL, balanza analítica de precisión, morteros de porcelana de 300 mL, vasos de precipitado de 50 mL, 100 mL, y 250 mL de capacidad, probetas de 50 mL, 100 mL y 250 mL de capacidad, matraz Erlenmeyer de 100 mL y 250 mL, micropipetas de 100/1000  $\mu$ L y 20/200  $\mu$ L, puntillas, gradillas, termómetro, plancha (Thermo scientific), agitador, centrifuga, agitador magnético (Mosca agitadora), espectrofotómetro, incubadora, Nitrotetrazolium Blue Chloride al 98% (NBT), riboflavina, L-fenilalanina, tolueno, Tris hidrocloreto (Tris-HCl), fosfato de sodio dibásico, Anhydrous, L-Metionina, triton (X-100), hidróxido de sodio (NaOH) para ajustar pH, extracto enzimático, peróxido de hidrogeno, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), fosfato de sodio monobásico, agua destilada.

### **Material vegetal e inducción de estrés mediante radiación ultravioleta Beta**

Las plantas de *A. duranguensis* fueron adquiridas del vivero Forestal General Francisco Villa (23°58'19.6"N 104° 35' 53.0" W). El experimento se realizó dentro de las instalaciones del CIIDIR-IPN-UD. La RUV-B se realizó con una lámpara FS40T12-UVB-BP marca Light Source Inc., dicha lámpara tiene una intensidad de 270 - 400 nm. Las plantas fueron colocadas en una superficie plana, mientras que la lámpara estaba colocada a 30 cm de altura. La intensidad de RUV-B se expresó en  $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , misma que se obtuvo, empleando la distancia, la intensidad de la fuente de radiación y el tiempo de exposición, donde se evaluaron dos tratamientos, los cuales se registraron como tratamiento agudo ( $8.5 \text{ kJ m}^{-2}$ ) y tratamiento grave ( $102 \text{ kJ m}^{-2}$ ). En el primer tratamiento, las plantas se expusieron a una dosis de radiación durante tres horas por un día, mientras que en el tratamiento grave, la dosis fue de tres horas por día, esto durante tres días seguidos. De igual manera se utilizó un control. Los valores de radiación para el control, se obtuvieron a partir de los valores de RUV-B de la red de registro de datos medioambientales que se encuentren en las instalaciones del CIIDIR-IPN-UD, con un valor promedio de  $3.5 \text{ kJ m}^{-2}$  durante los días y fechas del experimento.

## **FASES DEL DESARROLLO**

### **Extracción enzimática**

En un mortero se molieron 0.5 g de muestra de agave con 4 mL de solución amortiguadora de fosfatos Kpi (50mM) (pH 7.0), mismo que contenía 0.0268 mM de fosfato dipotásico ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), 0.0232 mM de fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), 2 mM de EDTA y 2% (p/v) polivinilpirrolidona (PVP). Dicha mezcla se agito en un Vortex y se centrifugó a 1400 rpm durante 15 minutos, a 4°C. Posteriormente se separó el sobrenadante del precipitado, el cual se utilizó para la determinación de la actividad CAT y SOD. Para el caso de la enzima PAL, la extracción de esta enzima se llevó a cabo de acuerdo a lo que dice Dutta et al., (2007), quienes mencionan que, para determinar la actividad de la enzima PAL, es necesario que un gramo de muestra seca y molida sea extractado con 2 mL de buffer de fosfato de sodio 0.1M (pH 7.0), centrifugado por 20 minutos a 8452 rpm y a 4°C.

### **Determinación de la actividad enzimática**

#### **Actividad de la enzima catalasa**

Para determinar la actividad de enzima CAT, se utilizó el método descrito por Aebi, (1984). Donde a 400  $\mu$ L de extracto enzimático, se le añadieron 500  $\mu$ L de buffer de fosfato de potasio (50 mM) (pH 7.0). De esta manera, se inició la reacción al agregar 100  $\mu$ L de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (100 mM). La actividad de esta enzima fue determinada registrando la absorbancia inicial (tiempo cero) a 240 nm y de igual forma registrando la absorbancia al minuto de reacción. La actividad de la enzima se expresó como unidades por mg de proteína. El análisis se realizó por triplicado, utilizando como blanco el buffer de fosfato de potasio.

#### **Actividad de la enzima superóxido dismutasa**

Esta actividad fue determinada, de acuerdo con el método descrito por Beyer Jr. y Fridovich (1987), midiendo la capacidad para inhibir la reducción fotoquímica de NBT, la cual ocurre cuando este compuesto de color amarillo al reducirse cambia a color azul de monoformazan por el radical superóxido. Se diluyeron 400  $\mu$ L de extracto enzimático, al cual se le agregaron 2.6 mL de buffer de fosfato de sodio (0.1 L) (pH 7.8). Este buffer contiene ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 0.1 L, L- metionina (12 mL), \*NBT (75  $\mu$ L) y 2  $\mu$ L de riboflavina en un volumen de reacción de 3 mL. Posteriormente, se incubó la mezcla bajo luz blanca durante 15 minutos a 25

°C y el blanco que contiene la mezcla mencionada se colocó en un lugar sin exposición a luz. La actividad de la enzima se cuantificó por la reducción de NBT por SOD, misma que se determinó por el cambio de absorbancia a 560 nm.

#### Actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa

Para ello, 100 µL de extracto conteniendo la enzima, fueron combinados con 500 µL de Tris HCl (50 mM, pH 8.8) y 600 µ de L-fenilalanina (1 mM). Esta mezcla se incubó durante una hora a una temperatura de 37 °C. Por consiguiente, la reacción se detuvo al añadir 1.5 mL de Tolueno y agitar por 30 segundos. Luego de esto, se centrifugó a 1000 rpm durante 5 minutos y se recuperó la fase de Tolueno (fase superior): Posteriormente se registró el valor de absorbancia a 290 nm (Dutta et al., 2007).

#### Análisis estadístico

Un análisis de regresión lineal simple fue utilizado, para identificar el comportamiento respuesta de las variables obtenidas en laboratorio, para este proceso se usó el programa Microsoft Excel versión 2015. Adicionalmente, un análisis ANOVA y prueba de medias Tukey se efectuó para identificar diferencias en las determinaciones de las variables, para ello se utilizó el software RStudio.

### RESULTADOS

La capacidad enzimática de las muestras estudiadas y la técnica utilizada en cada una de ellas, se realizó por triplicado, evidenciando diferencias significativas en cada tratamiento realizado. En este sentido, como se muestra en la **Tabla 1**, la actividad enzimática CAT ( $\text{U mL}^{-1}$ ) se expresó en unidades internacionales, definiéndose como la transformación de un µmol por minuto durante la reacción enzimática, por lo cual se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{U mL}^{-1} = (\Delta \text{Abs} - 1 \text{ebt}) (\text{Vf})$$

La actividad enzimática SOD, se expresó como la cantidad de enzimas que causa el 50% de la máxima inhibición NBT a azul, también expresadas como unidades de SOD por mg de proteína. La actividad de cada muestra se realizó por triplicado. El porcentaje de fotoinhibición se calculó considerando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de inhibición} = ((\text{Abs blancos} - \text{Abs muestras}) / \text{Abs blancos}) * 100; 1 \text{ Unidad de SOD} = 50\% \text{ de inhibición.}$$

Finalmente, la actividad PAL fue calculada, a partir de una curva de calibración de ácido trans-cinámico ( $A_{290} = 0.0792$  [ácido trans-cinámico] + 0.0294,  $r = 0.9997$ ), por lo tanto, la actividad se expresó como microgramos de ácido trans-cinámico por mL por hora ( $\mu\text{g AC mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).

**Tabla 1**

*Efecto del estrés a rayos ultravioleta sobre la actividad de las enzimas fenilalanina amonio liasa (PAL), catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) en agave mezcalero (Agave durangensis L.)*

Tratamiento	PAL <sup>1</sup>	CAT <sup>2</sup>	SOD <sup>3</sup>
Control	0.059±0.003 <sup>a4</sup>	3.2±0.05 <sup>a</sup>	10.54±0.06 <sup>a</sup>
Agudo	0.093±0.001 <sup>b</sup>	5.7±0.08 <sup>b</sup>	33.14±0.07 <sup>b</sup>
Grave	0.082±0.005 <sup>c</sup>	2.8±0.03 <sup>c</sup>	22.45±0.05 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>PAL en µg de ácido trans-cinámico  $\text{mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ; <sup>2</sup>CAT en U CAT g de proteína<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> SOD en U SOD  $\text{mg}^{-1}$  proteína<sup>-1</sup>; <sup>4</sup>Medias con letras diferentes dentro de una misma columna, representan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

### DISCUSIÓN

Los análisis realizados, mostraron diferencias significativas en las actividades de las enzimas estudiadas. Además, con las técnicas utilizadas, los tratamientos agudo y grave fueron mayores al control, así mismo, el tratamiento agudo fue mayor que el grave. Lo cual según Cornejo-Toledo (2021), la respuesta de las plantas a la RUV-B depende, no solo de la duración e intensidad de irradiación a la que se someten las plantas, sino que también, pudiera verse influenciada al estar a un nivel mayor de exposición, considerando que las plantas, son capaces de activar sus mecanismos de defensa a mayor grado, por lo que, evidencian más resistencia y genera un escape del estrés. De esta manera, se pudiera comentar, que los tratamientos agudos son significativamente mayores, tanto al control como a los tratamientos graves, al considerar un tiempo de exposición mayor a la RUV-B (Massone, 2020; Garzón Rocha & Rodríguez Leiton, 2023). Por lo tanto, los resultados obtenidos con la aplicación de ciertos reactivos como el NBT, Tris-HCL,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , entre otros, pudiera ser capaz de incrementar la actividad enzimática de CAT, SOD y PAL. Esta investigación, posee gran importancia, considerando que conlleva un proceso de considerable cuidado, cuyos procedimientos se basan en los métodos descritos por Aebi (1984), Beyer Jr. y Fridovich (1987), y Dutta et al. (2007), para la determinación de cada una de las actividades enzimáticas estudiadas.

Esta investigación, considero la preparación de diferentes buffers de extracción y reactivos, necesarios para iniciar el análisis de las muestras preparadas y necesarios para determinar la actividad de la planta con respecto a la técnica empleada, sin embargo, sería de utilidad explorar la variabilidad genética dentro de la especie de planta estudiada (Sánchez Martínez, 2019). Las enzimas no son reactivos y no se gastan durante la reacción. Una vez que una enzima se une a un sustrato y cataliza la reacción, es liberada sin cambios, y se puede reutilizar en otra reacción. Esto significa, que para cada reacción, no es necesario tener una proporción 1:1 entre las moléculas de enzima y de sustrato (Zepeda, 2018), del mismo modo, la respuesta a la RUV-B pueden estar influenciada por las características genéticas específicas de cada planta, así como, sus perfiles de expresión génica y la presencia de genes relacionados con la resistencia al estrés. Un análisis genético podría proporcionar información valiosa sobre las bases moleculares de las respuestas enzimáticas observadas (Alfonso Loret de Mola, 2019).

## CONCLUSIÓN

La producción de ERO se ha establecido, como uno de los eventos de señalización implicadas en la respuesta de las plantas al estrés. Por lo tanto, la investigación sobre el efecto causado por la RUV-B en plantas de agave, ayuda a la determinación de la actividad de las enzimas estudiadas CAT, SOD y PAL. De la misma manera, los resultados obtenidos, sugieren que el estudio de las enzimas es importante para las plantas, considerando, que permiten que estas activen sus mecanismos de defensa para la eliminación o disminución de algunas moléculas de  $H_2O_2$  presentes en las plantas. De igual manera, se concluye que existe la posibilidad, que a mayor tiempo de exposición a la RUV-B, las plantas activan más mecanismos de defensa, lo cual se evidencio con una producción menor de enzimas en los tratamientos expuestos durante un tiempo menor a la RUV-B.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aebi, H. (1984) Catalase. In Bergmeyer, H.U. (Ed.), *Methods of Enzymatic Analysis* (p. 273-278). Weinheim, VCH Verlag (p. 1088).
- Alfonso Loret de Mola, O. B. (2019). Aplicación de técnicas de genómica funcional a la caracterización de la respuesta al estrés hídrico ya inoculación de micorrizas de especies de *Pinus spp.* del polígono forestal de la Chianga-Huambo, Angola. [Tesis de doctorado, Universidad de Cordoba]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10396/20287>
- Almario, F.; Ocampo, C.; Montes, D. (1994). Establecimiento de un método para determinar la actividad de la L fenilalanina amonio liasa (PAL) en café. *Revista Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 19(72), 137-140.
- Ávalos García, A.; Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal, 2(3), 119-145.
- Barrientos Rivera, G.; Esparza Ibarra, E. L.; Segura Pacheco, H. R.; Talavera Mendoza, O.; Sampedro Rosas, M. L.; Hernández Castro, E. (2019). Caracterización morfológica de *Agave angustifolia* y su conservación en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 655-668.
- Benavides, M. A. (Ed). (2002). *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Adalberto-Benavides-Mendoza/publication/305346608\\_Ecofisiologia\\_y\\_bioquimica\\_del\\_estres\\_en\\_plantas/links/57893ca808ae59aa6675e204/Ecofisiologia-y-bioquimica-del-estres-en-plantas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Adalberto-Benavides-Mendoza/publication/305346608_Ecofisiologia_y_bioquimica_del_estres_en_plantas/links/57893ca808ae59aa6675e204/Ecofisiologia-y-bioquimica-del-estres-en-plantas.pdf)
- Betancourt-Velázquez, E. (2003). Superóxido dismutasa en plantas de Henequen (*Agave fourcroydes* Lem.) [Tesis de maestría, Centro de investigación científica de Yucatán, A.C.]. Repositorio institucional. [https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/906/1/PCBP\\_M\\_Tesis\\_2003\\_Erika\\_Betancourt\\_Velazquez.pdf](https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/906/1/PCBP_M_Tesis_2003_Erika_Betancourt_Velazquez.pdf)
- Beyer Jr, W. F.; Fridovich, I. (1987). Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. *Analytical Biochemistry*, 161(2), 559-566. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(87\)90489-1](https://doi.org/10.1016/0003-2697(87)90489-1)
- Cabrera García, C. E.; Robles Cairo, E. E. (2010). Evaluación del efecto antioxidante del ejercicio moderado y continuo en individuos con entrenamiento físico regular [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional. [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/833/Cabrera\\_gc.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/833/Cabrera_gc.pdf)
- Cammal-Velázquez, J. H.; Islas-Flores, I.; Lara-Reyna, J.; Ramírez-Benítez, J. E.; Aragón-Gastelum, J. L. (2020). Método rápido y sencillo de extracción de proteínas en tejidos de agave. *Temas de Ciencia y Tecnología*, Enero – Abril 2020, ISSN 2007-0977. [https://www.utm.mx/edi\\_anteriores/temas70/T70-N-Metodo\\_rapido\\_y\\_sencillo\\_de\\_extraccion\\_de\\_proteinas.pdf](https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas70/T70-N-Metodo_rapido_y_sencillo_de_extraccion_de_proteinas.pdf)
- Carrasco-Ríos, L. (2009). Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. *Idesia (Arica)*, 27(3), 59-76. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v27n3/art09.pdf>
- Carrascosa Molina, M. G. (2019). Determinar la actividad enzimática en plantulas de *Agave americana* L. infectadas por *Fusarium Oxysporum* [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez]. Repositorio institucional. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/3376/MDRPIBQ2019008.pdf>
- Cerda de los Santos, K. L. (2011). Evaluación del contenido de fenólicos, actividad antioxidante y efectos antidiabéticos de extractos de jarabes de agave [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]. Repositorio institucional. [https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/570267/CerdaDeLosSantos\\_TesisMaestriaPDFA.pdf](https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/570267/CerdaDeLosSantos_TesisMaestriaPDFA.pdf)
- Colavita, G. M. (2021). Respuesta antioxidante y hormonal al estrés por alta radiación solar en frutos de manzana [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/133599>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020). Qué nos aportan los agaves. [https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/que-nos-aportan/N\\_agaves](https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/que-nos-aportan/N_agaves). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ); Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves (AGARED). (2017). Panorama del aprovechamiento de los agaves en México. Recuperado de <https://www.agared.org/download/file/fid/1731>
- Cornejo-Toledo, J. E. (2021). Gramíneas polares y cultivadas frente al estrés: La inversión de recursos como mecanismo de supervivencia [Tesis de fin de master, Universitat de les Illes Balears]. Repositorio institucional. [https://repositori.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/158447/tfm\\_2020-21\\_MBTA\\_jct718\\_4231.pdf](https://repositori.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/158447/tfm_2020-21_MBTA_jct718_4231.pdf)



- Desgarenes Valido, D. D. C. (2016). El microbioma de los agaves: la composición y el potencial funcional de las comunidades microbianas [Tesis de doctorado, Centro de investigación y de estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional. <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1528/SSIT0013856.pdf>
- Domínguez-Rosales, M. S.; González-Jiménez, Ma. De L.; Rosales-Gómez, C.; Quiñones-Valles, C.; Delgadillo-Díaz de León, S.; Mireles-Ordaz, S. J.; Pérez-Molphe, B. E. (2008). El cultivo in vitro como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*. *Investigación y Ciencia*, 16(41), 53-62.
- Dutta, P.; Pal, S.; Seehra, M. Anand, M. S.; Roberts, C. B. (2007). Magnetism in dodecanethiol-capped gold nanoparticles: Role of size and capping agent. *Applied Physics Letters*, 90, 213102, 1-4. <http://dx.doi.org/10.1063/1.2740577>
- Enríquez del Valle, J. R.; Alcará Vázquez, S. E., Rodríguez Ortiz, G.; Miguel Luna, M. E.; Vázquez, C. M. (2016). Fertirriego en vivero a plantas de *Agave potatorum* Zucc micropropagadas-aclimatizadas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1167-1177.
- Espinosa Barrera, L. A. (2015). Generalidades e importancia de los agaves en México. Desde el Herbario CICY 7, 161 – 164. ISSN: 2395-8790. [https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde\\_Herbario/2015/2015-10-22-Espinosa\\_Barrera-Generalidades\\_e\\_importancia\\_de\\_los\\_agaves\\_en\\_Mexico.pdf](https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2015/2015-10-22-Espinosa_Barrera-Generalidades_e_importancia_de_los_agaves_en_Mexico.pdf)
- Figueroa, C. P. (2009). Fluctuación poblacional y trampeo de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) con feromona de agregación en plantaciones de agave tequilero en Jalisco [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chapingo]. [https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Figueroa-Castro/publication/280237645\\_FLUCTUACION\\_POBLACIONAL\\_Y\\_TRAMPEO\\_DE\\_Scyphophorus\\_acupunctatus\\_GYLLENHAL\\_COLEOPTERA\\_CURCULIONIDAE\\_CON\\_FEROMONA\\_DE\\_AGREGACION\\_EN\\_PLANTACIONES\\_DE\\_AGAVE\\_TEQUILERO\\_EN\\_JALISCO/links/55ae971508aed9b7dcdda28b/FLUCTUACION-POBLACIONAL-Y-TRAMPEO-DE-Scyphophorus-acupunctatus-GYLLENHAL-COLEOPTERA-CURCULIONIDAE-CON-FEROMONA-DE-AGREGACION-EN-PLANTACIONES-DE-AGAVE-TEQUILERO-EN-JALISCO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Figueroa-Castro/publication/280237645_FLUCTUACION_POBLACIONAL_Y_TRAMPEO_DE_Scyphophorus_acupunctatus_GYLLENHAL_COLEOPTERA_CURCULIONIDAE_CON_FEROMONA_DE_AGREGACION_EN_PLANTACIONES_DE_AGAVE_TEQUILERO_EN_JALISCO/links/55ae971508aed9b7dcdda28b/FLUCTUACION-POBLACIONAL-Y-TRAMPEO-DE-Scyphophorus-acupunctatus-GYLLENHAL-COLEOPTERA-CURCULIONIDAE-CON-FEROMONA-DE-AGREGACION-EN-PLANTACIONES-DE-AGAVE-TEQUILERO-EN-JALISCO.pdf)
- Garzón Rocha, E. C.; Rodríguez Leiton, M. C. (2023). Aprovechamiento de residuos generados en procesos agroindustriales en la industria mezcalera [Trabajo de licenciatura, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9313/1/6181410-2023-2-IQ.pdf>
- Gomar, A. S. (2012). Caracterización electroforética de cepas de *D. melanogaster* deficientes en antioxidantes endógenos en combinación con radiación gamma [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio institucional. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/44/100/44100526.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/100/44100526.pdf)
- González-Elizondo, M.; Galván-Villanueva, R.; López-Enríquez, I. L.; Reséndiz-Rojas, L.; González-Elizondo, M. S. (2009). Agaves-magueyes, lechuguillas y noas del Estado de Durango y sus alrededores. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/M-Socorro-Gonzalez-Elizondo/publication/322243902\\_Agaves\\_magueyes\\_lechuguillas\\_y\\_noas\\_del\\_estado\\_de\\_durango\\_y\\_sus\\_alrededores/links/5a4dc0290f7e9b8284c4e786/Agaves-magueyes-lechuguillas-y-noas-del-Estado-de-Durango-y-sus-alrededores.pdf](https://www.researchgate.net/profile/M-Socorro-Gonzalez-Elizondo/publication/322243902_Agaves_magueyes_lechuguillas_y_noas_del_estado_de_durango_y_sus_alrededores/links/5a4dc0290f7e9b8284c4e786/Agaves-magueyes-lechuguillas-y-noas-del-Estado-de-Durango-y-sus-alrededores.pdf)
- Hernández-Vargas, V.; Orea-Lara, V.; Cifuentes-Díaz de León, A.; Gómez-Ortiz, S. (2008). Desarrollo de las plántulas de *Agave duranguensis* en tres sistemas de invernadero. *VIDSUPRA*, 1(2), 33-38. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/8283>
- Marín-Tinoco, R. I.; Ortega-Ramírez, A. T.; Esteban-Mendez, M.; Silva-Marrufo, O.; Barragan-Ledesma, L. E.; Valenzuela-Núñez, L. M.; Briceño-Contreras, E. A.; Sariñana-Navarrete, M. A.; Camacho-Luis, A.; Navarrete-Molina, C. (2023). Antioxidant and antibacterial activity of Mexican oregano essential oil, extracted from plants occurring naturally in semiarid areas and cultivated in the field and greenhouse in northern Mexico. *Molecules*, 28(18), 6547. <https://doi.org/10.3390/molecules28186547>
- Massone, D. S. (2020). Estudio de las limitaciones ambientales y fisiológicas del crecimiento inicial de plántulas de “ciprés de la cordillera” (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizzarri) [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/120670>
- Meza-Herrera, C. A.; Navarrete-Molina, C.; Luna-García, L. A.; Pérez-Marín, C.; Altamirano-Cárdenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Abad-Zavaleta, J. (2022). Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research*, 211, 106676. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106676>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Macías-Cruz U.; Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santos, A.; Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Ramirez-Flores, J. J.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santiago, M. A.; Veliz-Deras, F. G. (2019b). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>



- Navarro, L. D. E. (2018). Evaluación de la inducción de defensa sistémica asociada al ácido salicílico en *Agave tequilana* Weber var. azul durante la interacción con *Fusarium oxysporum* [Tesis de doctorado, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.]. Repositorio institucional. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/632/1/Diego%20Eloyr%20Navarro%20L%20c3%b3pez.pdf>
- Neyra Recky, J. R. (2022). Acción antioxidante de polifenoles naturales en procesos fotosensibilizados por pterina [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio institucional. <https://doi.org/10.35537/10915/143900>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022a). Sheep production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106675. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106675>.
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022b). Goat production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106677>.
- Pérez Espinosa, H. (2015). Catalasa para el manejo del peróxido de hidrógeno en la industria textil. [Proyecto de grado, Universidad ICESI]. Repositorio institucional. [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/78583/1/TG00994.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/78583/1/TG00994.pdf)
- Ramírez-Tobías, H. M.; Peña-Valdivia, C. B.; Aguirre, J. R. (2014). Respuestas bioquímico-fisiológicas de especies de *Agave* a la restricción de humedad. *Botanical Sciences*, 92(1), 131-139.
- Reynoso-Santos, R.; García-Mendoza, A. J.; López-Báez, W.; López-Luna, A.; Cadena-Iñiguez, P.; Pérez-Farrera, M. A.; Domínguez-Gutiérrez, M. H. (2012). Identificación taxonómica de agaves (*Agave ssp.*) utilizados para la elaboración del licor comiteco en Chiapas, México. *Agro Productividad*, 5(4), 9-17. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/408>
- Ríos-Flores, J. L.; Ríos-Arredondo, B. E.; Cantú-Brito, J. E.; Ríos-Arredondo, H. E.; Armendáriz-Erives, S.; Chávez-Rivero, J. A.; Navarrete-Molina, C.; Castro-Franco, R. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y uva (*Vitis vinifera*) de mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2014. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(1), 101-122.
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C.; Ruiz-Torres, J. (2017). La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. *Avances en Medicina Veterinaria*, 24, 20-36.
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C. (2017). Huella hídrica y productividad económica del agua en Nogal Pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. *Estudios de Economía Aplicada*, 35(3), 697-716.
- Rocha, F. E. R.; González, P. M. R. (2018). Estudio de la hidrólisis enzimática de inulina de *Agave* en la producción de jarabe de alta fructosa empleando inulinasa comercial de *Aspergillus niger*. *Jóvenes en la Ciencia*, 4, 46-49.
- Rodríguez-Ruvalcaba, R. (2002). Extractos de origen vegetal para el control de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia spp.*, aislados de agave (*Agave tequilana* Weber variedad azul) [Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara]. Repositorio institucional. [http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4532/Rodriguez\\_Ruvalcaba\\_Ramon.pdf](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4532/Rodriguez_Ruvalcaba_Ramon.pdf)
- Rosales-Mata, S.; Hernández-Antuna, M.; Sarmiento-López, H.; Sigala-Rodríguez, J. A. (2014). Producción de planta de *Agave duranguensis* en sistema de acolchado y riego por goteo. Folleto técnico No. 46. ISBN: 978-607-37-0370-3. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Rosales-Mata/publication/273972254\\_PRODUCCION\\_DE\\_PLANTA\\_DE\\_Agave\\_durangensis\\_EN\\_SISTEMA\\_DE\\_ACOLCHADO\\_Y\\_RIEGO\\_POR\\_GOTEO/links/5511848a0cf20bfdad4e7653/PRODUCCION-DE-PLANTA-DE-Agave-durangensis-EN-SISTEMA-DE-ACOLCHADO-Y-RIEGO-POR-GOTEO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Rosales-Mata/publication/273972254_PRODUCCION_DE_PLANTA_DE_Agave_durangensis_EN_SISTEMA_DE_ACOLCHADO_Y_RIEGO_POR_GOTEO/links/5511848a0cf20bfdad4e7653/PRODUCCION-DE-PLANTA-DE-Agave-durangensis-EN-SISTEMA-DE-ACOLCHADO-Y-RIEGO-POR-GOTEO.pdf)
- Sánchez Martínez, A. (2019). Estudio de procesos de biosíntesis enzimática de ésteres aromáticos para su uso en cosméticos naturales [Tesis de doctorado, Universidad de Murcia]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10201/76522>
- Silva Arévalo, B. B. (2020). Uso del pigmento deinoxantina obtenido de *Deinococcus sp* UDEC-P1 como protección a UV-B y daño oxidativo aplicado a cepas susceptibles [Tesis de licenciatura, Universidad de Concepción]. Repositorio institucional. <http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/625/1/Tesis%20uso%20del%20pigmento.Image.Marked.pdf>
- Terrado-Quevedo, S. P.; Barthelemy-Vidaillet, A.; Valls-Alvarez, M.; Armand-Loire, O. (2003). Radicales libres y defensas antioxidantes. *Revista de Investigación Científica*, 37(1), 1-12. <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/1598/3004>
- Valderrama Díaz, J. A. (2014). Determinación de la actividad catalasa (CAT) y superóxido dismutasa (SOD) en embriones de yamú (*Brycon amazonicus*) conservados A-14° C [Tesis de licenciatura, Universidad de La Salle]. Repositorio institucional. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1259&context=zootecnia>
- Zepeda, G. K. J. (2018). Identificación de algunos residuos de aminoácidos determinantes en la actividad y especificidad de la cianuro dihidratasa de *Bacillus pumilus* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000783439/3/0783439.pdf>

# Estrategias de educación ambiental para comunidades del norte de Durango

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.686

Yesenia Jazmine Gurrola-Perez<sup>1</sup>, Miguel Ángel Soto-Cárdenas<sup>2</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>3</sup>, María del Socorro Morales-de Casas<sup>2</sup>, Cayetano Navarrete-Molina<sup>1</sup>, Rubén Iván Marín-Tinoco<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. [perezjazmine659@gmail.com](mailto:perezjazmine659@gmail.com) (Y.J.G.-P); [navarretemolina197@gmail.com](mailto:navarretemolina197@gmail.com) (C.N.-M.)

<sup>2</sup>CONAHCYT - Instituto Politécnico Nacional - CIIDIR Unidad Durango. [miguelsoto06@hotmail.com](mailto:miguelsoto06@hotmail.com) (M.A.S.-C.); [modecams@hotmail.com](mailto:modecams@hotmail.com) (M.S.M.-de C.)

<sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. [luisvn70@hotmail.com](mailto:luisvn70@hotmail.com)

<sup>4</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social. [labrodeo@gmail.com](mailto:labrodeo@gmail.com)

\*Autor de correspondencia: [labrodeo@gmail.com](mailto:labrodeo@gmail.com)

**Línea de investigación:** Educación ambiental

## Resumen

La necesidad de educar a la población, sobre las características y funcionamiento del medio ambiente (MA), ha estado siempre presente entre los educadores, aunque no recibía el título de educación ambiental (EA), en el mundo actual, el ser humano, no ha sido capaz de aceptar su irresponsabilidad hacia su MA, por lo anterior, la humanidad carece de buenas prácticas ambientales, desde las primeras etapas de su desarrollo, afectando negativamente su entorno. El objetivo de esta investigación fue diseñar e implementar un programa de EA en diferentes municipios del norte de Durango, México, especialmente dirigido a estudiantes de educación básica, media y media superior. Fueron elaboradas presentaciones, actividades dentro y fuera del salón, plantación de árboles, así como, la difusión de información con temas como el MA, EA y sus principios básicos, vida sustentable, ecosistemas, objetivos de desarrollo sostenible, así como, reciclar y cuidar el agua. Los resultados evidenciaron una participación activa de los alumnos, y por supuesto, de los docentes, favoreciendo el entorno ambiental. En conclusión, los programas ambientales son una herramienta de gran importancia y utilidad, si se trabaja de manera frecuente con la población en formación (niños y jóvenes), generando una verdadera conciencia ambiental, la cual pudieran transmitir a los integrantes de la casa, compartiendo un mensaje sobre la importancia de conservar y proteger un ambiente sano. Por lo que, resulta necesario crear conciencia en las personas, trabajando, primeramente, en mejorar una actitud positiva personal hacia el cuidado del MA, para posteriormente, impulsar campañas de concientización, encaminadas a conservar y mejorar el MA en su comunidad.

*Palabras clave:* buenas prácticas ambientales, sostenibilidad, concientización ambiental

## Abstract

The need to educate the population about the characteristics and functioning of the environment has always been present among educators, although they did not receive the title of environmental education (EE), in today's world, human beings do not has been able to accept its irresponsibility towards its environment, therefore, humanity lacks good environmental practices, from the first stages of its development, negatively affecting its environment. The objective of this research was to design and implement an EE program in different municipalities in the north of Durango, Mexico, especially aimed at students in basic, middle and high school education. Presentations, activities inside and outside the classroom, tree planting, as well as the dissemination of information on topics such as environment, EA and their basic principles, sustainable living, ecosystems, sustainable development objectives, as well as, recycling and water caring were developed. The results showed active participation of the students, and of course, of the teachers, favoring the environmental condition. In conclusion, environmental programs are a tool of great importance and usefulness, if they work frequently with the population in training (children and young people), generating true environmental awareness, which they could transmit to the members of the house, sharing a message about the importance of conserving and protecting a healthy environment. Therefore, it is necessary to create awareness in people, first working to improve a positive personal attitude towards the care of environment, and then promoting awareness campaigns aimed at preserving and improving environment in their community.

*Keywords:* good environmental practices, sustainability, environmental awareness.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, el ser humano no ha sido capaz de aceptar que ha sido irresponsable hacia su medio ambiente (MA), es por ello, que carece de buenas prácticas ambientales (García & Restrepo, 2015), lo cual ha venido afectando su entorno. Esta afectación al entorno ha provocado, en los últimos años, que leer acerca de los problemas de contaminación y de los fenómenos del deterioro del MA (Gómez-Duarte, 2018), adquieran una mayor atención por la comunidad científica, generando la publicación constantemente, de nueva información sobre el deterioro (Calixto Flores, 2015), y pareciera ser, que el deterioro ambiental es asunto de unos cuantos años para acá o que se generó de manera espontánea, y llegar a considerar que no existe respuesta para el gran público, al tratar de explicarse, cómo es que hoy estos asuntos nos agobian (Meza-Aguilar, 1992). Por lo anterior, es necesario educar a la población sobre las características y funcionamiento del MA, lo cual ha estado siempre presente entre los educadores, aunque no recibía el título de educación ambiental (EA) (Cruz, 2022). En todo caso, al presentarse la crisis ambiental y convertirse en una preocupación mundial, se ha planteado la necesidad imperante de una EA, la cual contribuya verdaderamente al establecimiento de relaciones más armónicas entre el ser humano y su MA (De Luis García, 2018), pretendiendo, de esta forma resolver, por lo menos, la problemática ambiental y en todo caso, prevenir la producción de nuevos y más graves problemas ambientales (PA) (Sánchez, 2022).

Por lo anteriormente expuesto, el desarrollo del término EA es reciente, surgiendo en la década de los 60, como lo señalan García, Porlán y Cañal (1988), en su libro *cero en conducta*, los cuales mencionan que según la Real Academia Española de la Lengua: el término “educación” hace referencia a la: *acción y efecto de educar; crianza, enseñanza, y doctrina que se da a los niños y los jóvenes; instrucción a través de la acción docente; cortesía, urbanidad*. Así, esta palabra se ha relacionado con la naturaleza, creándose el vocablo “educación ambiental”. Se piensa que el término de “educación ambiental” apareció por vez primera en el año 1958 en el boletín de la Sociedad Audubon de Massachusetts firmado por Matt Bennan de la Universidad Estatal de Fitchburg (Verela, 2019). Es por ello, que los objetivos de esta investigación fueron crear conciencia ecológica en los jóvenes para garantizar un ambiente sano en las comunidades del norte de Durango, así como, desarrollar capacidades y actividades en favor del medio ambiente, basados en el fomento de las actitudes ecológicamente responsables y la participación activa y urgente en el debate sobre el MA. Lo anterior, es importante si se desea desarrollar verdaderas mejoras, en el cuidado al MA y mantener el nivel de vida de la población humana. Considerando lo expuesto, debe considerar una visión sustentable y holística alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y de todas las aristas productivas, económicas, sociales, ambientales y culturales, facilitando así, la promoción de estrategias dirigidas a incrementar la conciencia ambiental humana (Marín-Tinoco et al., 2023; Meza-Herrera et al., 2022; Navarrete-Molina et al., 2020, 2019a, 2019b; Ornelas-Villarreal et al., 2022a, 2022b; Ríos-Flores et al., 2018, 2017; Ríos-Flores y Navarrete-Molina, 2017).

## DESARROLLO

### La agenda 2030: Objetivos de desarrollo sostenible

Hoy en día, lograr un desarrollo sostenible (DS) es una preocupación mundial, el cual trasciende las ideologías y los intereses inmediatos. Generando un reto, tanto moral como político, que presenta a la estabilidad y la prosperidad como dos componentes indivisibles. Es este sentido, Kofi Annan, en el año 2015, luego del cumplimiento del plazo de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio, anuncio que la mayoría de los estados miembros de la ONU, acordaron una nueva agenda para el desarrollo. Esta agenda, fue denominada Agenda de Desarrollo 2030, la cual es un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Además, tiene por objeto fortalecer la paz universal dentro de un concepto más amplio de la libertad. La aprobación de los ODS representa una oportunidad histórica para unir a los países y las personas de todo el mundo y emprender nuevas vías hacia el futuro. Estos objetivos, están formulados para erradicar la pobreza, promover la prosperidad y el bienestar para todos, proteger el MA y hacer frente al cambio climático (CC) a nivel mundial (SNU, 2019).

Dicha agenda, se compone de 17 ODS y 169 metas de carácter integrado e indivisible, es de alcance mundial y de aplicación universal, considera diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo a nivel país y respeta sus políticas y prioridades nacionales. Si bien, las metas expresan las aspiraciones a nivel mundial, cada gobierno fijará sus propias metas nacionales, guiándose por la ambiciosa aspiración general, pero tomando en consideración las circunstancias del país. Cada gobierno, decide la forma de incorporar esas aspiraciones y metas mundiales en los procesos de planificación, las políticas y las estrategias nacionales. Reconociendo la importancia del vínculo existente entre el DS y otros procesos, que se están llevando a cabo, en las esferas económica, social y ambiental (García, 2016).

### Sustentabilidad

De acuerdo con Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad (RSES) (2022), existen diferentes enfoques para definir la sustentabilidad, la definición adoptada por la World Commission on Environment and Development y formulada en 1987 en el mismo informe Brundtland, “Our Common Future” es la siguiente:

*“El desarrollo sustentable hace referencia a la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras”.*

A lo largo de la historia han surgido diferentes definiciones con diversos enfoques, pero todas coinciden en que la sustentabilidad es avanzar hacia una relación benéfica entre la economía, el ambiente y la sociedad (RSES, 2022).

### Sustentabilidad ambiental

La sustentabilidad ambiental (SA) se denomina como la administración eficiente y racional en el uso de los recursos naturales, sin comprometer el equilibrio ecológico. Como tal, el concepto de SA plantea que el aprovechamiento que hoy se haga de los recursos naturales no debe perjudicar, ni limitar las necesidades de las generaciones futuras, ni de las especies que habitan el planeta. En este sentido, considera que un MA saludable, ofrece a una comunidad mayores posibilidades de desarrollo y bienestar económico y social, y entiende, que la degradación de los recursos naturales atenta contra nuestra propia supervivencia y la de las demás especies (Coelho, 2019).

### ***Características de la sustentabilidad***

Lo que a largo plazo busca la sustentabilidad para lograr mantener un sistema son las siguientes características:

- Busca la manera, de que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental.
- Tiene por objeto asegurar que la actividad económica, mejore la calidad de vida de todos, no sólo de unos pocos electos.
- También busca utilizar los recursos eficientemente.
- Otra acción más es promover el máximo de reciclaje y reutilización.
- Proponer la implantación de tecnologías limpias.
- Restaurar los ecosistemas dañados.
- Incentivar la autosuficiencia regional
- Reconocer la importancia de la naturaleza para el bienestar humano (Gómez-Contreras, 2014).

El uso sostenible de la biodiversidad, es parte de una estrategia de conservación y se refiere a la gestión de la biodiversidad de forma que, se obtengan beneficios sociales, culturales y económicos, a la vez que se mantiene su potencial para las generaciones futuras (MADS, 2019).

### **Biodiversidad**

La biodiversidad, o diversidad biológica, es el conjunto de todos los seres vivos del planeta, el ambiente en el que viven y la relación que guardan con otras especies (Durand, 2017). Por ello, la biodiversidad está compuesta por todos los animales, todas las plantas y todos los organismos, así como, todos los ecosistemas, tanto terrestres como marinos, y todas las relaciones que establecen entre sí. Esta se manifiesta en todos los niveles de la organización (genes, especies, ecosistemas y paisajes), y se puede ver en todas las formas de vida, hábitats y ecosistemas (tropical, bosques, océanos y mares, ecosistemas de sabana, tierras húmedas, tierras áridas, montañas, etc.). Así mismo, la biodiversidad desempeña un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas y en los numerosos servicios que proporcionan. Entre estos, se encuentran el ciclo de nutrientes y el ciclo del agua, la formación y retención del suelo, la resistencia a las especies invasoras, la polinización de las plantas, la regulación del clima, el control de las plagas y la contaminación (Villaseñor, 2015). En los últimos años, la biodiversidad de los sistemas en todo el mundo se ha visto reducida, principalmente por las actividades humanas. Por lo tanto, es importante reconducir la atención de los programas educativos de manera que se permita a los educadores y educandos proteger la biodiversidad (UNESCO, 2020). De acuerdo a la UNESCO (2020), los objetivos de aprendizaje deben incluir:

- El entendimiento académico.
- La adquisición de valores.
- La capacitación.
- El desarrollo de competencias.
- La adopción de actitudes y comportamientos conducentes a la preservación de la biodiversidad.

En este sentido, la biodiversidad proporciona beneficios fundamentales para el hombre, más allá, del suministro de materias primas. Por ejemplo, la pérdida de biodiversidad tiene efectos negativos sobre varios aspectos del bienestar humano, como la seguridad alimentaria, la vulnerabilidad ante desastres naturales, la seguridad energética y el acceso al agua limpia y a las materias primas. También afecta negativamente la salud del hombre (Nubia-Arias, 2016), las relaciones sociales y la libertad de elección. La sociedad suele tener varios objetivos en conflicto, muchos de ellos dependientes de la biodiversidad. Cuando el hombre altera un ecosistema, para mejorar uno de los servicios que éste proporciona, su acción suele acarrear también cambios para otros servicios de los ecosistemas (Pérez-García, 2020). Sin embargo, la biodiversidad está disminuyendo a gran velocidad, ocasionado por diversos factores como los cambios en el uso del suelo, el CC, las especies invasoras, la sobreexplotación y la contaminación. Estos factores, naturales o provocados por el hombre, se conocen como generadores de cambio y tienden a interactuar y potenciarse mutuamente. Aunque los cambios en la biodiversidad están vinculados de forma más evidente a generadores de cambio directos como la pérdida de hábitat, también están relacionados con generadores indirectos que son la causa de muchos de los cambios en los ecosistemas (Palacios-Estrada et al., 2023).

Los principales generadores de cambio indirectos son la evolución de la población humana, la actividad económica, la tecnología y los factores sociopolíticos y culturales. En los últimos 50 años, diferentes generadores de cambio directos han tenido una importancia decisiva en diferentes ecosistemas. Por ejemplo, en los ecosistemas terrestres, los cambios en la cobertura de la tierra han sido el generador de cambio más importante. En términos generales, los principales factores que desencadenan la pérdida de biodiversidad son: la modificación del hábitat (por ejemplo, la fragmentación de los bosques), la introducción y propagación de especies exóticas invasoras fuera de su área de distribución habitual, la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación, especialmente la provocada por el abuso de los fertilizantes, que se traduce en un exceso de nutrientes en los suelos y el agua (Soto Grajeda, 2019). Por lo anteriormente expuesto, informar, al conjunto de la sociedad, sobre los beneficios que se derivan de la conservación de la biodiversidad



y plantear abiertamente, y con visión de conjunto, las contrapartidas que surgen al favorecer unas opciones en detrimento de otras, contribuye a optimizar los beneficios para la sociedad. Recuperar un ecosistema es, por lo general, mucho más costoso que proteger el ecosistema original, aunque está adquiriendo una importancia creciente, a medida que aumenta el número de áreas degradadas (Salgado-Negret, 2016).

### **Cambio climático**

Se reconoce como CC a la variación global del clima de la tierra. Esta variación, puede ser por causas naturales o por la acción del hombre, y se produce sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc., a muy diversas escalas de tiempo (Díaz, 2012). De acuerdo, a lo publicado por Amnistía Internacional (2020), a través de su secretario general Kumi Naidoo, el cual comenta:

*“Es más que evidente que el cambio climático ya está teniendo impacto en los derechos humanos, y que ese impacto no va sino a intensificarse en los próximos años”.*

El clima del planeta, ha experimentado cambios constantes a lo largo del tiempo geológico, entre ellos, fluctuaciones significativas de las temperaturas medias globales. En los últimos años, se está produciendo un calentamiento, sin embargo, a una velocidad superior a cualquier periodo en el pasado (García Herrera, 2018). Lo anterior, ha quedado claro, considerando que la mayor parte del calentamiento registrado durante el siglo pasado, ha sido causada por los seres humanos, al emitir gases que retienen el calor, comúnmente denominados gases de efecto invernadero (GEI), para cubrir las necesidades energéticas de la vida moderna. Por ejemplo, por la quema de combustibles fósiles, la agricultura, el uso de la tierra y otras actividades, las cuales contribuyen al CC. EN la actualidad, los GEI, se encuentran en su nivel más alto de los últimos 800,000 años. Este rápido aumento, se erige como un problema, considerando que cambia el clima, a una velocidad demasiado alta para que los seres vivos puedan adaptarse a ella. El CC no sólo conlleva un aumento de las temperaturas, sino también, provoca fenómenos meteorológicos extremos, la elevación del nivel del mar y cambios en las poblaciones y los hábitats de flora y fauna silvestres, entre otros efectos (Sosa-Rodríguez, 2015).

### **Educación ambiental**

La historia de la EA, revela una estrecha relación entre los cambios en las preocupaciones sobre el MA, sus problemas asociados y la forma en que se define y promueve la EA. En este aspecto, la EA surgió cuando las teorías pedagógicas desarrollaron, la idea de incluir a los niños en contacto con la naturaleza y el MA que les rodea. En concreto, su origen se remonta al año 1930, con el movimiento de la “Educación Progresiva” que tenía como finalidad, el aprender haciendo. Aunque se piensa que el término “Educación ambiental” apareció por primera vez en 1958, el punto de partida, que conmovió al mundo acerca de la fragilidad del MA y la necesidad del DS, para conservarlo para las generaciones venideras, fue la visión del planeta desde el espacio por los astronautas (Valera & Silva, 2012). De acuerdo a Zarza (2021), cada 26 de enero se celebra el Día Mundial de la Educación Ambiental, cuyo origen data de 1975, considerando que este año, Belgrado acogió el Seminario Internacional de Educación Ambiental con la participación de más de 70 países, y de la que nació La Carta de Belgrado, la cual es considerada, un marco general para la EA en el propio marco de los programas de las Naciones Unidas, que plasmó las reivindicaciones fundamentales de la educación ambiental:

*“Formar una población mundial consciente y preocupada con el medioambiente y con los problemas asociados, y que tenga conocimiento, aptitud, actitud, motivación y compromiso para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones para los problemas existentes y para prevenir nuevos”.*

La educación (sea ambiental o no), no solo se limita a informar o a sensibilizar sobre una problemática determinada, también propone pasar a la acción e invita al cambio (Zarza, 2021).

Dice el Libro Blanco de la Educación Ambiental en España que:

*“Resolver los problemas ambientales o, mejor aún, prevenirlos implica la necesidad de ir cambiando cada acción, de manera que se modifiquen los efectos de nuestra actividad individual y colectiva, para obtener un nuevo mosaico de fuerzas encaminadas en una dirección distinta: la sostenibilidad” (Zarza, 2021).*

En este sentido, la educación es de importancia crítica para promover el DS y aumentar la capacidad ciudadana con el fin de abordar cuestiones ambientales y de desarrollo, más aún, si se presentan tiempos de pandemia y crisis climática, siendo capaces de “conciliar los desafíos del presente con todo lo que se presenta en el futuro”, en palabras de Gonzalo De la Cámara, director académico del Foro de la Economía del Agua (Martínez, 2018). Este sentido ambiental, apareció en los años sesenta, cuando se cuestionó el modelo de crecimiento establecido y se denunció el impacto que sobre el MA producía, los diagnósticos realizados, sobre la crisis ambiental, han sido numerosos. Poco a poco, el ser humano empieza a realizar una nueva lectura del medio en el que está inmerso y una nueva cosmovisión, una nueva percepción de la relación ser humano-sociedad-medio, va abriéndose paso. No todos los informes y manifiestos, que van apareciendo a lo largo de estos años, plantean la necesidad de adoptar medidas educativas, para frenar el creciente deterioro del planeta. Y las relaciones, entre educación y MA no son nuevas, sin embargo, la novedad que aporta la EA, recae en el hecho que la EA aparece con entidad suficiente, para constituirse en finalidad y objeto de la educación (Martínez, 2018).

De esta forma, aunque sus raíces son antiguas, la EA es un concepto relativamente nuevo, que pasa a un primer plano a finales de los años sesenta. Y que alcanza rápidamente un reconocimiento institucional. Por ejemplo, en el ámbito internacional, la Organización de las Naciones Unidas, a través de sus organismos (UNESCO y PNUMA fundamentalmente), ha impulsado estudios y programas relativos a la EA. Sin embargo, no debe reducirse este proceso de desarrollo, a su vertiente institucional. Es preciso reconocer el esfuerzo de innumerables entidades, organizaciones de carácter no gubernamental y educadores que han contribuido, a veces de forma anónima, no



sólo a la conceptualización de la EA sino, sobre todo, a su puesta en práctica (Jiménez-Fontana & García-González, 2017). De la misma manera, Valera y Silva (2012), mencionan que la EA, hace referencia al “proceso permanente de carácter interdisciplinario, destinado a la formación, cuyas principales características son el reconocimiento de los valores, desarrollo de conceptos, habilidades y actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante”.

Es este sentido, un propósito fundamental de la EA es lograr que, tanto los individuos como las colectividades, comprendan la naturaleza compleja del MA, resultante de la interacción de sus diferentes aspectos: físicos, biológicos, sociales, culturales, económicos, etc., y que adquieran los conocimientos, los valores y las habilidades prácticas, para participar responsable y eficazmente en la prevención y solución de los problemas ambientales (PA) y en la gestión de la calidad del MA. La EA resulta clave para comprender las relaciones existentes, entre los sistemas naturales y sociales, así como, para lograr una percepción más clara de la importancia de los factores socioculturales en la génesis de los PA (Orgaz-Agüera, 2018). En esta línea, se debe impulsar la adquisición de la conciencia, los valores y los comportamientos que favorezcan, la participación efectiva de la población en el proceso de toma de decisiones. La EA, así entendida, puede y debe ser un factor estratégico que incida en el modelo de desarrollo establecido para reorientarlo hacia la sostenibilidad y la equidad. Por lo tanto, la EA, más que limitarse a un aspecto concreto del proceso educativo, debe convertirse en una base privilegiada para elaborar un nuevo estilo de vida. Ha de ser, una práctica educativa abierta a la vida social para que los miembros de la sociedad participen, según sus posibilidades, en la tarea compleja y solidaria de mejorar las relaciones entre la humanidad y su medio (Orgaz-Agüera, 2018).

De acuerdo a Sánchez (2022), entre los objetivos de la EA están:

- Crear conciencia: Proporcionar las herramientas adecuadas a las personas y a los grupos sociales para que adquieran mayor sensibilidad y conciencia acerca del MA y de sus problemas concretos.
- Crear conocimiento: Ayudar a que las personas comprendan el MA, sus procesos, los problemas a los que se enfrenta y el papel de la humanidad en ellos.
- Fomentar actitudes: Fomentar en las personas el aprendizaje de valores sociales y un interés por el medio ambiente que los impulsen a participar en su protección y mejora.
- Fomentar aptitudes: Fomentar que las personas adquieran las aptitudes necesarias para resolver los PA.
- Capacidad para evaluar: Conseguir que las personas sean capaces de evaluar los programas de EA y proponer mejoras.
- Participación: Fomentar en las personas el deseo de participar activamente en la protección del MA.

### **La educación ambiental y el proceso de concientización**

Como se ha mencionado, la EA incrementa la concienciación y el conocimiento de los ciudadanos, sobre temáticas o PA. Al hacerlo, le brinda al público, las herramientas necesarias para tomar decisiones informadas y responsables (EPA, 2023). En este sentido, la EA, debe ser entendida como toda experiencia de enseñanza-aprendizaje, que permite el conocimiento de nuevos saberes, los cuales deben ser utilidad, para el buen desempeño social y personal de un individuo, adicionalmente, busca prolongar rasgos culturales que conserven la identidad del grupo de filiación. Asimismo, es necesario reconocer la importancia de los procesos educativos en la formación de ciudadanía, en cuanto a lo ambiental, el fortalecimiento de relaciones y estructuración de la sociedad tal como lo propuso Durkheim en 1911 citado por Varela (2019):

*“La educación es la acción ejercida por las generaciones adultas sobre las que todavía no están maduras para la vida social. Tiene por objeto suscitar y desarrollar en el niño cierto número de estados físicos, intelectuales y morales, que exigen de él la sociedad política en su conjunto y el medio especial, al que está particularmente destinado.”*

Continúa Varela (2019), citando la postura de Durkheim, mencionando que da cuenta de la educación como reflejo social, la educación como herramienta para la enseñanza de actividades que cubren de manera holística las esferas de desarrollo del ser humano, busca la creación de estructuras psicológicas y cognitivas que permitan, el desenvolvimiento del individuo de manera coherente con su cultura y medio en el que se desarrolla, en el que los adultos o conocedores, imparten saberes y estrategias a los otros miembros de la sociedad o grupo cultural (Calixto Flores et al., 2017). Desde la infancia, el proceso educativo, es ligado a la forma como se debe concebir la sociedad y entregar el conocimiento, por parte de las generaciones adultas, por lo cual, para Durkheim (1911), citado por Varela (2019), la principal función del profesor es formar ciudadanos capaces de contribuir a la armonía social; en este sentido, la educación se convierte en el elemento que posibilita la construcción de sociedad, en el cual se entrega conocimiento del entorno y sus aspectos generales, ya que no es posible generar procesos educativos para el desarrollo de la sociedad, desde una mirada individual; los procesos subjetivos o cognitivos del niño, no son suficientes para el desarrollo de cambios sociales, se requiere de la interrelación social y el conocimientos de su contexto, de sus orígenes y de lo cual depende (Prada, 2013).

### **La educación ambiental y el agua**

El calentamiento global, la desertificación, la sobreexplotación y la contaminación son solo algunos de los principales problemas que están agotando los recursos hídricos del planeta. El agua, como el recurso más vital para la existencia humana, es vector de desarrollo e indicador de calidad de vida de las personas. Por tanto, es crucial su conservación y cuidado desde todas las perspectivas, donde la EA juega un papel fundamental. En este sentido, hablar de una EA para un uso sostenible del agua, es hablar de una educación transformadora que empuje a cambiar la forma en la que son utilizados los recursos hídricos hacia la llamada Nueva Cultura del Agua (Zarza, 2021). En este sentido, Carlos Garriga director de la Fundación We Are Water advirtió que: “Sin conseguir el acceso al agua y

al saneamiento en el ODS6, difícilmente se podrán lograr los demás objetivos”, y “debemos devolver a la naturaleza lo que nos ha dado a través un modelo de economía circular” (Zarza, 2021). Adicionalmente, se debe considerar, que el agua es un recurso clave para un desarrollo económico, social y ambiental sostenible, en este contexto, el sector del agua tiene ante sí grandes desafíos como:

- Aunar esfuerzos entre el sector público y privado.
- Regulación del precio del agua y generación de economías de escala.
- Mantener la seguridad hídrica frente al CC.
- Dar valor al agua en la economía circular.
- Aprovechamiento de las nuevas tecnologías.
- Aumentar la implicación de la sociedad civil (Nubia-Arias, 2016).

Un punto importante a considerar en este aspecto, son las aguas residuales, las cuales son un recurso muy valioso, y su aprovechamiento debe ser uno de los objetivos principales a conseguir. La transición del sector del agua, hacia un modelo de economía circular, es de vital importancia para la seguridad hídrica, que inicia por la definición de estrategias, planes y programas, así como, por el refuerzo de adoptar medidas de control, que permitan el desarrollo de buenas prácticas para recuperar el recurso. El agua es, por tanto, un factor limitante y una oportunidad para el desarrollo, al mismo tiempo. La cultura del agua, debe promover objetivos de aprendizaje, tanto de conocimientos, como de habilidades y actitudes fundamentales para impulsar un juicio crítico, el desarrollo de competencias y una conciencia ambiental de ahorro y uso eficiente del agua. Por esto, es importante que la EA contribuya a generar actitudes positivas en la vida cotidiana y profesional (MADS, 2019).

#### **Actividades ecológicas**

La promoción de las actividades ecológicas representa un proceso educativo, cuyo papel impulsa y sensibiliza cambios favorables hacia el cuidado del MA (CMA), promoviendo la participación de todos para lograr soluciones integrales a los problemas ecológicos y su impacto en la vida diaria. Es por ello, que surge la necesidad de generar conciencia de la PA actual entre los jóvenes y así, estimular la participación de ellos en la protección y el mejoramiento de la calidad del MA donde viven. Lo anterior, implica mejorar la calidad de vida de todos los habitantes de un lugar. Para ello, se pueden usar juegos donde los niños y jóvenes, adquieran los conocimientos necesarios y, a la vez, sensibilizarse respecto a esta problemática. Durante los juegos, aprenderán lo que representa la naturaleza y su fragilidad. Tomarán conciencia de la necesidad de cuidarla. Y adoptarán conductas reflexivas y críticas respecto a situaciones conocidas y cotidianas que conducen a la destrucción de la naturaleza (Ramírez-Pozo, 2015).

Dichos juegos ecológicos generan una visión de la naturaleza, a través del juego, creando un verdadero sentido de pertenencia; lo importante será mantener un equilibrio entre los jugadores y la naturaleza. El objetivo es que los jugadores, a través del juego, empiecen comprender la importancia de la naturaleza, y así terminen, adoptando una verdadera conciencia sobre el MA en todos los sentidos. Estos juegos, pueden dividirse en tres partes:

- El objetivo: tiene que ver con lo que queremos transmitir.
- El desarrollo: explicar las dinámicas y reglas del juego, mostrar material didáctico, fijar la duración del mismo y la cantidad de participantes.
- La evaluación: cada participante debe expresar lo vivido, sensaciones, pensamientos y dudas generadas durante el desarrollo (Ramírez-Pozo, 2015)

#### **Proyectos ecológicos**

Otra oportunidad de se presenta con los proyectos ecológicos (PE), los cuales están constituidos por una serie de actividades propuestas para la consecución de ciertos objetivos, todos ellos destinados a modificar, de alguna manera, al MA y actualmente es posible conseguir el éxito a través de dichos proyectos. Es posible que te hayas planteado la idea de emprender una nueva actividad, ya sea en tu comunidad, alguna institución educativa o una empresa y en cualquiera de estos ámbitos debes saber que es posible conseguir sostenibilidad y rentabilidad (Zabalza Beraza, 2017). Sin embargo, surge la pregunta: ¿Cómo hacer un PE desde cero? En este sentido, Zabalza Beraza (2017), menciona que todo PE consta de cinco etapas: 1) Evalúe la realidad actual; 2) Defina los objetivos; 3) Idea las actividades; 4) Planifica y 5) Ejecuta. Siguiendo este esquema de trabajo, cualquier persona, pudiera llevar a cabo cualquier PE que se propongas (Zabalza Beraza, 2017).

### **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **Objetivo general**

• Implementar un programa de EA, en diferentes comunidades del norte de Durango.

#### **Objetivos específicos**

- Crear conciencia ecológica en los jóvenes, para garantizar un ambiente sano en diferentes comunidades del norte de Durango.
- Desarrollar capacidades y actividades en favor del MA.
- Fomentar las actitudes ecológicamente responsables, así como, la participación activa de los habitantes de las comunidades de estudio en temas sobre el MA.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

El estado de Durango es una de las 32 entidades federativas de la República Mexicana y se ubica en el noroeste de esta, cuenta con 39 municipios, de los cuales se estudiaron los siguientes Cuencamé, Nuevo Ideal (NI), San Juan del Rio (SJR), San Luis de Cordero (SLC)

y Villa Hidalgo (VH), ubicados en el norte del estado de Durango. En la **Tabla 1** se muestran los municipios, comunidades y grado/nombre de las diferentes instituciones educativas objetos del trabajo.

**Tabla 1**

*Lista de municipios y comunidades del norte de Durango, objeto de estudio.*

MUNICIPIO	COMUNIDAD	GRADO/NOMBRE DE LA ESCUELA
Cuencamé	Cuencamé	Público en general de varias comunidades.
Nuevo Ideal	Nuevo Ideal	Educación media superior (Colegio de Bachilleres del Estado de Durango, plantel 12 (COBAED).
San Juan del Río	San Juan del Río	Educación básica (Escuela Primaria Profesor Benito Acosta)
San Luis de Cordero	San Luis de Cordero	Educación media superior (EMSaD 04 José Vasconcelos)
Villa Hidalgo	La Esperanza	Educación básica (Escuela Primaria Margarita Meza de Juárez y la Escuela Telesecundaria #122 Felipe Villanueva)

## METODOLOGÍA

La finalidad de este trabajo fue crear conciencia en la sociedad, tanto estudiantil, como general, para fomentar los valores y establecer actitudes positivas para futuras generaciones sean personas plenamente responsables, con el propósito de cuidar nuestro MA. Para ello, se pusieron en marcha, actividades y pláticas que sirvieron para generar conciencia y disminuir o eliminar el impacto sobre el MA, ajustando el trabajo para cada una de las problemáticas que se tienen, tanto a nivel escuela, así como, los municipios estudiados. Es por eso que en este trabajo destacaron los siguientes puntos:

- Formación personal
- Programa de EA y materiales didácticos
- Educación y formación escolar y pública
- Difusión de información
- Evaluación y retroalimentación

La metodología empleada se generó a partir de las necesidades que presentaban las instituciones y los municipios, en cuanto a problemáticas que presentan las escuelas o los municipios en sí.

## FASES DEL DESARROLLO

- Fase 1: Formación personal: Capacitaciones vía zoom para una mejor enseñanza al personal y alumnado.
- Fase 2: Programa de EA y materiales didácticos: Fueron elaborados una serie de programas de estudio y materiales didácticos para la enseñanza general.
- Fase 3: Educación y formación escolar y pública: Incremento de la educación y la información de los estudiantes en asuntos ambientales, los cuales incluyeron campañas de limpieza en las diferentes comunidades.
- Fase 4: Difusión de información: Compartir información por medio de carteles para la concientización de la comunidad y escuela.
- Fase 5: Evaluaciones y retroalimentación: Evaluación de los conocimientos adquiridos, por medio de exámenes y trabajos de retroalimentación.

## RESULTADOS

### Formación personal

Las capacitaciones para una mejor enseñanza se desarrollaron de dos modos formas, presenciales y online; las presenciales fueron impartidas por docentes de la Universidad Tecnológica de Rodeo en materias como expresión oral y escrita, formación sociocultural, contaminación del suelo, manejo integral de residuos, contaminación del aire por fuentes fijas, tratamiento de agua; mientras que, las online fueron impartidas por la Universidad del Medio Ambiente en temas como cuidado del agua, MA, sustentabilidad, ODS.

### Programa de EA y materiales didácticos

Los programas de EA y materiales didácticos más utilizados fueron elaborados acorde al municipio y tipo de personas, para niños se elaboraron presentaciones en power point animadas y juegos; para jóvenes presentaciones en power point, videos, materiales digitales (juegos en línea), así como juegos; mientras que para personas adultas se elaboraron presentaciones en power point.

### Educación y formación escolar y pública

Para incrementar la educación y la información en asuntos ambientales se realizó una programación con las personas, para realizar campañas de limpieza en las diferentes calles e instituciones educativas de los municipios, también se programó una serie de pláticas que impartió personal SEMARNAT de Gómez Palacio, Dgo.

### Difusión de información

La difusión de la información fue a través de carteles y dibujos sobre de los temas como MA, EA, PA, CC y de cómo actuar ante esto y así hacer conciencia a los habitantes de los diferentes municipios.

### Evaluaciones y retroalimentación

Para la evaluación, se elaboraron diferentes encuestas, crucigramas, sopa de letras y así, evaluar su aprendizaje durante las pláticas y clases impartidas, por tanto, para la retroalimentación se analizaron las respuestas y con ello, conocer que otros temas requieren abordarse en futuras capacitaciones.

### Resultados obtenidos por municipio

#### Cuencamé

En el municipio de Cuencamé se impartieron pláticas con niños y docentes de diferentes comunidades, donde se trataron temas sobre el CMA, reciclar, el cuidado del agua y suelo. Lo anterior, fue complementado con la elaboración de manualidades con material reciclable; de la misma manera, se repartieron arboles a varias personas y, algunos otros se plantaron en parques y plazas, adicionalmente, se realizó una campaña de limpieza de calles en varias comunidades del municipio de Cuencamé; y como parte de la retroalimentación, se aplicó una serie de actividades para evaluar su desempeño. Las evidencias se muestran en la **Figura 1**.



**Figura 1**

Evidencia de trabajo sobre educación ambiental realizado en el municipio de Cuencamé, Dgo.

#### Nuevo Ideal

En el municipio de NI se impartieron pláticas con jóvenes y docentes, abordando temas sobre el CC, biodiversidad, manejo de residuos, contaminación y cuidado del agua, también se elaboraron carteles dirigidos, especialmente para que la comunidad estudiantil estuviera mejor informada respecto a los problemas medioambientales y de cómo actuar ante esto, asimismo se ejecutaron una serie de actividades, con la finalidad de poner en práctica lo visto en las presentaciones de EA, como campañas de limpieza. Finalmente, en este municipio, se aplicaron una serie de trabajos de retroalimentación y evaluación de los jóvenes (**Figura 2**).



**Figura 2**

Evidencia de trabajo sobre educación ambiental realizado en el municipio de Nuevo Ideal, Dgo.  
San Juan del Rio



En el municipio de SJR, se impartieron pláticas con niños, donde se trataron temas como el CMA, la EA y sus principios básicos, vida sustentable, ecosistemas, así como reciclar y cuidar el agua. Adicionalmente se realizó una campaña de limpieza y se finalizó con una actividad de retroalimentación para evaluar su desempeño (Figura 3).



**Figura 3**

*Evidencia de trabajo realizado sobre educación ambiental, con niños de primaria realizado en el municipio de San Juan del Rio, Dgo. San Luis de Cordero*

En el municipio de SLC se impartieron pláticas con jóvenes y docentes, donde se trataron temas como el MA, la EA y sus principios básicos, vida sustentable, ecosistemas, los ODS, así como, la cultura de reciclar, cuidar el agua y también se realizaron PE; posteriormente, se realizó una limpieza general de la escuela, la cual incluyo, no solamente el exterior. Complementando dichas actividades con una reforestación en la institución educativa; y se finalizó con una actividad de retroalimentación para evaluar su desempeño (Figura 4).



**Figura 4**

*Evidencia de trabajo realizado sobre educación ambiental en el municipio de San Luis del Cordero, Dgo. Villa Hidalgo*

En el municipio de VH se impartieron pláticas con niños y jóvenes, donde se trataron temas sobre el cuidado del agua, cuidado del suelo, la quema de basura, el pensamiento verde y eco friendly (respetuoso con el medio ambiente), del mismo modo, se realizaron carteles, para que la comunidad estudiantil estuviera mejor informada respecto a los problemas medioambientales, asimismo, se ejecutaron una serie de actividades para poner en práctica lo visto en las pláticas de EA, como campañas de limpieza y reforestación. Y para finalizar se aplicaron una serie de trabajos de retroalimentación y evaluación (Figura 5).





a) Plática con los niños



b) Elaboración de trabajos



c) Evaluación a niños



d) Reforestación

## Figura 5

Evidencia de trabajo realizado sobre educación ambiental en el municipio de Villa Hidalgo, Dgo.

## DISCUSIÓN

Aunque la EA es considerada un tema importante, tanto por los estudiantes como por los maestros, no goza en la práctica de un estatus prioritario en las instituciones educativas (Márquez, 2018). Las limitaciones institucionales en términos de recursos económicos, humanos y logísticos, reduce la EA a una cuestión teórica orientada a sensibilizar a los alumnos sobre los PA (García & Restrepo, 2015), confinada a los salones de clase y con poca o ninguna relevancia para la vida cotidiana o dentro del entorno institucional, donde no se fomentan prácticas positivas que permitan a las escuelas convertirse en modelos de comportamiento ambiental (Aza & Lica, 2019). Aunque los alumnos adquieren actitudes ambientales positivas, no logran la comprensión profunda de la crisis ambiental y tampoco la motivación necesaria para modificar su comportamiento (Cantú, 2020).

Ante los PA, globales y locales, es necesario implementar en las instituciones educativas modelos o estrategias de EA donde se involucren, tanto a los estudiantes como a sus familiares (Espejel & Castillo, 2019). En suma, la EA debe ser orientada de la familia a la escuela y viceversa para fortalecer los conocimientos, habilidades, valores, actitudes y conductas de los jóvenes y de los integrantes del grupo familiar para lograr un entorno congruente con su realidad (Villamil, 2018). “La educación es un proceso de toma de conciencia, cambio de actitudes y valores, adquisición de conocimientos y desarrollo de habilidades, dirigido a la protección y cuidado del ambiente” (Tovar-Gálvez, 2017).

Conforme a lo anterior, es necesario que exista coherencia entre lo que se enseña y lo que ocurre en el entorno escolar, familiar y social. Educar a la gente para hacer algo que no se percibe como relevante no tiene sentido (García & Restrepo, 2015). La distancia entre la retórica de la EA y la práctica social en todos los ámbitos de la vida es tan grande, incluyendo el contexto escolar, que desanima a los jóvenes a cambiar su conducta. Los jóvenes consideran muy relevante el tema del ambiente, además tienen actitudes ambientales favorables y están interesados en profundizar su formación ambiental (MADS, 2019). Se requiere entonces de una EA que permita encauzar estas inquietudes y transformarlas en decisiones y acciones bien fundamentadas y acordes con una cultura de sustentabilidad (Gómez-Contreras, 2014).

## CONCLUSIONES

Considerando lo anteriormente expuesto, existe una falta de enseñanza en las comunidades del norte de Durango en cuestiones de EA. Se presenta una falta de interés sobre cuestiones ambientales en los jóvenes de 15 a 18 años, ya que ellos no piensan en un MA sano y seguro. Considerando que los programas ambientales son una herramienta de gran importancia y utilidad, si se trabajara de manera frecuente estos temas con las personas, ellos llevarían a casa o con nuevas personas un mensaje sobre un ambiente sano. Además que, en cada una de las experiencias exitosas, se realizan diferentes actividades, donde se logra que los estudiantes asuman un compromiso ambiental para conducirse con responsabilidad y actitud crítica ante el deterioro de su entorno. Las personas no sólo aprenden a valorar, sino que se preparan y capacitan para la acción ambiental.

Es por ello, que la EA requiere momentos de reflexión y discusión sobre los PA y su mitigación con prácticas, eficaces y exitosas que acerquen a los estudiantes a la participación activa, en la elaboración de alternativas o soluciones que ayuden a su entorno y comunidad. En este sentido, si cada persona pusiera su granito de arena para cuidar el MA, serían muchos los beneficios y el principal sería, vivir en un ambiente sano escolar que pudiera ser transmitido hacia la comunidad en general. Pero esto, debe tener como base una educación, con buenos valores que permitan que el ser humano, tenga conocimiento sobre el daño que se ha causado por la insensatez de no saber qué sucede cuando se tira la basura en ríos, si se talan o se queman los árboles, matar a los animales en peligro de extinción, entre otras problemáticas ambientales que existen, es por ello, que resulta importante que la EA sea difundida en todo el mundo y que lo anterior, se desarrolle desde las primeras etapas de vida del ser humano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amnistía Internacional. (2023, 10 de noviembre). El cambio climático. Recuperado el 10 de noviembre de 2023 de <https://amnistia.org.pe/nuestros-temas/cambio-climatico>
- Aza, S. P.; Lica, J. (2019). Planificación curricular de los docentes y la cultura ambiental en los estudiantes de educación básica. *Revista Innova Educación*, 1(2), 172-183. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2019.02.003>
- Calixto Flores, R. (2015). Propuesta en educación ambiental para la enseñanza del cambio climático. *Diálogos Educativos*, 29(15), 54-68. <http://www.dialogoseducativos.cl/revistas/n29/calixto>
- Calixto Flores, R.; García Ruiz, M.; Rayas Prince, J. R. S. (2017). La educación ambiental en la formación docente inicial. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 12(2), 80-92. <https://doi.org/10.18675/2177-580X.vol12.n2.p80-92>
- Cantú, M. P. C. (2020). Actitudes proambientales en jóvenes universitarios. *Ciencia y Educación*, 4(2), 67-74. <https://doi.org/10.22206/cyed.2020.v4i2>
- Coelho, F. (2019, 27 de mayo). Significado de sustentabilidad. Recuperado el 11 de noviembre de 2023 de <https://www.significados.com/sustentabilidad/>
- Cruz, V. G. J. (2022). Educación ambiental en instituciones educativas de educación básica en Latinoamérica: Revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 723-739. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i3.2255](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2255)
- De Luis García, E. (2018). El medio ambiente sano: La consolidación de un derecho. *Iuris Tantum Revista Boliviana de Derecho*, (25), 550-569. [http://www.scielo.org.bo/pdf/rbd/n25/n25\\_a19.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rbd/n25/n25_a19.pdf)
- Díaz, C. G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, 37(2), 227-240. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87024179004>
- Durand, L. (2017). Naturalezas desiguales. Discursos sobre la conservación de la biodiversidad en México. *Universidad Nacional Autónoma de México*. <https://doi.org/10.22201/crim.9786070291463e.2017>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2023, 18 de octubre). La importancia de la educación ambiental. *US EPA*. <https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-la-educacion-ambiental#:~:text=La%20educaci%C3%B3n%20ambiental%20aumenta%20la,decisiones%20informadas%20y%20medidas%20responsables>
- Espejel, R. A.; Castillo, R. I. (2019). Educación ambiental en el bachillerato: De la escuela a la familia. *Alteridad Revista de Educación*, 14(2), 231-242. <https://doi.org/10.17163/alt.v14n2.2019.07>
- García, J. E.; Porlán, R.; Cañal, P. (1988). La educación ambiental. *Cero en conducta*. 3(10). 37-40. <https://www.ceroenconducta.org/numero-10/>
- García Herrera, R. (2018). El cambio climático está aquí y no debería sorprendernos. *Revista Digital del Cedex*, 191, 28-31. <https://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2335>
- García, G. L. E.; Restrepo, A. C. (2015). Desarrollo humano y social en las prácticas ambientales de los graduados de la Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio ambiente, Universidad de Manizales. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (44), 253-266. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194238608018>
- García, M. R. (2016). Las entidades locales y los objetivos de desarrollo sostenible. Algunas notas sobre la naturaleza jurídica de la Agenda 2030. *Revista de Estudios de la Administración Local y Autonómica*, 5 96-105. <https://doi.org/10.24965/real.v0i5.10347>
- Gómez-Contreras, J. L. (2014). Del desarrollo sostenible a la sustentabilidad ambiental. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 22(1), 115-136. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90931814009>
- Gómez-Duarte, O. G. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1), 7-8. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>

- Jiménez-Fontana, R.; García-González, E. (2017). Visibilidad de la Educación Ambiental y la Educación para la Sostenibilidad en las publicaciones españolas sobre educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1) 271-285. <https://doi.org/10498/18861>
- Marín-Tinoco, R. I.; Ortega-Ramírez, A. T.; Esteban-Mendez, M.; Silva-Marrufo, O.; Barragan-Ledesma, L. E.; Valenzuela-Núñez, L. M.; Briceño-Contreras, E. A.; Sariñana-Navarrete, M. A.; Camacho-Luis, A.; Navarrete-Molina, C. (2023). Antioxidant and antibacterial activity of Mexican oregano essential oil, extracted from plants occurring naturally in semiarid areas and cultivated in the field and greenhouse in northern Mexico. *Molecules*, 28(18), 6547. <https://doi.org/10.3390/molecules28186547>
- Márquez, R. I. (2018). Formación ambiental para la sustentabilidad en el nivel medio superior de México. En *Edunovatic 2018. Conference Proceedings: 3rd Virtual International Conference on Education, Innovation and ICT*. 17-19 December, 2018 (pp. 392-396). Adaya Press. [https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=763725&orden=0&info=open\\_link\\_libro](https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=763725&orden=0&info=open_link_libro)
- Martínez, H. J. F. (2018). Fundamentos de la educación ambiental. <https://www.unetxea.org/ext/manual/html/fundamentos.html>
- Meza-Aguilar, L. (1992). Educación ambiental. ¿Para qué? *Nueva Sociedad*, 122, 176-185. [https://static.nuso.org/media/articles/downloads/2183\\_1.pdf](https://static.nuso.org/media/articles/downloads/2183_1.pdf)
- Meza-Herrera, C. A.; Navarrete-Molina, C.; Luna-García, L. A.; Pérez-Marín, C.; Altamirano-Cárdenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Abad-Zavaleta, J. (2022). Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research*, 211, 106676. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106676>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2019). Educación ambiental para la cultura del agua. Recuperado el 18 de septiembre de 2023 de <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/educacion-ambiental-para-la-cultura-del-agua/>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Macías-Cruz U.; Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santos, A.; Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Ramirez-Flores, J. J.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santiago, M. A.; Veliz-Deras, F. G. (2019b). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>
- Nubia-Arias, B. (2016). El consumo responsable: Educar para la sostenibilidad ambiental. *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 4(1), 29-34. <https://doi.org/10.15649/2346030X.385>
- Orgaz-Aguiera, F. (2018). Educación ambiental: Concepto, origen e importancia: el caso de República Dominicana. *Desarrollo Local Sostenible*, 11(31), 1-10. <http://www.eumed.net/rev/delos/31/index.html>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022a). Sheep production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106675. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106675>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022b). Goat production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106677>
- Palacios-Estrada, M.; Massa-Sánchez, P.; Martínez-Fernández, V. A. (2023). Cambio climático y contaminación ambiental como generadores de crisis alimentaria en la américa andina: un análisis empírico para ecuador. *Investigación Operacional*, 39(2), 234-249. <https://revistas.uh.cu/invoperacional/article/view/4024>
- Pérez-García, J. N. (2020). Causas de la pérdida global de biodiversidad. *Revista de la asociación colombiana de ciencias biológicas*, 1(32), 183-198. <https://doi.org/10.47499/revistaacsb.v1i32.219>
- Prada, R. E. A. (2013). Conciencia, concientización y educación ambiental: conceptos y relaciones. *Revista Temas*, 7, 231-244. <https://doi.org/10.15332/rt.v0i7.585>
- Ramírez-Pozo, L. G. (2015). Juegos ecológicos para el cuidado del medio ambiente de los niños y niñas de 3 a 4 años del centro de educación general básica [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2309/1/UPSE-TEP-2015-0002.pdf>
- Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad (RSES). (2022, 8 de enero). Sustentabilidad: qué es, definición, concepto, principios y tipos. [https://responsabilidadsocial.net/sustentabilidad-que-es-definicion-concepto-principios-y-tipos/?amp#Que\\_es\\_la\\_Sustentabilidad](https://responsabilidadsocial.net/sustentabilidad-que-es-definicion-concepto-principios-y-tipos/?amp#Que_es_la_Sustentabilidad)
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C. (2017). Huella hídrica y productividad económica del agua en Nogal Pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. *Estudios de economía aplicada*, 35(3), 697-716



- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C.; Ruiz-Torres, J. (2017). La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. *Avances en medicina veterinaria*, 24, 20-36
- Ríos-Flores, J. L.; Ríos-Arredondo, B. E.; Cantú-Brito, J. E.; Ríos-Arredondo, H. E.; Armendáriz-Erives, S.; Chávez-Rivero, J. A.; Navarrete-Molina, C.; Castro-Franco, R. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y uva (*Vitis vinífera*) de mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2014. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(1), 101-122
- Salgado-Negret, B. (Ed.). (2016). La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: Protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. [http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9299/Rasgos\\_alta.pdf](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9299/Rasgos_alta.pdf)
- Sánchez, J. (2022, 16 de septiembre). Qué es educación ambiental: concepto y objetivos. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-educacion-ambiental-concepto-y-objetivos-1475.html>
- Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala (SNU). (2023, 15 de noviembre). Objetivos de desarrollo. Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de <https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>
- Sosa-Rodríguez, F. S. (2015). Política del cambio climático en México: Avances, obstáculos y retos. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 6(2), 4-23. [https://rde.inegi.org.mx/rde\\_15/doctos/rde\\_15\\_art1.pdf](https://rde.inegi.org.mx/rde_15/doctos/rde_15_art1.pdf)
- Soto Grajeda, G. G. (2019). Determinación de la calidad de agua del humedal Málaga, en Durango, México [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Materiales Avanzados]. Repositorio institucional. [https://www.researchgate.net/publication/369538182\\_Tesis-Version\\_16-Oct-2019\\_rev\\_22\\_gerardo\\_referencias\\_apha](https://www.researchgate.net/publication/369538182_Tesis-Version_16-Oct-2019_rev_22_gerardo_referencias_apha)
- Tovar-Gálvez, J. C. (2017). Pedagogía ambiental y didáctica ambiental: tendencias en la educación superior. *Revista Brasileira de Educação*, 22(69), 519-538. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782017226926>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2020). Biodiversidad. Consultado el 18 de agosto de 2023. <https://es.unesco.org/themes/educacion-desarrollo-sostenible/diversidad>
- Valera, M. F.; Silva, N. E. (Eds) (2012). Guía de capacitación en educación ambiental y cambio climático. USAID, CDCT y The Nature Conservancy: Santo Domingo. <https://bvearmb.do/bitstream/handle/123456789/275/Guia-capac-educacion-ambiental.pdf>
- Varela, A. (2019, 21 mayo). ¿Qué es educación ambiental? Parques Alegres. <https://parquesalegres.org/biblioteca/blog/que-es-educacion-ambiental/>
- Villamil, V. L. M. (2018). Propuesta didáctica de educación ambiental para desarrollo de la conciencia y el conocimiento ambiental [Tesis de maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio institucional. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/988/>
- Villaseñor, J. L. (2015). ¿La crisis de la biodiversidad es la crisis de la taxonomía? *Botanical Sciences*, 93(1), 03-14. <https://doi.org/10.17129/botsci.456>
- Zabalza Beraza, M. A. (2017). Didáctica de la educación infantil. Sexta edición. Editorial Narcea. p. 292. ISBN: 9788427707719
- Zarza, L. F. (2021, 26 de enero). La educación ambiental como vía para valorar el agua de hoy y mañana. iAgua. Recuperado el 29 de noviembre de 2023 de <https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/educacion-ambiental-como-via-valorar-agua-hoy-y-manana>

# Escenario económico de comunidades rurales del Norte-Noreste de Guanajuato

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.688

Evangelina García Sandoval<sup>1</sup>, Agustín Córdova Grimaldi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato [evangelinagarcia@utng.edu.mx](mailto:evangelinagarcia@utng.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato [agustincordova@utng.edu.mx](mailto:agustincordova@utng.edu.mx)

Línea de investigación: Desarrollo Sustentable

## Resumen

En México existen innumerables poblados cercanos o muy distantes de la mancha urbana (ciudad), en estos espacios comúnmente resuelven ciertas necesidades de manera autónoma, otras tantas las atienden por el apoyo de la autoridad respectiva. En estas comunidades rurales en donde habitan personas que cultivan y cosechan diversos granos, leche y algunos de sus derivados, algunos artículos de madera (muebles), materia prima necesarios para la construcción, entre otros, para realizar lo mencionado, es necesario el apoyo externo como caminos y carreteras, combustible (gasolina, gas LP), energía eléctrica, agua potable y algunos más.

Las personas que viven en las comunidades rurales del norte y noreste del Estado de Guanajuato han obtenido algunos beneficios del gobierno, sin embargo, no son suficientes, considerando que gran parte no puede salir a la ciudad u otro país por situaciones familiares, para subsistir laboran en el campo, cuidan ganado, y atienden un negocio familiar. Lo más común en estos núcleos de población es que aún existen mujeres dedicadas al hogar, al cuidado de su hijas e hijos. Por otro lado, también hay personas que no trabajan, por supuesto sin aportar a la economía familiar.

En el presente escrito se indica la situación de las personas que habitan en la comunidad rural, donde muchas familias viven en casa prestada, otras en rentada, otras tantas la cuidan y en pocos casos en casa propia, la actividad a la que se dedican en primera instancia, buscando constantemente el bienestar social y familiar.

*Palabras Clave: Agenda 20-30, Comunidad Rural, Consumo responsable Escenario Económico sustentable.*

## Abstract

In Mexico there are innumerable towns near or very distant from the urban sprawl (city), in these spaces they commonly solve certain needs autonomously, many others are attended to by the support of the respective authority. In these rural communities where people live who grow and harvest various grains, milk and some of its derivatives, some wooden items (furniture), raw materials necessary for construction, among others, to do the aforementioned, external support is necessary. such as roads and highways, fuel (gasoline, LP gas), electric power, drinking water and some more.

The people who live in the rural communities of the north and northeast of the State of Guanajuato have obtained some benefits from the government, however, they are not enough, considering that a large part cannot go out to the city or another country due to family situations, to subsist by working. In the fields, they take care of cattle and run a family business. The most common thing in these population centers is that there are still women dedicated to the home, taking care of their daughters and sons. On the other hand, there are also people who do not work, of course without contributing to the family economy.

This document indicates the situation of the people who live in the rural community, where many families live in a borrowed house, others rented, many others take care of it and in a few cases in their own home, the activity they do in first instance, constantly seeking social and family well-being.

*Key words: Rural community, responsible consumption, Schedule 20-30, Sustainable economic development.*



## INTRODUCCIÓN

La economía mundial sufrió grandes estragos por la pandemia de COVID 19, el cierre parcial o total de empresas de diversos giros y tamaños, la disminución en la producción o el recorte de personal, entre otros factores provocaron sin duda alguna que el peculio global se viniera abajo. En México no fue la excepción, sobre todo los pequeños negocios que tuvieron que cerrar por falta de clientes y, por ende, de ingresos, con ello dejar a gran cantidad de personas sin empleo, lo que además motivó la ausencia del sustento familiar.

En diversas ciudades de México se ha visto la situación que acontece, basta atender los noticieros para enterarse de la situación que impera, donde las diferencias económicas son cada vez más grandes a pesar de los esfuerzos individuales, familiares y gubernamentales, unos buscando constantemente el sustento familiar, el otro por vivir en un ambiente amable sin sobresaltos con la inflación y gubernamental generando y en muchas ocasiones ofreciendo programas a la población que espera con ansias ser beneficiados. Pero, no es en todos los espacios del país, un aspecto importante son las comunidades rurales las cuales gran parte de ellas no tienen acceso a todos los servicios y/o apoyos que ofrece el Estado en sus diversos niveles de gobierno, ahora, al enfocarse específicamente en las ubicadas en la zona norte y noreste del Estado de Guanajuato, se muestra de manera general el escenario económico por el que están pasando, el cual no ha sido fácil por diversos factores como falta de agua, energía eléctrica, pavimentación de calles, espacios públicos para el esparcimiento, centros educativos alejados del hogar, y, por si fuera poco, la apatía de muchos de los habitantes que evita el desarrollo de estos núcleos de población. En el documento presentado, se indican resultados de una encuesta aplicada a representantes y habitantes de diversas comunidades ubicadas en municipio de la Zona Norte y Noreste del Estado de Guanajuato, los resultados son los generados por la inquietud de personas que viven en esta zona.

En el presente artículo pretende mostrar un semblante de comunidades rurales de la zona norte y noreste del Estado de Guanajuato relacionadas con el escenario económico sustentable, cobijados por la agenda 2030.

## DESARROLLO

En México hay un gran número de comunidades ubicadas cerca o distantes de las vías de acceso que provocan en gran manera el desarrollo económico. En la zona norte y noreste del Estado de Guanajuato cuenta con diversos poblados con carreteras que ocasionan el crecimiento de los mismos, sin embargo, existen aún diversos núcleos sociales que se les dificulta el contacto con otros tantos por los tipos de caminos, muy descuidados estos que cuando llueve se convierten en “lagunas”, espacios lodosos y posteriormente llenos de agujeros, situaciones como las mencionadas restringen en algunos casos su desarrollo económico, aunado a la apatía de los habitantes y el escaso apoyo del gobierno.

El escenario económico en la comunidad rural es todavía incierto por las vías de acceso, servicios públicos de los que escasamente goza, por si fuera poco, la diversidad del pensamiento de los habitantes, ya que, mientras existen personas que constantemente desean participar en actividades en beneficio común, otras tantas no lo hacen, simplemente esperan a que el “gobierno les solucione todo”, provocando así una enorme brecha entre una y otra comunidad, sin mencionar la mancha.

Existen diversos caminos para considerar el crecimiento económico el cual se centra en el constante desarrollo del bienestar humano, por un lado, la gran cantidad de personas deciden salir de país, específicamente a los Estados Unidos en busca del “sueño americano”, después de recorrer grandes distancias, si tienen suerte, buscan empleo y con el tiempo envían remesas que ayudan en gran medida al progreso de la comunidad ya que gracias a ello los parientes a los que les llega el dinero, construyen casas, adquieren bienes e inclusive, generan negocios familiares de los cuales buscan mantenerse. Sin embargo, no lo es todo, considerando ciertas restricciones que provoca el escenario natural: la cada vez más grande apatía por parte de los campesinos que han dejado de sembrar por la falta de asesoría para el uso de tierra para el cultivo de grano propio de la región, comentando que la tierra “ya no da”, dejándola “a la buena de Dios”, con esta apatía provoca que no haya un ingreso que se tendría en caso de una posible cosecha o al menos para el consumo familiar. Agregado al punto inmediato anterior, aún existen personas que podan o cortan árboles para la preparación de alimentos, lo que origina que grandes espacios hayan sido arrasados por la voracidad de los pobladores que no les importa la imagen natural donde aún habitan la flora y fauna propias de la región.

La situación económica del país ha sufrido diversos cambios en los últimos años, no muy lejano fue en la pandemia de COVID 19, ello ocasionó que diversos sectores se vinieran para abajo, ocasionando el cierre parcial o total de negocios de diversos tamaños, provocando que gran cantidad de trabajadores fueran separados de su empleo y dificultando encontrar una nueva fuente de ingresos. Muchos de los perjudicados fueron de comunidades rurales, los cuales sufrieron aún más la problemática ocurrida. Todavía existen muchos lugares que sobrellevan el sustento familiar realizando diversas actividades que apoyan el crecimiento económico. Entonces surge la pregunta ¿Qué se necesita para generar un desarrollo económico? Pueden considerarse un gran número de propuestas, considerando la administración de niveles de producción y de consumo y atender a aquellas comunidades que presentan mayores rezagos que les impiden el crecimiento o fortalecimiento en su economía.

Agenda 20-30

La agenda 20-30 en México, es una hoja de ruta que pone un horizonte en común con el fin de orientar acciones multisectoriales a favor de las personas, la preservación del planeta, la prosperidad económica en disminución de desigualdades, así como fomentar la paz y las alianzas. (Gobierno de México)

Escenario Económico sustentable

La dimensión o escenario económico del desarrollo sustentable se centra en mantener el proceso de desarrollo económico por vías óptimas hacia la maximización del bienestar humano, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por la disponibilidad del capital natural (recursos naturales).

Establecer el desarrollo económico en la comunidad rural desde el punto de vista sustentable no es simple de conseguir.

#### **Población rural y urbana**

El número de habitantes de una localidad determina si es rural o urbana. De acuerdo con el INEGI, una población se considera rural cuando tiene menos de 2,500 habitantes, mientras que la urbana es aquella donde viven más de 2,500 personas.

Debido a la constante migración del campo a las ciudades, el número de habitantes de localidades urbanas ha ido en aumento; en contraste, el de las rurales ha disminuido. (INEGI, 2020).

Sin embargo, como se indica en párrafo anterior, se ha estado observando en varias comunidades rurales, familias que han emigrado a los Estados Unidos en busca de una mejor vida, por ello casas se han visto “abandonadas”, se van por meses e inclusive años y solo regresan para visitar a parientes, aprovechando así de “dar una vuelta” por la casa. Además, las tierras que antes se cultivaron ahora gran parte se han abandonado, solo basta observar en un paseo por el campo (rancherías) y de esta manera observar la triste realidad, considerando que el campo provee de gran parte de alimentos que se consumen día con día.

#### **Comunidad Rural**

Del vocablo latino *communitas*, una **comunidad** es un conjunto de **personas** que forman parte de un pueblo, región o nación, o que están vinculadas por ciertos intereses comunes. (Pérez Porto, 2010).

Con la definición establecida, se puede considerar como un pequeño poblado donde viven personas que cuben un área determinada, constituyendo de alguna manera una unidad económica, social y cultural. La comunidad rural en su mayoría resuelve por sí misma ciertas necesidades, dependiendo en gran manera del gobierno municipal que auxilia en el desarrollo de la gente que habita estos espacios.

Todavía las comunidades rurales siembran granos como frijol, maíz, calabaza, habas entre otros, además de leche, algunos derivados de la misma como queso, jocoque, crema, de acuerdo a lo que se pueden producir en la región. Por supuesto se puede considerar carne por el ganado que aun familias producen. Esto, mencionado genera un ingreso en la familia rural, aun la producción ha bajado considerablemente, cuando las personas buscan una o varias fuentes de generación de ingresos, como ir a la ciudad u otro país para obtener un mejor beneficio,

#### **Consumo responsable**

Es innegable la necesidad social de adquirir y consumir productos y/o servicios, esta actividad genera la circulación del dinero, parte importante en el desarrollo económico mundial, con ello, el Estado busca constantemente estrategias que apoyen en gran manera a las empresas en la exportación e importación de productos que son necesarios para el impulso mercantil en el país.

Las comunidades rurales son vitales en el desarrollo económico, ya que del campo en donde se producen y cosechan diversos productos para el consumo humano. La persona al adquirir diversos productos a utilizar de acuerdo a sus necesidades, debe ser que solo adquiera lo que realmente a necesita, evitando así la adquisición exagerada de insumos innecesarios y que pudiera provocar la escasez y por ende carestía de artículos en el mercado. El consumo responsable

#### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar el escenario económico de comunidades rurales de municipios de la zona norte y noreste del estado de Guanajuato, considerando lo estipulado en la agenda 2030.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Conocer los medios para la obtención de recursos económicos por parte de las familias en comunidades rurales.
2. Conocer las necesidades básicas para subsistir en comunidades rurales.

#### **OBJETO DE ESTUDIO**

Situación económica de las comunidades rurales del Norte y Noreste del Estado de Guanajuato, a fin de conocer el modus vivendi de las personas que habitan estos espacios y lo que realizan para subsistir en lugares separados de los beneficios de vivir en la ciudad, por las vías de comunicación, empleo, acceso a servicios básicos entre otros que conlleva a una mejor calidad de vida.

#### **METODOLOGIA**

Se llevó a cabo un estudio exploratorio utilizando la investigación cualitativa y cuantitativa, aplicando como instrumento un cuestionario a delegados o delegadas de comunidad rural, auxiliados en algunos casos con personas del mismo lugar y que tengan conocimientos de las necesidades que tienen actualmente.

#### **FASES DEL DESARROLLO**

La investigación se realiza por primera ocasión a través de la aplicación de un cuestionario a 36 comunidades rurales de diversos municipios del norte y noreste del Estado de Guanajuato, el instrumento se crea conforme uno de los objetivos de la agenda 20-30 se acude con delegados (as) y /o líderes sociales en busca de apoyo para llevar a cabo el proyecto, a las personas mencionadas se les aplica el cuestionario como se observa en la figura 1, posteriormente se tabula y analiza la información obtenida.

**Figura 1:**  
*Aplicación de encuesta*

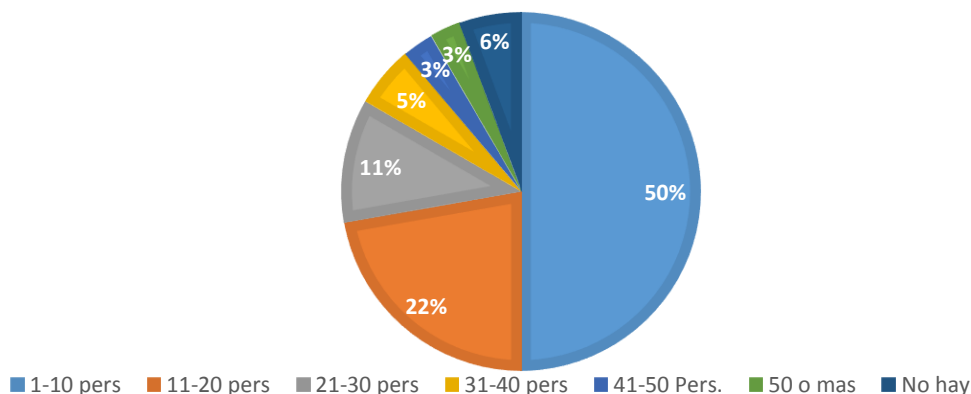


## RESULTADOS

En el presente apartado se presentan los resultados obtenidos de cuestionarios aplicados a representantes de diversas comunidades rurales establecidas en los municipios de Dolores Hidalgo C.I.N., San Miguel de Allende, San Diego de la Unión, Dr. Mora, San Felipe, San Luis de la Paz y San José Iturbide durante el 5 al 23 de junio de 2023.

Se acude de manera presencial a las diversas comunidades rurales a fin de hacer las preguntas a las personas para conocer las diversas actividades que desarrollan para generar un beneficio económico individual, familiar y comunitario, además, de revisar la situación patrimonial (casa) que habitan. Es necesario comentar que se buscó a personas que tienen un conocimiento basto del lugar, como son delegados (as), gente de la tercera edad o aquellos que tienen un contacto constante con los habitantes como tiendas de abarrotes donde acuden clientes a adquirir algún producto. El tamaño de la muestra es de 36 comunidades rurales

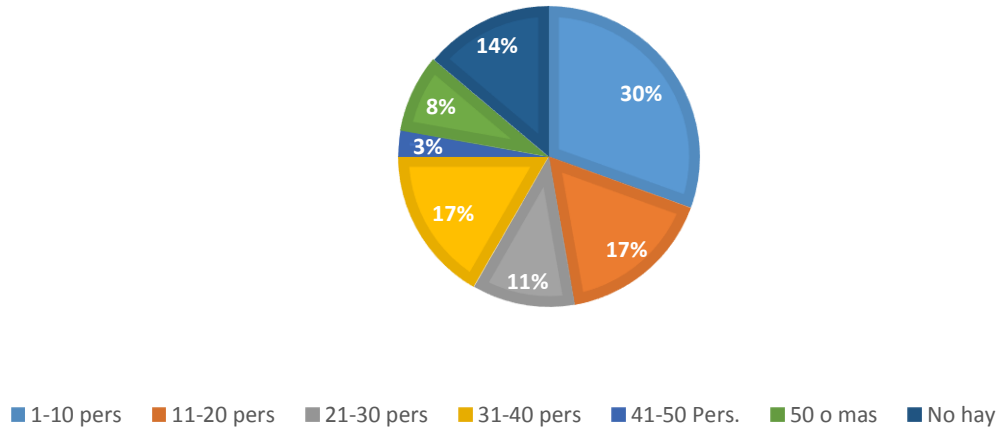
GRÁFICO 1. NEGOCIO FAMILIAR



- 18 comunidades que representan el 50% de la muestra cuentan con un negocio familiar, en un rango de 1-10 personas.
- 8 comunidades que representan el 22% de la muestra cuentan con un negocio familiar, en un rango de 11-20 personas.
- 4 comunidades que representan el 11% de la muestra cuentan con un negocio familiar, en un rango de 21-30 personas.
- 2 comunidades que representan el 6% de la muestra se encontró que las personas no cuentan con un negocio familiar.
- 2 comunidades que representan el 5% de la muestra cuentan con un negocio familiar, en un rango de 31-40 personas.
- 1 comunidad que representa el 3% de la muestra cuenta con un negocio familiar, en un rango de 41-50 personas.
- 1 comunidad que representa el 3% de la muestra cuenta con un negocio familiar, en un rango de 50 o más personas.

Ver gráfico 1

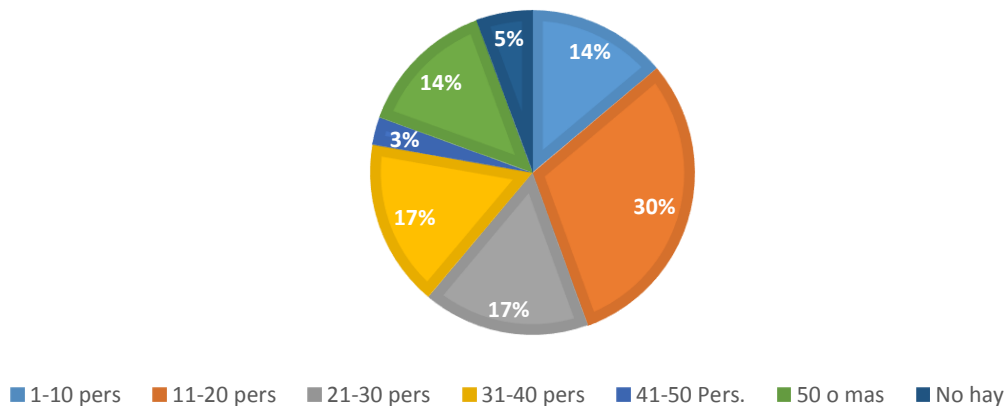
GRÁFICO 2. TRABAJAN EN OTRA CIUDAD



- 11 comunidades que representan el 30% de la muestra trabajan en otra ciudad, en un rango de 1-10 personas.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra trabajan en otra ciudad, en un rango de 11-20 personas.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra trabajan en otra ciudad, en un rango de 31-40 personas.
- 4 comunidades que representan el 11% de la muestra trabajan en otra ciudad, en un rango de 21-30 personas.
- 5 comunidades que representan el 14% de la muestra se encontró que las personas no trabajan en otra ciudad.
- 3 comunidades que representan el 8% de la muestra trabajan en otra ciudad, en un rango de 50 o más personas.
- 1 comunidad que representa el 3% de la muestra trabaja en otra ciudad, en un rango de 41-50 personas.

Ver gráfico 2

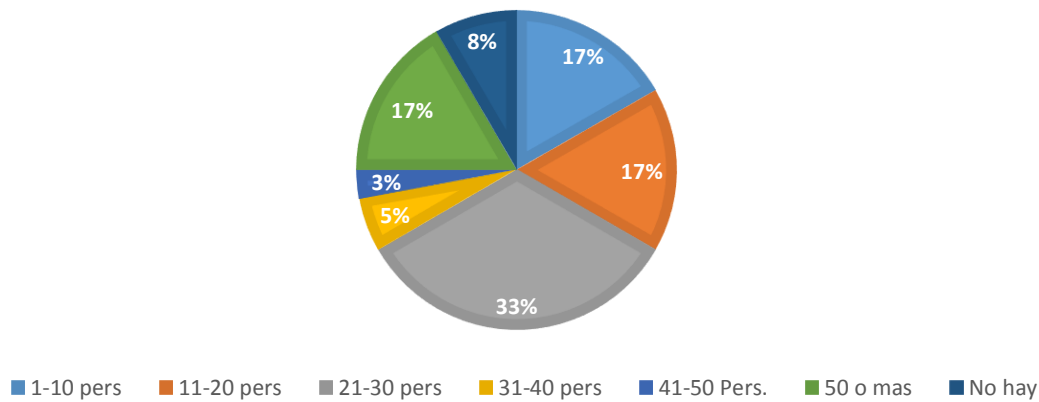
GRÁFICO 3. TRABAJAN EN OTRO PAÍS



- 11 comunidades que representan el 30% de la muestra trabajan en otro país, en un rango de 11-20 personas.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra trabajan en otro país, en un rango de 21-30 personas.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra trabajan en otro país, en un rango de 31-40 personas.
- 5 comunidades que representan el 14% de la muestra trabajan en otro país, en un rango de 1-10 personas.
- 5 comunidades que representan el 14% de la muestra trabajan en otro país, en un rango de 50 o más personas.
- 2 comunidades que representan el 5% de la muestra se encontró que las personas no trabajan en otro país.
- 1 comunidad que representa el 3% de la muestra trabaja en otro país, en un rango de 41-50 personas.

Ver gráfico 3

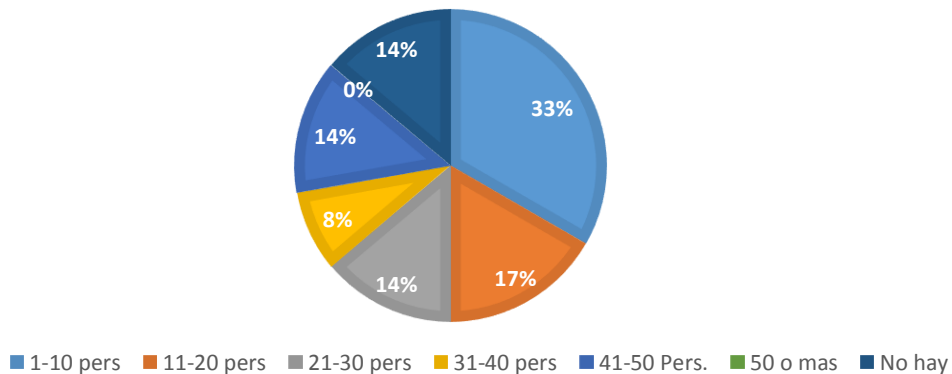
GRÁFICO 4. TRABAJAN EN EL CAMPO



- 12 comunidad que representan el 33% de la muestra trabajan en el campo, en un rango de 21-30 personas.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra trabajan en el campo, en un rango de 1-10 personas.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra trabajan en el campo, en un rango de 11-20 personas.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra trabajan en el campo, en un rango de 50 o más personas.
- 3 comunidades que representan el 8% de la muestra se encontró que las personas no trabajan en el campo.
- 2 comunidades que representan el 5% de la muestra trabajan en el campo, en un rango de 31-40 personas.
- 1 comunidad que representa el 3% de la muestra trabaja en el campo, en un rango de 41-50 personas.

Ver gráfico 4

GRÁFICO 5. CUIDAN GANADO

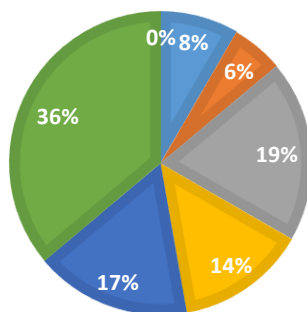


- 12 comunidades que representan el 33% de la muestra cuidan ganado, en un rango de 1-10 personas.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra cuidan ganado, en un rango de 11-20 personas.
- 5 comunidad que representan el 14% de la muestra cuidan ganado, en un rango de 21-30 personas.
- 5 comunidades que representa el 14% de la muestra cuidan ganado, en un rango de 41-50 personas.
- 5 comunidades que representan el 14% de la muestra se encontró que las personas no cuidan ganado.
- 3 comunidades que representan el 8% de la muestra cuidan ganado, en un rango de 31-40 personas.
- 0 comunidades que representan el 0% de la muestra cuidan ganado, en un rango de 50 o más personas.

Ver gráfico 5



GRÁFICO 6. AMA DE CASA

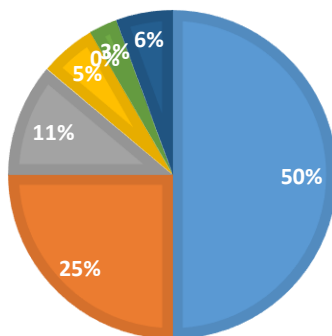


■ 1-10 pers ■ 11-20 pers ■ 21-30 pers ■ 31-40 pers ■ 41-50 Pers. ■ 50 o mas ■ No hay

- 13 comunidades que representan el 36% de la muestra son amas de casa, en un rango de 50 o más personas.
- 7 comunidades que representan el 19% de la muestra son amas de casa, en un rango de 21-30 personas.
- 6 comunidades que representa el 17% de la muestra son amas de casa, en un rango de 41-50 personas.
- 5 comunidades que representan el 14% de la muestra son amas de casa, en un rango de 31-40 personas.
- 3 comunidades que representan el 8% de la muestra son amas de casa, en un rango de 1-10 personas.
- 2 comunidades que representan el 6% de la muestra son amas de casa, en un rango de 11-20 personas.
- 0 comunidades que representan el 0% de la muestra se encontró que las personas son amas de casa.

Ver gráfico 6

GRÁFICO 7. NO TRABAJAN

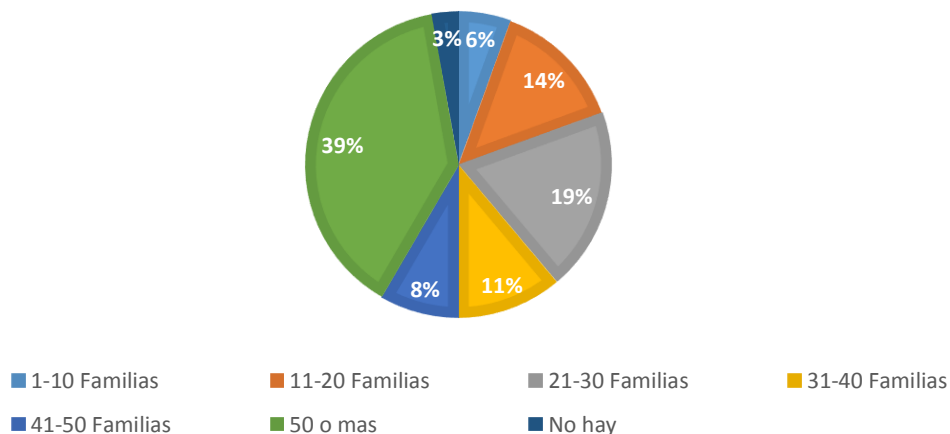


■ 1-10 pers ■ 11-20 pers ■ 21-30 pers ■ 31-40 pers ■ 41-50 Pers. ■ 50 o mas ■ No hay

- 18 comunidades que representan el 50% de la muestra no trabajan, en un rango de 1-10 personas.
- 9 comunidades que representan el 25% de la muestra no trabajan, en un rango de 11-20 personas.
- 4 comunidades que representan el 11% de la muestra no trabajan, en un rango de 21-30 personas.
- 2 comunidades que representan el 6% de la muestra se encontró que las personas no trabajan.
- 2 comunidades que representan el 5% de la muestra no trabajan, en un rango de 31-40 personas.
- 1 comunidad que representan el 3% de la muestra no trabajan, en un rango de 50 o más personas.
- 0 comunidades que representa el 0% de la muestra no trabajan, en un rango de 41-50 personas.

Ver gráfico 7

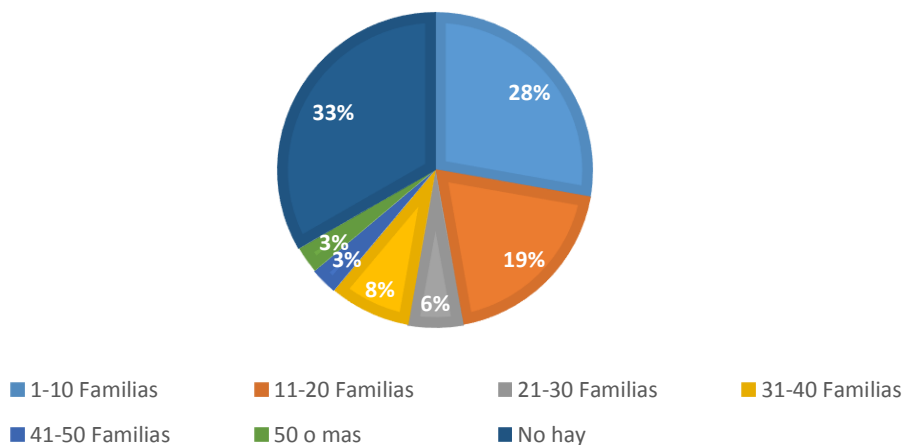
GRÁFICO 8. VIVEN EN CASA PROPIA



- 14 comunidad que representan el 39% de la muestra viven en casa propia, en un rango de 50 o más familias.
- 7 comunidades que representan el 19% de la muestra viven en casa propia, en un rango de 21-30 familias.
- 5 comunidades que representan el 14% de la muestra viven en casa propia, en un rango de 11-20 familias.
- 4 comunidades que representan el 11% de la muestra viven en casa propia, en un rango de 31-40 familias.
- 3 comunidades que representa el 8% de la muestra viven en casa propia, en un rango de 41-50 familias.
- 2 comunidades que representan el 6% de la muestra viven en casa propia, en un rango de 1-10 familias.
- 1 comunidades que representan el 3% de la muestra se encontró que las familias viven en casa propia.

Ver gráfico 8

GRÁFICO 9. VIVEN EN CASA RENTADA

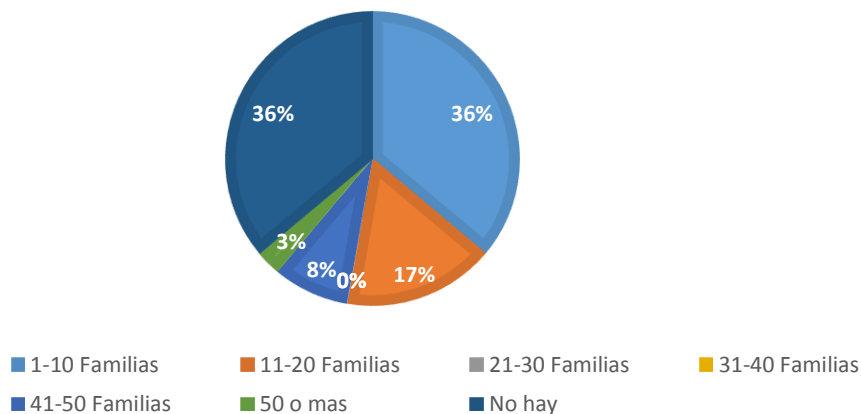


- 12 comunidades que representan el 33% de la muestra se encontró que las familias viven en casa rentada.
- 10 comunidades que representan el 28% de la muestra viven en casa rentada, en un rango de 1-10 familias.
- 7 comunidades que representan el 18% de la muestra viven en casa rentada, en un rango de 11-20 familias.
- 3 comunidades que representan el 8% de la muestra viven en casa rentada, en un rango de 31-40 familias.
- 2 comunidades que representan el 6% de la muestra viven en casa rentada, en un rango de 21-30 familias.
- 1 comunidad que representa el 3% de la muestra viven en casa rentada, en un rango de 41-50 familias.

- 1 comunidad que representan el 3% de la muestra viven en casa rentada, en un rango de 50 o más familias.

Ver gráfico 9

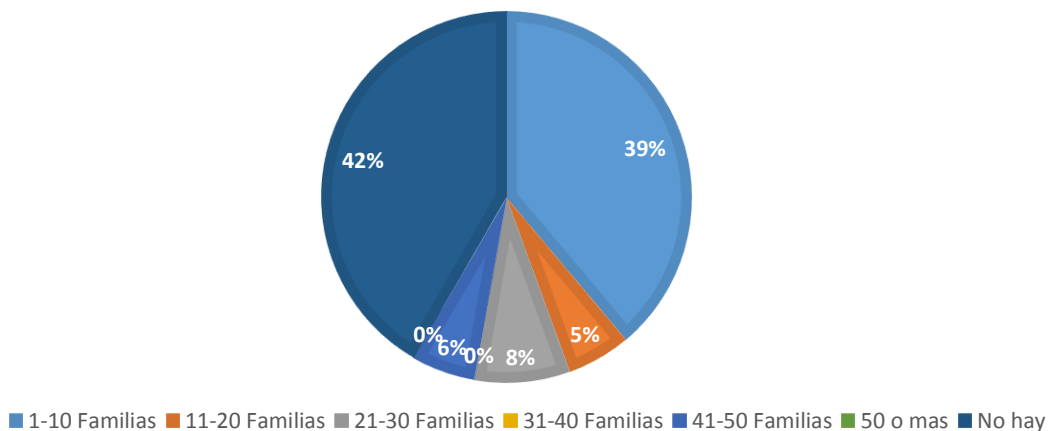
GRÁFICO 10. VIVEN EN CASA PRESTADA



- 13 comunidades que representan el 36% de la muestra viven en casa prestada, en un rango de 1-10 familias.
- 13 comunidades que representan el 36% de la muestra se encontró que las familias viven en casa prestada.
- 6 comunidades que representan el 17% de la muestra viven en casa prestada, en un rango de 11-20 familias.
- 3 comunidades que representa el 8% de la muestra viven en casa prestada, en un rango de 41-50 familias.
- 1 comunidad que representan el 3% de la muestra viven en casa prestada, en un rango de 50 o más familias.
- 0 comunidades que representan el 0% de la muestra viven en casa prestada, en un rango de 21-30 familias.
- 0 comunidades que representan el 0% de la muestra viven en casa prestada, en un rango de 31-40 familias.

Ver gráfico 10

GRÁFICO 11. CUIDAN LA CASA



- 14 comunidades que representan el 39% de la muestra cuidan la casa en un rango de 1-10 familias.
- 3 comunidades que representan el 8% de la muestra cuidan la casa, en un rango de 21-30 familias.
- 2 comunidades que representan el 5% de la muestra cuidan la casa, en un rango de 11-20 familias.
- 2 comunidades que representa el 6% de la muestra cuidan la casa, en un rango de 41-50 familias.
- 0 comunidades que representan el 0% de la muestra cuidan la casa, en un rango de 31-40 familias.
- 0 comunidades que representan el 0% de la muestra cuidan la casa, en un rango de 50 o más familias.
- 15 comunidades que representan el 42% de la muestra se encontró que las familias cuidan la casa.

## DISCUSIÓN

Es innegable la situación de las personas que viven en comunidades rurales en los municipios de la zona Norte y Noreste del Estado de Guanajuato, en su mayoría esperando que los diferentes niveles de gobiernos brinden el apoyo para atender sus múltiples necesidades que van desde accesos viales, energía eléctrica sobre todos en los espacios por donde transita la gente, además de servicio de limpia (camión recolector de basura) que acude ocasionalmente como un día por semana, por quincena, e incluso por mes, agua potable muy escasa, considerando los tiempos que se viven, casa habitación con certeza jurídica (escrituración) y es de resaltar que también en estos núcleos de población también existen personas que carecen de un techo donde habitar con su familia, por si fuera poco, por el lado laboral en varios casos hay familias enteras que tienen que viajar a la ciudad más cercana o incluso al extranjero, esto último provoca separación de familias que en muchas ocasiones esperan al ser querido y ya no vuelve por diversas circunstancias dejando en el desamparo a esposa e hijos.

Lo mencionado ocasiona que muchas familias se trasladen a la ciudad en busca de un mejor nivel de vida donde sus hijas e hijos puedan acceder a diversos servicios educativos, de salud, de entretenimiento e inclusive de trámite gubernamentales que alivia en grandes proporciones su existencia.

## CONCLUSIÓN

Comunidad rural, ese pequeño poblado alejado de la ciudad, donde viven trabajadores de la tierra, y que constituyen una unidad económica, con sentido sociocultural importante en la vida de una ciudad, un país e inclusive en el planeta tierra. De este espacio territorial surge gran parte de la alimentación de la gente que habita este planeta, sin embargo, pareciera que se les ha olvidado, considerando los servicios, las facilidades que se tiene en la ciudad en comparación con el campo donde, los servicios básicos llegan a cuenta gotas, caminos de difícil acceso polvorientos en tiempo de “secas” y lodosos cuando llueve, campos de siembra secos por la falta de agua.

Por otro lado, la oportunidad de trabajo, personas que tienen que trasladarse a la ciudad, inclusive a otro estado o país en busca del sustento familiar, dejando a esposa e hijos por días e incluso años, ello porque en la comunidad rural ya no siembran y cosechan en su caso porque la tierra “ya no da”, sin embargo, cuando se alcanza a obtener una buena cantidad de maíz o frijol (que comúnmente se siembra), al acudir al mercado les ofrecen precios ridículos por su producto. Algunas personas o familias tienen negocio familiar como tienda de abarrotes, pollería, estética, e inclusive venta de cerveza, de la cual subsisten.

Familias que no tienen la certeza jurídica de su propiedad, viven en casa rentada, prestada o incluso cuidan la de un familiar, esta es la situación de algunas comunidades rurales de la zona norte y noreste el Estado de Guanajuato.

Por lo mencionado es importante asesorar y aprovechar los beneficios que ofrece el Gobierno del Estado de Guanajuato con programas como: Conectando mi camino rural, Rehabilitación de obras hidroagrícolas del agua superficial (Obras Hidroagrícolas), Mi riego productivo (mi riego), Desarrollo Territorial sustentable (Desarrollo Territorial), Mejores usos del agua en el campo (Usos del agua), Mi ganado productivo (Mi Ganado), Tecno-campo (Tecno-Campo), Apoyo para el fortalecimiento de un paquete tecnológico (Paquete Tecnológico), Reconversión sustentable de la agricultura (Reconversión Sustentable), Comercialización innovadora (Comercialización), Juntos por la grandeza del campo (Grandeza del Campo), Fomento al aseguramiento agropecuario (Aseguramiento), Mi familia productiva y sustentable (Mi Familia). (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2023)

En el Periódico Oficial del Estado de Guanajuato indica las reglas de operación y sus modificaciones de apoyo a comunidades rurales en la Reglas de operación del programa S011.C01. QB0371, Rehabilitación de obras hidroagrícolas para el ejercicio fiscal 2023, los mismos deben ser considerados por la población rural afín de hacerse de un beneficio que el documento señala (Periódico Oficial del estado de Guanajuato, 2022)

## BIBLIOGRAFÍA

1. Desarrollosustentabletec. <https://desarrollosustentabletec9.webnode.es/a1-3-1-escenario-economico-de-la-sustentabilidad/>
2. Gobierno del Estado de Guanajuato, 2023. <https://sdayr.guanajuato.gob.mx/programas>
3. Periódico Oficial del estado de Guanajuato, 2022. [https://siareg.guanajuato.gob.mx/files/transparencia/2023/15/2023\\_307\\_380\\_15b\\_2\\_QC0173\\_ro\\_jrarguelloa\\_750.pdf](https://siareg.guanajuato.gob.mx/files/transparencia/2023/15/2023_307_380_15b_2_QC0173_ro_jrarguelloa_750.pdf)
4. Pérez Porto, J., Gardey, A. (21 de enero de 2010). *Comunidad rural - Qué es, definición, características y tipos*. Definicion.de. Última actualización el 18 de octubre de 2021. Recuperado el 2 de agosto de 2023 de <https://definicion.de/comunidad-rural/>
5. Gobierno de México. ¿Qué es la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible? <https://www.gob.mx/agenda2030#:~:text=La%20Agenda%202030%20de%20M%C3%A9xico,la%20paz%20y%20las%20alianzas.>

# Estudio exploratorio de implementación de lógica difusa para identificar probabilidad de deserción escolar en el programa educativo de Diseño Digital área Animación en la UTNG

DOI 10.60968/iaet.3594-035X.689

Godoy Barrera Juana Andrea<sup>1</sup> Barrientos Avalos José de Jesús Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/ Personal, e-mail: [jagodoy@utng.edu.mx](mailto:jagodoy@utng.edu.mx)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/ Personal, e-mail: [jjbarrientos@utng.edu.mx](mailto:jjbarrientos@utng.edu.mx)

Línea de investigación: Casos

## Resumen

El presente estudio tiene como objetivo explorar la posibilidad de utilizar un algoritmo difuso para identificar e intentar predecir en el contexto de la deserción estudiantil los patrones y aspectos de vulnerabilidad que incrementan la probabilidad de que un estudiante abandone la escuela, con el objetivo de mejorar la retención escolar.

*Palabras clave:* Deserción escolar, información, lógica difusa, probabilidad, tutoría.

## Abstract

The objective of this study is to explore the possibility of using a fuzzy algorithm to identify and try to predict in the context of student dropout the patterns and aspects of vulnerability that increase the probability of a student dropping out of school, with the aim of improving the school retention.

Research line: Study cases

*Keywords:* School dropout, Fuzzy logic, information, probability, tutorships.

## INTRODUCCIÓN

La información es un recurso invaluable para las organizaciones, en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato no es la excepción, la presente investigación se centra en definir una propuesta para identificar aspectos relevantes que se obtienen de la intervención oportuna de la tutoría con los grupos escolares. Al observar el alto índice de deserción que se presenta en este programa educativo y considerando, el cuarto objetivo del desarrollo sostenible que promueve la ONU educación de calidad, relacionado con garantizar una educación inclusiva, equitativa, de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, ya que la educación permite la movilidad socioeconómica ascendente y esclava para salir de la pobreza. (Morán, 2015), se consideró de suma importancia realizar esta investigación para explorar la posibilidad de identificar e intentar predecir en el contexto de la deserción escolar, los patrones y aspectos de vulnerabilidad que incrementan la probabilidad de que un estudiante abandone la escuela.

## DESARROLLO

Para esta investigación se optó por emplear la metodología de varias cohortes, es un tipo de investigación con el enfoque de monitorear y estudiar grupos de personas que pertenecen a una corte específica a lo largo del tiempo en este caso son las generaciones que ingresan al programa educativo de diseño digital área animación. Entre las principales actividades que se realizaron fueron: la identificación de los cohortes, selección de la muestra, el margen de error y el nivel de confianza, recopilación de los datos iniciales investigando los antecedentes del tema de deserción en el programa educativo, el seguimiento a lo largo del tiempo en los patrones de comportamiento, el análisis comparativo, identificación de tendencias y patrones, aplicar investigación, las consideraciones éticas, el control de variables y por último la interpretación de resultados.

## OBJETIVO GENERAL

Determinar la pertinencia de implementar un algoritmo de lógica difusa que sirva para pronosticar la probabilidad de deserción escolar de los estudiantes en el programa educativo de Diseño Digital área Animación.

Los objetivos específicos de la presente investigación son:

- 1.- Analizar las cohortes generacionales de los últimos tres años para determinar el porcentaje de deserción escolar.
- 2.- Identificar y seleccionar las variables de investigación que se requieren utilizar en el algoritmo difuso.
- 3.- Investigar el funcionamiento de la lógica difusa, la aplicación en la solución para identificar la probabilidad de deserción escolar.

## OBJETO DE ESTUDIO

Se fundamenta en la exploración de hallazgos relacionados con aspectos que afectan la deserción escolar en la población de los estudiantes que ingresan al programa educativo de Diseño Digital área Animación en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato en cada una de las generaciones a comparar de las últimas tres generaciones que ingresaron en los meses de septiembre de los años 2020, 2021 y 2022.



**Tabla 1***Deserción escolar en Técnico Superior Universitario por cohorte generacional*

Cuatrimestre	Ingresos	Bajas	Egresan
Septiembre-diciembre 2020	78	40	38
Septiembre-diciembre 2021	81	37	44
Septiembre-diciembre 2022	111	43	-

Nota: Se muestra la información de la deserción escolar de la carrera de Diseño Digital por cohorte generacional.

## **METODOLOGÍA**

La metodología que se utilizó es de cohortes, se consideró pertinente para esta investigación ya que es de tipo longitudinal de evolución de grupos (varias cohortes) permitiendo monitorear a los estudiantes a través del tiempo, con cada cohorte generacional, la principal característica es que todos son estudiantes de la carrera de Diseño Digital área Animación, los rasgos distintos son: la edad, municipios de procedencia, diferentes bachilleratos, y recursos económicos.

## **FASES DEL DESARROLLO**

El desarrollo de la metodología de cohortes requiere una cuidadosa planificación y ejecución. Consta de las siguientes fases:

**Definición del Problema de Investigación:**

Se inicia con identificar el problema que en este caso es el alto índice de deserción escolar durante toda la carrera de diseño digital área animación, principalmente en los cuatrimestres iniciales, se delimito el objetivo general de la investigación y los objetivos específicos.

**Revisión de la Literatura:**

Se realizó la revisión exhaustiva de la literatura en distintas fuentes de información para comprender el estado actual de la información relacionada con el tema, además determinar si existen investigaciones similares en otras instituciones educativas que aborden a la problemática que se identificó y que utilicen algoritmos de lógica difusa para pronosticar la probabilidad de deserción en el alumnado.

**Diseño del Estudio:**

El diseño de la investigación se denomina varias cohortes. Se selecciono la muestra representativa de cincuenta y tres estudiantes, con un margen de error del 10% y un nivel de confianza de 99% de un universo de setenta estudiantes. El sondeo muestral se aplicó en agosto de 2023.

**3. Identificación y Selección de la Cohorte:**

Lo primero en que se trabajo es identificar a las tres últimas generaciones que fueron las cohortes que se analizaron, que son los estudiantes que ingresaron a la institución septiembre de 2020, septiembre de 2021, septiembre de 2022.

**Medición de Variables:**

Al definir las variables de interés, se trató de considerar los principales aspectos que pueden influir en los resultados que se pretendían conocer además saber el sentir y pensar de los estudiantes con respecto a la deserción escolar.

Las variables que consideraron para realizar la investigación son:

Rendimiento académico (promedio general de las asignaturas)

Porcentaje de asistencia a clases

Participación en disciplinas para escolares

Apoyo familiar

Motivación personal

Recursos económicos

Intereses vocacionales distintos

**Desarrollo de Instrumentos de Medición:**

El instrumento de medición que se empleó para recopilar datos consta de las siguientes preguntas:

1.- Tu rendimiento académico es:

( ) alto 9.0 a 10 ( ) medio 8.0 a 9.0 ( ) bajo menor de 8.2.- Tu asistencia a clases es:

( ) asisto al 100 % de las clases ( ) faltó ocasionalmente 1 o 2 veces al cuatro ( ) faltó mucho3.- Participo en alguna disciplina para escolar de forma frecuente:

( ) formo parte de selectivo ( ) sólo libere las actividades para escolares ( ) no me gustan4.- Cuento con apoyo y motivación familiar:

( ) Si totalmente ( ) algunas veces ( ) no5.- Cuento con el apoyo económico de mi familia:

( ) Si totalmente ( ) algunas veces ( ) no6.- Me gusta la carrera:

( ) Si totalmente ( ) algunas veces ( ) no7.- En caso de que contestes que no te gusta la carrera, puedes indicar que otra o otras carreras te gustan:

8.- Te has querido dar de baja:

( ) Si totalmente ( ) algunas veces ( ) no9.- En caso de que contestes que sí, a la pregunta anterior, puedes indicar el o los motivos:

#### Recopilación de Datos Iniciales:

Se recopilaron otros datos en cada cohorte, cómo es el caso de los municipios de procedencia, bachillerato de procedencia, pues permiten identificar otro tipo de enfoque de las generaciones estudiadas.

#### Planificación del Seguimiento:

En lo relacionado al seguimiento de los participantes se da a través de la trayectoria escolar en la institución si se logra pues a modo de monitoreo se siguen observando además la deserción prevalece durante todos los cuatrimestres desde el ingreso hasta el egreso, el intervalo de las cohortes generacionales es anual ya que en la institución el ciclo escolar inicia en el mes de septiembre.

#### Análisis Comparativo:

Con la recopilación de los datos que se genera a través del tiempo, se realizó la comparativa de los porcentajes de deserción escolar de las tres últimas generaciones, además que se analizó el impacto de las variables en la toma de la decisión en relación con las bajas ya sea el tipo temporal o la definitiva de la institución.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se lograron identificar en la aplicación de la encuesta en relación con el criterio de rendimiento académico los estudiantes indican que el 32% es alto, 64% medio y 4% bajo. Lo relacionado con la asistencia a clases el 57% asiste del 91% al 100%, el 36% tiene de 1 a 3 faltas por cuatrimestre y el 7% falta mucho a clases, siendo este un factor decisivo relacionado con la reprobación académica.

En la participación en las disciplinas para escolares el 66% sólo las libera, el 19% pertenece a selectivos y el 15% no le agradan sólo las lleva a cabo por ser un requisito para la titulación. Un rasgo interesante es que los estudiantes que tienen un desempeño sobresaliente en las distintas disciplinas para escolares si por alguna situación se dan de baja temporal, reingresan nuevamente a continuar sus estudios. En el apoyo y motivación familiar 71% si lo tiene, el 25% algunas veces y el 4% no lo tiene, ya que algunos familiares les dicen que es una carrera que posiblemente no tendrán beneficios económicos en el futuro. Los resultados que obtuvimos de la satisfacción por la carrera al 75% les agrada carrera, 25% indican que sólo algunas asignaturas de la carrera.

Otros de los hallazgos que se identificaron en los estudiantes encuestados el 51% manifestaron que muchas veces han considerado darse de baja, el 41% pocas veces y el 8% nunca lo ha pensado, cuando se les pregunto por los motivos indican: estrés y problemas de autoestima, por los maestros, desmotivación y problema internos, por el trabajo, estrés y el trabajo excesivo de algunos maestros, porque lo que no tiene sentido, por problemas personales, problemas económicos, presión escolar y laboral, problemas psicológicos, falta de motivación y no sé si voy a tener trabajo de esto en el futuro, tareas acumuladas, algunas clases y materias no sirven, presión y problemas de salud a causa del estrés, ansiedad, falta de energía, debilidad psicológica (pensar que no puedo con la carga de trabajo), a veces me estreso mucho, me aburro mucho en algunas asignaturas.

La presente investigación sugiere como discusión el determinar la posibilidad de medir la efectividad del algoritmo que implemente la lógica difusa para estudiar con mayor precisión la correlación de las distintas variables de la investigación. Además, se encontró la necesidad de buscar sumar a otras disciplinas con redes de colaboración con otros investigadores que colaboren en el diseño del algoritmo donde se emplea la lógica difusa.

### CONCLUSIÓN

Con esta investigación se considera posible detectar y pronosticar la deserción escolar usando algoritmo de lógica difusa ya que es necesario tener mejores formas de identificar las principales causas que provocan la deserción escolar. También se detectó que no existe un mecanismo confiable para documentar la deserción escolar, que logre identificar los verdaderos motivos por los cuales los estudiantes están decidiendo no continuar con su formación profesional en esta universidad.

Con esta investigación exploratoria se logró descubrir los cambios históricos en los porcentajes de la deserción escolar, pues nos proporciona información valiosa de ciertos patrones de comportamiento que se observaron al analizar los resultados que arrojan el instrumento de medición utilizado.

También se encontró que desde los espacios de tutoría, a través de la alerta temprana los y las tutoras identifiquen a los estudiantes con mayor probabilidad de aplicar la baja ya sea temporal definitiva de la institución, se pretende generar estrategias pertinentes que se puedan atender con los servicios que cuenta la institución, como este caso de becas tanto internas como externas, atención psicológica, atención pedagógica, referir a los estudiantes a otra instancia con mayor especialización de acuerdo a la situación que presenten.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Bernal, C.(2010). Metodología de la investigación.3ª ed. Pearson

Hernández, R.(2014). Metodología de la Investigación. 6ª ed.McGraw Hill Education

Méndez, I., & Namihira, D., Moreno, L., Sosa C.(2009). El protocolo de investigación. 3ª ed.Trillas.

## **REFERENCIAS**

Aguirre, R., & Ana, S. (2021). Modelo analítico para determinar patrones de riesgo académico para el proceso de tutoría de los estudiantes de la escuela de ingeniería de computación y sistemas de la universidad privada Antenor Orrego 2019.Universidad Privada Antenor Orrego

Cepeda, J. (2011). Modelado de Sistemas Difusos de Múltiples Entradas y Salidas.Tdx.cat. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6887/04Rpp04de11.pdf>

Gámez, M. J. (2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Moran, M. (2015). Educación. Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

# Efecto del sistema Biofloc sobre calidad del agua y crecimiento: Etapa pre-engorda de camarón (*Litopenaeus vannamei*)

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.690

José Antonio Islas-Valenzuela<sup>1</sup>, Rubén Iván Marín-Tinoco<sup>2</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>3</sup>, Brandon Uriel Jiménez-Martínez<sup>1</sup>, José Antonio Hernández-Herrera<sup>4</sup>, Cayetano Navarrete-Molina<sup>1</sup>, Miguel Ángel Soto-Cárdenas<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. [jilasvale@gmail.com](mailto:jilasvale@gmail.com) (J.A.I.-V); [tic2017cjimenezmartinez@gmail.com](mailto:tic2017cjimenezmartinez@gmail.com) (B.U.-J.-M); [navarretemolina1977@gmail.com](mailto:navarretemolina1977@gmail.com) (C.N.-M.)

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social. [labrodeo@gmail.com](mailto:labrodeo@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. [luisvn70@hotmail.com](mailto:luisvn70@hotmail.com)

<sup>4</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [heheja@gmail.com](mailto:heheja@gmail.com)

<sup>5</sup>CONAHCYT - Instituto Politécnico Nacional - CIIDIR Unidad Durango. [miguelsoto06@hotmail.com](mailto:miguelsoto06@hotmail.com)

\* Autor para correspondencia: [miguelsoto06@hotmail.com](mailto:miguelsoto06@hotmail.com)

**Línea de investigación:** Aprovechamiento de los recursos naturales

## Resumen

En México, una de las actividades productivas que ha adquirido importancia es la acuicultura, la cual evidencia beneficios sociales y económicos, los cuales se traducen en una fuente de alimentación, con elevado valor nutricional. El desarrollo de la acuicultura comercial dio inicio en México, a principios de los años 70 con la producción de tilapia, carpa y trucha arcoíris. La actividad progresó rápidamente y, para finales de los años 80 se complementaba con el cultivo de camarón. En este sentido, para 1990 la producción acuícola en México era relativamente grande con 5.00 Kt de tilapia, 7.60 Kt de carpa común y 4.37 Kt de camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Considerando dicha producción, la industria de la camaronicultura tomó gran importancia, no solamente como objeto de estudio, sino también por su valor económico-social. En base a lo anterior, fue que esta investigación planteó el objetivo de observar las diferencias de crecimiento y de calidad del agua (CA) con relación a la cantidad de microorganismos en un sistema Biofloc y determinar si este sistema, influye significativamente sobre el crecimiento de los camarones, durante la primera etapa de cultivo (pre-engorda), comparando un sistema sin recambio de agua (sistema Biofloc) y en agua clara con recambio permanente, en las instalaciones de la UNAM en Sisal, Yucatán en el área de engorda. Se sembraron 30,000 postlarvas de diez días (pl10)  $m^{-3}$  de *L. vannamei* en seis estanques circulares de 20  $m^3$  a una densidad de 250 pl10  $m^{-3}$ . Pasadas las primeras cuatro semanas de pre-engorda se transfirieron a 12 estanques a una densidad de 125 camarones  $m^{-3}$ . Las variables consideradas fueron determinadas diariamente, las cuales incluyeron nivel de CA (oxígeno disuelto, temperatura, pH) y cada tercer día se evaluó la cantidad de amonio, nitrito, salinidad, disco de Secchi y sólidos sedimentables (SS). Los SS, fueron observados al microscopio, para determinar si existía o no, un incremento en el número de microorganismos visibles. Semanalmente se pesó una muestra de camarones de cada estanque, para ajustar la alimentación, así como, conocer el grado de desarrollo de las larvas de camarón. En el análisis de resultados, evidencio que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, con respecto a las variables fisicoquímicas, pero los microorganismos en los estanques con Biofloc cada semana fueron incrementándose. Adicionalmente, se observó una correlación directa entre la cantidad de SS y la cantidad de amonio. Se presentó una diferencia significativa entre el crecimiento de los camarones en ambos tratamientos, con mayor biomasa en el tratamiento *BioFlocTechnology*. Por lo cual, se concluye que el uso de esta tecnología (biofloc) representa una oportunidad, para continuar con el desarrollo de la camaronicultura y aprovechar al máximo la cadena alimenticia de los organismos, lo cual mejorará la calidad de vida de los camarones, ello se traducirá en mejores rendimientos y en consecuencia en mayores ingresos económicos para los productores y sus familias.

**Palabras clave:** acuicultura, camarón blanco, camaronicultura, estanques, parámetros fisicoquímicos

## Abstract

In Mexico, one of the productive activities that has acquired importance is aquaculture, which shows social and economic benefits, which translate into a source of food with high nutritional value. The development of commercial aquaculture began in Mexico in the early 1970s with the production of tilapia, carp and rainbow trout. The activity progressed rapidly and, by the end of the 80s, it was complemented by shrimp farming. In this same sense, by 1990 aquaculture production in Mexico was relatively large with 5.00 Kt of tilapia, 7.60 Kt of common carp and 4.37 Kt of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Considering this production, the shrimp farming industry took on great importance, not only as an object of study, but also for its economic-social value. Based on the above, this research aimed to observe the differences in growth and water quality (WQ) in relation to the quantity of microorganisms in a Biofloc system and determine if this system significantly influences the growth of shrimp, during the first stage of culture (pre-fattening), comparing a system without water exchange (Bifloc system) and in clear water with permanent replacement, at the UNAM facilities in Sisal, Yucatán in the fattening area. 30,000 ten-day postlarvae (pl10)  $m^{-3}$  of *L. vannamei* were stocked in six 20  $m^3$  circular ponds at a density of 250 pl10  $m^{-3}$ . After the first four weeks of pre-fattening, they were transferred to 12 ponds at a density of 125 shrimp  $m^{-3}$ . The variables considered were determined daily, which included WQ level (dissolved oxygen, temperature, pH) and every third day the amount of ammonia, nitrite, salinity, Secchi disk and settleable solids (SS) were evaluated. The SS were observed under a microscope

to determine whether or not, there was an increase in the number of visible microorganisms. A sample of shrimp from each pond was weighed weekly to adjust the feeding, as well as, to know the degree of development of the shrimp larvae. In the analysis of results, it was evident that no significant differences were observed between the treatments, with respect to the physicochemical variables, but the microorganisms in the ponds with Biofloc increased each week. Additionally, a direct correlation was observed between the amount of SS and the amount of ammonium. There was a significant difference between the growth of shrimp in both treatments, with greater biomass in the *BioFlocTechnology* treatment. Therefore, it is concluded that the use of this technology (Biofloc) represents an opportunity to continue with the development of shrimp farming, and make the most of the food chain of the organisms, which will improve the quality of life of the shrimp. It will translate into better yields and consequently greater economic income for producers and their families.

*Keywords: aquaculture, white shrimp, shrimp farming, ponds, physicochemical parameters*

## INTRODUCCIÓN

Considerando la enorme variedad de condiciones en las que se practica la acuicultura en todo el mundo, se cultiva un conjunto muy diverso de especies acuáticas y sus híbridos en distintos tipos de sistemas de cultivo acuícola, lo cuales pueden emplear agua dulce, agua salobre, agua marina o agua salina continental. De acuerdo a las estadísticas recopiladas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), las cuales se basan en informes nacionales y estimaciones correspondientes a países que no han notificado, abarcan toda la producción acuícola mundial en un período de 71 años (1950-2020) conformada por 652 unidades conocidas técnicamente como “elementos de especies” (incremento en comparación con las 622 notificadas en la edición de 2020 del estado mundial de la pesca y la acuicultura). En este sentido, este grupo de animales, constan de 494 especies individuales, 7 híbridos de peces de aleta, 94 grupos de especies identificados a nivel de género y 57 grupos de especies identificados a nivel de familia o niveles superiores (FAO, 2022). Dentro de la investigación y desarrollo de nuevas estrategias, para el beneficio del medio ambiente y la cultura de la investigación, siempre se ha buscado innovar y/o implementar ideas revolucionarias para un bien mayor. Por ello, la implementación de estas nuevas estrategias e investigaciones, enfocadas a la acuicultura se ha convertido en una de las alternativas con mayor viabilidad económica para la producción de alimento, apoyándose en técnicas y procesos sobre los cuales se cultivan organismos acuáticos en condiciones controladas (Godínez-Siordia et al., 2011; Delgado et al., 2015).

Esta producción de alimentos en condiciones controladas se ha vuelto una importante fuente de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para cientos de millones de personas en todo el mundo. Según las estadísticas de la FAO en 2022, el consumo, per cápita, de alimentos acuáticos se incrementó de una media de 9.9 kg en la década de 1960 a 20.5 kg en 2019, mientras que se redujo ligeramente a 20.2 kg en 2020, poniendo de relieve, su papel fundamental en la seguridad alimentaria y nutricional global (FAO, 2022). A nivel mundial, para el 2018, México formó parte de los primeros 20 países productores de alimentos de origen acuático, lo anterior, es fortalecido por el hecho que es uno de los 17 países megadiversos del mundo, adicionalmente, ocupa la tercera posición, en el continente americano, por extensión de litoral con más de 15 Kkm de costa en los océanos Atlántico y Pacífico, y el mar Caribe (FAO, 2020). En este mismo año (2018), México aportó el 2% de la producción mundial, posicionándose en el mismo rango de países como Marruecos y Filipinas (en pesca marina) o de Brasil y Tailandia (en aguas continentales). Con respecto a la producción acuícola, cultivó poco más de 400 Kt, aunque dicha cantidad, sólo representó el 0.4% a nivel mundial (SAGARPA, 2018). A pesar de ello, en México, más del 50% de la población se encuentra en alguna condición de pobreza e inseguridad alimentaria. Una de las actividades productivas de mayor importancia en los últimos años es la acuicultura, la cual genera importantes beneficios sociales y económicos, contribuyendo a mejorar la seguridad alimentaria a nivel comunitario y al combate a la pobreza (Echeverría, 2023).

Con la finalidad de disminuir dichos rezagos, la acuicultura en México se ha convertido en una oportunidad laboral y de desarrollo impresionante, y a través del tiempo, cada vez más centros de investigación y empresas, se suman a la gradual demanda de desarrollo en esta área. En este sentido, la principal industria acuícola es el cultivo de camarón (CC), el cual produce cerca de 150 Kt, sin embargo, esta producción es variable, no solo por amenazas en la producción, sino también, por la incidencia de enfermedades (por ejemplo, virus de la mancha blanca). El camarón (como especie y como sujeto de estudio) es uno de los mejores ejemplos para el desarrollo de la acuicultura, tanto es así que, la industria del camarón en México ocupa el tercer lugar y el noveno en el mundo. En términos monetarios se trata de la pesquería que más beneficios genera, con el 43% del valor total de la producción pesquera nacional (FAO, 2022). Sin embargo, como toda actividad productiva, la acuicultura provoca cierto grado de contaminación del agua, es por ello, que la calidad del agua (CA) dentro de los estanques de los camarones, juega un papel importante para su desarrollo, crecimiento y supervivencia; parámetros como la temperatura, el oxígeno disuelto (OD), salinidad, nivel de amonio y nitritos, pH, etc., pueden afectar significativamente la producción del camarón y su supervivencia, ocasionando altos niveles de estrés. Otro factor importante en la producción de camarón son los cambios bruscos en la corriente o en la temperatura del agua, considerando que pueden aumentar el índice de mortalidad (Muñoz Kuehne, 2018).

Estos cambios en la CA de los sistemas de producción de camarón generan un incremento en la contaminación de agua, provocando una eutrofización de los cuerpos de agua, sobrepasando su capacidad para degradar la materia orgánica (MO) disuelta en el agua, fomentando el crecimiento de microorganismos como bacterias, virus, rickettsias, entre otros (Allan et al., 1990). Sin embargo, dentro de la camaronicultura, existe un método de aprovechamiento de la MO conocido como sistema “*Biofloc technology*” (SBFT), el cual



consiste en el reciclado de la MO presente en los estanques, por medio de una cadena trófica, para lograr un aprovechamiento de C:N, estos componentes, se aprovechan de las condiciones dentro del estanque, para compensar los altos niveles de contaminación de elementos, beneficiando a su vez el crecimiento y adaptabilidad de las especies de camarón dentro de los estanques (Avnimelech, 1999; Ahmad et al., 2017). En base a lo anterior, se planteó el objetivo de observar las diferencias de crecimiento y de CA con relación a la cantidad de microorganismos en un SBFT y determinar si este sistema, influye significativamente sobre el crecimiento de los camarones, durante la primera etapa de cultivo (pre-engorda), comparando un sistema sin recambio de agua (SBFT) y otro sistema de agua clara con recambio permanente. Lo anterior, como una estrategia para mejorar los sistemas de producción acuícola, para promover verdaderas mejoras encaminadas al uso sostenible de los recursos naturales y de cuidado al medio ambiente. Adicionalmente, mejorar el nivel de vida de la población humana, mediante un acceso en cantidad y calidad de productos alimenticios. Considerando lo expuesto, las estrategias deben considerar una visión sustentable y holística alineada con los objetivos de desarrollo sostenible e incluyendo todas las aristas productivas, económicas, sociales, ambientales y culturales, facilitando así, la promoción de estrategias dirigidas a incrementar la conciencia ambiental humana (Marín-Tinoco et al., 2023; Meza-Herrera et al., 2022; Navarrete-Molina et al., 2020, 2019a, 2019b; Ornelas-Villarreal et al., 2022a, 2022b; Ríos-Flores et al., 2018, 2017; Ríos-Flores & Navarrete-Molina, 2017).

## DESARROLLO

A nivel mundial, se considera que la acuicultura, ha ido adaptando e incrementando sus niveles de estudio, gracias a la extensa variedad de especies, donde estas muestran características y propiedades distintivas unas de otras. La acuicultura, además de su importancia en el ámbito alimentario, favorece la creación de empleos, puesto que cerca de 58 millones de personas, para el 2010, trabajaban en el sector (FAO, 2010). Adicionalmente, la FAO (2022), menciona que en el periodo comprendido entre 2010 y 2018, la industria camaronícola experimentó un crecimiento en más de 55 países y generó una producción mundial superior a las seis Mt, de las cuales el 60% fue comercializado en distintos mercados y el resto fue consumido internamente en los países; convirtiendo el camarón como el producto acuícola más importante internacionalmente comercialmente hablando. A lo largo del tiempo, las exportaciones de camarón han aumentado de forma radical, pero representan una proporción relativamente estable del valor total de las exportaciones mundiales de productos acuáticos (FAO, 2022). Por ejemplo, de acuerdo con la FAO (2022), en 1976, el valor de las exportaciones de camarones y gambas ascendía a 1,200 millones de dólares americanos (MUSD), lo que representaba el 15.4% del valor de las exportaciones mundiales de productos acuáticos, mientras que en 2020 este valor, el valor reportado fue de 24,700 MUSD, lo que supuso el 16.4% del total.

Considerando la importancia de este producto, la adopción e implementación de buenas prácticas de CC en el golfo de México se hace necesaria, no solo por razones económicas y ambientales, sino también, por razones de conservación de la diversidad biológica y salud de los ecosistemas costeros, porque estos dos aspectos están íntimamente relacionados (Gonzaga Añazco et al., 2017). Al momento ejecutar un CC, resulta vital tomar en cuenta los parámetros y variables que pueden afectar dentro del estanque de producción. En este sentido, utilización de un SBFT, cumple los principales objetivos de la acuicultura del futuro, al promover un sistema de economía circular y bioeconomía, reduciendo la presión sobre los recursos naturales y reduciendo la huella de carbono (Santiago Corisepa, 2023). Sin embargo, en este tipo de sistemas, la remoción del nitrógeno amoniacal y su reincorporación en biomasa bacteriana debe ser mejorada, lo anterior pudiera lograrse con la adición de carbono en la forma de carbohidratos. En cuanto al nitrato, éste puede ser convertido en gas nitrógeno, a través de la acción de bacterias desnitrificadoras y volatilizadas a la atmósfera. Por ello, uno de los desafíos concretos de la acuicultura es producir más cantidad de biomasa, en el menor volumen de agua posible, beneficiando el aspecto ambiental, lo que la convertiría en una actividad sostenible (da Silva, 2018). Del mismo modo, se debe considerar que el tiempo de la maduración del biofiltro, en este tipo de sistemas, está influenciado por varios factores, como la temperatura, el pH y la concentración de compuestos nitrogenados, variables íntimamente relacionadas, en forma directa con la biomasa del cultivo (Bregnballe, 2015). Por lo anteriormente expuesto, el SBFT, además de ser una fuente de nutrición suplementaria, evidencia otros beneficios, como los efectos positivos en el sistema inmune de los organismos cultivados, considerando que contiene una gran variedad de bacterias, que están en contacto continuo con las especies cultivadas, lo que parece suponer que el aumento de la actividad inmunitaria de los organismos cultivados contra las enfermedades, es promovido por el constante contacto, lo cual pudiera activar el reconocimiento de patrones y moléculas que conducen a la estimulación del sistema inmune (Amparo, 2019).

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### Objetivo general

- Determinar si un SBFT influye sobre el crecimiento y de CA para determinar si este sistema, influye significativamente sobre el crecimiento del camarón blanco (*L. vannamei*), durante la primera etapa de cultivo (pre-engorda), comparando un sistema sin recambio de agua (SBFT) y otro sistema de agua clara con recambio permanente.

### Objetivos específicos

- Monitorear los parámetros fisicoquímicos del cultivo de camarón blanco (*L. vannamei*) mediante el uso de equipos especializados.
- Revisar los parámetros de crecimiento del cultivo de camarón blanco (*L. vannamei*), a través de biometrías semanales.
- Identificación de microorganismos presentes en el cultivo de camarón blanco (*L. vannamei*), a través de la revisión de muestras de agua.

- Integrar todos los procesos biotecnológicos para establecer una conclusión sobre la mejora ambiental de los cultivos utilizando el SBFT.

### OBJETO DE ESTUDIO

EL objeto de estudio fue el camarón blanco (*L. vannamei*), para lo cual se realizaron experimentos con agua marina utilizando la tecnología, sin recambio de agua (SBFT) y con fertilización orgánica, con la finalidad de analizar y medir el crecimiento de las larvas de camarón blanco dentro de la fase de pre-engorda.

### METODOLOGÍA

El proyecto de CC abarca una alta gama de herramientas y materiales que se encargan de poder medir/controlar diferentes parámetros y variables que podrían afectar la CA en los estanques, desde la falta de abastecimiento de alimento, así como, el exceso de este, la falta de OD en los estanques provoca que los camarones se vean afectados negativamente, no solamente en su crecimiento de estado larvario, sino que adicionalmente, genera un estrés en ellos, lo cual provocaría una mala condición y manejo de los estanques, que ocasionalmente podría llegar a matarlos y reducir el índice de supervivencia de organismos en los estanques. Por esta razón, la investigación planteo un escenario posible, con la finalidad de promover una mejora en la CA en los SBFT utilizados en los estanques en estado de pre-engorda. Considerando que la CA es una de las ramas de importantes que deben considerarse, si se plantea implementar un sistema de cultivo larvario (desde crustáceos, peces y moluscos).

Esta investigación se realizó en el área de estanques de camarón de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Sisal, localizada en la región costera del noroeste de Yucatán. Para el cultivo de los camarones se utilizaron tanques circulares de 5 m de diámetro y 0.85 m de altura (15 m<sup>3</sup>), con una base de fibra de vidrio, cubiertos por una geomembrana de PVC Alkorplan de 1.0 mm, protegidos del sol con una malla sombra (90%). Los tanques se abastecieron de agua marina (35% ± 5% de salinidad) de un pozo, filtrada con filtro de arena. Para la aireación se utilizó un soplador de aire. La geomembrana ofrece resistencia a las inclemencias del ambiente, principalmente a los rayos solares, además es fácil de limpiar, desinfectar y eliminar sólidos, lo que permite su fácil manejo (**Imagen 1**).



**Imagen 1.**

**Estanques de crianza y crecimiento de camarón blanco en la UMDI-UNAM-Unidad Sisal, Yucatán, México.**

Los análisis de la CA, dentro del CC, contribuyen a mejorar el control de las variables de cultivo, considerando que los organismos en estado de pre-engorda, requieren un cuidado intensivo, derivado de la situación, que cada variable puede variar en el crecimiento o el estrés de los organismos, es por esto, que se requiere un monitoreo riguroso de los parámetros fisicoquímicos, de crecimiento y de supervivencia de las postlarvas, con la finalidad de lograr resultados favorables. En esta investigación, el cultivo utilizado fue la especie de camarón, más cultivado del mundo, *Litopenaeus vannamei*. Las postlarvas de camarón blanco fueron producidas en el laboratorio de larvicultura de la UMDI-UNAM-Sisal, a partir de adultos reproductores, cultivados en el área de engorda de la misma unidad. Considerando que el SBFT requiere de altas densidades, se sembraron a densidad de 2,500 camarones m<sup>-3</sup>. En este contexto, el uso y cultivo en un SBFT microbiano es posible, gracias al manejo de la relación carbono:nitrógeno (C:N), donde el nitrógeno, proviene de los residuos de alimento y heces, mientras que el carbono, requiere ser añadido en forma de carbohidratos como glucosa, glicerol, acetato, sacarosa, melaza, harina de tapioca o harina de arroz. En la acuicultura, esto ha generado una forma alternativa súper-intensiva

de producción, donde el recambio de agua es poco o nulo (Emerenciano et al., 2013). Monroy-Dosta et al. (2013), reportaron que existe una rica variedad de microorganismos asociados al SBFT, entre los que se encuentran: microalgas, ciliados, rotíferos, nematodos, bacterias, y un tipo de levadura identificada como *Rhodotorula sp.* De modo, dicho sistema se tornó popular en los medios académicos desde la década de 1990, con trabajos que estudiaron el control del nitrógeno inorgánico, por la manipulación de la relación C:N en el agua (van Rijn & Rivera, 1990; Avnimelech, 1999).

## FASES DEL DESARROLLO

### Fase uno: Parámetros fisicoquímicos

Los principales parámetros fisicoquímicos determinados en el CC fueron: el pH, OD y temperatura. Para ello, se realizó una recolección de datos, de cada uno de los estanques cada cuatro horas, los siete días a la semana, divididos en turnos diurnos y nocturnos, el OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y pH (U), de los distintos estanques fueron determinados utilizando un medidor Multiparámetro Modelo YSI Pro-1020, capaz de albergar en su memoria 50 datos de cada parámetro recopilado, la recopilación de esos datos fue capturada en una tabla de Excel, con la finalidad de calcular los promedios semanales.

### Fase dos: Determinación de turbidez y transparencia en los estanques

Se determinó la turbidez dentro de los estanques con la ayuda de la herramienta del disco de Secchi. Esta herramienta correlaciona, el nivel de turbidez (o transparencia ya sea el caso) con la cantidad de capa bacteriana presente en el agua.

### Fase tres: Determinación de niveles de nitrito y amonio

La alimentación de los camarones en estado larvario (pre-engorda), puede llegar a presentar complicaciones, porque el desperdicio de comida también es la principal fuente de alimentación en otros organismos, por esta razón, los niveles de amonio y nitrito se han convertido en uno de los aspectos que se deben conocer para un adecuado ambiente para los camarones, considerando que en caso de presentar cantidades altas de alguno de los dos compuestos se debe de estabilizar. Para realizar esta determinación (amonio y nitrito), se utilizó un espectrofotómetro de marca Hanna, lo cual fue utilizado para determinar la cantidad de materia orgánica que se debería agregar o eliminar en cualquier de los dos tratamientos de esta investigación.

## RESULTADOS

Normalmente, el periodo de pre-engorda en el CC dura cuatro meses, tiempo durante el cual se realizó el monitoreo de los estanques de camarones, con la finalidad de determinar el crecimiento de las larvas, para su futura engorda. Para tal fin, se llevó a cabo, un registro de los parámetros en cada estanque, cinco veces al día (2:00, 6:00, 8:00, 18:00 y 22:00 horas), para fines de ejemplificar este procedimiento, tres estanques fueron seleccionados, mismos que evidenciaron el mayor índice de crecimiento promedio, en ambos turnos, durante los meses de estudio (**Tabla 1**).

**Tabla 1**

Promedio semanal de los parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto (OD), temperatura (t) y pH (U) de los estanques 18, 19 y 20, evaluados durante el periodo de pre-engorda de camarón blanco.

Promedio semanal		Estanque 18			Estanque 19			Estanque 20		
		OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	t ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH (U)	OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	t ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH (U)	OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	t ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH (U)
Mes 1	Sem 1	3.52	26.50	7.81	3.82	28.314	7.90	3.75	28.19	7.93
	Sem 2	3.29	27.32	7.75	3.63	26.80	7.89	3.75	27.02	7.73
	Sem 3	3.20	27.30	7.81	3.79	27.03	7.97	3.56	27.15	7.75
	Sem 4	3.31	27.70	7.83	3.70	26.94	7.95	3.56	28.19	7.70
Mes 2	Sem 1	3.64	29.83	7.81	3.43	27.07	7.90	3.67	27.44	7.23
	Sem 2	2.62	29.52	7.92	3.55	28.10	7.95	3.56	26.92	7.92
	Sem 3	3.45	27.83	7.79	4.12	26.93	7.90	4.05	26.68	7.90
	Sem 4	3.23	29.30	7.85	3.82	26.79	7.89	3.76	27.12	7.77
Mes 3	Sem 1	3.19	28.54	7.77	3.40	28.85	7.85	3.31	28.74	7.77
	Sem 2	3.15	28.80	7.83	3.43	28.54	7.91	3.35	28.74	7.75
	Sem 3	3.36	29.17	7.82	3.55	29.32	7.91	3.39	28.39	7.79
	Sem 4	3.45	28.89	7.79	3.59	28.98	7.87	3.31	2.39	7.82
Mes 4	Sem 1	3.64	29.83	7.81	3.80	29.32	7.84	3.73	29.07	7.79
	Sem 2	2.62	29.52	7.92	2.53	29.30	7.83	3.56	29.07	7.77
	Sem 3	3.47	28.39	7.77	3.40	28.37	7.88	3.63	28.85	7.80
	Sem 4	3.73	29.07	7.79	3.75	29.00	7.90	3.66	29.9	7.82

Una vez obtenidos los resultados y promedios de los datos de los estanques, fue realizada una comparativa para identificar el comportamiento de los camarones dentro de los estanques, identificando variaciones significativas entre estanques e inclusive cuando fue suministrado el mismo alimento, mantenimiento y atención. En el estanque 18 se observaron variaciones considerables entre el OD

y niveles de pH a lo largo de las semanas, presentándose variaciones mínimas de temperatura, lo cual pudiera deberse al clima húmedo del área. Estos datos reflejan, el comportamiento de los camarones dentro de los estanques, los cuales pudieran evidenciar un consumo mayor o menor de alimento y oxígeno. En comparación, el estanque 19, mostró un incremento del OD presente en comparación con los otros dos estanques, llegando a un pico de  $4.95 \text{ mg L}^{-1}$  en los turnos diurnos. Los resultados del estanque 20, expresaron una variación significativa, entre los turnos nocturnos y diurnos en el OD, no así, la temperatura y pH, los cuales evidenciaron un comportamiento similar. De los tres estanques, el numero 20 reporto un menor crecimiento de organismos en comparación con los otros dos estanques. La utilización del SBFT evidencio el efecto de las poblaciones microbianas a lo largo del ciclo productivo, de la misma manera, se comprobó, como este sistema genera variaciones en los parámetros físicos del agua como la turbidez y color. Para el caso de la turbidez, esta se determinó utilizando el disco de Secchi, el cual mide el límite de visibilidad. Para la obtención de muestras de microorganismos presentes en los estanques se utilizaron los conos Imhoff, de los cuales se extrajeron los sólidos sedimentarios presentes en cada uno de los estanques. Posteriormente, fueron determinados los niveles de amonio y nitrito en la cantidad de sedimento presente en cada muestra. Para tal fin, se llevó a cabo, un registro de los parámetros en cada estanque, para fines de ejemplificar este procedimiento, tres estanques fueron seleccionados; y con la finalidad de homogeneizar la información presentada, los estanques 18, 19 y 20 fueron seleccionados (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Determinación del nivel de solidos sedimentarios en los conos Imhoff (g), niveles de amonio (ppm) y turbidez en el disco de Secchi (cm), de los estanques 18, 19 y 20, evaluados durante el periodo de pre-engorda de camarón blanco.*

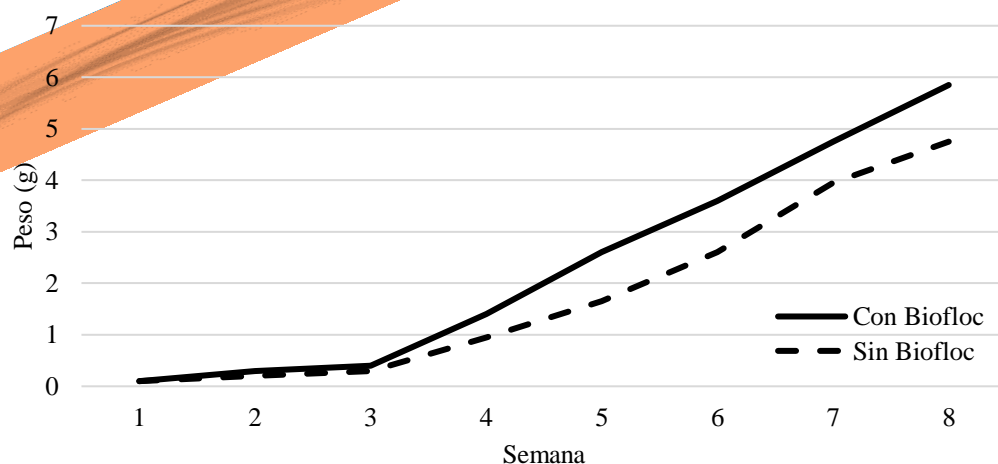
Lectura	Estanque 18			Estanque 19			Estanque 20		
	SS (g)	Amonio (ppm)	Turbidez (cm)	SS (g)	Amonio (ppm)	Turbidez (cm)	SS (g)	Amonio (ppm)	Turbidez (cm)
1	1.00	6.77	45.00	0.50	5.37	37.00	1.30	6.15	42.00
2	0.85	6.77	45.00	0.80	5.36	37.00	1.27	6.11	42.00
3	0.52	6.24	45.00	1.15	6.24	36.20	1.20	6.10	42.00
4	0.51	6.22	50.00	1.33	6.56	36.20	1.00	6.08	41.00
5	0.60	6.18	55.00	3.00	7.28	35.00	0.40	6.01	40.00
6	0.62	6.18	55.00	3.11	7.32	32.00	0.55	6.18	40.00
7	1.30	6.43	40.00	3.90	7.44	35.00	0.64	6.24	41.50
8	1.33	6.50	36.00	4.20	7.49	30.00	1.20	6.56	40.80

Para la observación del crecimiento de los camarones en estado de pre-engorda, biometrías semanales fueron realizadas, donde se calculó el de peso (g) de una muestra de 50 especímenes de camarón blanco (*L. vanamei*) a lo largo de ocho semanas, las cuales corresponden al crecimiento de postlarva, determinándose una diferencia significativa en el crecimiento, entre los estanques con recambio de agua clara en comparativa con los estanques con SBTF (**Gráfica 1**). Esta determinación fue realizada únicamente las primeras ocho semanas, considerando que posterior a este periodo, los camarones evolucionan de estadio y pasan de un estado de postlarva a juveniles, lo cual conlleva, al cambio físico que sufren los camarones, experimentando un cambio de forma, adaptando una forma física de camarón convencional, desarrollando el cuerpo y apariencia que tendrán a futuro. Considerando este cambio, no se continuó con la determinación del crecimiento. Adicionalmente, pasadas las ocho semanas, los camarones tienen un crecimiento más reducido en comparación con las primeras etapas. En este contexto, se determinó un incremento en el crecimiento, de uno a dos gramos, en promedio, entre los camarones en SBFT, en comparación del sistema de recambio de agua.

**Gráfica 1**

**Evolución del peso (g) de *Litopenaeus vannamei*, durante las primeras ocho semanas en dos diferentes sistemas de cultivo.**





## DISCUSIÓN

Se demostró que la pre-engorda del camarón blanco del pacífico (*L. vannamei*) utilizando tecnología de SBFT no evidenció diferencias significativas, con el sistema de recambio de agua respecto a los parámetros fisicoquímicos, considerando que todos los parámetros se mantuvieron dentro del rango reportado por la bibliografía. Con relación a los compuestos nitrogenados, éstos evidenciaron valores mayores en los estanques con menos SS y mayor transparencia, lo que puede ser indicativo de una relación directa con los compuestos nitrogenados, lo cual enfatiza su importancia en el adecuado crecimiento de los organismos dentro de los estanques. Sin embargo, es importante destacar, que la temperatura posee un alto impacto en los procesos químicos y biológicos. Se ha reportado que los procesos biológicos, como crecimiento y respiración se duplican, en general, por cada 10 °C que aumenta la temperatura (Boyd & Gautier, 2000). Las especies de camarón de aguas cálidas se desarrollan mejor a temperaturas entre 25 °C y 32 °C. De igual forma, en áreas subtropicales la temperatura puede descender por debajo de los 25 °C, lo cual pudiera llegar afectar el adecuado desarrollo de los camarones.

Los SBFT son fundamentales en el “Principio Básico de la Floculación”, el cual consiste en mantener alta cantidad de flóculos en suspensión, los cuales son compuestos por poblaciones microbianas que requieren mantenerse en continua recirculación con elevadas cantidades de oxígeno, dos factores que son proporcionados por la aireación constante del agua, al estar bombeando burbujas de oxígeno desde la base hasta la superficie, para lograr una descomposición de cadenas de digestión aeróbica y así, aprovechar los nutrientes del alimento suspendido y las comunidades bacterianas para la creación de cadenas C:N, como fuentes ricas en nutrientes para el crecimiento de los camarones (Avnimelech, 2007; 2012). En este mismo orden de ideas, el pH del agua del estanque depende de la concentración de O<sub>2</sub> y de los demás elementos ácidos. La fotosíntesis con un consumo de CO<sub>2</sub> conduce a un aumento del pH y la producción de CO<sub>2</sub> por la respiración, provoca una baja del pH. En este sentido, aguas de estanque con pH de 6.5 hasta 9.0 es considerada como buena, para el crecimiento normal de los camarones (Morales & Membreño Centeno, 2015). Considerando lo anterior, esta investigación, reporto un rango promedio de pH entre 7.0 y 8.0 inter estanques las diferencias pudiesen estar relacionadas con la densidad de los camarones, según su supervivencia a lo largo del experimento. Sin embargo, es necesario recalcar, que los datos no evidenciaron una variación significativa entre los tratamientos, para los estanques 18, 19 y 20, en comparación con los estanques menores, los cuales evidenciaron una diferencia significativa para el pH. No obstante, una elevación o disminución pronunciada de los valores de pH pueden llegar a producir efectos letales para el equilibrio ecológico del estanque.

Con base a lo reportado por Castro et al. (2004), quienes utilizaron las comunidades microbianas presentes en el SBFT para determinar su implicación en la estimulación del crecimiento de bacterias heterotróficas, las cuales inmovilizan el nitrógeno potencialmente tóxico de los residuos del estanque, al convertirlo en proteína microbiana, la cual, posteriormente es aprovechada por fitoplancton y zooplancton, es decir, el primer eslabón en la cadena alimenticia y que finalmente puedan ser aprovechados como alimento por los camarones, objeto de la producción, influyendo así en el mejoramiento de la CA y el bienestar de los organismos en cultivo. Adicionalmente de ha reportado, que los cambios en las comunidades de microalgas, ciliados, rotíferos y nematodos a lo largo del periodo de pre-engorda, permiten reconocer la contribución del SBFT como fuente de alimento natural *in situ*, lo cual es muy importante en la dieta de peces y crustáceos (no solo de camarones) en estadios larvarios (Monroy-Dosta et al., 2013).

En este mismo orden de ideas, la fijación de nitrógeno se presenta mediante procesos de nitrificación, lo cual se origina a partir del metabolismo de las bacterias de los SBFT, las cuales convierten los compuestos nitrogenados, como el amoníaco, nitritos y nitratos (tóxicos en altas concentraciones cuando se acumulan a largo plazo) en proteína de fácil asimilación (Kuhn et al., 2009). Esto pudiera indicar, que los estanques con SBFT, son ricos en bacterias que ayudan a asimilar los compuestos nitrogenados y mejorar la CA. Además, el crecimiento fue mejor en los estanques con sistema Biofloc, lo cual pudiera ser indicativo, que también cumple una función como complemento del alimento balanceado. Lo cual se articula con el desarrollo de microorganismos, ocasionado por la calidad de proteína y sobre todo de ácidos grasos que presentan, los cuales aportan una excelente fuente nutricional para los camarones. Lo anterior, pudiera ser indicativo que los estanques con SBFT, son ricos en bacterias, las cuales ayudan en la asimilación de compuestos nitrogenados y



mejorar la CA. Además, es necesario mencionar, que el crecimiento fue evidentemente mayor en los estanques con sistema Biofloc, lo cual refuerza la hipótesis que estos sistemas también cumplen como complemento del alimento balanceado, considerando que la calidad de proteína y sobre todo de ácidos grasos que presentan en estos sistemas, aportan una excelente fuente nutricional para los camarones.

## CONCLUSIÓN

Los niveles determinados para los parámetros fisicoquímicos evidenciaron rangos óptimos para la supervivencia de las crías y su futura engorda. Se concluye que los niveles poseen fuentes de variación variable, donde el OD evidencio la mayor varianza entre los tratamientos analizados. Lo anterior, pudo haber sido ocasionado por la densidad presente de camarones en los estanques, considerando que cada organismo (camarones) necesita una cantidad de oxígeno disuelto alta, por lo tanto, entre mayor densidad de camarones en los estanques, mayor será su demanda de OD. Adicionalmente, estos animales evidencian un comportamiento nocturnos, por lo cual, consumen mucho más oxígeno en los turnos nocturnos, evidenciando una menor cantidad de OD. Adicionalmente factores como una alta temperatura pueden influir en el estrés de los organismos, llegando incluso a morir y cometer canibalismo entre ellos, provocando una disminución en densidad de los organismos y afectar negativamente el rendimiento de la producción. Todo lo anterior, permite concluir que el SBFT contribuye a mejorar la CA, aportando proteína de origen bacteriano y además mejorando o amortiguando las condiciones de estrés ambiental que pudieran sufrir los camarones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, I.; Babitha-Rani, A. M.; Verma, A. K. (2017). Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition. *Aquaculture International*, 25, 1215–1226. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0108-8>
- Allan, G. L.; Maguire, G. B.; Hopkins, S. J. (1990). Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved - oxygen levels. *Aquaculture*, 91, 265- 280. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90193-Q](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90193-Q)
- Amparo, V. A. O. (2019). Aplicación de la tecnología de biofloc (BFT) al cultivo de *Totoaba macdonaldi* [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California]. Repositorio institucional. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/2762>
- Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176-227. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)
- Avnimelech Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264(1-4), 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.025>
- Avnimelech Y. (2012). Biofloc technology a practical guide book, Baton Rouge. Louisiana, USA: The World Aquaculture Society. Recuperado el 8 de noviembre de 2023 de [https://www.researchgate.net/publication/308052605\\_Biofloc\\_technology\\_A\\_practical\\_guide\\_book\\_The\\_World\\_Aquaculture\\_Society](https://www.researchgate.net/publication/308052605_Biofloc_technology_A_practical_guide_book_The_World_Aquaculture_Society)
- Boyd, C. E.; Gautier, D. (2000). Effluent composition and water quality standards. *Global Aquaculture Advocate* 3(5), 61-66. Recuperado el 18 de noviembre de 2023 de [https://www.researchgate.net/profile/Claude-Boyd/publication/285843894\\_Effluent\\_composition\\_and\\_water\\_quality\\_standards/links/57bdf35a08aeb95224d05fb1/Effluent-composition-and-water-quality-standards.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Claude-Boyd/publication/285843894_Effluent_composition_and_water_quality_standards/links/57bdf35a08aeb95224d05fb1/Effluent-composition-and-water-quality-standards.pdf)
- Bregnballe, J. (2015). A guide to recirculation aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. FAO. 45-71.
- Castro, M. G.; Castro, B. T.; Castro, M. J. (2004). Sistemas biofloc: un avance tecnológico en acuicultura. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 1(1), 1-5. ISSN: 2007-5782
- da Silva, A. (2018). El papel de los microorganismos en la tecnología Biofloc. Recuperado el 10 de noviembre de 2023 de <https://adrianadasilvablog.wordpress.com/2018/04/22/el-papel-de-los-microorganismos-en-la-tecnologia-Biofloc/>
- Delgado, L.; Palácios, Á.; Martínez, E. (2015). Efecto de la presencia de flóculos sobre el crecimiento en juveniles de camarones blancos del pacífico *Litopenaeus vannamei* en sistemas intensivos en condiciones experimentales. *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León*, 6(1), 103-111. <https://doi.org/10.5377/universitas.v6i1.13689>
- Echeverría, R. E. R. (2023). Estudio del sistema de vida de unidades de producción acuícola familiar, en comunidades rurales de Chiapas, México [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chiapas]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unach.mx/jspui/handle/123456789/4093>
- Emerenciano, M.; Gaxiola, G.; Cuzon, G. (2013). Biofloc technology (BFT): A review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass now: Cultivation and utilization*. Edit Tech Rijeka. Croatia, 301–328. <https://doi.org/10.5772/53902>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2010). Acuicultura. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el 10 de noviembre de 2023 de <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cfc99ebd-c197-5021-a2fe-9cc90945d2bd>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Godínez-Siordia, D. E.; Chávez-Sánchez, M. C.; Gómez-Jiménez, S. (2011). Acuicultura epicontinental del camarón blanco del pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 55-62. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93915703004.pdf>
- Gonzaga Añazco, S. J.; Moran Molina, G. G.; Brito Bravo, B. B. (2017). Análisis exploratorio de buenas prácticas de manufactura del sector camaronero. “Asociación APROCAM JK” Estudio de Caso. *Universidad y Sociedad*, 9(1), 28-35. Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de <http://rus.ucf.edu.cu/>
- Kuhn, D. D.; Boardman, G. D.; Lawrence, A. L.; Marsh, L.; Flick Jr, G. J. (2009). Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*, 296(1-2), 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.07.025>

- Marin-Tinoco, R. I.; Ortega-Ramírez, A. T.; Esteban-Mendez, M.; Silva-Marrufo, O.; Barragan-Ledesma, L. E.; Valenzuela-Núñez, L. M.; Briceño-Contreras, E. A.; Sariñana-Navarrete, M. A.; Camacho-Luis, A.; Navarrete-Molina, C. (2023). Antioxidant and antibacterial activity of Mexican oregano essential oil, extracted from plants occurring naturally in semiarid areas and cultivated in the field and greenhouse in northern Mexico. *Molecules*, 28(18), 6547. <https://doi.org/10.3390/molecules28186547>
- Meza-Herrera, C. A.; Navarrete-Molina, C.; Luna-García, L. A.; Pérez-Marín, C.; Altamirano-Cárdenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Abad-Zavaleta, J. (2022). Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research*, 211, 106676. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106676>
- Monroy-Dosta, M. del C.; de Lara, R. A.; Castro-Mejía, J.; Castro-Mejía, G.; Coelho-Emerenciano, M. G. (2013). Microbiology community composition and abundance associated to Biofloc in tilapia aquaculture. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(3), 511–520. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572013000300009>
- Morales, S. G.; Membreno Centeno, L. I. (2015). Crecimiento de camarones juveniles *Litopenaeus vannamei* con dos tipos de alimentos: comercial 25% de proteína vs experimental 18% de proteína sistema semi-intensivo [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio institucional. [chrome-http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3959/1/229173.pdf](http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3959/1/229173.pdf)
- Muñoz Kuehne, V. N. (2018). Contribución del biofloc inoculado con diferentes probióticos sobre el crecimiento y niveles de actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus* var SPRING) [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California]. Repositorio institucional. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/2057>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Macías-Cruz U.; Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santos, A.; Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027–1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Ramirez-Flores, J. J.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santiago, M. A.; Veliz-Deras, F. G. (2019b). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379–2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022a). Sheep production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106675. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106675>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022b). Goat production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106677>
- Ríos-Flores, J. L.; Ríos-Arredondo, B. E.; Cantú-Brito, J. E.; Ríos-Arredondo, H. E.; Armendáriz-Erives, S.; Chávez-Rivero, J. A.; Navarrete-Molina, C.; Castro-Franco, R. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y uva (*Vitis vinifera*) de mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2014. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(1), 101–122
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C.; Ruiz-Torres, J. (2017). La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. *Avances en medicina veterinaria*, 24, 20–36
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C. (2017). Huella hídrica y productividad económica del agua en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. *Estudios de economía aplicada*, 35(3), 697–716
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2018). Anuario estadístico de acuicultura y pesca. Comisión de Acuicultura y Pesca. Recuperado el 01 de noviembre de 2023 de [https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2018/ANUA-RIO\\_2018.pdf](https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2018/ANUA-RIO_2018.pdf)
- Santiago Corisepa, K. V. (2023). Optimización de la tecnología del biofloc (TBF) para la producción de langostino (*Penaeus vannamei*): Efecto del ratio C/N y la fuente de carbono. Recuperado el 25 de noviembre de 2023 de <http://hdl.handle.net/10251/198265>
- van Rijn, J.; Rivera, G. (1990). Aerobic and anaerobic biofiltration in an aquaculture unit—nitrite accumulation as a result of nitrification and denitrification. *Aquacultural Engineering*, 9(4), 217–234. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(90\)90017-T](https://doi.org/10.1016/0144-8609(90)90017-T)

# Sistema de monitoreo de datos electromiográficos mediante el sensor V3

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.680

Laura Benita Alvarado Cruz<sup>1</sup>, José Luis Manzo Reyes<sup>2</sup> José Antonio Cárdenas Valderrama<sup>3</sup>, Karina Itzel Hernández López<sup>4</sup>,  
Diego Humberto Ramírez Cruz<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [laura.alvarado@utxicotepec.edu.mx](mailto:laura.alvarado@utxicotepec.edu.mx) ,

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [jose Luis.manzo@utxicotepec.edu.mx](mailto:jose Luis.manzo@utxicotepec.edu.mx) ,

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [jose.cardenas@utxicotepec.edu.mx](mailto:jose.cardenas@utxicotepec.edu.mx) ,

<sup>4</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [karina.hernandez@utxicotepec.edu.mx](mailto:karina.hernandez@utxicotepec.edu.mx) ,

<sup>5</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [210472@utxicotepec.edu.mx](mailto:210472@utxicotepec.edu.mx)

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MECATRÓNICA

### RESUMEN

Este trabajo muestra el sistema de monitoreo local y remoto de datos electromiográficos (EMG) adquiridos mediante los pulsos eléctricos que generan los músculos del brazo y muñeca de la mano derecha. Para la adquisición de los datos EMG se hace uso del Sensor electro-muscular V3 y la tarjeta de Arduino Uno. Estos datos adquiridos son visualizados en LabVIEW el cual se utiliza como un instrumento virtual. Además, para el almacenamiento de datos se utiliza el programa PLX-DAQ, este es un complemento de Excel que permite importar datos a través de una comunicación serial. Así mismo, para estudiar la tendencia y cambios de las señales eléctricas de los músculos en relación a la sensación de dolor existente, se proporciona una herramienta complementaria para que el especialista en fisioterapia pueda no solo monitorear las señales en clínica, sino también de forma remota en tiempo real con una conexión a Internet a través de la plataforma Node-Red para supervisar el estímulo de la técnica de rehabilitación, así como el avance de los pacientes sin la necesidad de estar presentes con un solo paciente. Esta investigación se desarrolla en colaboración con la Clínica Escuela de Terapia Física (CERTF) de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ).

*Palabras clave:* Electromiografía, electro-muscular, PLX-DAQ, Node-Red, LabVIEW.

### ABSTRACT

This work shows the system for local and remote monitoring of electromyographic (EMG) data acquired through the electrical pulses generated by the muscles of the arm and wrist of the right hand. To acquire the EMG data, the Electro-muscular Sensor V3 and the Arduino Uno card are used. These acquired data are visualized in LabVIEW which is used as a virtual instrument. In addition, the PLX-DAQ program is used for data storage, this is an Excel add-in that allows data to be imported through serial communication. Likewise, to study the trend and changes in the electrical signals of the muscles about the existing pain sensation, a complementary tool is provided so that the physiotherapy specialist can not only monitor the signals in the clinic but also remotely. in real-time with an Internet connection through the Node-Red platform to monitor the stimulation of the rehabilitation technique, as well as the progress of patients without the need to be present with a single patient. This research was developed in collaboration with the Clínica Escuela de Terapia Física (CERTF) of the Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ).

## INTRODUCCIÓN

Unas de las extremidades superiores del cuerpo humano más relevante por su función y por su fisio-anatomía compleja, son las manos [1,2]. La principal función de las manos es sostener y manipular objetos, también permiten obtener información táctil del entorno. Sin embargo, diversas investigaciones reportan que las lesiones en las manos tienen un índice de incidencia entre el 6.6 % y 28.6%, además, representan el 28% de las lesiones que afectan al sistema músculo-esquelético [3,4]. Estas lesiones pueden ocasionarse realizando actividades laborales, deportivas, sociales y de ocio, entre otras. Asimismo, estas lesiones limitan el desempeño del paciente, provocando un cambio en el desarrollo de su vida cotidiana. Por otra parte, la recuperación puede apresurarse si el paciente asiste a sesiones de terapia con el especialista. La primera valoración que realiza el especialista, es a través del uso de las escalas de medida de dolor. Dentro de las cuales se encuentran, la Escala Analógica Visual (EVA), Escala Numérica (EN), Escala Categórica (EC), Escala visual analógica de intensidad, Escala visual analógica de mejora. Las características generales de estas escalas son mediante un análisis subjetivo, es decir que el paciente cuantifique el dolor muscular de acuerdo al sentir, en números de 0 al 10, los cuales indican sin dolor, no mejora, nada o máximo, mucho e insoportable dolor respectivamente [5-7]. Es por ello que, con el avance tecnológico actualmente se cuenta con sensores que pueden ser usados como una herramienta complementaria para realizar el monitoreo de datos que pueden indicar el estado del músculo y además vincular de forma comparativa y cuantitativa la escala de dolor. Esta herramienta estudia pulsos eléctricos generados por los nervios y músculo del cuerpo humano. Dichos pulsos son bioseñales que son examinadas mediante la Electromiografía (EMG) [8-13]. Tomando en cuenta que hay dos tipos de EMG, Intravenosa y Superficial, en este trabajo se considera la EMG superficial debido a que es indolora y no es invasiva. La adquisición de los datos electromiográficos se basa en el uso de un dispositivo comercial es conocido como Sensor electro-muscular V3, este dispositivo permite amplificar, rectificar y suavizar la señal. Por consiguiente, la aplicación esencial de la adquisición de estas señales o datos electromiográficos que presenta este trabajo, es el desarrollo de un sistema de monitoreo local y remota de los datos bioeléctricos del brazo y muñeca en tiempo real a través de una plataforma Node-Red, para que el especialista en rehabilitación pueda generar una base de datos de las señales adquiridas y posteriormente cuando el paciente asista a las diversas sesiones de terapia pueda visualizar la diferencia en las señales. Además, dicho sistema de monitoreo será usado para el análisis y control de movimientos de un prototipo de exoesqueleto para rehabilitación en mano derecha. Como trabajo a futuro se pretende realizar la clasificación de dichos datos ya sea mediante descriptores estadísticos, análisis Wavelets, redes neuronales o usando algoritmos de aprendizaje automático supervisados, entre otros.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Crear un sistema de monitoreo de datos electromiográficos adquiridos mediante los pulsos eléctricos generados por los músculos del brazo y muñeca utilizando un Sensor electro-muscular V3.

- Adquirir datos electromiográficos mediante los pulsos eléctricos generados por los músculos del brazo de la mano derecha utilizando un Sensor electro-muscular V3.
- Realizar una comunicación serial con LabVIEW para visualizar con ayuda del graficador los datos adquiridos.
- Monitoreo local y remoto de datos electromiográficos en la nube en tiempo real a través la plataforma Node-Red.
- Análisis de los datos obtenidos para el control de movimientos en la rehabilitación en mano derecha.

## METODOLOGÍA

El método implementado para el desarrollo de este trabajo de investigación se basa, en la adquisición de datos electromiográficos mediante el uso de la EMG superficial. Además de la adquisición, se realiza el registro y análisis de la actividad eléctrica generada en los nervios y los músculos del brazo y muñeca de la mano derecha. Para adquirir los datos EMG se utiliza un Sensor electro-muscular V3, dicho dispositivo tiene la gran función de amplificar, rectificar y suavizar la señal. Para la visualización de los datos se hace uso del software LabVIEW, el cual es una herramienta que se utiliza como un instrumento virtual y para el almacenamiento de datos se utiliza el programa PLX-DAQ. Además, se genera un sistema de monitoreo local y remoto de los datos bioeléctricos del brazo y muñeca en la nube en tiempo real haciendo uso de la plataforma Node-Red. Esta plataforma trabaja con código abierto para el desarrollo de programación de tipo visual generando un puente entre la consola de programación y los dispositivos de monitoreo.

Esta investigación se lleva a cabo con la colaboración de la Clínica Escuela de Terapia Física (CERTF) de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ). Bajo esta colaboración, el sistema de monitoreo local y remota de los datos EMG en tiempo real se genera para que el experto en rehabilitación pueda obtener una base de datos de las señales adquiridas y posteriormente cuando el paciente asista a sesiones de terapia pueda visualizar la diferencia en las señales. También, dicho sistema de monitoreo será utilizado para el análisis y control de movimientos de un prototipo de exoesqueleto de rehabilitación en mano derecha.

### OBJETO DE ESTUDIO

Desde hace años la electromiografía se ha dedicado principalmente al estudio de enfermedades neurológicas, mejorando así constantemente los resultados en cada una de sus aplicaciones. Producto de ello ha sido su evolución a partir de diversos métodos de aplicación para obtener datos cada vez más específicos que proporcionen información electrofisiológica. Con base a esto, se puede realizar un análisis del comportamiento electro-muscular del avance en rehabilitación de la mejora de lesiones ocasionadas por traumatismo en la mano derecha. Es por esto que se proporciona una herramienta complementaria para el fisioterapeuta que le pueda



permitir no solo tener una conclusión subjetiva respecto al dolor que ocasiona de dicha lesión, sino también un monitoreo local y remoto de datos electromiográficos que puedan complementar el estudio de forma cuantitativa. Y sobre todo le proporcione el paciente una visualización de datos numéricos respecto a la mejora del avance en la rehabilitación.

### **FASES DEL DESARROLLO**

#### **Adquisición de datos mediante el sensor V3**

En el cuerpo humano, los músculos están compuestos por miles de células individuales, también conocidas como fibras musculares, que están envueltas en tejido conectivo. La forma elongada de estas células les confiere el nombre de fibras musculares. Estas fibras, generan señales eléctricas durante una contracción muscular. Estas señales se producen debido al intercambio de iones a través de las membranas de las fibras ligamentosas durante la actividad muscular [14,15]. Un método utilizado para captar las señales eléctricas generadas por los músculos durante una contracción muscular es la electromiografía (EMG).

Por consiguiente, para la adquisición de datos electromiográficos, se considera utilizar la EMG superficial, la cual se basa en la adquisición, registro y análisis de la actividad eléctrica generada en los nervios y los músculos del brazo y muñeca de la mano derecha utilizando los siguientes materiales listados,

1. Sensor electromiográfico muscular V3.
2. Tarjeta de Arduino versión Uno.
3. Electrodoes superficiales.
4. Cable para electrodo profesional.
5. Fuente de alimentación simétrica.

El Sensor electromiográfico muscular V3 está diseñado para usarse directamente como un microcontrolador, ya que no emite una señal cruda sino una señal amplificada, rectificada y suavizada. Además, permite realizar una conexión analógica a digital [16]. Bajo estas ventajas que proporciona el sensor y haciendo uso de él. La adquisición de los datos se lleva a cabo utilizando la Tarjeta de Arduino versión Uno la cual está equipada con el conocido procesador ATmega328P. Esta tarjeta contiene 14 pines digitales de entrada/salida, 6 entradas analógicas, conexiones USB, encabezado de Programación en Serie en Circuito (ICSP) y botón de reinicio [17]. Esta tarjeta es comúnmente utilizada debido a la factibilidad para conseguir y por su bajo costo. Por consiguiente, un paso importante para adquirir los datos utilizando el sensor electromiográfico muscular V3 para obtener información valiosa sobre la fisiología y los patrones de activación muscular es la colocación de electrodos sobre el antebrazo derecho. Esto debido a que se pueden adquirir datos erróneos que no corresponden a los esperados o simplemente no obtener algún dato importante. Los músculos más comunes en donde se posicionan los electrodos son flexores carpi radialis, palmaris longus y el flexor carpi ulnaris, cabe destacar que esta colocación es una de las más usadas, sin embargo, todo depende del objetivo de estudio a implementar [18].

Para adquirir los datos EMG del brazo se hace uso de electrodos desechables, este tipo de dispositivos ayuda a obtener información eléctrica del músculo de forma superficial sin necesidad de realizar una intervención intramuscular. Existe una gran variedad de electrodos para efectuar la EMG superficial, por lo tanto, se optó por usar electrodos desechables Kendall, estos para la detección de los pulsos eléctricos generados por los músculos, emplean cloruro de plata e hidro-gel para aumentar el enlace entre la piel y el electrodo. En la Figura 1 se muestran el electrodo utilizado,

**Figura 1**

*Electrodos superficiales Kendall*



Con base a lo mencionando anteriormente, antes de posicionar los electrodos en el antebrazo de la mano derecha se debe limpiar la zona de piel, como sugerencia con gel antibacterial. Además, el protocolo a seguir para la colocación de los electrodos es,

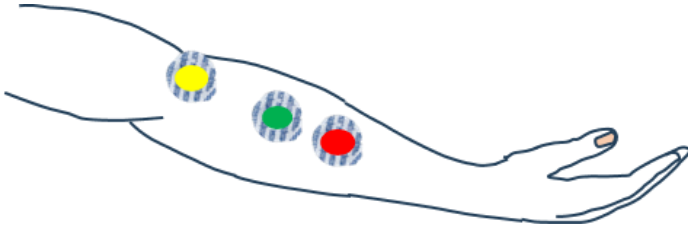


1. Colocar un electrodo en el medio del cuerpo muscular, además, realizar la conexión de este electrodo al conector a presión ROJO.
2. Colocar un segundo electrodo en un extremo del cuerpo del músculo, así mismo, realizar la conexión de este electrodo al conector a presión AMARILLO.
3. Coloque un tercer electrodo en una parte ósea o no muscular de su cuerpo cerca del músculo objetivo y realice la conexión de este electrodo al conector de presión VERDE.

La Figura 1 muestra la colocación de los electrodos en el antebrazo de la mano derecha que se utiliza para la adquisición de los datos.

**Figura 1**

*Posicionamiento de electrodos.*

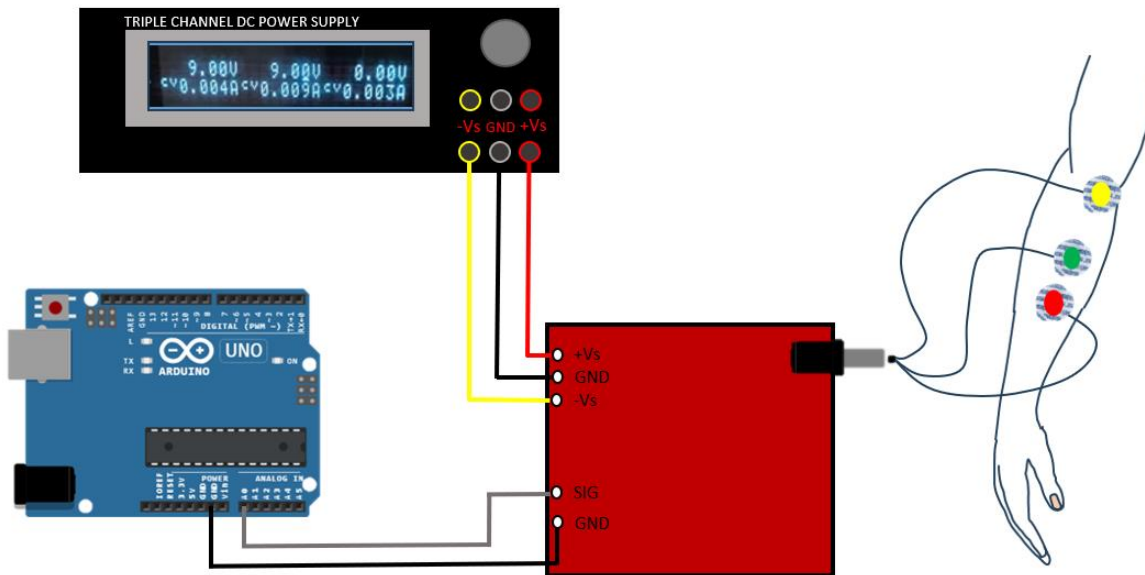


Nota. La posición de los electrodos es una etapa relevante para la adquisición de datos EMG, esto debido a que si no están colocados en los músculos del brazo derecho proporcionará datos erróneos.

Como muestra la Figura anterior, se visualiza la colocación de electrodos en relación a la posición del electrodo común o que tiene la función de tierra. Aunado a esto, para la conexión entre la tarjeta de Arduino Uno, el sensor electromiográfico V3 con la colocación de los electrodos se muestra la Figura 2.

**Figura 2**

*Esquema de la conexión del sensor para adquisición de datos.*

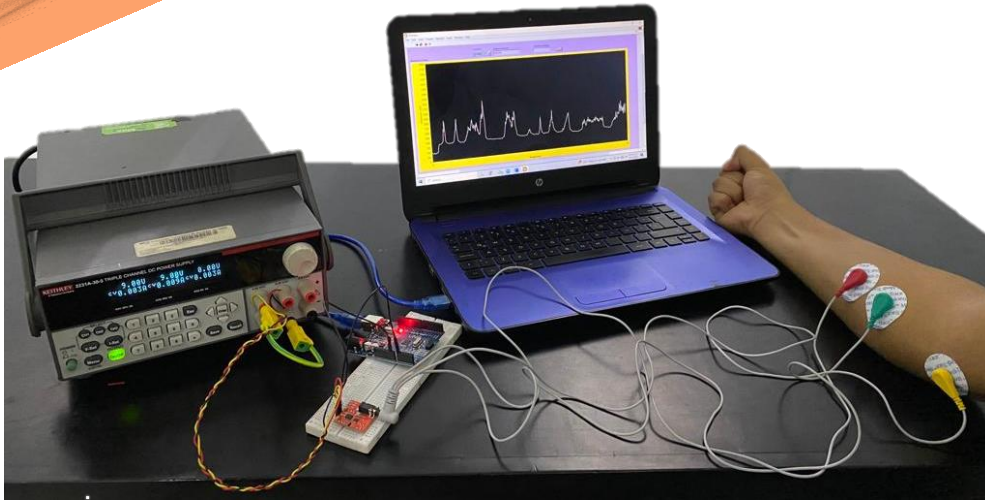


Nota: Se considera conveniente para evitar datos incongruentes se puede utilizar una protoboard para montar el sensor electro-muscular V3.

Considerando el esquema de la Figura 2 se realiza la implementación de la adquisición de datos, como se visualiza en la Figura 3.

**Figura 3**

*Implementación de la conexión del sensor V3 y los electrodos superficiales Kendall para adquisición de datos electromiográficos.*



Nota: Adquisición de datos electro-musculares del brazo derecho al cerrar la mano.  
Así mismo para visualizar la señal se hace uso de los siguientes softwares,

1. Arduino IDE.
2. LabVIEW 2022.

En el software de Arduino IDE, se desarrolla la programación para adquirir los datos del sensor electromiográfico muscular V3 y aplicar un convertidor analógico a digital para obtener los datos bioeléctricos en unidades de medida de milivoltios esto debido a que, las señales generadas por los músculos pueden variar desde los 50 microvoltios hasta los 20 - 30 milivoltios [19]. También, se realiza una comunicación serial con LabVIEW para poder visualizar con ayuda de un graficador los datos adquiridos.

La programación para el IDE de Arduino se puede visualizar en el Código 1, como se mencionó anteriormente ahora la recepción que se obtendrá en la placa, será en relación a voltaje, específicamente en mV, esto es así porque estos datos nos servirán para poder determinar rangos que efectúa el antebrazo en dichos movimientos de la mano, también se muestra el diagrama de bloques ocupado en LabVIEW en la Figura 4.

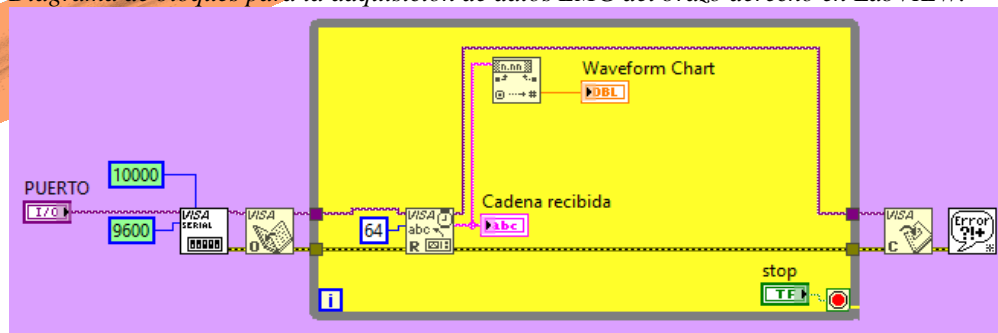
#### **Código 1**

*Muestra el código para la adquisición de datos EMG en el software de Arduino IDE.*

```
int EMG = A0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  float lectura = analogRead(EMG);
  float voltaje = (lectura * 5)/1023;
  float mV = voltaje * 1000;
  Serial.println(mV);
  delay(100);
}
```

**Figura 4**

Diagrama de bloques para la adquisición de datos EMG del brazo derecho en LabVIEW.

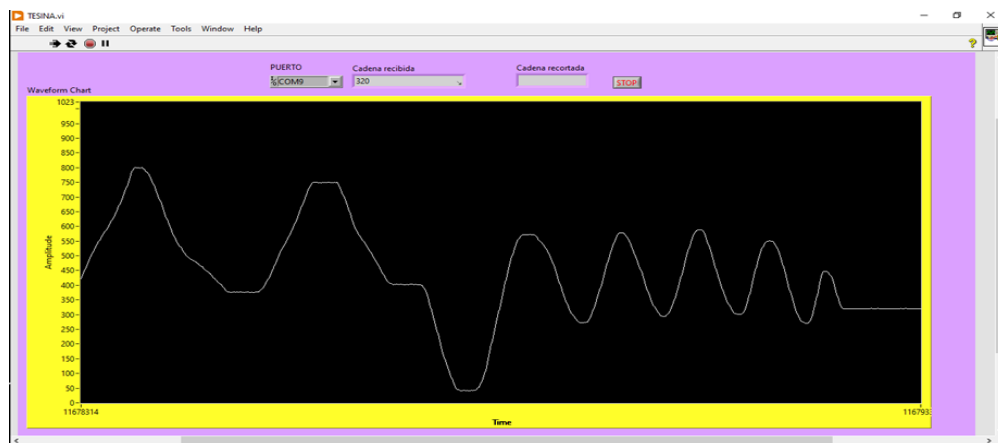


Nota: Se muestran los Sub-instrumentos virtuales para generar las peticiones hacia el Arduino.

En la Figura 5, se muestra y analiza el registro de las señales captadas por el sensor EMG V3. En la cual se visualizan diversas oscilaciones con diferente amplitud, esto tiene relación en repuesta al movimiento de la mano, extensión y flexión.

**Figura 5**

Visualización de la Señal EMG obtenida de los músculos del brazo derecho en LabVIEW.



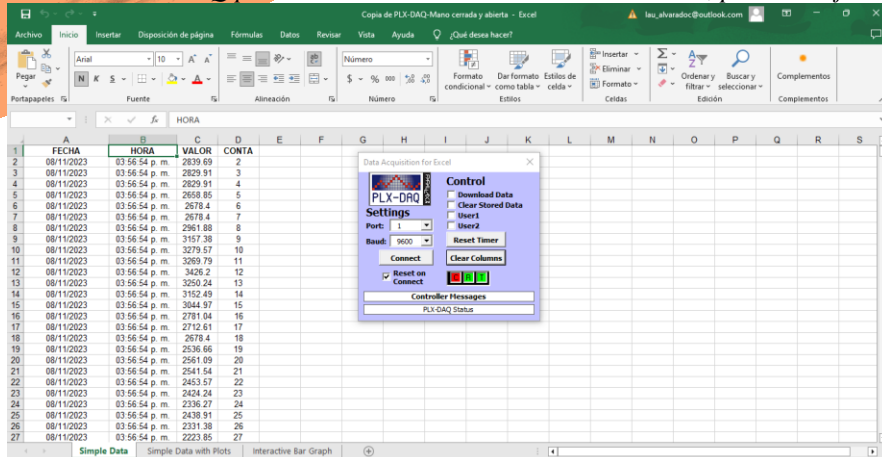
Nota: Adquisición de datos electro-musculares del brazo derecho mano abierta.

Una vez obtenidos y mostrados los datos EMG por el sensor, así como, interpretado su funcionamiento subyacente, se procede a la creación de una base de datos que albergará los valores registrados tanto en el estado de reposo muscular como en el momento de contracción. Para llevar a cabo este proceso, se utiliza un recurso adicional en forma de complemento destinado a Microsoft Excel. Este complemento, conocido como PLX-DAQ, permite la captura y organización de hasta 26 canales de datos transmitidos desde un dispositivo Arduino conectado a través de un puerto serie. Es relevante mencionar que el uso de PLX-DAQ implica la necesidad de emplear un código específico en el entorno Arduino, el cual trabaja en conjunto con dicho complemento. Aunque el código en cuestión es suministrado conjuntamente con PLX-DAQ, es con el propósito de generar una base de datos con voluntarios sin lesión y voluntarios con lesión en la mano derecha para trabajos a futuro.

En la Figura 6 podemos apreciar como es el inicio de Excel junto con el complemento de PLX-DAQ, es muy parecido, pero sin embargo se encuentra una ventana la cual nos permite seleccionar el puerto serial ocupado y así como, la opción de iniciar dicha comunicación para la recepción de los datos.

**Figura 6**

**Excel con PLX-DAQ para la creación de una base de datos EMG, para trabajos a futuro.**



*Nota: se muestra la interfaz de Excel y de PLX-DAQ para el almacenamiento de datos. En PLX-DAQ se realiza la configuración del puerto y el número de BAUDIOS que usualmente son 9600.*

Como ya se mencionó anteriormente para poder generar los datos en las celdas de Excel es necesario tener una programación en Arduino. Dicha programación se muestra a continuación,

## Código 2

*Muestra el código para la adquisición de datos EMG en el software de Arduino IDE.*

```
int dataCount = 2; // Contador de datos
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARSHEET");
  Serial.println("LABEL,FECHA,HORA,VALOR,CONTA");
}
void loop() {
  float lectura = analogRead(A0);
  float V = (lectura*5)/1023;
  float mV = V * 1000;
  Serial.print("DATA,DATE,TIME,");
  Serial.print(mV);
  Serial.print(",");
  Serial.println(dataCount);
  dataCount++; // Incrementa el contador de datos
  if (dataCount >= 4000) {
  }
  delay(10);}
```

Para la base de datos se tiene en consideración la adquisición de tres muestras y en cada muestra adquirir aproximadamente 4,000 datos en los casos donde la mano está en estado de reposo (mano abierta), cuando la mano tiene una contracción muscular continua (mano cerrada) y cuando la mano está en constante movimiento (mano cerrada y mano abierta). Estas muestras de datos EMG se van adquirir de voluntarios sin lesión y voluntarios con lesión en la mano derecha. Todo esto en colaboración con la Clínica Escuela de Terapia Física (CERTF) de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ), del estado de Puebla.

## Envío de datos EMG a la nube en tiempo real

Una vez los datos son adquiridos por medio del sensor electromiográfico V3 estos son monitoreados por medio de LabVIEW y Arduino para analizar el comportamiento de las señales eléctricas de los músculos respecto a la sensación de dolor existente, se plantea que los fisioterapeutas coordinadores puedan no solo monitorear las señales en clínica, sino también de forma remota en tiempo real con una conexión a Internet para supervisar el estímulo de la técnica de rehabilitación, así como el avance de los pacientes sin la necesidad de estar presentes con un solo paciente y puedan dar asistencia a los terapeutas que asisten de forma personal a los pacientes por medio de

la plataforma Node-Red que trabaja con código abierto para el desarrollo de programación de tipo visual generando un puente entre la consola de programación y los dispositivos de monitoreo.

Para iniciar la comunicación se utiliza la tarjeta Arduino Mega a la cual se le carga un programa mediante la IDE de Arduino el cual define el puerto analógico A0 para la adquisición de datos en donde interpretando la resolución de 8 bits para realizar conversiones analógicas-digitales se realiza un código de programación para obtener voltaje respecto de los bits de procesamiento como se muestra en la Figura 7.

**Figura 7.**

*Código de programación para la conversión de datos de bits a voltaje.*

```

1 int nuevo1 = 0;
2 void setup() {
3   Serial.begin(9600); //inicializa la comunicacion serial
4 }
5 void loop() {
6   nuevo1 = nuevo1+1;
7   if(nuevo1 == 500){
8     nuevo1=0;
9   }
10  int fixed =40;
11  int valorADC; //valor de 0 a 1023
12  float voltaje; // variable para almacenar numero con decimales
13  valorADC = analogRead(A0); // almacenamos el resultado
14  voltaje = valorADC * (5.0 / 1023.0); // Convertidor el valor a un valor de volta
15  Serial.print("\nVoltaje:");
16  Serial.print(voltaje);
17  delay (2000); //esperamos 2ms
18 }
  
```

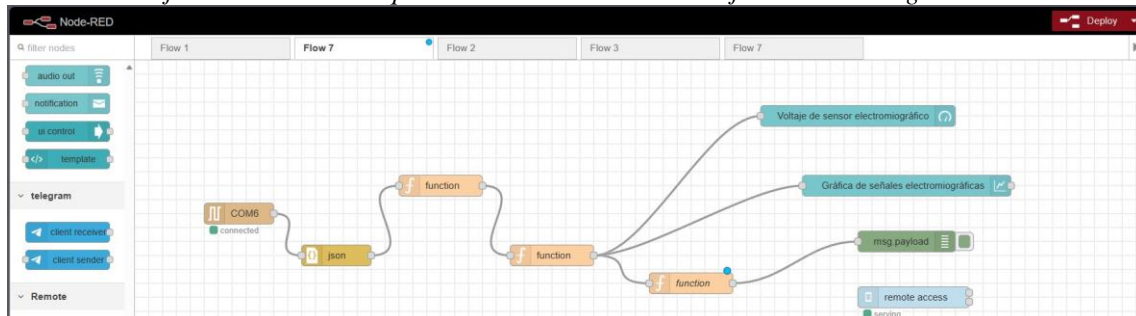
Nota: Programación de código para la lectura y conversión de bits a voltaje provenientes del puerto analógico A0 de la tarjeta Arduino Mega.

Como lo describe Manzo (2021) [20], una vez que se ha conectado la tarjeta Arduino en la computadora donde se proceda a la programación, los datos que se adquieren en formato analógico se adquieren por medio del nodo Arduino dentro de la consola Node-Red para ser enviados por medio de cadenas de String y transmitirse por medio de alguna plataforma adecuada para enviarse de forma remota, tomando en cuenta la forma de adquirir datos, se ha optado por cambiar al nodo Arduino por el nodo Serial Port debido a la compatibilidad de nodos en Windows 11.

En la consola visual de Node-Red se procede a la colocación de los nodos utilizando el flujo actual, verificando no existan nodo los cuales puedan generar interferencias al momento de realizar la comunicación como la duplicación de un nodo Debug quien muestra los resultados de los flujos, posterior a ello, se inicia la comunicación utilizando el nodo Serial Port acompañado del nodo json el cual importa los datos adquiridos desde la tarjeta Arduino Mega para ser ordenados en los tres nodos function presentados que tienen la tarea de realizar el ajuste de los datos para mostrar valores en formato numérico y en condición de coma flotante como se observa en la Figura 8.

**Figura 8.**

*Diseño del Flujo Actual Para la Adquisición de Datos Desde la Tarjeta Arduino Mega.*



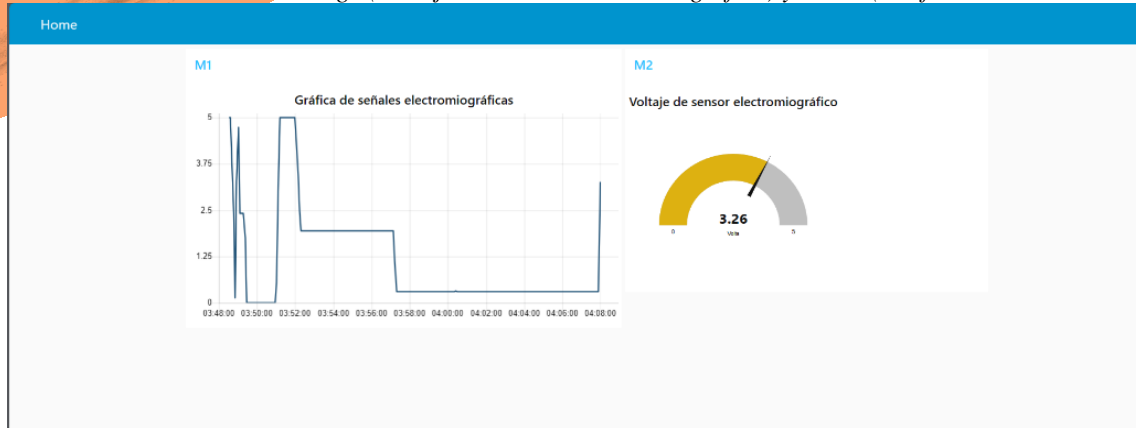
Nota: Los valores de la adquisición de datos de la tarjeta Arduino Mega son importados por medio del nodo Serial Port e inyectados su monitoreo en tiempo real.

Los datos adquiridos pueden monitorearse a través de los nodos Gauge (Voltaje de sensor electromiográfico) utilizando un rango de 0 a 5 volts y Chart (Gráfica de señales electromiográficas) [21] mostrando el tiempo de la adquisición en el eje X y el voltaje leído en el eje Y, ambos nodos tienen la facultad de visualizarse en formato de Widget con información en tiempo real importados de Arduino Mega con un retraso de 2 segundos con la intención de tener un mejor análisis de la información empleando el formato Dashboard en ambos Widgets como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9.**

*Dashboard con los Nodos Gauge (Voltaje de Sensor Electromiográfico) y Chart (Gráfica de Señales Electromiográficas).*



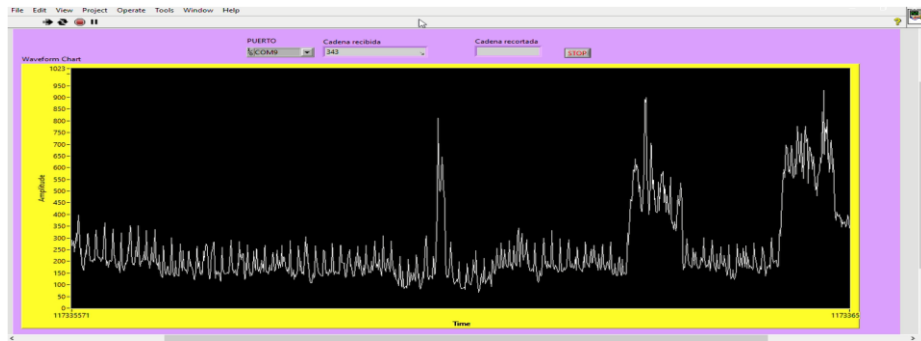
Nota: Los datos importados se muestran en tiempo real en dos formatos visuales para monitorear los cambios de las señales en tiempo real y el historial de datos adquiridos.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Figura 10 Se evidencia en el graficador de LabVIEW una señal EMG de diversas oscilaciones, donde aquellos de menor amplitud reflejan una manifestación menos constante de actividad eléctrica muscular. Este aspecto se correlaciona de manera directa con la fase de reposo de los músculos en el brazo derecho. De esta manera, se postula que dichos picos de menor envergadura denotan un período en el cual los músculos se encuentran en un estado de inactividad relativa. En contraste, se identifican trazas de señales que exhiben una repetición notoria y presentan amplitudes superiores. Esta manifestación conlleva a una afirmación más enérgica, donde se concluye con certeza que una actividad eléctrica muscular constante prevalece en esta circunstancia. Este fenómeno es directamente atribuible a la contracción muscular. En este contexto específico, se asocia con las señales captadas durante el estado de reposo de la mano, así como durante su flexión al cerrarla de una forma rápida y con una fuerza moderada.

**Figura 10.**

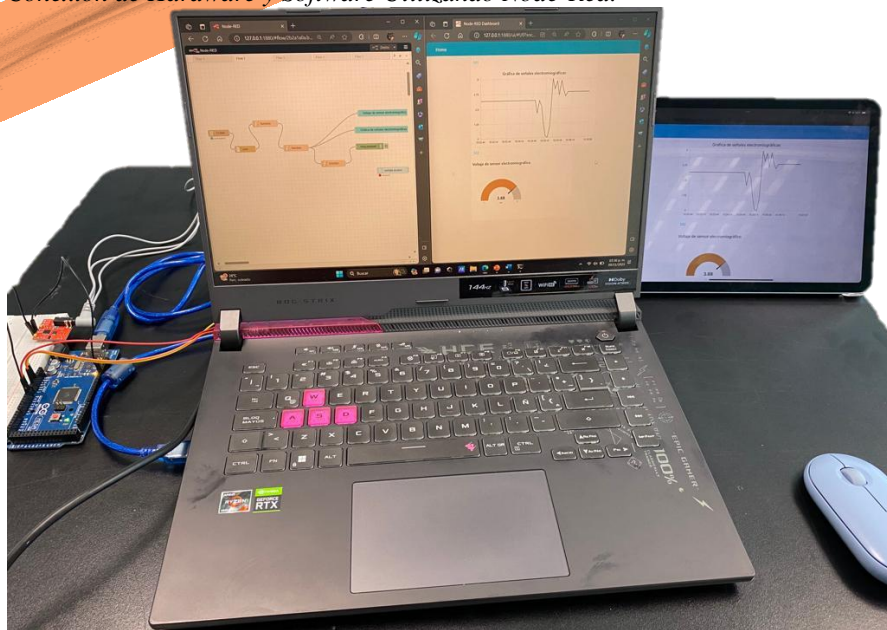
*Conexión de Hardware y Software Utilizando Node-Red.*



Nota: La adquisición de datos electro-musculares del brazo derecho se obtuvo de 1 voluntario sin lesión en la mano derecha, estudiante que se encuentra actualmente estudiando la Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez.

Para monitorear los datos de forma remota se ha optado por cambiar el nodo Watson IoT output por el nodo de acceso remoto el cual genera un enlace entre la consola de Node-Red y una conexión de forma remota en cualquier dispositivo que tenga las características de conexión a Internet y el soporte de correr la aplicación del nodo de acceso remoto. El resultado es obtener un monitoreo en tiempo real desde una computadora en donde se realiza la conexión de la tarjeta Arduino Mega y el sensor electromiográfico V3 con la opción del monitoreo remoto, en este caso, utilizando una tableta como se muestra en la Figura 11.

**Figura 11.**  
*Conexión de Hardware y Software Utilizando Node-Red.*



Nota: Se utiliza la conexión de una computadora con Node-Red, la tarjeta Arduino Mega y el sensor electromiográfico V3 para el monitoreo en tiempo real de la adquisición de señales de forma local y remota.

## CONCLUSIONES

La señal EMG superficial contiene información valiosa sobre la fisiología y los patrones de activación muscular. Es por ello que, a través de la adquisición de datos electro-musculares por medio del sensor V3 y la visualización de los datos mediante la herramienta de LabVIEW se obtienen muestras de señales en las cuales se observa una mayor oscilación y amplitud cuando se realiza una contracción del musculo al cerrar la mano. Sin embargo, cuando la amplitud y oscilación es menor es porque hay una estrecha relación con el musculo en reposo o cuando la mano realiza extensión. Además, a través de esta herramienta complementaria para los fisioterapeutas, se desarrolla el sistema de monitoreo local y remoto mediante la plataforma Node-Red. Esto para que el especialista en terapia pueda visualizar y realizar un análisis cuantitativo del avance y mejora al realizar la rehabilitación en mano derecha. Se considera que el análisis de señal EMG es un complemento para el diagnóstico clínico, investigación biomédica, implementaciones de hardware y aplicaciones de usuarios finales.

## REFERENCIAS DE CONSULTA

- [1] Forro, S. D. (2023, 25 julio). Anatomy, shoulder and upper limb, arm structure and function. StatPearls – NCBI. Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507841/>
- [2] Kivell, T. L., Baraki, N., Lockwood, V. A., Williams-Hatala, E. M., & Wood, B. (2022). Form, function and evolution of the human hand. *American journal of biological anthropology*, 181(S76), 6-57.
- [3] Osnaya, M. H., Kawasaki, Romero, E. J. F., Mondragón, C. M. A., Ochoa, G. G., Escoto, G. J. A., (2014, mayo). Estudio epidemiológico de las lesiones traumáticas de mano en un Centro Médico de Toluca, Estado de México. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 82(5), 511-516.
- [4] Arroyo, B. C., Quinzanos, F. J., (2022). Epidemiology of hand and wrist injuries treated in a reference specialty center over a year. *PubMed*, 35(5), 429-435.
- [5] Herrero, M. T. V., Bueno, S. D., Moyá, F. B., De La Torre, M. V. R. Í., García, L. C. (2018). Valoración del dolor. revisión comparativa de escalas y cuestionarios. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*.
- [6] Torres, G. R. C., Mendoza, K. J. R., & Chavarría, V. I. H. (2023). Manejo del dolor en el paciente adulto con trauma por quemadura. *Revista médica sinergia*, 8(5), e1035.
- [7] M, J. C. O., Duque, D. C., & R, G. A. V. (2023). Caracterización y manejo de los pacientes que consultan por dolor agudo en un servicio de urgencias. *Revista chilena de anestesia*, 52(6), 570-575.
- [8] Fiallo, R. Á., Anzorandía, C. S., Herrera, E. M. (2006). Desarrollo histórico y fundamentos teóricos de la electromiografía como medio diagnóstico. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 35(4), 0.
- [9] Dondelinger, R. M. (2010). Electromyography—An Overview. *Biomedical Instrumentation & Technology*, 44(2), 128-131.

- [10] Preston, D. C. (2013). Basic overview of Electromyography. *En Elsevier eBooks* (pp. 125-128).
- [11] Al-Ayyad, M., Owida, H. A., De Fazio, R., Al-Naami, B., Visconti, P. (2023). Electromyography Monitoring Systems in Rehabilitation: A review of clinical applications, wearable devices and signal acquisition methodologies. *Electronics*, 12(7), 1520.
- [12] Wu, D., Yang J., Sawan, M., Transfer Learning on Electromyography (EMG) Tasks: Approaches and Beyond, in *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 31, pp. 3015-3034, 2023, doi: 10.1109/TNSRE.2023.3295453.
- [13] Guzmán, M., E., Méndez, R., G. (2019). Electromyography in the rehabilitation sciences. *Salud*.
- [14] Arvedson, J. C., Lefton-Greif, M. A. (1996). Anatomy, physiology, and development of feeding. *Seminars in Speech and Language*, 17(04), 261-268.
- [15] Betts, J. G., DeSaix, P., Johnson, J. E., Korol, O., Kruse, D. H., Poe, B., Wise, J. A., Womble, M., Young, K. A. (2013). Anatomy and physiology.
- [16] Muscle Sensor v3, *Three-lead Differential Muscle/Electromyography Sensor for Microcontroller Applications*, (2013), Recuperado de: [https://www.pololu.com/file/0J745/Muscle\\_Sensor\\_v3\\_users\\_manual.pdf?shem=iosie](https://www.pololu.com/file/0J745/Muscle_Sensor_v3_users_manual.pdf?shem=iosie), (pp. 2182-2186)
- [17] Arduino® UNO R3 (Modified: 31/10/2023), Recuperado de: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- [18] Filadd. (s.f.). Músculos del antebrazo - Izu [PDF]. Recuperado de <https://filadd.com/doc/musculos-del-antebrazo-izu-pdf-anatomia>
- [19] Yahya, A. B., Daud, W. M. B. W., Horng, C. S., Sudirman, R. (2014). Electromyography signal on biceps muscle in time domain analysis. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 7, 1179-1188.
- [20] Manzo Reyes, J. L. (2021). Sistema de Medición de la Humedad del Suelo Mediante Sonda Impresa en 3D. *Revista Investigación Aplicada, Un enfoque en la Tecnología*. No. 12 (p. 2010-220)
- [21] Peco Palacios, J. M. (2018), IoT con Raspberry Pi. *Plataforma de publicación independiente*. (p. 226-324)

# Degradación de paracetamol grado comercial aplicando agentes oxidantes avanzados

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.685

Bethsabet Jaramillo Sierra<sup>1</sup>, Mario Ibañez Olvera<sup>2</sup>, Antonio Mercado Cabrera<sup>3</sup>, María Elena Alvarado Díaz<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco;

e-mail: [bethsabet.jaramillo@test.edu.mx](mailto:bethsabet.jaramillo@test.edu.mx)

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco;

e-mail: [mario.mecatronica@test.edu.mx](mailto:mario.mecatronica@test.edu.mx)

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; e-mail: [antonio.mercado@inin.gob.mx](mailto:antonio.mercado@inin.gob.mx)

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco;

e-mail: [mariaelena.alvaradod@test.edu.mx](mailto:mariaelena.alvaradod@test.edu.mx)

**Línea de investigación:** Desarrollo de materiales, procesos fisicoquímicos y de oxidación, novedosos para la aplicación ambiental

## Resumen

Se efectuó un análisis de la oxidación de paracetamol pastilla comercial, utilizando agentes oxidantes y radiación ultravioleta, específicamente O<sub>3</sub>, UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>/UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>/UV. La degradación consistió en determinar el efecto de los parámetros que intervienen en el proceso experimental como: tiempo de tratamiento, concentración inicial y tipos de agente oxidante. Fue utilizado un reactor un reactor tipo *batch* de configuración cilíndrica en donde en la parte central tiene una lámpara que emite en longitudes del ultravioleta, fue adicionada la solución sintética de paracetamol con una concentración inicial de 100 mg/L en un volumen de 500 mL, el análisis del líquido residual fue analizado con un espectrómetro UV-visible. Se lograron eficiencias de hasta 98% en un tiempo de 60 minutos cuando fue utilizado 10 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>/UV.

*Palabras Clave:* Peróxido de Hidrógeno, Ozono, Fármacos, Radiación Ultravioleta.

## Abstract

An analysis of the oxidation of commercial grade paracetamol was carried out, using oxidizing agents and ultraviolet radiation, specifically O<sub>3</sub>, UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>/UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>/UV. The degradation consisted of determining the effect of the parameters involved in the experimental process such as: treatment time, initial concentration and types of oxidizing agent. A batch reactor with a cylindrical configuration was used, where in the central part there is a lamp that emits ultraviolet wavelengths. The synthetic paracetamol solution was added with an initial concentration of 100 mg/L in a volume of 500 mL. The analysis of the residual liquid was analyzed with a UV-visible spectrometer. Efficiencies of up to 98% were achieved in a time of 60 minutes when 10 mg/L of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>/UV was used.

*Keywords:* Hydrogen Peroxide, Ozone, Pharmaceuticals, Ultraviolet Radiation.

## INTRODUCCIÓN

El paracetamol es un fármaco con propiedades analgésicas y antiinflamatorias, de fácil acceso ya que no se necesita prescripción médica para su venta, lo que hace que su consumo sea incontrolado. Una vez que se ingiere, es desechado a efluentes por medio de la orina y heces, vertiéndose a efluentes domésticos y hospitalarios, donde posteriormente es conducido a plantas de tratamiento de aguas residuales o incluso directamente a cuerpos de agua.

La presencia de trazas de paracetamol en el agua potable es motivo de preocupación pública y científica, ya que hay pocos estudios con relación a efectos adversos y tóxicos para la salud de los seres vivos asociados con la ingestión a corto o largo plazo a través del agua potable. Se ha demostrado que debido a sus características xenobióticas y al ser bioacumulable las plantas tratadoras de agua potable utilizadas para su tratamiento no son totalmente efectivas, por lo que pueden persistir en los efluentes, por esta razón es de importancia la validación de otros métodos complementarios que conlleven la degradación del paracetamol [1-3].

Los procesos de oxidación avanzada (AOPs) son métodos de tratamiento actualmente utilizados para tratar aguas contaminadas ya que estos son altamente efectivos para la oxidación de materia orgánica. Los AOPs se basan en procesos fisicoquímicos que permiten la disociación de los contaminantes hasta alcanzar su mineralización, mediante la generación de especies con un elevado poder oxidante como el radical hidroxilo (OH); utilizando combinaciones de ozono, peróxido de hidrógeno, radiación ultravioleta y fotocátalisis, por mencionar los más comunes [4,5].

En este trabajo se efectuó un estudio comparativo de la aplicación de diversos procesos de oxidación avanzada para la degradación de paracetamol en solución acuosa, analizando cuantitativa y cualitativamente diversos parámetros experimentales.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICO

#### Objetivo general

Estudiar la degradación de paracetamol (pastilla comercial) aplicando diversos Procesos de Oxidación Avanzada, específicamente O<sub>3</sub>, UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>/UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>/UV, evaluando los diversos parámetros que intervienen en el proceso experimental como tiempo de tratamiento, concentración inicial de los agentes oxidantes y pH, determinando los valores óptimos relativos a la eficiencia de degradación, utilizando un reactor de circulación.

#### Objetivos específicos

Acondicionar el reactor de tratamiento.

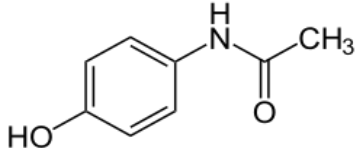
Efectuar la degradación de paracetamol pastilla comercial utilizando diversos Procesos de Oxidación Avanzada.

Determinar el efecto de los agentes oxidantes y radiación ultravioleta en la oxidación del contaminante.

### OBJETO DE ESTUDIO

El paracetamol también llamado acetaminofén es un fármaco utilizado a nivel mundial debido a sus propiedades analgésicas y antiinflamatorias, en los últimos años se ha potencializado su consumo debido a la emergencia sanitaria mundial. Debido a su consumo y después de la metabolización, así como cuando es desechado directamente es encontrado en los cuerpos de agua domésticos y hospitalarios, generando diversos efectos adversos y tóxicos en la salud de los seres vivos. En la tabla 1 se observan las características principales del contaminante de estudio.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del paracetamol

Formula química	Estructura química	Peso molecular	pKa	Solubilidad en el agua
C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>		151.1 g/mol	9.38	12.78 g/L

## METODOLOGÍA

### MATERIALES

Fue utilizado paracetamol comercial en tableta la cual fue triturada para efectuar las disoluciones, peróxido de hidrógeno al (30% V/V) grado analítico de Fermont, se utilizó un generador de ozono comercial que utiliza aire atmosférico para su generación.

#### Dispositivo experimental

El dispositivo experimental utilizado para el tratamiento del paracetamol está constituido por un reactor de tratamiento tipo *batch* de configuración cilíndrica de acero inoxidable con una longitud de 32 cm y un diámetro de 7 cm, en la parte central se encuentra una lámpara de mercurio que emite en el ultravioleta a 254 nm protegida por un tubo de cuarzo con una potencia de 12 W, un generador de ozono modelo OZX-300A en el cual utilizó aire atmosférico; el ozono se caracterizó mediante un medidor de ozono, con relación al tiempo, para lo cual se determinó una concentración inicial de 500 mg/L, por otro lado, también se utilizó un espectrómetro UV- visible



modelo DR 3900 Hach y un medidor multiparámetros de Hanna Instruments Gro Line HI9814 para la medición de pH. El dispositivo experimental se muestra en la Figura 1.

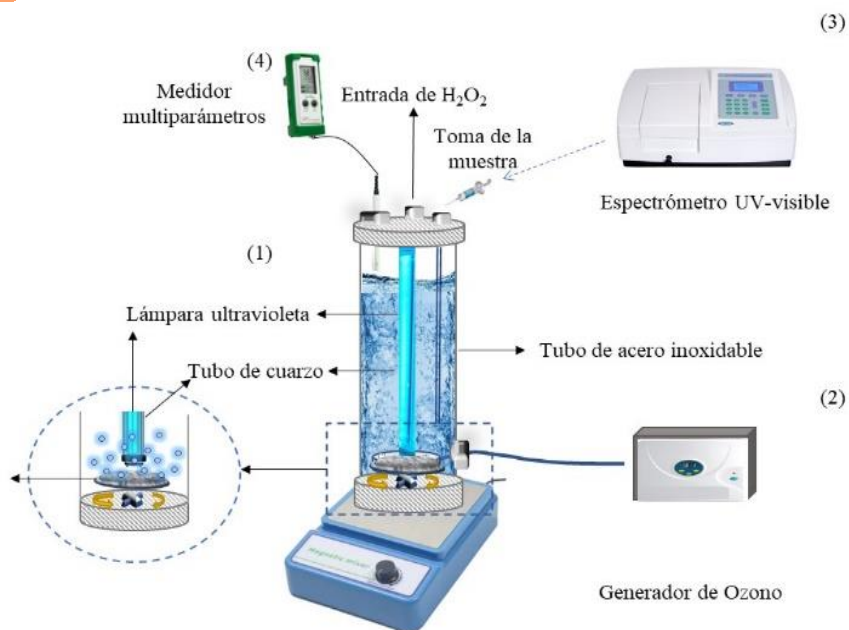


Figura 1. Dispositivo experimental

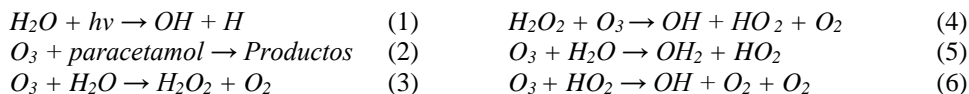
La concentración inicial del paracetamol fue de 100 mg/L en un volumen de 500 mL, la solución fue ingresada en la parte superior del reactor y se mantuvo en agitación constante para garantizar su homogeneización durante el proceso. Para la generación del ozono fue utilizado aire atmosférico y fue burbujeadó utilizando un difusor para lograr un mayor contacto con la solución. El peróxido de hidrógeno fue adicionado en la parte superior del reactor al inicio del tratamiento. La caracterización de las muestras fue llevada a cabo utilizando un espectrómetro UV-visible, para lo cual se tomaron muestras antes y cada 10 minutos durante 60 minutos de tratamiento, simultáneamente, fue medido el pH y observado el cambio de coloración de las muestras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### EFFECTO DEL O<sub>3</sub>, UV

En la figura 2 se observan los resultados obtenidos de la degradación de O<sub>3</sub>, UV y su efecto sinérgico. Se obtuvieron deficiencias de 28% para UV, 39% para O<sub>3</sub> y 63% para O<sub>3</sub>/UV.

Cuando es utilizado únicamente radiación ultravioleta los resultados obtenidos son atribuidos a la fotólisis del agua, la cual consiste en ruptura de los enlaces químicos del agua por causa de energía radiante formando radicales OH que a su vez colisionan con el contaminante y así poder lograr su degradación. Este proceso es efectuado por la reacción 1 [1-5]. Por otra parte, cuando es utilizado O<sub>3</sub>, este puede colisionar directamente con el contaminante (reacción 2) [1-5] o también es disociado para la formación radicales OH (reacciones 3-6). Cuando son combinados ambos procesos son efectuados los mecanismos anteriormente descritos, por lo que se potencializa la degradación del paracetamol.



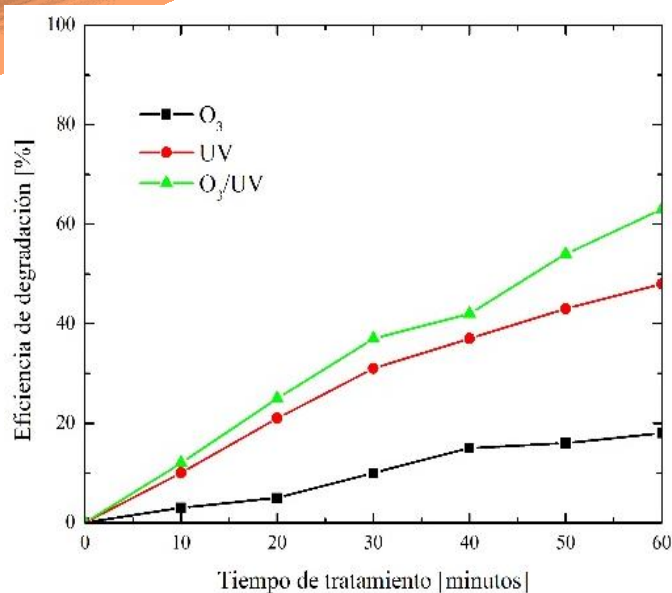


Figura 2. Resultados de la degradación de paracetamol aplicando O<sub>3</sub>, UV y O<sub>3</sub>/UV

#### EFEECTO DEL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

En la figura 3 se observan los resultados obtenidos de la degradación de paracetamol al aplicar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en concentraciones iniciales de 5, 10 y 15 mg/L y su efecto sinérgico con UV. Cuando fue utilizado únicamente H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se obtuvieron eficiencias de 19%, observándose que cuando la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se incrementa fue benéfico para el proceso de degradación. Por otra parte, al adicionar radiación UV se obtuvo una mayor eficiencia de degradación, alcanzando hasta un 41% con 15 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV. Cuando únicamente es utilizado H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, este es disociado, generando radicales OH, por otra parte, también puede colisionar con otras especies químicas generando mayor cantidad de especies activas que favorecen al proceso de degradación del paracetamol. Este mecanismo cinético se lleva a cabo principalmente por las reacciones químicas 7-9. La radiación UV, conlleva a favorecer la disociación del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y por tanto catalizando el mecanismo cinético de degradación (reacción 10) [1-5].

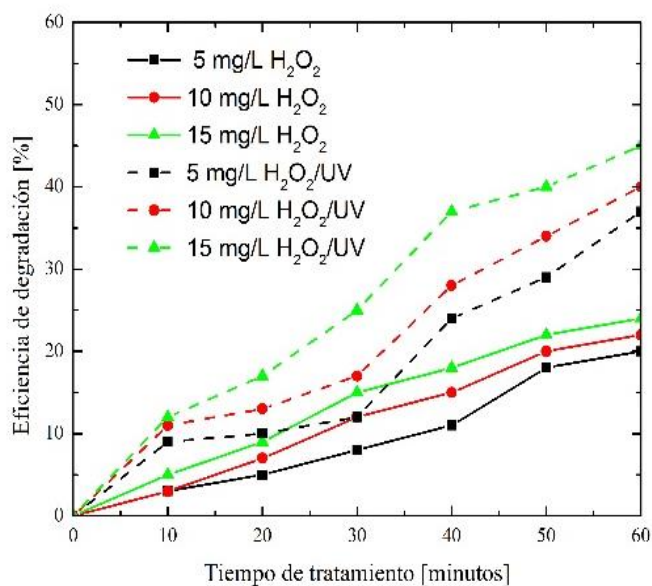
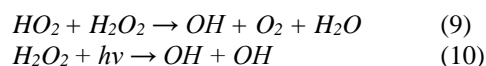
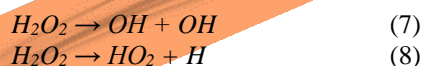


Figura 3. Resultados de la degradación de paracetamol aplicando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV.



EFEECTO DE  
 $H_2O_2/O_3$

En la figura 4 se observa los resultados obtenidos para la degradación de paracetamol utilizando  $H_2O_2/O_3$ , se observa que el tiempo de tratamiento es favorable para la obtención de mejores resultados. Se obtuvieron eficiencias de hasta 70% al utilizar 5mg/L de  $H_2O_2/O_3$ .

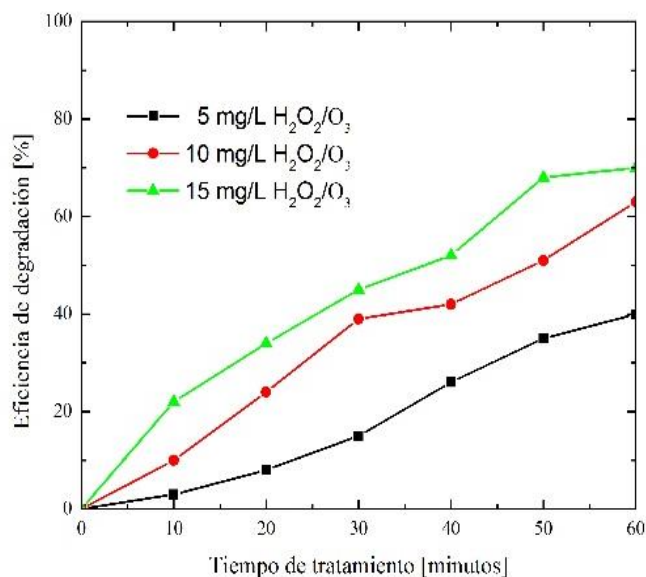
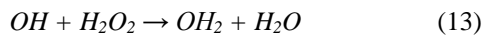
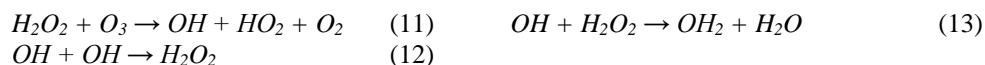


Figura 4. Resultados de la degradación de paracetamol aplicando  $H_2O_2/O_3$ .

El uso de estos oxidantes combinados permite aprovechar los efectos sinérgicos entre ellos, lo que produce un mecanismo cinético que favorece la degradación del contaminante. El proceso combina la oxidación directa del ozono con la reacción rápida y poco selectiva con el  $H_2O_2$  (reacción 11) [1-5]. Por otra parte, también es observado un proceso de inhibición de la degradación del paracetamol, ya que la eficiencia disminuyó al incrementar la concentración del  $H_2O_2$ , esto debido a reacciones no deseadas durante el proceso (reacciones 12-13) [1-5].



EFEECTO DE  $H_2O_2/O_3/UV$

En la Figura 5 se observa los resultados obtenidos de la degradación de paracetamol utilizando  $H_2O_2/O_3/UV$ . Se obtuvieron eficiencias de hasta 95%, 98% y 89% para 5 mg/L, 10 mg/L y 15 mg/L de  $H_2O_2/O_3/UV$ . La combinación de los dos oxidantes y la radiación ultravioleta es benéfica para el proceso, los resultados son atribuidos a las reacciones directas e indirectas, la descomposición del ozono, del peróxido de hidrógeno y la fotólisis del agua. También se observan los efectos de inhibición mencionados con anterioridad.

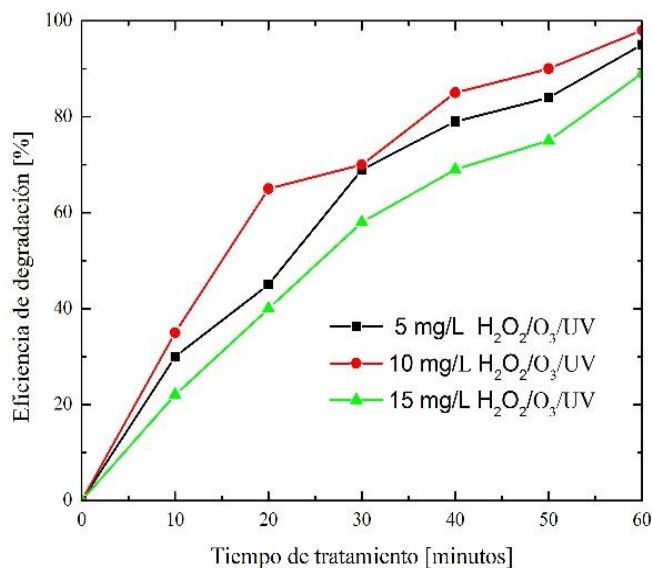


Figura 5. Resultados de la degradación de paracetamol aplicando  $H_2O_2/O_3/UV$ .

## CONCLUSIÓN

- Para los diversos procesos de oxidación avanzada utilizados, fue observado que el incremento del tiempo de tratamiento tiene un efecto favorable en la obtención de mejores eficiencias de degradación.
- Se alcanzaron eficiencias de degradación del paracetamol hasta 98 % cuando al aplicar 10 mg/L de  $H_2O_2/O_3/UV$  en un tiempo de 60 minutos.
- Se observó un efecto favorable de la adición de  $H_2O_2$ , sin embargo, cuando está en exceso son generadas reacciones inhibitorias.

## REFERENCIAS

- [1] H. N. Phong Vo<sub>2</sub> “Acetaminophen micropollutant: Historical and current occurrences, toxicity, removal strategies and transformation pathways in different environments”, Chemosphere, Vol 236, 2019, pp. 124391.
- [2] M. A. López Zavala, “ Electrochemical oxidation of acetaminophen and its transformation products in surface water: effect of pH and current density”, Heliyon, Vol. 6, 2020, pp.e03394.
- [3] R. T. Greenham, “Removal efficiencies of top-used pharmaceuticals at sewage treatment plants with various technologies”, J. Environ. Chem. Eng. Vol. 7, 2019, pp. 103294
- [4] E. M Cuerda Correa. “Advanced Oxidation Processes for the Removal of Antibiotics from Water. An Overview”, Water, Vo. 12, 2020, pp. 102.
- [5] S. L. D Morillo. “ Remocioon de tensoactivos y coliforms en aguas residuals domesticas mediante procesos fenton”, Rev. Int. Contam. Ambie., Vol 4, 2019, pp. 931

# Formulación de material alternativo a la madera elaborado a base de cáscara de nuez (*Carya illinoensis*)

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.687

Jose Luis Quezada-Zapata<sup>1</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>2</sup>, María Gorety Conteras-Hernandez<sup>3</sup>,  
María de los Ángeles Sariñana-Navarrete<sup>1</sup>, José Antonio Hernández-Herrera<sup>4</sup>, Cayetano Navarrete-Molina<sup>1</sup>,  
Rubén Iván Marín-Tinoco<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. [luiszapata31148@gmail.com](mailto:luiszapata31148@gmail.com) (J.L.Q.-Z.); [est-primo23@hotmail.com](mailto:est-primo23@hotmail.com) (M.A.S.-N.);  
[navarretemolina1977@gmail.com](mailto:navarretemolina1977@gmail.com) (C.N.-M.)

<sup>2</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. [luisvn70@hotmail.com](mailto:luisvn70@hotmail.com)

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Durango. [mgorety@itdurango.edu.mx](mailto:mgorety@itdurango.edu.mx)

<sup>4</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [heheja@gmail.com](mailto:heheja@gmail.com)

<sup>5</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, [labrodeo@hotmail.com](mailto:labrodeo@hotmail.com)

\*Autor para correspondencia: [labrodeo@hotmail.com](mailto:labrodeo@hotmail.com)

**Línea de investigación:** Aprovechamiento de los residuos agroindustriales.

## Resumen

En el norte de México, la producción de nuez (*Carya illinoensis*) desempeña un papel económico de gran relevancia. A nivel global, México se sitúa como uno de los principales productores de nuez, y los estados de Chihuahua, Coahuila y Sonora contribuyen significativamente a esta producción, representando el 88% del total a nivel nacional. El objetivo de este estudio fue formular un material alternativo a la madera a base de cáscara de nuez molida (CNM) con dos formulaciones de aglutinantes. Los aglutinantes utilizados fueron el ácido láctico (AL), el cual es un ácido orgánico natural de importancia industrial en las aplicaciones farmacéuticas, y el acetato de polivinilo (APV), siendo este un componente ampliamente usado como adhesivo. Se realizó, un diseño unifactorial 2x2 en base a la CNM con los dos polímeros naturales. Fueron desarrollados dos prototipos, uno elaborado con 60 g CNM, 10 mL de AL y un mL de iniciador (2,2'-azo-bis-isobutirilmitrilo (AIBN)); el segundo prototipo contenía, 60 g de CNM, 40 mL de APV, identificados con las claves PL1 y PL2, respectivamente. Los resultados evidenciaron que el PL1, soportó una presión equivalente a 4.87 t, y el PL2 de 18.27 t. Por lo anterior se concluye, que la formulación de este tipo de materiales, posee un alto potencial de investigación e innovación en la búsqueda de soluciones ambientalmente amigables y sostenibles, para satisfacer las necesidades de la sociedad moderna. Este estudio, ofrece un valioso punto de partida para futuras investigaciones y aplicaciones industriales, las cuales evidencian un alto potencial para revolucionar la forma en que se consideran y utilizan los recursos naturales, no solamente en el sector de la construcción, sino también, en el resto de los sectores. Lo anterior, adquiere un significado relevante si se desea mejorar el desempeño ambiental de la industria de la madera. Además, contribuye a los esfuerzos globales para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS número 13, relacionado con el cambio climático, así como, el ODS 9 y 11, enfocados en el desarrollo de la industria, la innovación y la infraestructura.

**Palabras clave:** ácido láctico, aglutinantes, cambio climático, recursos naturales

## Abstract

In northern Mexico, walnut (*Carya illinoensis*) production plays a highly relevant economic role. At a global level, Mexico is one of the main producers of walnuts, and the states of Chihuahua, Coahuila and Sonora contribute significantly to this production, representing 88% of the total at the national level. The objective of this study was to formulate a wood alternative material based on ground nut shell (GNS) with two binder formulations. The binders used were lactic acid (LA), which is a natural organic acid of industrial importance in pharmaceutical applications, and polyvinyl acetate (PVA), this being a component widely used as an adhesive. A 2x2 unifactorial design was carried out based on the GNS with the two natural polymers. Two prototypes were developed, one made with 60 g GNS, 10 mL of LA and one mL of initiator (2,2'-azo-bis-isobutyrylmtrile (AIBN)); The second prototype contained 60 g of GNS, 40 mL of PVA, identified with the codes PL1 and PL2, respectively. The results showed that PL1 supported a pressure equivalent to 4.87 t, and PL2 18.27 t. From the above, it is concluded that the formulation of this type of materials has a high potential for research and innovation in the search for environmentally friendly and sustainable solutions to satisfy the needs of modern society. This study offers a valuable starting point for future research and industrial applications, which show a high potential to revolutionize the way in which natural resources are considered and used, not only in the construction sector, but also in the rest of the sectors. The above acquires a relevant meaning if we wish to improve the environmental performance of the wood industry. In addition, it contributes to global efforts to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs), in particular SDGs number 13, related to climate change, as well as, SDGs 9 and 11, focused on industry development, innovation and infrastructure.

**Keywords:** lactic acid, binders, climate change, natural resources



## INTRODUCCIÓN

La madera, a lo largo de la historia de la humanidad, ha sido un material esencial en el sector de la construcción. Sin embargo, la explotación insostenible de los recursos forestales y la creciente preocupación por la deforestación, han llevado a una búsqueda activa de alternativas respetuosas con el medio ambiente y, a la vez, sostenibles para el aprovechamiento de la madera (Quinto, 2022; Orozco-Ramírez et al., 2022); una alternativa a este problema, pudiera ser la agroindustria, considerando que involucra la manufactura de productos agrícolas, y en este proceso, se generan subproductos o residuos, los cuales si no se gestionan adecuadamente, pueden causar problemas ambientales. Sin embargo, estos materiales contienen compuestos químicos valiosos, como carbohidratos, fibra, proteína, polifenoles y lignina, los cuales, a través de tratamientos químicos o microbiológicos, pudieran convertirse en productos de alto valor agregado. Uno de estos productos agroindustriales puede ser la cáscara de nuez molida (CNM), la cual se ha explorado como fuente de antioxidantes, por el alto contenido de fenoles y otros compuestos químicos que contiene (Sánchez, 2017).

En este contexto, la CNM, es un residuo, el cual normalmente se convierte en basura, proveniente del aprovechamiento de la nuez. En este sentido, la producción de nuez en el norte de México, representa una actividad económica muy importante. A nivel mundial nuestro país se posiciona, junto a EUA, como los principales productores, de este fruto, destacando para México, los estados de Chihuahua, Coahuila y Sonora, los cuales en conjunto, representaron, en 2022, el 88% de la producción nacional (Torres, 2023; SIAP, 2023). La producción de este fruto, se ha desarrollado bajo diversos sistemas de cultivo, produciendo frutos de calidad variable, el cual se utiliza, principalmente para abastecer la demanda del mercado interno. Este fruto es cosechado del árbol conocido vulgarmente como nogal, el cual es de gran porte, pertenece al género *Carya*, miembro de la familia Juglandaceae, la cual comprende más de 20 especies. En México la especie más ampliamente distribuida es *Carya illinoensis* la cual se puede encontrar desde el norte hasta el sur de Oaxaca (Ramos et al., 2018; Reyes & Urrea, 2016).

Del mismo modo, la CNM ha destacado como un recurso potencialmente valioso para la formulación de un material alternativo a la madera, considerando su composición y aspecto leñoso. Sin embargo, debe ser mezclada con algún adhesivo orgánico, tales como el ácido láctico (AL) y el acetato de polivinilo (APV). De estos adhesivos, el AL es un ácido orgánico natural de importancia industrial con aplicaciones farmacéuticas como electrolito y fuente de minerales, adicionalmente, en la industria cosmética es utilizado como pH buffer, antimicrobiano, rejuvenecedor de la piel. Otras aplicaciones incluyen su uso como neutralizante, solvente y agente limpiador en la industria química y, en la industria alimentaria como acidulante, preservante y antimicrobiano (Nanfra et al., 2021). Respecto al APV, poli acetato de vinilo, APVc o poli (etenil etonoato) es un polímero sintético gomoso, termoplástico, con formula abreviada ( $C_4H_6O_2$ ). El cual pertenece a la familia de los polímeros polivinil éter más fácilmente obtenible y de más amplio uso, con formula general  $-(RCOOCHCH_2)-$  (Valero et al., 2015). Por lo anteriormente expuesto, esta investigación propone desarrollar material sostenible, resistente y versátil elaborado a base de CNM. Considerando que su composición, propiedades físicas y mecánicas, son adecuadas para tal fin, así como, sus posibles aplicaciones en diversas industrias, lo cual contribuiría a la formulación de alternativas ecológicas, para abordar los desafíos actuales relacionados con la madera. Lo cual es importante en la búsqueda de verdaderas alternativas que contribuyan a cuidar los escasos recursos naturales con que cuenta el planeta, sin comprometer el nivel de vida de la población humana y las generaciones futuras. Todo lo anterior, sería inútil si no se considera una visión sustentable y holística alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la cual debe considerar todas las aristas productivas, económicas, sociales, ambientales y culturales, facilitando así, la promoción de estrategias dirigidas a incrementar la conciencia humana sobre el cuidado y protección de los recursos naturales (Marín-Tinoco et al., 2023; Meza-Herrera et al., 2022; Navarrete-Molina et al., 2020, 2019a, 2019b; Ornelas-Villarreal et al., 2022a, 2022b; Ríos-Flores et al., 2018, 2017; Ríos-Flores y Navarrete-Molina, 2017).

## DESARROLLO

### Producción de nuez

La nuez, fruto obtenido del nogal, ha sido parte de la alimentación desde épocas prehistóricas. Algunos autores sugieren que Persia fue la cuna de esta especie, su origen no ha sido definido con precisión, porque otros, señalan a Asia del este, el sureste de Europa y el norte de América como la cuna de origen del nogal. Este fruto, característico del nogal, se encuentra disponible en el mercado, tanto con cáscara, como sin ella, el cual es consumido directamente y en diversas preparaciones culinarias. Además, de su uso alimentario, se aprovecha el aceite de nuez y se elaboran colorantes a partir del extracto del fruto entero, como menciona Burbano (2022). De acuerdo al Comité Mexicano del Sistema Producto Nuez (COMENUEZ, 2018), el mercado de la nuez pecanera se divide en dos categorías: la nuez quebrada (shelled pecans), que se obtiene mediante un proceso industrial que rompe la cáscara, para facilitar la obtención de la almendra, y la nuez con cáscara (pecans in shell), que no requiere procesamiento adicional más allá de la selección y el empaque.

Entre los años, 2017 y 2019, en México existían alrededor de 113 Kha destinadas al cultivo de nuez pecanera, distribuidas en 19 estados, con una producción total de 122 Kt de nueces (García-González et al., 2020; Torres, 2023). Esta producción, contribuyo para que México junto con Estados Unidos, desde el 2019 lideraran la producción mundial de nuez pecanera, con un aporte del 46% a nivel global (Torres, 2023). Según datos del SIAP (2023), para 2021, en el territorio mexicano existían plantaciones de nogales que ocupaban alrededor de 145 Kha, generando una producción global de 165 Kt. Este rendimiento, fue valuado en 11,992 M de pesos, adicionalmente esta producción se concentraba, principalmente en los estados de Chihuahua, Sonora y Coahuila, los cuales representaban el 90% de la producción a nivel nacional. De acuerdo al mismo organismo, en 2022, las plantaciones de nogales alcanzaron una cobertura mayor de 160 Kha, lo cual provoco un incremento de la producción, logrando producir 177.58 Kt (**Tabla 1**); de esta manera, se obtuvo un

rendimiento valuado en 12,896.14 M de pesos, destacando el estado de Chihuahua como el principal productor a nivel nacional (SIAP, 2023).

**Tabla 1.**  
*Principales estados mexicanos productores de nuez, para 2022.*

Entidad	Superficie (ha)		Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Precio (\$ t <sup>-1</sup> )	VBP* (M\$)
	Sembrada	Cosechada				
Chihuahua	101,272.04	71,365.43	106,128.68	1.49	70,147.96	7,444.71
Coahuila	22,237.14	16,864.11	18,593.61	1.10	77,227.96	1,435.95
Sonora	20,443.83	14,944.78	32,031.60	2.14	83,559.16	2,676.53
Durango	8,608.28	6,906.28	9,587.89	1.39	77,156.63	739.77
Nuevo León	4,266.70	4,248.70	3,915.35	0.92	76,204.36	298.37
Hidalgo	1,333.50	956.00	2,966.41	3.10	32,114.17	95.26
San Luis Potosí	511.05	416.25	834.74	2.01	65,772.40	54.90
Tamaulipas	481.10	206.10	134.20	0.65	43,965.50	5.90
Aguascalientes	437.30	249.30	674.89	2.71	36,345.92	24.53
Puebla	236.50	223.50	904.50	4.05	28,628.99	25.89
<b>Total nacional</b>	<b>160,568.14</b>	<b>117,114.15</b>	<b>177,581.71</b>	<b>1.52</b>	<b>72,620.87</b>	<b>12,896.14</b>

\*VBP: Valor Bruto de la Producción

Fuente: SIAP, 2023

**Características de la nuez**

*Composición química de la nuez*

Las nueces son altamente nutritivas, destacándose por su significativo aporte a la dieta. Son ricas en lípidos, constituyendo aproximadamente el 65.2% de su composición, seguidas de proteínas con un 15.2% y carbohidratos con un 13.7%. Por cada 100 gramos de nueces, se estima que proporcionan al organismo alrededor de 650 kilocalorías, según indica Burbano (2022).

*Características significativas de la nuez*

Una de las características más significativas de la nuez es el contenido de vitaminas y minerales. Entre las primeras se destacan, los folatos y la vitamina A, aunque también es importante el contenido de vitamina E, con comprobada acción antioxidante (reduce el deterioro de las células del cuerpo). Estudios ha demostrado que, ésta última, disminuye el riesgo de trastornos cardiovasculares, además de algunos cánceres. Sin embargo, no sólo la vitamina E es antioxidante, las vitaminas en general desempeñan esta misma función (Parra, 2008). Respecto a su perfil mineral, en la **Tabla 2**, se puede destacar la importancia y las cantidades que presenta el potasio, fósforo, magnesio y calcio; elementos cuyo déficit puede provocar diversos trastornos, considerando que forman parte de la estructura ósea y dental, además, regulan el balance de agua dentro y fuera de la célula e intervienen en la excitabilidad nerviosa, así como, en la actividad muscular, entre otras funciones (Burbano, 2022).

**Tabla 2.**  
*Contenido de vitaminas y minerales presentes en 100 g de la nuez*

Vitaminas		Minerales	
Compuesto	Valor (mg)	Compuesto	Valor (mg)
Vitamina C	1.30	Calcio	98.00
Tiamina	0.34	Hierro	2.91
Riboflavina	0.15	Magnesio	158.00
Niacina	1.13	Fosforo	346.00
Acido pantoténico	0.57	Potasio	441.00
Vitamina B6	0.54	Sodio	2.00
Folatos	98.00	Zinc	3.09
Vitamina A (IU)	20.00	Cobre	1.59
Vitamina E	0.70	Magnesio	3.41
Vitamina K	2.70	Selenio	4.90

Fuente: Parra, 2008

*Parámetros de la calidad de la nuez*

La evaluación de la calidad, para la comercialización de nueces, considera diversos parámetros de tipificación. Para la nuez entera, se consideran aspectos como: el tamaño, peso, forma, espesor de la cáscara, textura de la superficie de la cáscara, color y las características de la selladura de la cáscara. Para el caso de la pepita, se analiza el rendimiento al descascarado, tamaño, color del tegumento o piel, y sabor (Burbano, 2022).

*Cáscara de nuez*

La cáscara de nuez se presenta como un residuo sólido agrícola, el cual se genera durante la fase de partidura en el procesamiento de nueces. Esta cáscara, constituye aproximadamente el 50% del peso total de la nuez, según lo señalado por Parodi (2018), en su estudio

sobre la creación de un material compuesto a partir de este residuo. Análisis realizados a la cáscara de nuez, han determinado que está compuesta por elementos estructurales como celulosa, hemicelulosa y lignina (Tabla 3), lo cual la categoriza como un material lignocelulósico según el estándar propuesto por Parodi (2018).

**Tabla 3.**

*Componentes estructurales de la cáscara de nuez, en %.*

<b>Celulosa</b>	<b>Hemicelulosa</b>	<b>Lignina</b>	<b>Proteína</b>	<b>Ceniza</b>
60.2	13.2	18.6	1.3	1.1

Fuente: Parodi, 2018

La celulosa y la hemicelulosa corresponden a polímeros naturales, y la lignina es la segunda materia biológica más abundante en el mundo, es un heteropolímero, considerando como una de las moléculas responsables de otorgar mayor dureza a las maderas (Marulanda & López, 2013). Se han investigado otras características de la cáscara de nuez, revelando que su densidad aparente es de  $650 \text{ kg m}^{-3}$ , con una dureza de 2.5 en la escala de Mohs, pH neutro, peso específico de  $1.25 \text{ kg L}^{-1}$  y su punto de auto ignición se sitúa por encima de los  $270^\circ\text{C}$ ; en cuanto a su descomposición, se ha comprobado su biodegradabilidad, y al mantener la cáscara de nuez con humedad, experimenta un cambio de color de verde a negro en un período no superior a seis meses, convirtiéndola en apta para el compostaje. La cáscara de nuez, posee un potencial altamente antioxidante, por lo cual, se puede utilizar en la estabilización de los polímeros en la fabricación de materiales degradables (Romero-Arenas et al., 2013a). Adicionalmente, las cáscaras de nuez son notablemente ricas, tanto en macronutrientes, así como, en micronutrientes. En cuanto a los macronutrientes, exhiben porcentajes significativamente elevados de fósforo y potasio, mientras que presentan niveles bajos de nitrógeno. En relación a los micronutrientes, destacan por su abundancia en sodio, hierro y zinc, con valores medio-altos de manganeso y calcio. Además, aunque en proporciones más bajas, se encuentra la presencia de magnesio y cobre (Romero-Arenas et al., 2013b).

#### **Ácido láctico**

El AL se denomina ácido 2-hidroxipropanoico y está formado por los grupos funcionales alcohol y carboxilo, conformando un carbono asimétrico, el cual le confiere su actividad óptica. Existen dos isómeros ópticos, el D (-) láctico y el L (+) láctico y una forma racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L (+) y D (-) (Nanfra et al., 2021). El isómero preferido por la industria, es el ácido L (+) láctico; según Serna y Naranjo (2005), se han encontrado nuevas aplicaciones de este ácido orgánico, tales como: la elaboración de monómeros o plásticos biodegradables, por lo que tiene un gran potencial de expansión en el mercado, de tal forma que la demanda mundial estaría en incremento. El AL es un ácido orgánico natural de importancia industrial en las aplicaciones farmacéuticas como electrolito y fuente de minerales; en la industria cosmética como pH buffer, antimicrobiano y rejuvenecedor de la piel; como neutralizante, solvente y agente limpiador en la industria química y en la industria alimentaria como acidulante, preservante y antimicrobiano, y se utilizan en una gran variedad de alimentos procesados como caramelos, productos de panadería, sopas, lácteos, cerveza, jaleas, mermeladas, mayonesas y huevos procesados (García et al., 2010).

#### **Acetato de polivinilo**

El APV es un polímero no tóxico de gran importancia comercial, preparado mediante polimerización en emulsión, el cual se ha investigado como una cama de recubrimiento que contiene fungicida para la protección de diversos alimentos, y como un recubrimiento para productos farmacéuticos (Cortez-Mazatán et al., 2011). El poli acetato de vinilo, como también es conocido, es un polímero lineal con unas uniones “cabeza-cola” entre sus eslabones, de modo que los acetatos laterales (o los grupos metileno) ocupan posiciones alternas a lo largo de la cadena polimérica, se elimina la posibilidad de una estructura ramificada, dado el valor moderado del peso molecular del polímero utilizado. Las macromoléculas son muy diferentes si se han formado por acoplamiento o también por desproporción; en las primeras, existe una inversión de la estructura “cabeza-cola” en el enlace que acopla las dos cadenas radicales, mientras que en las otras no se presenta esta inversión (Sanabria et al., 2016; Douglas, 2014). La degradación térmica del APV da rendimientos cuantitativos de ácido acético, producido por una reacción de eliminación que conduce a un residuo de poli alquenos; este proceso da lugar a la formación de un residuo intumesciente con enlaces  $\text{C} = \text{C}$ , conjugados con estructuras cíclicas y aromáticas. Los dobles enlaces producidos por la eliminación del ácido acético conducen a un aumento en la velocidad de degradación térmica adyacente. La degradación del APV se produce en dos etapas: la primera etapa comienza a  $350^\circ\text{C}$  y la segunda etapa a  $400^\circ\text{C}$  (Al-Hassany et al., 2010).

### **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **Objetivo general**

- Formular un material alternativo a la madera a base de CNM.

#### **Objetivos específicos**

- Desarrollar un material alternativo con CNM.
- Realizar pruebas de flexión y comprensión de los productos obtenidos.
- Determinar la calidad potencial de sustitución de la madera por los productos obtenidos.
-

## OBJETO DE ESTUDIO

Las nueces se pueden encontrar en el mercado, tanto con cáscara como sin ella, y son consumidas de diversas maneras, ya sea directamente o como ingredientes en diferentes recetas culinarias. La cáscara de la nuez es rica en compuestos importantes como la celulosa y la hemicelulosa; lo más significativo es que estos compuestos son polímeros naturales. A menudo, la cáscara de nuez se desecha sin un uso efectivo, por lo que, se buco una forma de aprovecharla de manera más efectiva, por ejemplo, como sustituto de la madera. Con la presente investigación, se busca que la cáscara de nuez pueda tener múltiples aplicaciones industriales, como la fabricación de mesas, bancos, sillas, tarimas, y más. Además, también pueda ser utilizada en decoración del hogar y como sustituto de materiales basados en madera, como la tabla roca. Esto contribuye en la búsqueda de usos más eficientes de los recursos y ofrece una alternativa sostenible a la madera en diversas aplicaciones.

## METODOLOGÍA

### Ubicación geográfica

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Rodeo, del estado de Durango, México, localizado a 25° 10' N y 104° 33' O, y a una altitud promedio de 1,345 msnm. El clima se caracteriza por ser semiárido con una temperatura media anual de 19.1 °C, máxima de 25.5°C y mínima de 12.1°C, la precipitación anual promedio es de 417.3 mm (Yáñez-Chávez et al., 2021). La colecta de la cáscara de nuez se realizó con comerciantes de productos de nuez procesada, del mismo municipio. La elaboración de los pellets a base de CNM, se realizó en el Laboratorio de Tecnología del Agua, ubicado en las instalaciones de la Universidad Tecnología de Rodeo. Las pruebas de compresión y flexión se realizaron en el Laboratorio de Materiales del Instituto Tecnológico Superior de Santiago (ITSSP), Santiago Papasquiaro, Dgo.

### Materiales y reactivos

Los materiales y reactivos que se utilizaron para la formulación de los materiales en estudio, se presentan en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.**

*Materiales y reactivos utilizados en la elaboración de pellets a base de cascara de nuez molida*

Material o equipo	Marca o modelo; Reactivo
Micropipeta	Science MED; Ácido láctico
Puntillas	N/A; Polivinil de acetato
Tamiz de 1.18 mm	CIVEQ; Acetona
Vaso de precipitado de 1000 mL	PHYREX; Iniciador 2,2'-azo-bis-isobutirilmitrilo
Agitador magnético con plancha de calentamiento	Science MED; N/A
Espátula	N/A; N/A
Cáscara de nuez molida	N/A; N/A
Moldes de madera de 15 cm x 5 cm	N/A; N/A
Rollo de papel encerado	N/A; N/A
Báscula	Velab; N/A
Estufa	PRECISIÓN Economy Oven; N/A
Estufa de cultivo	Ecoshel; N/A
Aparato de ensayo universal	GUNT Hamburg WP 300; N/A

## FASES DEL DESARROLLO

Para determinar una formulación que sea conveniente en la sustitución de la madera, y elaborar diversos productos, es necesario hacer diferentes combinaciones, entre el material de estudio (cáscara de nuez molida) y los distintos reactivos o adhesivos con los que se desea trabajar.

### ETAPA 1

En esta etapa se elaboraron prototipos por triplicado de pellets con material alternativo a la madera. Este material estuvo formulado por la mezcla de CNM y AL.

### ETAPA 2

En esta etapa, se realizaron prototipos de pellets elaborados con material alternativo a la madera, sin embargo, para esta etapa, la mezcla se formuló con CNM y APV.

### ETAPA 3

A cada prototipo creado, se le realizaron análisis de compresión, flexión. Posteriormente, los datos fueron analizados estadísticamente, lo cual incluyó un análisis de varianza, con la finalidad de conocer la significancia entre las muestras estudiadas.

### Elaboración del pellet con ácido láctico (PL1)

El proceso de fabricación del material a base de CNM, se llevó a cabo siguiendo una serie de pasos meticulosos:

1. Se recolectaron las cáscaras de nuez y posteriormente fueron trituradas (molidas). Luego fueron tamizadas con un tamiz de 1.18 mm, para obtener partículas de tamaño uniforme y fueron pesados 60 gramos de la muestra.
2. Los 60 gramos de CNM se colocaron en un vaso precipitado de 1000 mL, se añadieron 250 mL de agua. La mezcla se dejó reposar durante aproximadamente 10 min. Pasado este tiempo, se drenó el agua y se pesó la cáscara de nuez mojada, obteniendo un peso de 140 gramos.



3. Considerando el peso de la cáscara de nuez mojada se realizaron los cálculos necesarios para determinar la cantidad necesaria de AL y del iniciador (AIBN) a utilizar. Esto resultó en 10 mL de AL y 1 mL de AIBN.
4. El vaso precipitado, con la cáscara de nuez mojada, se colocó en un agitador y se agitó a 150 rpm mientras se introducía el AL y el iniciador correspondiente. La mezcla se dejó reposar durante 10 min para que el AL y el iniciador se disolvieran en la CNM.
5. Luego, la mezcla se introdujo en un molde de madera previamente forrado con papel encerado. El molde se colocó en la estufa a una temperatura de 90°C y se dejó durante 36 horas.
6. Tras las 36 horas de secado, el producto se retiró de la estufa y se permitió que se enfriara, para posteriormente retirarlo del molde.

#### Elaboración de pellet con acetato de polivinilo (PL2)

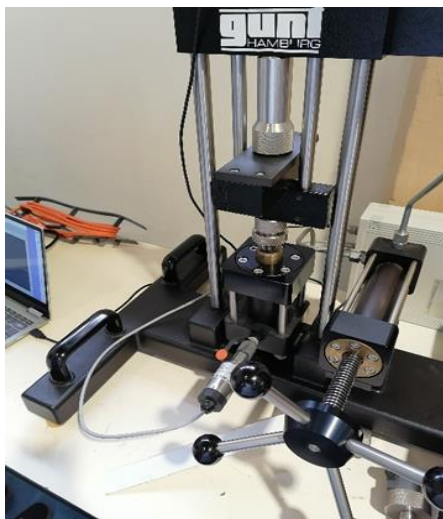
El proceso de obtención del material PL2, fue similar al del PL1, la única diferencia fue la adición de otros componentes, resultando para este caso, la adición de 40 mL de APV y un mL de AIBN. Para la obtención del APV, 30 gramos de APV fueron disueltos en 70 mL de acetona y la mezcla se dejó reposar durante dos horas.

Es importante recalcar que los procesos descritos anteriormente para la elaboración de los pellets (PL1 y PL2), se realizaron por triplicado.

#### Prueba de flexión

La flexión es un parámetro que se mide a partir de la aplicación de tensión a los prototipos; según Plata (2021), conocer este valor es fundamental para facilitar la transferencia de calor y eliminar el exceso de humedad en los materiales. Una tensión apropiada, desempeña un papel crucial en el control de pandeos y bordes desplegados. Es esencial encontrar un equilibrio, considerando que una aplicación excesiva de tensión puede resultar en pandeos hacia arriba o hacia abajo de extremo a extremo (Martínez, 2009; Plata, 2021). En esta investigación, los prototipos fueron trasladados a las instalaciones del ITSSP, ubicado en el municipio de Santiago Papasquiaro en el estado de Durango, para someterlos a las pruebas de flexibilidad y compresión en el aparato de ensayo universal Gunt (**Figura 1**). Las dimensiones de la muestra para analizar la flexión, fueron de 2 cm x 5 cm. Se giró el volante con un movimiento constante y lento, hasta que las fuerzas opuestas provocaron el quiebre de las fibras del material. No es indispensable que la muestra se rompa completamente por la mitad.

**Figura 1.**  
*Aparato de ensayo universal Gunt.*



#### Prueba de compresión

La prueba de compresión es considerada como la más crucial, porque posibilita la evaluación del apilamiento, puntos de deformación, colapsos y determina la carga máxima que los materiales pueden soportar (Martínez, 2009). En este sentido, para la determinación de la calidad del material, considera esta prueba como la más importante. Para ello, fue utilizado el mismo aparato presentado en la **Figura 1**, el resultado que arroja dicho aparato es en newtons sobre metro cuadrado ( $N\ m^{-2}$ ), sin embargo, fue necesario aplicar a los datos obtenidos la fórmula expresada en la **Ecuación 1**, para obtener el resultado en toneladas sobre metro cuadrado ( $t\ m^{-2}$ ).

$$t\ m^{-2} = \frac{N\ m^{-2}}{9.81\ N\ m^{-2}} \quad (1)$$

Dónde:

- $t\ m^{-2}$  = Carga máxima soportada en toneladas sobre metro cuadrado.
- $N\ m^{-2}$  = Resultado de la prueba de compresión expresada en newtons sobre metro cuadrado.



- $9.81 \text{ N m}^{-2} = \text{Equivalente de } 1 \text{ t m}^{-2}$ .

Esta ecuación es necesaria, para expresar los resultados de una manera más explícita en unidades de fuerza, para ello, resulta necesario igualar los resultados en  $\text{t m}^{-2}$ ; lo cual, de acuerdo a la literatura científica, una  $\text{t m}^{-2}$  es proporcional a  $9.81 \text{ N m}^{-2}$  (Çengel & Boles, 2012).

### Análisis estadístico

Se llevó a cabo una prueba de análisis de varianza de un factor (ANOVA), para analizar los datos recopilados. El procesamiento de los datos se realizó mediante el programa estadístico SPSS versión 10.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dimensiones de los pellets resultantes fueron de un cm de altura y cuatro cm de ancho. Dicho material, mostró una dureza equivalente a la de la madera, y evidencio que son capaces de soportar cargas significativas. En este sentido, el prototipo PL1 (**Figura 2**) reportó una capacidad de carga de  $4.87 \text{ t m}^{-2}$  aproximadamente, y el segundo pellet (PL2) (**Figura 3**) evidencio una capacidad de resistir una carga aproximada de  $18.27 \text{ t m}^{-2}$ . Estos resultados indican, que el material desarrollado a partir de la CNM y otros componentes, demostraron ser resistentes y adecuados para diversas aplicaciones. Esto concuerda con otros autores, quienes han reportado que la aplicación de nuevas tecnologías, es viable para mitigar el impacto ambiental provocado por los residuos agroindustriales o también conocidos como residuos orgánicos; la elaboración de bioplásticos y otros materiales alternativos creados a partir de ramas de diferentes especies, es una actividad que se ha estado practicando constantemente (Harnkarnsujarit et al., 2021). Tal es el caso de Barroso (2018), quien demostró que el aprovechamiento de la cáscara de nuez, pudiera funcionar para la fabricación de pellets destinados a fungir como combustible energético, en este caso, la autora del trabajo, elaboró pellets de 6 a 10 cm de longitud, utilizando las partículas más pequeñas de la molienda del material como aglutinante. En este mismo sentido, Tirado (2015), demostró que la cáscara de nuez puede ser una alternativa para la elaboración de material resistente. En este mismo orden de ideas, Guerrero-Martín y colaboradores (2023), reportaron una resistencia a la compresión del aglomerado comercial de  $66.28 \text{ t m}^{-2}$ , valor muy superior a los obtenidos en esta investigación, los anterior, pudiera atribuirse al grosor, considerando que el aglomerado comercial es de cinco cm y las muestras de cáscara de nuez de un cm. Además, el aglomerado comercial experimenta procesos de prensado hidráulicos, lo cual no fue aplicado a las muestras analizadas en este estudio.

**Figura 2.**

*Prototipo PL1*



**Figura 3.**

*Prototipo PL2*



Los resultados obtenidos para la flexibilidad, demostraron que el prototipo PL1 puede llegar a soportar una presión de aproximadamente  $1.47 \text{ t m}^{-2}$ , y por su parte el PL2, se aproxima a soportar una presión de  $1.21 \text{ t m}^{-2}$ . Considerando los resultados obtenidos por Guerrero-Martín y colaboradores (2023), se ha demostrado que el utilizar aglomerantes biodegradables, como el AL y APV, en la fabricación de pallets a base de materia orgánica, representa una alternativa beneficiosa para reducir la dependencia de químicos contaminantes y cancerígenos, como la urea o el formaldehído, considerando que este último es el más utilizado comúnmente. La aplicación de aglomerantes biodegradables, no solo ofrece beneficios medioambientales, sino también, mejora las propiedades del producto final. Adicionalmente, proporciona elasticidad y flexibilidad al material, fortalece su solidez ante fuerzas externas, previene daños y deterioro, y asegura una alta resistencia y adaptabilidad a la industria o aplicación específica del producto obtenido (Guerrero-Martín et al., 2023).

### Análisis de varianza para pruebas de flexión y compresión

Lo anteriormente expuesto, es robustecido por los resultados del análisis de varianza de las pruebas de compresión y flexión realizados a los datos obtenidos, los cuales consideraron las siguientes hipótesis:

- H0 (hipótesis nula o de igualdad): las medias de las muestras son iguales.
- H1 (hipótesis alternativa o de diferencias): las medias de las muestras son significativamente diferentes.

El análisis de varianza ANOVA, utiliza dos hipótesis a la hora de comprobar, si la probabilidad de la variable propuesta ( $p$ ) evidencia un valor superior a 0.05 o inferior a 0.05. Si el resultado es mayor que 0.05 no se rechaza la hipótesis nula o de igualdad, pero si el valor obtenido es inferior se rechaza la hipótesis nula y no se rechaza la hipótesis alternativa. En los resultados del estudio de flexión, realizados individualmente a las muestras PL1 y PL2 se obtuvo un valor de  $p = 0.125$ , es decir  $p > 0.05$  para el PL1, por lo tanto, se pudiera concluir, que no existe una diferencia significativa entre los factores comparados (**Tabla 5**). Para la muestra PL2, se obtuvo que el valor de  $p = 0.002$ , es decir que  $p < 0.05$ , es decir, se pudiera concluir que existen diferencias significativas (**Tabla 6**).

**Tabla 5.***Análisis de varianza para la prueba de flexión del PL1*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Distancia mm	60	0.014	0.000228	1.65	<b>0.125</b>
Error	17	0.0023	0.000138		
Total	<b>77</b>	0.016020			

**Tabla 6.***Análisis de varianza para la prueba de flexión del PL2*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Distancia mm	76	0.012	0.000163	3.74	<b>0.002</b>
Error	17	0.00074	0.000044		
Total	93	0.013113			

Considerando, los resultados de comprensión arrojados por el equipo de ensayo universal de Gunt, se determinó que el prototipo PL1 obtuvo un valor de  $p = 0.000$ , es decir, que existe diferencia significativa entre las muestras analizadas (**Tabla 7**). Por otra parte, según los datos obtenidos para el prototipo PL2, se puede determinar un resultado de  $p = 0.003$ , es decir,  $p < 0.05$ , concluyendo que existe una diferencia significativa entre las muestras analizadas (**Tabla 8**).

**Tabla 7.***Análisis de varianza para la prueba de compresión del PL1*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Distancia mm	104	41.8251	0.402164	311.45	<b>0.000</b>
Error	17	0.0220	0.001291		
Total	121	41.8470			

**Tabla 8.***Análisis de varianza para la prueba de compresión del PL2*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Distancia mm	58	0.270135	0.004658	388.13	<b>.003</b>
Error	2	0.000024	0.000012		
Total	60	0.270159			

## CONCLUSIÓN

La formulación de un material alternativo a la madera a partir de CNM emerge como una opción prometedora y sostenible oportunidad en diversos contextos. La cáscara de nuez, al ser un subproducto agrícola, muestra propiedades que la hacen idónea para sustituir a la madera en aplicaciones industriales, decorativas y arquitectónicas. Este enfoque, no solo contribuye a reducir los residuos, sino también, evidencia ventajas en términos de resistencia, flexibilidad y adaptabilidad a diversas cargas y entornos. Además, la utilización de este material, no solo promueve prácticas amigables con el medio ambiente, sino también, vislumbra nuevas perspectivas para la innovación en la construcción y diseño de estructuras, consolidando así, su papel como una alternativa valiosa y sostenible en la búsqueda de materiales ecoamigables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Al-Hassany, Z.; Genovese, A.; Shanks, R. A. (2010). Fire-retardant and fire-barrier poly(vinyl acetate) composites for sealant application. *eXPRESS Polymer Letters*, 4(2), 79-93. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2010.13>
- Barroso, L. T. S. (2018). Elaboración de pellets a partir de cáscara de pecana como combustible bioenergético - Cañete-2018 [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo] Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/24713>
- Burbano, M. J. J. (2022). Caracterización y utilización de harina de nuez (*Juglans regia* L.), subproducto de la obtención de aceite, en el desarrollo de budines libres de gluten [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de la Plata]. Repositorio institucional. <https://doi.org/10.35537/10915/144631>
- Çengel, Y. A.; Boles, M. A. (2012). *Termodinámica* (7 ed). McGraw-Gill.
- Comité Mexicano del Sistema Producto Nuez (COMENUEZ) (2018). Estudio de mercado estratégico de la nuez pecanera. Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de <http://comenuez.com/>
- Cortez-Mazatán, G. Y.; Valdés-Aguilar, L. A.; Lira-Saldivar, R. H.; Peralta-Rodríguez, R. D. (2011). Polyvinyl acetate as an edible coating for fruits: Effect on selected physiological and quality characteristics of tomato. *Chapingo serie Horticultura*, 17(1), 15-22. Recuperado el 10 de noviembre de 2023 de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17n1/v17n1a4.pdf>
- Douglas, G. Z. (2014). Influência do ácido hialurônico na formação de filmes isolados de acetato polivinílico destinados ao revestimento de sólidos orais [Tesis de maestría, Universidade Estadual do Oeste do Parana]. Repositorio institucional. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/3487>

- García-González, C. G.; Porras-Flores, D. A.; Arras-Bota, A. M.; Prieto-Amparán, J. A.; Ortega-Rodríguez, A. (2020). Evolución reciente de la producción de nuez pecanera en el estado de Chihuahua, México: Una revisión de las estadísticas agrícolas. *Agro Productividad*, 13(3), 55-64. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1613>
- García, C. A.; Arrázola, G. S.; Durango, A. M. (2010). Biotechnological production of lactic acid. *Temas Agrarios*, 15(2), 9-26. Recuperado el 01 de noviembre de 2023 de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4149619.pdf>
- Guerrero-Martín, C. A.; Silva-Marrufo, O.; Ortega-Ramírez, A. T.; Marín-Tinoco, R. I.; Salinas-Silva, R.; Camacho-Galindo, S. (2023). Development of a biodegradable material with oregano stick as a prototype of substitute for wooden agglomerate material. *Sustainability*, 15, 1-13. <https://doi.org/10.3390/su151914465>
- Harnkarnsujarit, N.; Wongphan, P.; Chatkitanan, T.; Laurenza, Y.; Srisa, A. (2021). Chapter 7: Bioplastic for sustainable food packaging. In *Sustainable food processing and engineering challenges*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822714-5.00007-3>
- Marin-Tinoco, R. I.; Ortega-Ramírez, A. T.; Esteban-Mendez, M.; Silva-Marrufo, O.; Barragan-Ledesma, L. E.; Valenzuela-Núñez, L. M.; Briceño-Contreras, E. A.; Sariñana-Navarrete, M. A.; Camacho-Luis, A.; Navarrete-Molina, C. (2023). Antioxidant and antibacterial activity of Mexican oregano essential oil, extracted from plants occurring naturally in semiarid areas and cultivated in the field and greenhouse in northern Mexico. *Molecules*, 28(18), 6547. <https://doi.org/10.3390/molecules28186547>
- Martínez, S. I. (2009). Cartón corrugado pruebas a producto terminado [Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3988/CARTONCORRUGADO.pdf>
- Marulanda, E. C. E.; López, T. M. (2013). La gestión del conocimiento en las PYMES de Colombia. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 38, 158-170. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194225730012>
- Meza-Herrera, C. A.; Navarrete-Molina, C.; Luna-García, L. A.; Pérez-Marín, C.; Altamirano-Cárdenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Abad-Zavaleta, J. (2022). Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research*, 211, 106676. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106676>
- Nanfra, S.; Logrippo A.; Ortubia, C. (2021). Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. Universidad MAZA.1-6. Recuperado el 25 de noviembre de 2023 de [https://repositorio.umaza.edu.ar/bitstream/handle/00261/2739/Nanfra\\_Producci%C3%B3n%20de%20%C3%A1cido%20l%C3%A1ctico\\_2021III.pdf](https://repositorio.umaza.edu.ar/bitstream/handle/00261/2739/Nanfra_Producci%C3%B3n%20de%20%C3%A1cido%20l%C3%A1ctico_2021III.pdf)
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Macias-Cruz U.; Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santos, A.; Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Ramirez-Flores, J. J.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santiago, M. A.; Veliz-Deras, F. G. (2019b). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022a). Sheep production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106675. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106675>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022b). Goat production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106677>
- Orozco-Ramírez, Q.; Cohen-Salgado, D.; Arias-Chalico, T.; García, C. A.; Martínez-Bravo, R.; Masera, O. (2022). Barreras para la producción y el mercado de biocombustibles sólidos forestales en México desde la perspectiva de las empresas. *Madera y Bosques*, 28(1), 1-15. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812404>
- Parodi, M. D. (2018). Material compuesto a partir del residuo cáscara de nuez *Juglans regia*. *RChD: Creación y Pensamiento*, 3(5), 1-13. <https://doi.org/10.5354/0719-837X.2018.49472>
- Parra, P. A. (2008). Nuez de nogal en Argentina. Desempeño 2000 - 2007 y perspectivas. Dirección de Industria Alimentaria y Agroindustrias. Ministerio de Producción de la Nación. Recuperado el 05 de noviembre de 2023 de [https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/frutasecas/publicaciones/Nuez\\_2008.pdf](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/frutasecas/publicaciones/Nuez_2008.pdf)

- Plata, O. L. (2021). Evaluación de los efectos de la humedad sobre la resistencia de las cajas de cartón ondulado de Corrugados del Darién S.A.S a través de la prueba de ECT (Edge Crush Test) [Tesis de licenciatura, Universidad de Antioquía]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/10495/23457>
- Quinto, L. (2022). Sistemas agroforestales a partir de técnicas de forestación en zonas agrícolas degradadas bajo el contexto de cambio climático [Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid]. Repositorio institucional. <https://doi.org/10.35376/10324/58824>
- Ramos, E.; Nomen, R.; Sempere, J. (2018). Recovery of anacardic acids from cashew nut shell liquid with ion-exchange resins. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 57(49). 16903-16908. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b04192>
- Reyes, V. N. C.; Urrea, L. R. (2016). Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la nuez pecanera en México. CONACYT-CIATEJ, Guadalajara, Jalisco, México. 111 p. Recuperado el 02 de diciembre de 2023 de <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/399/1/Retos%20y%20oportunidades%20para%20el%20aprovechamiento%20de%20la%20Nuez%20pecanera%20en%20M%C3%A9xico.pdf>
- Ríos-Flores, J. L.; Ríos-Arredondo, B. E.; Cantú-Brito, J. E.; Ríos-Arredondo, H. E.; Armendáriz-Erives, S.; Chávez-Rivero, J. A.; Navarrete-Molina, C.; Castro-Franco, R. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y uva (*Vitis vinífera*) de mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2014. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(1), 101-122
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C.; Ruiz-Torres, J. (2017). La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. *Avances en medicina veterinaria*, 24, 20-36.
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C. (2017). Huella hídrica y productividad económica del agua en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. *Estudios de economía aplicada*, 35(3), 697-716
- Romero-Arenas, O.; Rivera-Tapia, J. A.; López-Olgún, J. F.; Villareal-Espino, O. A.; Huerta-Lara, M.; Parraguirre-Lezama, C. (2013a). Seed germination of *Pinus patula* in waste nutshell (*Juglans regia* L.) in nursery. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2(4), 1-17. ISSN 2007-9990. Recuperado el 27 de noviembre de 2023 de <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/21/65>
- Romero-Arenas, O.; Damián, M. A.; Hernández, I.; Parraguirre, C.; Márquez, M.; Huerta, M. (2013b). Evaluación económica de cáscara de nuez como sustrato para producción de plántulas de *Pinus patula* Schl. et Cham. en vivero. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(2), 23-40. Recuperado el 01 de noviembre de 2023 de <http://www.ucol.mx/revai/portal/pdf/2013/mayo/2.pdf>
- Sanabria, V. F.; Espinosa, F. M.; Marcia, F. A. (2016). Degradación térmica del poliacetato de vinilo. *Revista de la Universidad de Costa Rica*, 30(1971), 129-142. Recuperado el 05 de noviembre de 2023 de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ucr/article/view/22126>
- Sánchez, A. D. L. (2017). Bioplásticos a partir de cáscara de nuez pecana y ácido poliláctico [Tesis de maestría, Universidad de Sonora]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12984/4127>
- Serna, C. L.; Naranjo, E. J. (2005). Lactic acid production from a mixture of cultures of *Lactococcus lactis* and *Streptococcus salivarius* using batch fermentation. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 2(1), 32-38. Recuperado el 29 de noviembre de 2023 de <https://www.redalyc.org/pdf/776/77670105.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola. Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Tirado, J. P. A. (2015). Estudio de compactación de la cáscara de nuez para mejorar la calidad de briquetas de biomasa [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/10366>
- Torres, V. K. B. (2023). Hongos asociados a enfermedades de la madera en nogal (*Carya illinoensis*) en el noroeste de México [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California]. Repositorio institucional. <http://cicse.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3824>
- Valero, L. A. J.; Vargas, V. N. R.; Vargas, Y. A. (2015). Ecobrick ladrillo ecológico a base de papel reciclado para muros divisorios [Tesis de licenciatura, Universidad la Gran Colombia]. Repositorio institucional. <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4039/20151014%20Monografia%20Ecobrick%20Corregida%20Final.pdf>
- Yáñez-Chávez, L. G.; Navarrete-Molina, C.; Chávez-Medina, A. C.; Pérez-Romero, C.; Quezada-Zapata, J. L.; Sandoval-Espinoza, N. N. (2021). Caracterización fisicoquímica y aplicabilidad industrial de la cáscara de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) mediante estándares de la Normatividad TAPP. *Investigación Aplicada un Enfoque en la Tecnología*, (11), 119-127.



# Evaluar el rendimiento del nopal enchilado deshidratado en diversos deshidratadores solares

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.693

Rubí Alcalá González<sup>1</sup>, Hilda Cristina Martínez Tovar<sup>2</sup>, Perla Mayara Alcalá González<sup>3</sup>,  
Guadalupe Esmeralda Alcalá González<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/ ITES de la Región Carbonífera/9617@rcarbonifera.tecnm.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/ ITES de la Región Carbonífera/2220@rcarbonifera.tecnm.mx

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/ ITES de la Región Carbonífera /9608@rcarbonifera.tecnm.mx

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/ ITES de la Región Carbonífera /2228@rcarbonifera.tecnm.mx

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INDUSTRIAL

### RESUMEN

El siguiente trabajo tuvo como finalidad evaluar el uso de varios tipos de deshidratadores solares con el objetivo determinar si el rendimiento del nopal enchilado deshidratado depende del tipo de deshidratador solar (con plástico de invernadero, con plástico de invernadero y extractor solar, y deshidratador solar con plástico cristalino normal), para lograr lo anterior la investigación se centra en la medición del rendimiento, la temperatura ambiental en grados centígrados, temperatura interna en el deshidratador, humedad, tipo de deshidratador, los instrumentos de medición son termómetro, higrómetro y báscula. Se realizan análisis estadísticos utilizando el coeficiente de correlación, regresión lineal y ANOVA. Al ser evaluada mediante el análisis de datos pudo responder a la pregunta de investigación, ¿Con cuál tipo de deshidratador se obtiene mayor rendimiento? Los datos se analizaron en software Minitab y se obtuvieron resultados del análisis de varianza de un factor el cual arrojó que el tipo de deshidratador no afecta al rendimiento del nopal, así como en el análisis de regresión lineal simple, se observó en el diagrama de dispersión que, a mayor tiempo en horas de deshidratado, menor rendimiento en gramos del nopal.

*Palabras clave: Deshidratador solar, rendimiento, nopal, estadística inferencial, ANOVA*

### ABSTRACT

The purpose of the following work was to evaluate the use of various types of solar dehydrators with the objective of determining if the performance of the dehydrated enchilado nopal depends on the type of solar dehydrator (with greenhouse plastic, dehydrator with greenhouse plastic and the solar extractor, and dehydrator solar with normal crystalline plastic), to achieve the above, the research focuses on measuring performance, environmental temperature in degrees Celsius, internal temperature in the dehydrator, humidity, type of dehydrator, the measuring instruments are thermometer, hygrometer and scale. Statistical analyzes are performed using the correlation coefficient, linear regression and ANOVA. When evaluated through data analysis, it was able to answer the research question: With which type of dehydrator is the highest performance obtained? The data were analyzed in Minitab software and results were obtained in the analysis of variance of a factor that the type of dehydrator does not affect the performance of the nopal, as well as in the simple linear regression analysis, it was observed in the scatter diagram that, longer time in hours of dehydration, lower yield in grams of the nopal.

*Keywords: Nopal, performance, solar dehydrator, statistic, ANOVA*



## INTRODUCCIÓN

El propósito de la investigación es presentar una propuesta a una empresa de agro alimentos de la Región Carbonífera en los productos de nopal verdura específicamente nopal deshidratado enchilado, con el objetivo de definir los parámetros de uso de los deshidratadores solares para conocer el rendimiento (peso en gramos) del deshidratado del nopal enchilado deshidratado utilizando herramientas estadísticas como es la regresión lineal, coeficiente de correlación, y ANOVA para la toma de decisión asertiva y en base a evidencias estadísticas, utilizando prototipos de deshidratadores solares que son propiedad de la empresa, con la finalidad de aprovechar la energía solar y sustituir la energía eléctrica, en nuestra región la temporada calurosa dura 4.5 meses, del 2 de mayo al 17 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es mayor de 34 °C. La temporada fresca tiene una duración de 2.6 meses, del 25 de noviembre al 12 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 24 °C. El día más frío del año es el 5 de enero, con una temperatura mínima promedio de 8 °C y máxima promedio de 20 °C. El sol con el cambio climático cada vez es más intenso, por lo que es muy importante aprovechar la energía solar que es la fuente de energía única del deshidratador.

## DESARROLLO

### OBJETO DE ESTUDIO

Esta investigación pretende hacer contribuciones a través del uso de la energía solar definiendo los parámetros los cuales permitan optimizar el rendimiento del deshidratado del nopal, medido con el peso del producto en gramos. Los resultados de esta investigación proporcionan alternativas para el proceso de deshidratación para las pequeñas empresas de alimentos con condiciones acorde a las temperaturas de la Región Carbonífera de Coahuila. El objetivo es definir los parámetros de uso de los deshidratadores solares para conocer el rendimiento (peso en gramos) del deshidratado del nopal mediante la aplicación de modelos estadísticos.

### METODOLOGÍA

El Diseño de la investigación es con aproximación cuantitativa, respecto al periodo de recopilación es prospectivo, de acuerdo con el fenómeno estudiado es transversal y una investigación aplicada.

La metodología de la investigación consiste en la revisión de la literatura, recopilación de información, definir las variables del estudio, definir los instrumentos de medición, obtención de información, análisis de información, resultados y conclusiones, mismas que en muestran en la Figura 1.

**Figura 1**

**Metodología de la investigación**



**Fuente: Elaboración propia**

## FASES DEL DESARROLLO

1. Definición del problema. Se realiza el diseño y el análisis de experimentos para conocer el impacto del rendimiento (Peso en gramos).
2. Se seleccionaron las variables de respuesta en este caso rendimiento en gramos del nopal enchilado deshidratado
3. Verificación del estado de las máquinas e instrumentos en donde se va a experimentar, en este caso específico no se requieren máquinas complejas, solo una báscula con capacidad de 5 kg, higrómetros digitales termómetros.
4. Selección de la variable a manipular, se seleccionó deshidratar nopal verdura en 3 tipos de deshidratadores solares. Los deshidratadores solares (con plástico de invernadero, con plástico de invernadero con extractor solar y deshidratador solar con plástico cristalino normal)

5. Determinación del tipo de herramienta estadística y el número de réplicas. El diseño de experimentos a realizar es un análisis de varianza de un factor, ya que es el que se adapta a los factores que se planean ser estudiados. Y Regresión lineal simple para analizar la relación entre el tiempo en horas totales de deshidratación y el rendimiento en gramos
6. La recopilación de datos se llevó a cabo en diferentes ocasiones a lo largo en los meses de agosto-septiembre.
7. Análisis de los resultados. Una vez que se recopilen los datos correspondientes, se comprueba estadísticamente el factor mediante un análisis de varianza para determinar si el tipo de deshidratador afecta el rendimiento en gramos del nopal.
8. Conclusiones sobre el experimento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de resultados se realizó de acuerdo con la definición de los objetivos, hipótesis y la información recopilada en el análisis de los deshidratadores tomando como base al rendimiento en peso (masa). Con los datos recopilados se realizó el ANOVA de un factor para comprobar si el rendimiento en peso (masa) del nopal enchilado deshidratado depende del tipo de deshidratador como se puede observar en la tabla 1 el resultado del ANOVA fue que no existen diferencias significativas en la tabla 1, ya que se observa un p-value de 0.898, como es mayor que el nivel de significancia p-value de 0.05, podemos decir que efectivamente no existe diferencia entre las medias de peso en los diferentes tipos de deshidratadores, se acepta que el rendimiento es igual en cualquier deshidratador y la Figura 2 gráfica de caja nos proporciona el comportamiento del rendimiento de acuerdo con los tipos de deshidratador.

**Tabla 1.**

**ANOVA rendimiento de los deshidratadores**

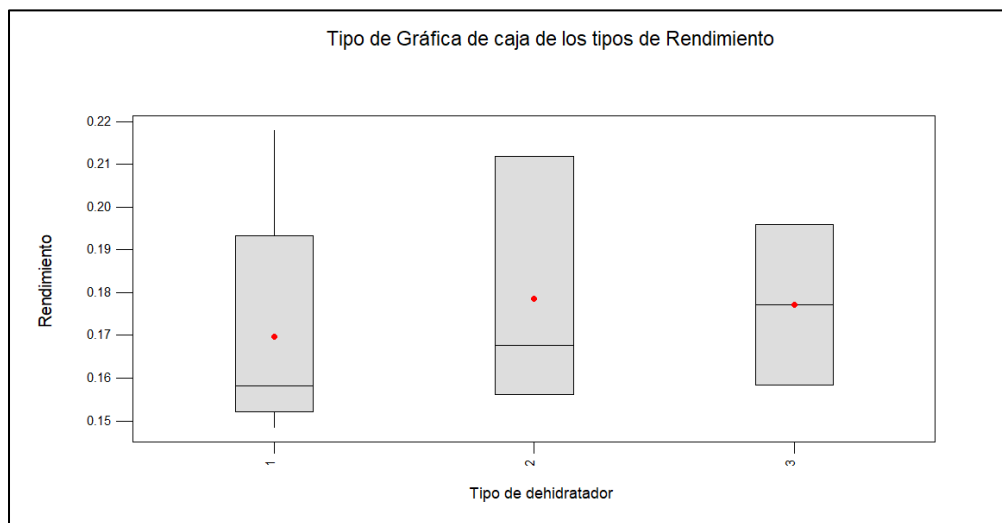
Análisis de varianza para rendimiento, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Tipo de deshidratador	2	0.000174	0.000087	0.11	0.898
Error	7	0.005586	0.000798		
Total	9	0.005760			

Fuente: Software Minitab

**Figura 2**

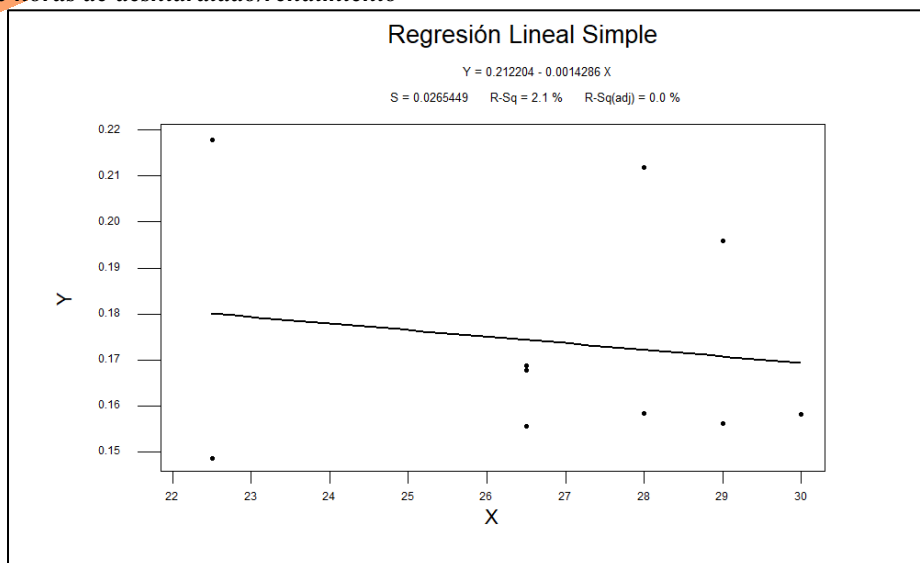
**Gráfica de caja**



Fuente: Software Minitab

Como se puede observar en la Figura 3 la gráfica de regresión lineal presenta una relación negativa débil, el coeficiente de determinación es 2.1 % y correlación de Pearson entre horas de deshidratado y rendimiento es  $-0.15$ , por lo tanto, siendo una relación negativa, se observa que a medida que aumentan las horas en el deshidratado solar, el rendimiento del nopal enchilado deshidratado disminuye, sin embargo no existe una relación significativa entre las variables de horas de deshidratado y el rendimiento.

**Figura 3**  
**Regresión lineal simple horas de deshidratado/rendimiento**



**Fuente:** Software Minitab

### CONCLUSIÓN.

El proyecto se encuentra enfocado en nuestra Región Carbonífera, apuntando al uso de energías amigables con el medio ambiente y sostenibles, sin involucrar o dejar un daño a futuras generaciones, satisfaciendo las necesidades del presente logrando un equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del ambiente, y el bienestar social proporcionando una buena opción. La deshidratación solar es un mecanismo de desarrollo económico para pequeños productores hortofrutícolas. Los resultados obtenidos ofrecen una certeza al tomar la decisión de utilizar algún tipo de deshidratador solar en específico, también como un área de oportunidad cuidar el tiempo de deshidratación, ya que de ahí depende una mayor o menor rendimiento de producto elaborado.

Esta investigación servirá de apoyo para replicar los resultados en el proceso que se está observando, las herramientas estadísticas nos proporcionan la certeza de aceptar o rechazar las hipótesis planteadas, las corridas experimentales nos proporcionan la suficiente información para poder tomar decisiones, ayudando a optimizar el proceso logrando buscar los indicadores para el tiempo exacto y conocer el rendimiento, para favorecer la toma de decisión con la información proporcionada por la investigación.

### BIBLIOGRAFÍA.

- El clima y el tiempo promedio en todo el año en Ciudad Sabinas México. (s.f.). Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/4716/Clima-promedio-en-Ciudad-Sabinas-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>
- Gutiérrez, J. B. (2014). Ciencia bromatológica. Díaz de Santos.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2018). Metodología de la Investigación . México D.F. : Mc Graw Hill.
- Inmaculada Molinero Leyva. (16 de marzo de 2009). Nutrientes: características, funciones y fuentes. Granada
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Bogotá. (2014). Generalidades de la radiación ultravioleta. Bogotá Colombia.
- Makhlouf, G. H. (2017). A Novel Intumescent Flame Retardant: Synthesis and Its Application for Linear Low-Density Polyethylene. Rabian Journal for Science and Engineering, <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2443-0>.
- Maki-Díaz, G. et al. (2014). Características físicas y químicas de nopal verdura (Opuntia ficus-indica) para exportación y consumo nacional. Obtenido de Agro ciencia [online]. 2015, vol.49, n.1: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S140531952015000100003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140531952015000100003&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2521-9766.
- Michelis, A. D. (s.f.). Deshidratación y desecado . Inta.
- Navarrete, N. M. (2008). Actividad Dietética. ELSEVIER. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1138032208756232?via%3Dihub>
- Ortega RM, L.-S. A. (2001). Composición nutricional de los alimentos. Herramienta para el diseño y valoración de alimentos y dietas. Departamento de Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Obtenido de Universidad Complutense de Madrid: <https://www.ucm.es/idinutricion/tablas-de-composicion-nutricional>
- Torres, J. H. (2016). Secado de nopal (Opuntia ficus) utilizando secador solar con sistema de reflectores. Revista de Energía Química y Física, 39-46.
- Valdovinos Romero, R. (2018). IMSS. Obtenido de IMSS: <https://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/201810/265#:~:text=Este%20alimento%20tambi%C3%A9n%20ayuda%20a,gastrointestinal%20y%20previene%20las%20%C3%BAlceras.&text=Contiene%20vitaminas%20%C2%20minerales%20%C2%20fibra%20y,y%20el%20humo%20del%20cigarro>.

# Detección de contaminantes en el medio ambiente: Métodos alternativos

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.694

Brandon Uriel Jimenez-Martinez<sup>1</sup>, Aracely Betancourt-Gallegos<sup>1</sup>, Jose Luis Quezada-Zapata<sup>1</sup>, Rubén Iván Marín-Tinoco<sup>2</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>3</sup>, José Antonio Islas-Valenzuela<sup>1</sup>, Luisa Paola Flores-Nevárez<sup>1</sup>, Cayetano Navarrete-Molina<sup>1</sup>, Miguel Ángel Soto-Cárdenas<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. [tic2017cjimenezmartinez@gmail.com](mailto:tic2017cjimenezmartinez@gmail.com) (B.U.J.-M.); [1908021@utrodeo.edu.mx](mailto:1908021@utrodeo.edu.mx) (A.B.-G.); [luiszapata31148@gmail.com](mailto:luiszapata31148@gmail.com) (J.L.Q.-Z.); [jilasvale@gmail.com](mailto:jilasvale@gmail.com) (J.A.I.-V.); [paolanevarez843@gmail.com](mailto:paolanevarez843@gmail.com) (L.P.F.-N.); [navarretemolina1977@gmail.com](mailto:navarretemolina1977@gmail.com) (C.N.-M.)

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social. [labrodeo@gmail.com](mailto:labrodeo@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. [luisvn70@hotmail.com](mailto:luisvn70@hotmail.com)

<sup>4</sup>CONAHCYT - Instituto Politécnico Nacional - CIIDIR Unidad Durango. [miguelsoto06@hotmail.com](mailto:miguelsoto06@hotmail.com)

\*Autor para correspondencia: [miguelsoto06@hotmail.com](mailto:miguelsoto06@hotmail.com)

**Línea de investigación:** Contaminación ambiental

## Resumen

A lo largo de la historia, la detección de contaminantes ambientales (CA) ha representado un desafío constante, y los métodos convencionales de monitoreo han servido como la base en la evaluación del estado del medio ambiente (MA). El objetivo de esta investigación fue analizar el uso de los bioindicadores (organismos vivos) los cuales pueden ser utilizados para evaluar la calidad del ambiente en el que viven, convirtiéndolos en métodos alternativos para el monitoreo de CA (MCA). A través de una búsqueda, la cual considero principales repositorios de divulgación científica se recopiló la información más relevante sobre el estado actual del uso de los bioindicadores. Los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica, evidenciaron que estos indicadores son una herramienta efectiva para el MCA, considerando que permiten, obtener información en tiempo real y aun costo menor en comparación con los métodos tradicionales. En conclusión, la revisión sugiere, que los bioindicadores son una herramienta muy valiosa para el MCA y que su uso puede mejorar la detección temprana de la contaminación y la protección del MA, así como, la salud humana. Sin embargo, es esencial continuar explorando y desarrollando métodos alternativos para mejorar la capacidad humana para detectar y responder a los CA, lo anterior debe ser complementado, con investigaciones para abordar los desafíos identificados y mejorar la interpretación de los resultados obtenidos mediante el uso de bioindicadores.

*Palabras clave:* bioindicadores, contaminación, monitoreo ambiental, salud humana.

## Abstract

Throughout history, the detection of environmental contaminants (EC) has represented a constant challenge, and conventional monitoring methods have served as the basis in the assessment of the state of the environment. The objective of this research was to analyze the use of bioindicators (living organisms) which can be used to evaluate the quality of the environment in which they live, turning them into alternative methods for monitoring EC (MEC). Through a search, considering the main repositories of scientific dissemination, the most relevant information on the current state of the use of bioindicators was collected. The results obtained from the bibliographic review, showed that these indicators are an effective tool for MEC, considering that they allow obtaining information in real time and at a lower cost compared to traditional methods. In conclusion, the review suggests that bioindicators are a very valuable tool for MEC and that their use can improve the early detection of contamination and the protection of environment, as well as, human health. However, it is essential to continue exploring and developing alternative methods to improve the human ability to detect and respond to EAs, the above must be complemented, with research to address the challenges identified and improve the interpretation of the results obtained through the use of bioindicators.

*Keywords:* bioindicators, pollution, environmental monitoring, human health.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica, también conocida como contaminación ambiental (CA), se refiere a la existencia de agentes dañinos (ya sean físicos, químicos o biológicos) o una mezcla de estos en lugares y concentraciones que pueden ser perjudiciales para la salud humana (SH), la seguridad y el bienestar de la población, así como, para la vida en general (Vilela-Pincay et al., 2020). Estos agentes contaminantes (AC) pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y su presencia en el medio ambiente (MA), puede alterar negativamente las condiciones naturales de los ecosistemas o afectar la salud y bienestar de las personas (Planes & Fuchs, 2015). En este sentido, la CA implica la introducción de estos AC en los cuerpos receptores, logrando ejercer un impacto negativo en la salud y bienestar de la población (Conde Williams, 2013). Los compuestos químicos (CQ), ya sean orgánicos o inorgánicos, pueden convertirse en contaminantes si ocasionan algún tipo de daño al MA. Estos compuestos, pueden ser liberados directamente al MA o pueden ser el resultado de reacciones químicas, fotoquímicas o transformaciones metabólicas provocadas por organismos vivos (Garrido Martín, 2016). En este aspecto, existen más de 127 millones de sustancias orgánicas e inorgánicas descritas, de las cuales, la mayoría ha sido descrita como compuesto orgánico. Por lo tanto, la mayoría de los contaminantes son moléculas orgánicas (Morales Aguilar & Jacobo Azuara, 2017).

Dentro de estas moléculas orgánicas, muchas de ellas se consideran como contaminantes, en las cuales se encuentran los metales pesados (MP), los cuales provienen de la industria, agricultura y eliminación de residuos, aunque también, se deben considerar las fuentes naturales como la erosión del suelo. Los MP pueden estar presentes en la atmósfera, en ambientes acuáticos o terrestres, y su concentración puede ser elevada cerca de las fuentes de emisión (Canales et al., 2017). Al respecto, fueron desarrollados una serie de indicadores ambientales (IA), los cuales abarcan temas relacionados con las prácticas y métodos antropogénicos de producción y consumo, como la demanda y uso de los recursos naturales (RN), la generación y aprovechamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, la contaminación sonora, las tecnologías y los tipos de energía utilizados en la producción de bienes y servicios y sus problemas asociados como el cambio climático, adelgazamiento de la capa de ozono, entre otros (Custodio Villanueva & Chanamé Zapata, 2016). Asimismo, se consideran IA aquellos asociados a la gestión ambiental (GA) dirigida al uso racional de los recursos y del MA: conservación in-situ y ex-situ, educación e investigación ambiental, entre otros (Sánchez Muñoz, 2015). En este sentido, los bioindicadores son entidades que vinculan sus funciones vitales con efectos ambientales, ya sean naturales o causados por el hombre, y se utilizan para señalar la presencia negativa o positiva de algún factor (Hawksworth et al., 2005). Estos bioindicadores pueden ser plantas, animales y/o microorganismos (Zaghloul et al., 2020). Es por ello que, los bioindicadores se consideran una alternativa económica y efectiva para detectar contaminantes causados por la actividad humana como la agricultura e industria entre otros.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta investigación fue analizar el uso de los bioindicadores (organismos vivos) los cuales pueden ser utilizados para evaluar la calidad del ambiente en el que viven, convirtiéndolos en métodos alternativos para el monitoreo de CA (MCA). Lo anterior, es importante en la búsqueda constante de estrategias de cuidado al MA, encaminadas a mantener y mejorar el nivel de vida de la población humana. Estas estrategias deben considerar una visión sustentable y holística, es decir, deben incluir todas las aristas productivas, económicas, sociales, ambientales y culturales, promoviendo una verdadera conciencia ambiental de los humanos hacia el planeta Tierra (Marín-Tinoco et al., 2023; Meza-Herrera et al., 2022; Navarrete-Molina et al., 2020, 2019a, 2019b; Ornelas-Villarreal et al., 2022a, 2022b; Ríos-Flores et al., 2018, 2017; Ríos-Flores y Navarrete-Molina, 2017).

## DESARROLLO

### Contaminación ambiental

Existen diversas interpretaciones de la palabra “contaminación”. Una de ellas, define a un contaminante como una sustancia que, al estar presente en ciertas concentraciones, provoca daño o supera un estándar ambiental. Sin embargo, esta definición no abarca casos en los que la contaminación no es causada por ninguna sustancia química, como la contaminación térmica, la cual afecta significativamente a la vida marina. Otra definición, considera la contaminación como cualquier cambio en el ambiente provocado por la actividad humana, sin distinguir entre comportamientos inofensivos y actividades peligrosas realizadas por el hombre. Es importante aclarar, que no toda la contaminación es resultado de la actividad antropogénica. Existen contaminantes ambientales (CoAm) “naturales” que no fueron introducidos en el ambiente por el hombre, como los depósitos naturales de minerales, por ejemplo, MP, o los residuos de la actividad volcánica, por mencionar algunos ejemplos (Farmer, 1997). Los contaminantes abarcan una amplia gama de sustancias y elementos, incluyendo CQ como plaguicidas, herbicidas, metales pesados y medicamentos, así como petróleo, radiaciones, gases contaminantes y residuos urbanos, entre otros. Estos contaminantes pueden causar daños significativos a los ecosistemas. La principal fuente de estos contaminantes son las actividades humanas relacionadas con la industria, el comercio y la explotación minera, entre otras (Fiedler, 2010). Sin embargo, la CA se ha incrementado considerablemente en los últimos años, y la actividad humana, parece ser la principal causa. Ejemplo de esto es el crecimiento demográfico y los avances industriales y tecnológicos, los cuales han contribuido a este problema. Otras actividades humanas que aportan a la contaminación son la generación y emisión al ambiente de gases dañinos, la generación de residuos, la deforestación y la explotación excesiva de los RN. Estas actividades están relacionadas con diversos sectores, como la industria, la minería, la agricultura, el comercio y la explotación petrolera, e incluso forman parte de la vida diaria. Por lo tanto, es crucial tomar medidas para reducir nuestro impacto en el MA (Perevochtchikova, 2013).



### **Tipos de contaminantes**

Los CQ, ya sean orgánicos o inorgánicos, son una amenaza considerable para el MA. Estos pueden ser introducidos directamente en el MA o pueden surgir de diversas reacciones, incluyendo las químicas, fotoquímicas o incluso transformaciones metabólicas inducidas por organismos vivos (Rojo-Nieto & Montoto, 2017). Los contaminantes orgánicos, que contienen carbono, pueden ser naturales o sintéticos y llegan a ser perjudiciales para la SH y el MA, debido a su toxicidad, persistencia y capacidad de bioacumulación. Por otro lado, los contaminantes inorgánicos, que no contienen carbono, pueden incluir MP y otras sustancias que pueden ser tóxicas, alterar los ecosistemas y contaminar las fuentes de agua. Estos contaminantes pueden ser liberados al MA de diversas maneras, ya sea directamente, a través de actividades humanas o indirectamente a través de reacciones en el MA. Además, los organismos vivos pueden transformar estos contaminantes, lo que puede resultar en la formación de nuevos contaminantes (Arias, 2017). En este mismo orden de ideas, los CQ que dañan el MA pueden clasificarse en compuestos orgánicos volátiles (COVs) y compuestos orgánicos persistentes (COPs). Los COVs son moléculas que contienen un número reducido de átomos de carbono (generalmente no más de 10 o 12), y se caracterizan por tener puntos de ebullición bajos y, a menudo, bajas presiones de vapor. Estas características, permiten que los COVs se evaporen rápidamente y tengan un impacto significativo en la atmósfera. Sin embargo, también pueden encontrarse en aguas superficiales, subterráneas o en el suelo. Por otro lado, los COPs son moléculas semivolátiles que son altamente tóxicas (Bell et al., 2019; Miraji et al., 2016).

Otra clasificación de los CQ se relaciona con la capacidad de resistencia a la degradación química y biológica, lo que puede llegar a resultar en tiempos de vida largos (Downie & Templeton, 2014). En este sentido, los CQ se clasifican en dos grupos: Prioritarios y Emergentes. Los contaminantes prioritarios son un conjunto de sustancias químicas que están reguladas, por su conocida o sospechada capacidad para causar cáncer, mutaciones, malformaciones congénitas o alta toxicidad. Estos compuestos han sido seleccionados porque existen métodos analíticos bien definidos para su detección. La mayoría de estos compuestos están sujetos a regulaciones en varios países o por agencias internacionales. Este grupo incluye a los COPs, MP, ciertos pesticidas y los hidrocarburos policíclicos aromáticos. Por otro lado, los contaminantes emergentes (CE) son CQ que a pesar de no estar regulados, pueden ser identificados en concentraciones bajas o muy bajas utilizando distintas técnicas analíticas (Robles-Molina, 2014). Los CE suelen ingresar al MA debido al progreso en campos como la medicina, la cosmética, la agricultura y las tecnologías renovables. Estos avances tecnológicos pueden tener efectos secundarios, que a menudo, implican la introducción de sustancias al MA. Estas sustancias pueden tener efectos a largo plazo en el ecosistema y la SH. Adicionalmente, los efectos de estos CE a menudo, no se conocen completamente, es por eso que se les presta especial atención (Bell et al., 2019). Los CE, según el Servicio Ecológico de Estados Unidos, son sustancias químicas o microorganismos que, a pesar de no ser comúnmente rastreados en el ambiente, tienen la capacidad de ingresar a él y provocar daños a la SH o al ecosistema. Estos daños pueden ser conocidos o potencialmente sospechados. Este grupo incluye una variedad de sustancias como los productos farmacéuticos y veterinarios, desinfectantes y biocidas, drogas ilícitas, productos de cuidado personal, aditivos alimenticios, nanomateriales, toxinas biológicas, entre otros (Miraji et al., 2016).

### **Métodos de monitoreo ambiental**

Las técnicas de MCA, varían según el contaminante y el MA; permiten la detección y cuantificación de contaminantes en diversas matrices como aire, agua, suelo y alimentos. Estos métodos, que pueden ser in situ o ex situ, se basan en la toma de muestras y su posterior análisis en laboratorio. Para el aire, se utilizan técnicas como la medición de partículas suspendidas, gases y radiación solar. En el caso del agua, se analizan sustancias químicas como nitratos, fosfatos y MP, entre otros contaminantes orgánicos (Perevotchikova, 2013). El suelo se examina en busca de MP e hidrocarburos, mientras que en los alimentos se buscan residuos de pesticidas y otros contaminantes. Aunque los métodos convencionales (MCo) son ampliamente utilizados, pueden ser costosos y requieren recursos significativos. Los métodos alternativos (Ma), que incluyen el uso de bioindicadores, sensores y técnicas de monitoreo remoto, buscan ser más económicos, rápidos y sencillos, representando una opción prometedora para complementar o incluso reemplazar los MCo (Rubio et al, 2016).

### **Indicadores ambientales**

Según Flores (2014), los indicadores deseables son variables que permiten resumir o simplificar información relevante, hacer visible o perceptible fenómenos de interés, y expresar, medir, y comunicar información importante. Según lo que se pretenda lograr con el uso del indicador, se debe considerar quienes son los usuarios de este y los objetivos de su uso, además es necesario, definir la frecuencia con que se recolectará la información requerida para el cálculo o la cualificación del indicador, los métodos que se aplicarán para ello, los encargados de realizar esta tarea y de comunicar los resultados a quienes los necesitan para fines de gestión (Ramos Sacón & Sánchez Darquea, 2019). Los IA deben cumplir con ciertos criterios, más o menos consensuados entre la comunidad científica y estos son los siguientes:

- a) Establecer indicadores que sean fáciles y accesibles de entender.
- b) Que cada indicador refleje de manera clara el estado y la tendencia generalizada en el área temática de referencia.
- c) Que haya una relación causal clara entre el indicador y el valor interpretativo que se le asigna.

Los criterios de selección de indicadores tienen una doble función. Por un lado, son el filtro para reducir una gran cantidad de información a un número limitado de indicadores por temas o áreas. Y por otro lado, son una medida de seguridad para darle al sistema la mayor calidad estadística y científica posible (Calvo Mas, 2021).

Aunque existen muchos criterios de selección para los IA, se deben considerar algunos criterios básicos que un IA debe cumplir; primero, la simplicidad es esencial; los IA deben ser fácilmente comprensibles, incluso para un usuario no cualificado; segundo, la disponibilidad y fiabilidad de los datos son cruciales, los datos utilizados para el diseño deben ser lo más fiables y de alta calidad posible, y los programas de control deben ser seguros para garantizar la compatibilidad futura de los datos; tercero, la independencia de un indicador del resto evita duplicaciones al predecir los efectos; cuarto, la validez científica es fundamental, los indicadores deben basarse en el conocimiento científico, con un significado claro e inequívoco, y deben responder al dominio que se pretende evaluar; y finalmente, la representatividad es importante, la información contenida en el indicador debe ser representativa de la condición del todo (Romanelli & Masone, 2016).

### **Bioindicadores ambientales**

Los bioindicadores ambientales (BioIA) son organismos, como bacterias, plantas o animales, que reflejan la condición del MA que los rodea. A menudo son los primeros en su ecosistema en verse afectados por un cambio ambiental, como el calentamiento del clima, la contaminación, el desarrollo humano y otras formas de degradación ambiental (Ushpa & Tukup, 2023). Por ejemplo, el estudio de los macroinvertebrados acuáticos en Colombia como bioindicadores de la calidad del agua (BCA), donde destacan los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, como los mayormente reconocidos en cuanto a su taxonomía, ecología y su utilización como BCA (Roldán-Pérez, 2016). Por otro lado, un grupo de investigadores evidenciaron que *Lampito mauritii* y *Metaphire posthuma* son especies de lombrices de tierra útiles para monitorear metales en el suelo (Rajkhowa et al, 2015). Del mismo modo, las plantas y los líquenes han demostrado ser valiosos bioindicadores para monitorear las partículas en suspensión en el aire, considerando que estas se depositan en las hojas cuando están cerca de la fuente de emisión (Barrales-Cureño et al., 2017). En este mismo sentido, las aves, específicamente la paloma (*Columba livia*), se han utilizado para monitorear la presencia de MP en el aire, analizando las plumas de estas aves y utilizando ciertos parásitos intestinales como bioindicadores (Valladares-Faundez, 2020). Además, se ha demostrado el uso de gecónidos para detectar la presencia de MP en el aire urbano, utilizando especies como *Hemidactylus frenatus* y *Tarentola mauritanica* (Martínez Gómez, 2021). Aunque son menos comunes, existen estudios que han utilizado insectos de las familias Hemiptera, Odonata, Neuroptera e Hymenoptera como bioindicadores de MP. Un ejemplo de ello fue el estudio realizado por Skaldina y colaboradores (2018), quienes utilizaron hormigas de las especies *Formica rufa*, *Formica polyctena*, *Formica pratensis* y *Formica lugubris* para comparar la concentración de MP en áreas con y sin contaminación del aire.

### **Importancia de los bioindicadores para monitorear la contaminación del ambiente**

Los BioIA, abarcan desde organismos terrestres como aves acuáticas y mamíferos hasta patógenos transmitidos por agua como bacterias, virus y parásitos. Estos BioIA se han convertido en una valiosa herramienta que permite evaluar la CDA y detectar la presencia de patógenos, proporcionando una medida del riesgo de exposición en humanos y animales. La elección del BioIA adecuado se basa en el tipo de contaminante o patógeno que se está monitoreando y las características específicas del medio a analizar. Su uso efectivo en la gestión ambiental es crucial para proteger la CDA y la SH (Domínguez & Giorgi, 2020). En este mismo contexto, en diversos lugares del mundo se han realizado múltiples estudios utilizando BioIA para determinar diferentes tipos de contaminación, como la acumulación de nitrógeno en suelos agrícolas, la contaminación fecal en aguas subterráneas, la presencia de compuestos de azufre y nitrógeno en la atmósfera y en la precipitación en forma de lluvia en ambientes acuáticos, entre otros hallazgos (Roldán-Pérez, 2016). Además, recientemente se han utilizado estos BioIA para estimar el impacto de sedimentos derivados del petróleo. Del mismo modo, alrededor del mundo se ha identificado a diversos organismos que funcionan como BioIA de la contaminación del agua. Estos grupos, se relacionan específicamente con la contaminación por aguas servidas en el océano y son considerados bioindicadores directos de la CDA de mar en términos de materia fecal, materia orgánica y nutrientes minerales (Karbasdehi et al., 2017). De igual forma, se ha destacado que el uso de insectos como BioIA presenta una ventaja, debido a su amplia distribución en diferentes hábitats. Así mismo, también existen registros de especies de peces que han sido utilizadas como base para el desarrollo de herramientas para la evaluación de la calidad de ecosistemas acuáticos de agua dulce (Gutiérrez-Fonseca & Ramírez, 2016).

## **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **Objetivo general**

- ❖ Analizar los diferentes MAI para el MAmb de contaminantes y determinar su efectividad en comparación con los MCo.

### **Objetivos específicos**

- ❖ Revisar la literatura científica sobre los MAI utilizados para el MAmb de contaminantes.
- ❖ Seleccionar los MAI más relevantes y compararlos con los Mco.
- ❖ Identificar las ventajas y limitaciones de los MAI utilizados para el MAmb de contaminantes.

## **OBJETO DE ESTUDIO**

La vigilancia y MAmb son cruciales para asegurar la calidad del aire, agua y suelo, lo que a su vez, promueve la SH y el bienestar en general. Adicionalmente, los MCo utilizados para el MCA pueden ser costosos, tardados y conllevan la utilización de equipos complejos y profesionales altamente capacitados. Además, estos métodos, pueden no ser aplicables en todas las condiciones ambientales o no proporcionar información detallada sobre la exposición de los organismos vivos a los CoAm. Por lo tanto, es necesario buscar MAI para el MCA que sean efectivos, precisos, más económicos y sencillos de aplicar en diferentes escenarios ambientales. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue recopilar los MAI existentes para el MCA, con el fin de proporcionar información útil para los

investigadores y los responsables de la toma de decisiones en materia de protección ambiental. La información recopilada permitirá identificar las limitaciones y las posibilidades de los diferentes métodos, así como, las áreas donde se requiere mayor investigación y desarrollo, contribuyendo significativamente a la mejora del monitoreo y la protección ambiental a nivel local y global.

## **METODOLOGÍA**

El MCA es importante para detectar contaminantes en el aire, el agua y el suelo, los cuales pudieran ser perjudiciales para la SH y el MA. Sin embargo, los MCo de monitoreo suelen presentar una serie de desventajas, las cuales fueron comentadas en párrafos previos. Por lo tanto, se han desarrollado MAI de MAC los cuales son más rápidos, más baratos y fáciles de implementar. La presente revisión bibliográfica, se identificaron varios métodos alternativos para el monitoreo de contaminantes ambientales. Sin embargo, al igual que los MCo, los MAI, requieren ser complementados con otros dispositivos, como los sensores, los cuales son dispositivos que detectan y miden la cantidad de un contaminante en el aire o agua, y se han utilizado para monitorear la calidad del aire en áreas urbanas (Jerves & Armijos-Arcos, 2016). Estos sensores, pueden ser portátiles y fáciles de usar, convirtiéndolos en dispositivos ideales para la monitorización a corto plazo la CA. Sin embargo, algunos sensores pueden ser menos precisos que los MCo de MCA y pueden requerir calibración y mantenimiento regular. Complementariamente, las aplicaciones móviles también se han utilizado para el MCA, permitiendo que los ciudadanos informen sobre la calidad del aire y otros CA en tiempo real. Considerando, que las aplicaciones móviles pueden proporcionar una gran cantidad de datos en tiempo real y fomentar la participación ciudadana en la monitorización ambiental. Sin embargo, estas aplicaciones pueden estar sujetas a errores y sesgos de los usuarios, lo que puede afectar la calidad de los datos (Valencia Vahos, 2019). En general, se han reportado MAI para el MCA que pueden ser menos precisos que los MCo de MCA, pero pueden proporcionar datos más rápidos y a menor costo. Además, estos métodos pueden ser ideales para el monitoreo a corto plazo y para áreas remotas y de difícil acceso. En conjunto, estos métodos tienen el potencial de mejorar la eficiencia y eficacia del MCA y permitir una mejor comprensión de los impactos ambientales de los contaminantes.

## **FASES DEL DESARROLLO**

Esta investigación consistió en la realización de una evaluación meticulosa de los MCo y MAI empleados en el MCA, considerando aspectos esenciales como los costos, la precisión y la facilidad de uso. Se observó una diferencia considerable en los costos entre ambos tipos de métodos, con los biosensores y los métodos de análisis químico seco emergiendo como opciones más rentables en comparación con los análisis químicos húmedos y las técnicas cromatográficas. Lo anterior, amplía el abanico de posibilidades, para la realización de investigaciones encaminadas a evaluar la factibilidad económica de los métodos en diferentes contextos y situaciones de MCA. En este contexto, la precisión es un factor determinante en la elección de los métodos de monitoreo, y aunque los MCo se reconocen por su exactitud, los biosensores y las técnicas de espectroscopía pueden ofrecer una precisión competitiva, dependiendo de la naturaleza de la contaminación y los niveles de detección requeridos. En cuanto a la facilidad de uso, especialmente en MCA a gran escala, los MAI, destacan por su simplicidad y rapidez de implementación, mientras que los MCo requieren equipo especializado y personal altamente capacitado, lo que puede influir en la eficiencia operativa y la accesibilidad de los métodos en diferentes entornos. Por lo tanto, la elección del método más adecuado para el MCA, dependerá de las características específicas de cada estudio y de las condiciones del entorno evaluado, por lo anterior, se realizó una comparación entre los MCo y los MAI considerando estos factores.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Métodos convencionales**

La cromatografía de gases, un método analítico de gran relevancia para la separación, identificación y cuantificación de componentes en una muestra, destaca como la técnica más empleada a nivel mundial en este ámbito. Su capacidad para determinar la estructura química y medir la cantidad de compuestos presentes ha encontrado aplicaciones diversas, abordando desafíos en campos como la farmacéutica, la petroquímica y la industria alimentaria. Este método también se ha consolidado como una herramienta esencial en la detección de pesticidas y sus residuos en diversas matrices (Grob & Barry, 2004). No obstante, a pesar de su eficacia, es importante señalar que el cromatógrafo de gases, al ser una técnica analítica ampliamente utilizada, presenta desafíos inherentes. Es un método que, aunque poderoso, es costoso y requiere de personal altamente capacitado para su operación. Estos aspectos deben considerarse al evaluar la idoneidad de su aplicación en diferentes contextos. En este sentido, este método se fundamenta en las distintas características de los iones generados mediante diversas técnicas de ionización cuando atraviesan campos eléctricos y magnéticos. Estos iones se separan en función de su relación masa/carga y se detectan posteriormente. Después de que las sustancias se han separado en el cromatógrafo, es necesario ionizar las moléculas para obtener iones en fase gaseosa. Este proceso se realiza en la fuente de ionización, y en la actualidad, existen diversas técnicas que facilitan dicha ionización (Hoffmann & Stroobant, 2007).

Otro de los MCo de mayor uso es la espectroscopía UV-Vis, la cual es una técnica de medición que se fundamenta en la absorción de radiación UV y/o visible por parte de las moléculas presentes en una sustancia. Este método opera en un rango de longitud de onda que abarca desde 200 hasta 800 nm, proporcionando información acerca de los estados energéticos, atómicos o moleculares de la muestra en estudio (Perkampus, 1992). Este método, al evaluar la absorción o reflexión de la luz en la muestra, permite la identificación de sus componentes. Aunque se trata de un método de bajo costo, es importante destacar que su precisión no se equipara a la de otros enfoques analíticos, y su utilidad se ve limitada en la detección de COVs. Adicionalmente, el uso de detectores convencionales como los de UV-visible, fluorescencia o captura electrónica introduce una notable incertidumbre en los resultados proporcionados por los laboratorios, lo que incrementa el riesgo de obtener falsos positivos y negativos (Jansson et al., 2004). En este sentido, el acoplamiento de un

espectrómetro de masas a un sistema de separación cromatográfica permitiría que se puedan identificar y cuantificar con una gran fiabilidad sustancias presentes. Finalmente, esta técnica, también pudiera incluir la determinación de la absorción en los rangos del infrarrojo cercano, permitiendo la identificación y cuantificación de los componentes presentes en la muestra. Este es un método de bajo costo, rápido y fácil de usar, pero puede presentar problemas de sensibilidad (Téllez Mesa, 2019).

#### **Métodos alternativos**

Este estudio fortalece la hipótesis que los BioIA son una herramienta eficaz para medir la CA en diversos medios, por ejemplo, la acumulación de MP en las plantas como indicador de la contaminación del suelo, o la presencia de ciertos insectos y peces para reflejar la CDA. Por consiguiente, cambios en la diversidad y composición de las comunidades biológicas también pueden ser un indicativo útil de la CA. A pesar que los MCo de MCA, pueden ser costosos y requerir mucho tiempo y recursos, existen MAI más económicos y eficientes, los cuales utilizan tecnología avanzada, como sensores y sistemas de monitoreo en línea. En este sentido, la información obtenida puede ser utilizada para implementar acciones de control y prevención de la contaminación, así como, el establecimiento de límites y estándares de calidad ambiental. Es por ello, que los BioIA pueden ser una valiosa alternativa y complemento a los MCo de MCA, aunque es importante considerar, la precisión y la sensibilidad de cada método antes de seleccionar uno en particular. Adicionalmente, se ha evidenciado un crecimiento constante de herramientas y metodologías innovadoras, destinadas a abordar los riesgos ambientales en el marco de los programas de GA. A pesar de la proliferación de nuevas tecnologías y enfoques innovadores, es importante destacar la existencia de numerosos y diversos recursos naturales que posibilitan un monitoreo efectivo de los problemas ambientales asociados con la contaminación de los ecosistemas. Estos RN disponibles son los BioIA (Roldán-Peréz, 2016).

Para utilizar algún BioIA, resulta necesario determinar los datos físico-químicos presentes en el MA, considerando que proporcionan una visión detallada de las características de las sustancias químicas presentes y sus propiedades físicas, aunque no ofrecen detalles sobre su impacto en la biodiversidad. En este sentido, a pesar que los BioIA, suministran información sobre dicho impacto, no identifican los contaminantes responsables. Por esta razón, varios investigadores sugieren la combinación de ambos en la evaluación y MCA (Mendoza Cantú & Ize Lema, 2017). Considerando que los resultados obtenidos, mediante la vigilancia, deben posibilitar la resolución de diversos conflictos, como la preservación de la integridad ecológica de los sistemas ambientales. En este contexto, el índice de calidad e índice de contaminación destacan como herramientas eficientes, derivado de la incorporación de múltiples variables en su cálculo. De esta manera, el uso adecuado de estos indicadores permite su aplicación en la evaluación de los programas de gestión de los RN (Quiroz Fernández et al, 2017).

En este sentido, los BioIA proporcionan una perspectiva de las condiciones y presiones ambientales, así como, de las respuestas de la sociedad o el gobierno. Una ventaja de estos indicadores es que son elementos simples, de fácil uso e interpretación y capaces de mostrar las tendencias temporales; adicionalmente, responden a los cambios en el entorno y las actividades humanas asociadas, ofrecen una base para comparaciones a nivel internacional, y son aplicables tanto a escala nacional como regional. Todas estas características los convierten en herramientas útiles para supervisar las condiciones de los ecosistemas (Ushpa & Tukup, 2023). Considerando dichos aspectos, resulta interesante la realización de comparaciones entre los MCo y MAI para el MCA y así, determinar cuáles son más apropiados en diferentes situaciones y contextos. Es importante considerar las ventajas y desventajas de cada método al momento de seleccionar adecuado para el monitoreo.

Del mismo modo, los MCo de MCA, generalmente implican la recolección de muestras ambientales, como agua, aire, suelo y sedimentos, que se analizan en laboratorios para determinar los niveles de contaminantes. Estos métodos son precisos y se han utilizado durante mucho tiempo, pero pueden ser costosos y requieren mucho tiempo y recursos. Por otro lado, los BioIA son organismos vivos que, gracias a sus características ecológicas, poseen una alta sensibilidad a los diversos cambios ambientales que ocurren en la naturaleza. Estos organismos reaccionan ante tales cambios como si fueran estímulos específicos; pueden ser plantas, animales, microorganismos y otros organismos que se utilizan para indicar la presencia y el nivel de contaminación en un área determinada (Díaz-Báez et al, 2009). Otros MAI disponibles es la utilización de biosensores, en este sentido, el desarrollo de sensores químicos representa una de las áreas más dinámicas de la química analítica. Dentro de esta categoría, los sensores electroquímicos son los más investigados, utilizando un elemento transductor cuya respuesta se basa en la medición de propiedades eléctricas en un sistema de electrodos, como potencial, corriente o la relación corriente-potencial (Bujes Garrido, 2013). Estos dispositivos, conocidos por convertir la concentración de compuestos en señales eléctricas, facilitan la detección y cuantificación de sustancias en una muestra. A pesar de su atractiva portabilidad y bajo costo, los sensores electroquímicos pueden enfrentar desafíos en términos de selectividad y sensibilidad. El uso de los biosensores ofrece algunas ventajas frente al empleo de métodos cromatográficos, para el análisis de contaminantes, entre las destacan un menor costo por análisis y, habitualmente, se trata de dispositivos fáciles de utilizar que no requieren de personal especializado para su manejo (Bautista-Moreno et al, 2020). Además, a diferencia de las técnicas de análisis de los MCo, los biosensores son, en general, son sistemas fácilmente miniaturizables que pueden dar lugar a resultados cualitativos o semicuantitativos *in situ* (en la propia matriz de la muestra), reduciendo los costos asociados al transporte y almacenamiento y permitiendo una toma de decisiones rápida cuando surge un problema. Es por ello, en los últimos años, se ha prestado una especial atención a este tipo de dispositivos en distintas áreas, incluyendo el ámbito de la química analítica (Beleño Cabarcas, 2015; Castro-Rebolledo & Donato-Rondón, 2015).



## Diferencias entre los costos

La diferencia de costos entre los MCo y MAI para el MCA, varía dependiendo de diversos factores, como la ubicación geográfica, la complejidad del análisis, disponibilidad de equipo y personal capacitado. En general, los MCo suelen ser más costosos, derivado de la necesidad de equipo especializado y personal altamente capacitado, así como, los costos de reactivos y consumibles (Perevochtchikova, 2013). Por otro lado, algunos MAI pueden ser más accesibles y económicos, especialmente aquellos que utilizan tecnologías portátiles y/o de bajo costo. Sin embargo, también puede haber costos asociados con el desarrollo y validación de los MAI, así como, con la capacitación del personal para su implementación. La diferencia de costos dependerá de las características específicas de cada método y de su implementación en el contexto local (Ripka de Almeida et al., 2018).

## CONCLUSIÓN

Los BioIA representan una opción valiosa para el MCA, considerando que pueden ofrecer información sobre la exposición a largo plazo y los efectos de la contaminación en los organismos vivos, aspectos que pueden ser relevantes para la SH y el MA. Además, su uso es menos costoso y más sencillo, al compararlo con los MCo. No obstante, la interpretación de los resultados obtenidos, a través del uso de estos BioIA, puede ser compleja, derivado de la variabilidad natural en la respuesta de los organismos vivos a la contaminación. También pueden presentar limitaciones para detectar contaminantes específicos y pueden ser menos precisos que los MCo. A pesar que los BioIA son una opción prometedora para el MCA, es importante complementarlos con MCo y adaptar su uso a las necesidades específicas del monitoreo requerido.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, J. A. V. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 151-167. <https://doi.org/10.22490/21456453.1846>
- Barrales-Cureño, H. J.; Reyes-Reyes, C.; Díaz-Bautista, M.; Sánchez-Herrera, L. M.; Cortés-Ruiz, J. A.; Gómez-de Jesús, A.; López-Valdez, L. G. (2017). Importancia de los líquenes como bioindicadores ambientales y fuente promisoría de compuestos anticáncer. *Agro Productividad*, 10(10), 85-90. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/81>
- Bautista-Moreno, R.; Arroyo-Varela, M.; Claros, G. C. (2020). Técnicas de detención del Sars Cov 2. *Encuentros en la Biología*, 13(174), 6-12. Recuperado el 03 de diciembre de 2023 de <https://www.revistas.uma.es/index.php/enbio/article/download/17277/17316>
- Beleño Cabarcas, M. T. (2015). Desarrollo de biosensores electroquímicos basados en polifenol oxidasa para la detección de contaminantes ambientales [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California] Repositorio institucional. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/handle/20.500.12930/3241>
- Bell, C. H.; Gentile, M.; Kalve, E.; Ross, I.; Horst, J.; Suthersan, S. (2019). *Emerging Contaminants Handbook* (1). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b22226>
- Bujes Garrido, J. (2013). Estudio de sensores electroquímicos flexibles [Tesis de maestría, Universidad de Burgos] Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10259.1/196>
- Calvo Mas, D. (2021). Análisis de la evolución del uso del suelo mediante un indicador ambiental basado en técnicas GIS. Aplicación en vertederos de residuos sólidos urbanos de la Comunidad Valenciana. [Trabajo de fin de master, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10251/172911>
- Canales, R.; Guíñez, M.; Bazán, C.; Reta, M.; Cerutti, S. (2017). Determining heterocyclic aromatic amines in aqueous samples: A novel dispersive liquid-liquid micro-extraction method based on solidification of floating organic drop and ultrasound assisted back extraction followed by UPLC-MS/MS. *Talanta*, 174, 548-555. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.06.065>
- Castro-Rebolledo, M. I.; Donato-Rondón, J. C. (2015). Emergence patterns in tropical insects: The role of water discharge frequency in an Andean Stream. *Annales de Limnologie*, 51, 147-155. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2015011>
- Conde Williams, A. C. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51(2), 226-238. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de <https://www.redalyc.org/pdf/2232/223229324011.pdf>
- Custodio Villanueva, M.; Chanamé Zapata, F. C. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 33-44. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>
- Díaz-Báez, M. C.; Bustos Lopez, M. C.; Espinosa-Ramírez, A. J. (2009). Pruebas de toxicidad acuática: Fundamentos y métodos. *Ingeniería e Investigación*, 29(1), 140-142. Recuperado el 01 de diciembre de 2023 de [https://www.researchgate.net/publication/262669564\\_PRUEBAS\\_DE\\_TOXICIDAD\\_ACUATICA\\_FUNDAMENTOS\\_Y\\_METODOS](https://www.researchgate.net/publication/262669564_PRUEBAS_DE_TOXICIDAD_ACUATICA_FUNDAMENTOS_Y_METODOS)
- Domínguez, E.; Giorgi, A. (2020). Los indicadores biológicos como herramientas de gestión de la calidad del agua. En Domínguez, E.; Giorgi, A.; Gómez, N. (Eds.), *La Bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina*. pp. 19-26 Recuperado el 01 de diciembre de 2023 de <http://hdl.handle.net/11336/146379>
- Downie, D.; Templeton, J. (2014). Persistent organic pollutants. En Paul G. Harris, P. G. (Ed.), *Routledge Handbook of Global Environmental Politics*. p. 411-426. Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203799055>
- Farmer, A. (1997). *Managing environmental pollution*. Routledge. 281 p. <https://doi.org/10.4324/9780203440117>
- Fiedler, H. (Ed.) (2010). *Persistent organic pollutants*. Springer Berlin, Heidelberg. 445 p. <https://doi.org/10.1007/10751132>
- Flores, R. A. G. (2014). Indicadores de la gestión ambiental en las microcuencas aportantes a los sistemas de agua potable administrados por la EPMAPS [Tesis de maestría, Universidad Internacional SEK]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1053/1/Tesis%20versi%c3%b3n%20final.pdf>
- Garrido Martín, I. (2016). Aplicación de técnicas de remediación (fotocatálisis heterogénea y solarización) para minimizar la presencia de residuos de insecticidas en agua y suelo [Tesis de doctorado, Universidad de Murcia]. Repositorio institucional. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de <http://hdl.handle.net/10201/49539>



- Grob, R. L.; Barry, E. F. (2004). *Modern practice of gas chromatography*. Wiley-VCH. 1045 p. <https://doi.org/10.1002/0471651141>
- Gutiérrez-Fonseca, P. E.; Ramírez, A. (2016). Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: principales amenazas y herramientas de evaluación. *Hidrobiológica*, 26(3), 433-441. Recuperado el 01 de diciembre de 2023 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57851062008>
- Hawksworth, D. L.; Iturriaga, T.; Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22(2), 71-82. [https://doi.org/10.1016/s1130-1406\(05\)70013-9](https://doi.org/10.1016/s1130-1406(05)70013-9)
- Hoffmann, E.; Stroobant V. (2007). *Mass spectrometry : principles and applications* (3rd ed). J. Wiley. 489 p.
- Jansson, C.; Pihlström, T.; Osterdahl, B. G.; Markides, K. E. (2004). A new multi-residue method for analysis of pesticide residues in fruit and vegetables using liquid chromatography with tandem mass spectrometric detection. *Journal of chromatography A*, 1023, 93-104. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2003.10.019>
- Jerves, R.; Armijos-Arcos, F. (2016). Análisis y revisión de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 23(1), 25-35. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de <https://link.gale.com/apps/doc/A560556746/IFME?u=anon~a9915ccc&sid=googleScholar&xid=1e568b00>
- Karbasdehi, V. N.; Dobaradaran, S.; Nabipour, I.; Ostovar, A.; Arfaeini, H.; Vazirizadeh, A.; Mirahmadi, R.; Keshtkar, M.; Ghasemi, F. F.; Khalifei, F. (2017). Indicator bacteria community in seawater and coastal sediment: the Persian Gulf as a case. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15(6). <https://doi.org/10.1186/s40201-017-0266-2>
- Marín-Tinoco, R. I.; Ortega-Ramírez, A. T.; Esteban-Mendez, M.; Silva-Marrufo, O.; Barragan-Ledesma, L. E.; Valenzuela-Núñez, L. M.; Briceño-Contreras, E. A.; Sariñana-Navarrete, M. A.; Camacho-Luis, A.; Navarrete-Molina, C. (2023). Antioxidant and antibacterial activity of Mexican oregano essential oil, extracted from plants occurring naturally in semiarid areas and cultivated in the field and greenhouse in northern Mexico. *Molecules*, 28(18), 6547. <https://doi.org/10.3390/molecules28186547>
- Martínez Gómez, J. S. (2021). Comparación de la ecofisiología de geos endémicos e introducidos en la Isla San Cristóbal, Galápagos [Tesis de licenciatura, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio institucional. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10686>
- Mendoza Cantú, A.; Ize Lema, I. A. R. (2017). Las sustancias químicas en México: Perspectivas para un manejo adecuado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 719-745. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.04.15>
- Meza-Herrera, C. A.; Navarrete-Molina, C.; Luna-García, L. A.; Pérez-Marín, C.; Altamirano-Cárdenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Abad-Zavaleta, J. (2022). Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research*, 211, 106676. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106676>
- Miraji, H.; Othman, O. C.; Ngassapa, F. N.; Mureithi, E. W. (2016). Research Trends in Emerging Contaminants on the Aquatic Environments of Tanzania. *Scientifica*, 2016, 3769690. <https://doi.org/10.1155/2016/3769690>
- Morales Aguilar, J.; Jacobo Azuara, A. (2017). Remoción de colorantes textiles en agua mediante columnas empacadas con absorbentes híbridos. *Jóvenes en la Ciencia*, 2(1), 359-363. Recuperado el 01 de diciembre de 2023 de <https://www.jovenesenlaCiencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaCiencia/article/view/1064>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Macías-Cruz U.; Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santos, A.; Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Ramirez-Flores, J. J.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santiago, M. A.; Veliz-Deras, F. G. (2019b). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022a). Sheep production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106675. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106675>
- Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022b). Goat production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106677>
- Perevotchkikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública*, 22(2), 283-312. Recuperado el 01 de diciembre de 2023 de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-10792013000200001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001&lng=es&tlng=es).
- Perkampus, H. H. (1992). *UV-VIS spectroscopy and its applications* (1st ed.). Springer Lab Manuals. Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-77477-5>
- Planes, E. I.; Fuchs, J. S. (2015). Cuáles son los aportes de la ecotoxicología a las regulaciones ambientales. *Ciencia e Investigación*, 65(2), 45-62. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de <http://hdl.handle.net/11336/48860>
- Quiroz Fernández, L. S.; Izquierdo Kulich, E.; Menéndez Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&tlng=es)
- Rajkhowa, D. J.; Bhattacharyya, P. N.; Sarma, A. K.; Mahanta, K. (2015). Diversity and distribution of earthworms in different soil habitats of Assam, north-east India, an Indo-Burma biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 85, 389-396. <https://doi.org/10.1007/s40011-014-0380-1>

- Ramos Sacón, J. J.; Sánchez Darquea, E. R. (2019). Evaluación de coleópteros como indicador ambiental en suelo en dos bosques secundarios (ESPM MFL-Loma Seca) durante el periodo enero-abril 2019 [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional. <http://repositorio.espm.edu.ec/handle/42000/1186>
- Ríos-Flores, J. L.; Ríos-Arredondo, B. E.; Cantú-Brito, J. E.; Ríos-Arredondo, H. E.; Armendáriz-Erives, S.; Chávez-Rivero, J. A.; Navarrete-Molina, C.; Castro-Franco, R. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y uva (*Vitis vinifera*) de mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2014. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 50(1), 101-122
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C.; Ruiz-Torres, J. (2017). La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. Avances en Medicina Veterinaria, 24, 20-36
- Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C. (2017). Huella hídrica y productividad económica del agua en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. Estudios de Economía Aplicada, 35(3), 697-716
- Ripka de Almeida, A.; da Silva, C. L.; Hernández Santoyo, A. (2018). Métodos de valoración económica ambiental: instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. Revista Universidad y Sociedad, 10(4), 246-255. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202018000400246&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000400246&lng=es&tlng=es)
- Robles-Molina, J. (2014). Desarrollo de metodologías analíticas mediante cromatografía/espectrometría de masas para el control de contaminantes orgánicos prioritarios y emergentes en aguas residuales y superficiales. [Tesis de doctorado, Universidad de Jaén]. Repositorio institucional. Recuperado el 01 de diciembre de 2023 de <https://hdl.handle.net/10953/647>
- Rojo-Nieto, E.; Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Ecologistas en Acción. Recuperado el 01 de diciembre de 2023 de <https://ruja.ujaen.es/jspui/bitstream/10953/647/1/9788484398813.pdf>
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(155), 254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Romanelli, A.; Massone, H. E. (2016). Desarrollo de indicadores ambientales e índice de calidad de lagos someros pampeanos de Argentina con alta intervención antrópica. Tecnología y Ciencias del Agua, 7(6), 123-137. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222016000600123&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000600123&lng=es&tlng=es)
- Rubio, J. J.; Hernández-Aguilar, J. A.; Ávila-Camacho, F. J.; Stein-Carrillo, J. M.; Meléndez-Ramírez, A. (2016). Sistema sensor para el monitoreo ambiental basado en redes Neuronales. Ingeniería Investigación y Tecnología, 17(2), 211-222. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.006>
- Sánchez Muñoz, R. A. (2015). Diseño de un sistema de indicadores ambientales para mejorar el desempeño ambiental de la planta extractora de aceite de palma Teobroma, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador [Tesis de magister, Universidad Internacional SEK]. Repositorio institucional. Recuperado el 30 de noviembre de 2023 de [https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1473/1/TESIS\\_07\\_08\\_2015.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1473/1/TESIS_07_08_2015.pdf)
- Skaldina, O.; Peräniemi, S.; Sorvari, J. (2018). Ants and their nests as indicators for industrial heavy metal contamination. Environmental Pollution, 240, 574-581. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.134>
- Téllez Mesa, C. (2019). Aplicaciones de la espectroscopía infrarroja en el análisis de alimentos [Tesis de licenciatura, Universidad de Sevilla]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11441/91690>
- Ushpa, C. J. A.; Tukup, J. J. R. (2023). Evaluación de la calidad de agua a través del estudio de bioindicadores acuáticos y parámetros físico-químico del sitio turístico Río Quimi de la Parroquia Tundayme del Cantón el Panguí, Provincia Zamora Chinchipe durante el año 2022 [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico Sudamericano]. Repositorio institucional. <http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/handle/123456789/702>
- Valencia Vahos, O. A. (2019). Estado del arte: Sistema de red de sensores inalámbricos (WSN) portátil aplicado al monitoreo ambiental en una ciudad, como complemento a las estaciones fijas. [Tesis de licenciatura, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/10495/13218>
- Valladares-Faundez, P.; Cáceres Tapia, G.; Valdés Saavedra, J. (2020). Contenido de plomo, cadmio y arsénico en tejidos biológicos de la paloma común (*Columba livia*) presentes en un área urbana previamente contaminada con residuos mineros. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 36(2), 485-490. <https://doi.org/10.20937/rica.53323>
- Vilela-Pincay, W.; Espinosa-Encarnación, M.; Bravo-González, A. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración, 8, 210-228. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>
- Zaghloul, A.; Saber, M.; Gadow, S.; Awad, F. (2020). Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. Bulletin of the National Research Centre, 44(127), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>

# Aspectos ambientales vinculados al cultivo de frijol al este de Durango

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.695

Ruben Ivan Marin-Tinoco<sup>1</sup>, Víctor Emmanuel Sanchez-Sanchez<sup>2</sup>, Ivonne Belen Barrón-Segovia<sup>2</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>3</sup>,  
Martín Omar Gutiérrez-Montenegro<sup>4</sup>, José Antonio Hernández-Herrera<sup>5</sup>, Cayetano Navarrete-Molina<sup>2</sup>,  
María del Socorro Morales-de Casas<sup>6\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social. [labrodeo@gmail.com](mailto:labrodeo@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. [v3s5sanchez@gmail.com](mailto:v3s5sanchez@gmail.com) (V.E.S.-S.); [1906014@utrodeo.edu.mx](mailto:1906014@utrodeo.edu.mx) (I.B.B.-S.);  
[est\\_primo23@hotmail.com](mailto:est_primo23@hotmail.com) (M.A.S.-N.); [navarretemolina1977@gmail.com](mailto:navarretemolina1977@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. [luisvn70@hotmail.com](mailto:luisvn70@hotmail.com)

<sup>4</sup>Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional - Unidad Durango.  
[mgutierrezm1204@alumno.ipn.mx](mailto:mgutierrezm1204@alumno.ipn.mx)

<sup>5</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [heheja@gmail.com](mailto:heheja@gmail.com)

<sup>6</sup>CONAHCYT - Instituto Politécnico Nacional - CIIDIR Unidad Durango. [modecams@hotmail.com](mailto:modecams@hotmail.com)

\* Autor para correspondencia: [modecams@hotmail.com](mailto:modecams@hotmail.com)

**Línea de investigación:** Efectos del cambio climático sobre los agroecosistemas

## Resumen

El frijol se originó y domesticó en América Latina, con dos orígenes geográficos diferentes, pero solo un ancestro común que data de hace 100,000 años de antigüedad, reportándose a México y América del Sur como estos lugares de origen. Perteneció a la familia Fabaceae, es el tercer cultivo más importante del mundo después de la soya y el cacahuate. El objetivo de esta investigación fue determinar los factores ambientales (FA) que intervienen en el sistema agrícola del frijol, los cuales favorecen o limitan un desarrollo sustentable del cultivo en la zona de influencia de la comunidad Estación Progreso, ubicada en el municipio de Cuencamé, al este del estado de Durango (24°34'00.143" N y 103°56'19.914" O, 1,898 msnm). Esta investigación es de tipo exploratorio con un enfoque mixto de investigación. Los insumos empleados son datos provenientes de entrevistas y encuestas realizadas a los productores de frijol de la zona de estudio (ZE). Las entrevistas se analizaron usando el método comparativo constante, el cual representa una manera sistemática de analizar y comparar los datos cualitativos, utilizando códigos y categorías para organizar los datos y explicar el fenómeno de estudio, para este caso, lo referente a los FA del sistema productivo frijol. Las entrevistas analizadas fueron organizadas en tres categorías de problemas o FA que afectan a la producción de frijol: a) eventos climáticos extremos, b) estado del suelo y c) presencia de fauna nociva para el cultivo. Los resultados obtenidos, evidenciaron que los principales problemas que afectan a la agricultura de la ZE están relacionados al cambio climático como lo son: la sequía, la erosión del suelo, la ausencia en las lluvias y las heladas, resaltando estos como los principales problemas que los agricultores han identificado y que se han presentado con mayor frecuencia a través del tiempo.

**Palabras clave:** agricultura, alimento, comercio, sustentable

## Abstract

The bean originated and was domesticated in Latin America, with two different geographical origins but only one common ancestor dating back 100,000 years, with Mexico and South America reported as these places of origin. It belongs to the Fabaceae family, it is the third most important crop in the world after soybeans and peanuts. The objective of this research was to determine the environmental factors (EF) that intervene in the bean agricultural system, which favor or limit the sustainable development of the crop in the area of influence of the community Estación Progreso, located in the municipality of Cuencame, east of the state of Durango (24°34'00.143" N and 103°56'19.914" W, 1,898 meters above sea level). This research is exploratory with a mixed research approach. The inputs used are data from interviews and surveys carried out with bean producers in the study area (SA). The interviews were analyzed using the constant comparative method, which represents a systematic way of analyzing and comparing qualitative data, using codes and categories to organize the data and explain the phenomenon of study, in this case, what refers to the EF of the system productive bean. The interviews analyzed were organized into three categories of problems or EF that affect bean production: a) extreme climatic events, b) soil condition and c) presence of fauna harmful to the crop. The results obtained showed that the main problems that affect agriculture in the SA are related to climate change, such as: drought, soil erosion, lack of rain and frost, highlighting these as the main problems that farmers have identified and which have occurred more frequently over time.

**Keywords:** agriculture, food, trade, sustainable

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es un sector complejo que implica diferentes parámetros conductores (medioambientales, económicos y sociales). La producción de cultivos es muy sensible al cambio climático (CC) con diferentes efectos según la región (Easterling et al., 2007). Uno de estos cultivos es el frijol, el cual pertenece a la familia Fabaceae, subfamilia Papilionoideae, tribu Phaseolas, es el tercer cultivo más importante en el mundo, después de la soya y el cacahuete. Como la mayoría de las leguminosas, sus proteínas son deficientes en aminoácidos azufrados como la metionina y la cisteína, sin embargo, una ingesta regular de frijol favorece en la disminución de los niveles de colesterol y reduce los riesgos de padecer cáncer. De la misma manera, la calidad de los granos de frijol depende de la variedad, manejo agronómico, condiciones de cultivo y almacenamiento futuro del grano. Durante esta última etapa de almacenamiento, el cambio pos cosecha que se observa con mayor frecuencia es el oscurecimiento (también conocido como "oxidación") y el endurecimiento de los granos de testa clara, lo que a su vez, puede conducir a tiempos de cocción más prolongados. Ya sea oxidación o endurecimiento, se debe principalmente a un tiempo de almacenamiento excesivo o a condiciones de almacenamiento inadecuadas (Liu & Bourne, 1995).

En México, el cultivo de frijol se lleva a cabo prácticamente en casi todas las regiones del país y condiciones de suelo y clima. No obstante, la principal limitante en su producción, la constituye la escasa disponibilidad de agua, fenómeno que se intensifica en regiones con bajo régimen pluvial como Zacatecas, Durango y Chihuahua. Sin embargo, si se dispone de riego, en algunas regiones productoras de frijol, se pueden realizar dos ciclos de siembra, aunque las principales regiones productoras, ubicadas en el altiplano semiárido, dependen del temporal y solo se obtiene un ciclo por año (Acosta-Gallegos et al., 2013). En este mismo orden de ideas, en el país, se cultivan cerca de 70 variedades de frijol que se distribuyen en siete grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. De estas variedades, las de mayor consumo son: azufrado, mayocoba, negro Jamapa, peruano, flor de mayo y flor de junio. Las variedades de consumo intermedio son: garbancillo, manzano, negro San Luis, negro Querétaro y pinto, y las de menor preferencia son: alubia blanca, bayo blanco, negro Zacatecas, ojo de cabra y bayo berrendo. Regionalmente, las variedades de tipo azufrado y mayocoba tienen un mayor consumo en la zona noroeste de México, principalmente en Sinaloa, así mismo, el frijol negro tiene una demanda concentrada en las zonas centro y sur del país y se produce principalmente en Nayarit y Zacatecas (Lara Flores, 2015). De la misma manera, dentro de las variedades de tipo de frijol pinto, la variedad pinto Saltillo, por su característica de lento oscurecimiento o prolongada vida de anaquel, ha desplazado a todas las variedades nativas y mejoradas de este tipo que se sembraban en los estados de Chihuahua y Durango (Sánchez-Valdez et al., 2004).

En este mismo orden de ideas, para el 2022, en el país fueron sembradas 1.47 Mha, de las cuales 23,651 sufrieron algún tipo de siniestro, originando que solamente 1.45 Mha lograron ser cosechadas. En total se obtuvo una producción de 965.37 Kt, y un rendimiento promedio de  $0.67 \text{ t ha}^{-1}$ , lo cual generó un valor monetario de 16,983.98 millones de pesos. Para el caso del estado de Durango, en 2022, fueron sembradas 191.81 Kha, de las cuales 119 sufrieron algún tipo de siniestro, originando que solamente 191.69 Kha lograron ser cosechadas. En total se obtuvo una producción de 5,748.70 t, y un rendimiento promedio de  $0.30 \text{ t ha}^{-1}$ , lo cual generó un valor monetario de 1,042.91 millones de pesos (SIAP, 2023). Es por ello, que el objetivo de esta investigación fue determinar los FA que intervienen en el sistema agrícola y favorecen o limitan un funcionamiento sustentable en la comunidad Estación Progreso, ubicada en el municipio de Cuencamé, al este del estado de Durango. Lo anterior, ayudará en la búsqueda de estrategias para desarrollar una verdadera conciencia ambiental, así como, desarrollar capacidades en favor del medio ambiente (MA). Estas investigaciones, son importantes si se desea desarrollar verdaderas mejoras, en el cuidado al MA sin afectar el nivel de vida de la población. Estas mejoras deben considerar una visión sustentable y holística alineada, la cual deberá considerar todas las aristas productivas, económicas, sociales, ambientales y culturales, facilitando así, la promoción de estrategias dirigidas a incrementar la conciencia sobre el cuidado del MA (Marín-Tinoco et al., 2023; Meza-Herrera et al., 2022; Navarrete-Molina et al., 2020, 2019a, 2019b; Ornelas-Villarreal et al., 2022a, 2022b; Ríos-Flores et al., 2018, 2017; Ríos-Flores y Navarrete-Molina, 2017).

## DESARROLLO

Hace aproximadamente 8,000 años, la cultura mesoamericana desarrolló sofisticados sistemas de producción, los cuales son considerados avanzados para su tiempo y contribuyeron con alimentos que se utilizan en todo el mundo (chile, calabaza, cacao, vainilla, tomate rojo, aguacate, nopal, etc.) (Sangerman-Jarquín et al., 2010). En esta región, la distribución de especies cultivadas, desde sus regiones de origen, a toda el área mesoamericana, principalmente las del complejo agrícola básico formado por maíz, frijol, calabaza y chile, se produjo aproximadamente hacia el año 2000 A.C., "revolucionando la naturaleza del cultivo, de un nivel de agricultura incipiente a uno de agricultura de aldea", es decir, permitió la vida sedentaria y la formación de los primeros pueblos agrícolas (Rojas Rabiela & Sanders, 1985). En este mismo investigador, menciona que en el siglo XVI, una alta proporción de especies de consumo básico se producía en todo el territorio agrícola de Mesoamérica, y en casi todas las altitudes y condiciones de humedad. Destacando entre las plantas poco especializadas, el maíz, frijol, calabaza, chile, amaranto y chícharo. De la misma manera, otras especies no pudieron ser adaptadas de la misma forma; es decir, fueron más especializadas en su adaptación, de tal manera que sólo se cultivaban en nichos con características especiales; por esa razón, se obtenían a través del intercambio y tributación, como el algodón, cacao, flores, etcétera (Rojas Rabiela & Sanders, 1985).



## Taxonomía del frijol común

Dentro de la familia botánica del frijol, la sección *Phaseolus* es la más importante y abarca más de 45 especies. Su importancia económica se atribuye principalmente al frijol (*P. vulgaris*), especie cultivada tanto en regiones templadas como subtropicales (Bitocchi et al., 2013). La taxonomía de este importante cultivo se presenta en la **Tabla 1**.

**Tabla 1**

### Clasificación botánica del frijol

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Familia	Fabaceae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Nombre común	Frijol, frejol, caraota, poroto, friosol, fagiol, feijao, judía, bean, habichuela y alubia

Fuente: Bitocchi et al., 2013

## Condiciones óptimas para el crecimiento del frijol

De acuerdo con Bressani et al. (1960), las características descriptivas del frijol, son las siguientes:

- Adaptación: Regiones tropicales y subtropicales semiáridas frescas, así como zonas subhúmedas.
- Ciclo vegetativo: 85 a 90 días, 90 a 120 días dependiendo del hábito de crecimiento y de la región y época de cultivo.

De la misma manera, continúa mencionando que los requerimientos climáticos y edáficos del frijol, son las siguientes:

- Fotoperiodo: Los días largos tienden a retrasar la floración y la maduración; la maduración se retrasa de dos a seis días por cada hora adicional de luz en el día. En general, los genotipos más tardíos y de hábito de crecimiento indeterminado, son más sensibles al fotoperiodo que los de hábito determinado o indeterminado pero de tipo mata o arbustivo.
- Precipitación: 1,000 a 1,500 mm; lluvias durante la floración provocan caídas de flor. Requiere de 350 a 400 mm durante el ciclo y prospera en regiones con precipitación anual entre 600 y 2,000 mm. Son convenientes 110 - 180 mm entre siembra y floración; 50 - 90 mm durante la floración e inicio de la fructificación. Las épocas más críticas por la necesidad de agua son 15 días antes de la floración y, 18 - 22 días antes de la maduración de las primeras vainas. Los 15 días previos a la cosecha, deberían ser secos. Las necesidades de agua durante el periodo son de 300 a 500 mm. Puede permitirse hasta un agotamiento de 40 a 50% del total de agua disponible en el suelo durante el desarrollo del cultivo.
- Humedad ambiental: Requiere una atmósfera moderadamente húmeda y es afectada por una atmósfera excesivamente seca y cálida.
- Temperatura: El rango térmico para crecimiento es de 2 a 27 °C, con un óptimo de 18 °C. El rango térmico para desarrollo es de 10 a 27 °C, con un óptimo de 15 a 20 °C. Rango, 10 - 35 °C; con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30 °C. La temperatura media óptima es entre 18 y 24 °C, y las mínimas de preferencia deberían estar por arriba de los 15 °C. La temperatura mínima para germinación es de 8 °C, para florecer es 15 °C y para la maduración es de 17 °C. Es una especie muy sensible a temperaturas extremas y las noches relativamente frescas le favorecen.
- Textura del suelo: Los suelos óptimos son los de texturas ligeras como los franco-arcillosos y franco-arenosos; en tanto que los suelos pesados de tipo barrial son un poco menos productivos.
- pH: Puede desarrollar en el rango de 5.3 y 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5. No tolera alcalinidad. El pH óptimo va de 5.5 a 6.0. Bressani et al. (1960).

## Preparación del suelo

- Aradura de 20 a 30 centímetros de profundidad con arado de disco o vertedera.
- Uno o dos pases de rastra, con el fin de romper o deshacer los terrones que pudieron haberse formado durante la aradura del suelo.
- Nivelar o emparejar el terreno para evitar el encharcamiento; esta práctica se puede efectuar con un trozo de madera o hierro pesado sujetado al final de la rastra, labor que se puede hacer simultánea al momento de rastrillar el suelo (Escoto Gudiel, 2004).

## Importancia del frijol en México

De acuerdo, con la preferencia de cada región, se producen y consumen distintos tipos de frijol. Sin embargo, el frijol se produce, principalmente en condiciones de temporal en las regiones centro y norte del país. En el año 2020, en México, el frijol ocupó el 90.7% de la superficie destinada a la producción de legumbres de grano y aportó 77.4 % del valor total de la producción, sin embargo, durante este mismo año se importaron 138,646 t de frijol (Anaya-López et al., 2022). En este mismo sentido, el SIAP (2023), reportó que en México se destinó una superficie promedio para la siembra del cultivo de 1.68 Mha en el año 2015 y se produjeron 0.97 Mt, con un valor de producción de 9,469.05 millones de pesos. Mientras que, en el año 2022, reportó la siembra de 1.45 Mha y se cosecharon 0.97 Mt, con un valor de producción de 16,983.98 millones de pesos. Lo anterior, se puede observar en la **Tabla 2**, la cual presenta los 10 principales productores de frijol en México para 2022.



**Tabla 2***Principales estados productores de frijol en México, para 2022.*

Entidad	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Precio medio rural (\$ t <sup>-1</sup> )	Valor bruto de la producción (M\$)
Zacatecas	609,504.20	307,495.47	0.50	\$18,051.89	5,550.88
Durango	191,689.80	57,487.07	0.30	\$18,141.60	1,042.91
Chiapas	115,364.85	68,621.17	0.59	\$14,231.33	976.57
Sinaloa	85,924.98	165,474.96	1.93	\$19,770.99	3,271.60
Chihuahua	82,628.00	69,134.73	0.84	\$19,882.03	1,374.54
Nayarit	65,523.65	71,075.28	1.08	\$17,211.84	1,223.34
Guanajuato	61,368.50	51,776.11	0.84	\$16,445.50	851.48
San Luis Potosí	49,174.00	19,900.75	0.40	\$18,224.83	362.69
Puebla	35,637.90	23,466.31	0.66	\$14,899.89	349.65
Veracruz	36,196.72	30,182.62	0.83	\$16,152.09	487.51
<b>Total nacional</b>	<b>1,448,901.57</b>	<b>965,370.65</b>	<b>0.67</b>	<b>\$17,593.22</b>	<b>16,983.98</b>

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2023

Considerando un punto de vista social, en México, el frijol forma parte de la dieta desde la época prehispánica, y su asociación con el maíz, dentro de la milpa, corresponde tanto a factores agronómicos (soporte, fijación de nitrógeno), así como alimenticios (aporte de proteína y carbohidratos) (León-Rojas et al., 2020). En este mismo sentido, el consumo promedio de frijol en México, para 2018, fue de 1.1 Mt año<sup>-1</sup>, en comparación con los 17 Mt año<sup>-1</sup> del mundo; según FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) el frijol es el cuarto cultivo más importante en México en términos de área sembrada, destacando que el 90% se cultiva bajo condiciones de temporal, así mismo, la mayoría de los frijoles que se cultivan en México son de variedades criollas, con un pequeño porcentaje de variedades mejoradas (FIRA, 2019; Sangerman-Jarquín et al., 2010).

A pesar de su importancia y producción, México no es autosuficiente en frijol. En este contexto, para 2021, los diez principales países importadores de frijol compraron un total de 2.27 Mt, equivalentes al 8.20% de la producción mundial, y el 54.36% de las importaciones mundiales de frijol, porcentaje del cual, la India importó un 20.74%, China 8.20%, EE. UU. 4.60%, México 4.19%, Italia 3.28%, Pakistán 2.83%, Indonesia 2.79%, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte 2.75%, Iraq 2.59%, y Venezuela 2.39%. En este mismo sentido, para el 2021, los diez principales países exportadores de frijol vendieron un total de 3.59 Mt, equivalentes al 12.97% de la producción mundial y el 75.23% de las exportaciones mundiales de este grano, porcentaje del cual, Myanmar aportó un 30.21%, EEUU un 8.80%, Argentina con 8.61%, Canadá un 7.86%, China con 3.75%, Mozambique un 3.65%, Uzbekistán con 3.44%, Brasil un 3.21%, Egipto con 3.21% y Australia un 2.50% (Tabla 3) (FAO, 2023).

**Tabla 3***Principales países importadores y exportadores de frijol, para 2021.*

País	Importación (t)	País	Exportación (t)
India	867,281.62	Myanmar	1,443,607.81
China	342,936.64	EE. UU.	420,546.05
EE. UU.	192,177.56	Argentina	411,227.36
México	175,088.42	Canadá	375,476.08
Italia	137,200.46	China	179,222.10
Pakistán	118,269.18	Mozambique	174,368.77
Indonesia	116,658.32	Uzbekistán	164,203.97
Reino Unido	115,002.50	Brasil	153,450.61
Iraq	108,177.18	Egipto	153,144.40
Venezuela	100,000.00	Australia	119,271.05
<b>Total mundial</b>	<b>4,181,243.49</b>	<b>Total mundial</b>	<b>4,777,964.31</b>

Fuente: FAO, 2023

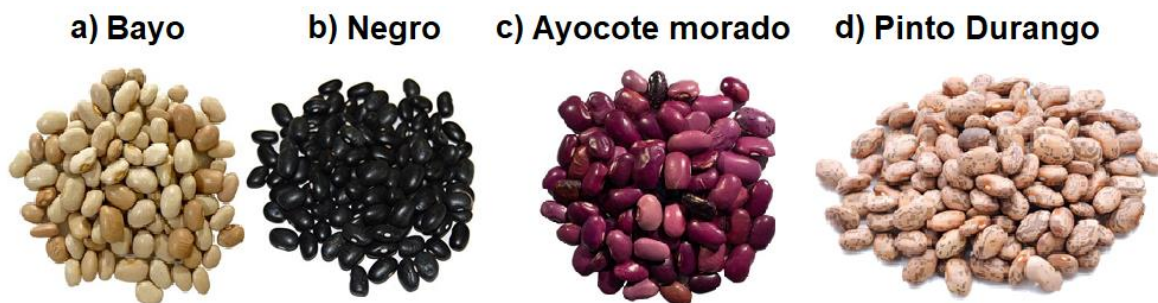
### Variedad de cultivos de frijol en México

Debido a su alta disponibilidad, su bajo costo y su tradición cultural, tanto a nivel nacional como regional, en México, se cultivan cerca de 70 variedades de frijol que se distribuyen en siete grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. Las variedades de mayor consumo son: azufrados, mayocoba, negro Jamapa, peruano, flor de mayo y junio. Las de consumo intermedio son: garbancillo, manzano, negro San Luis, negro Querétaro y pinto, y las de menor preferencia son: alubias blancas, bayo blanco, negro Zacatecas, ojo de cabra y bayo berrendo. En este mismo contexto, las variedades azufradas y mayocoba tienen un mayor consumo en la zona norte de México, principalmente Sinaloa. La demanda de frijol negro se concentra en las regiones del centro y sur del país, principalmente en Nayarit y Zacatecas (Lara Flores, 2015).

### *Frijol bayo*

El frijol bayo (**Figura 1a**), es considerado como una variedad adecuada para zonas templadas semiáridas, cálida o templada húmeda. Su temperatura óptima de crecimiento es de 16 - 21 °C, la temperatura máxima es de 27 - 28 °C y la temperatura mínima es de 10 °C. Requiere suelos arcillosos ligeramente arenosos. El pH óptimo del suelo es de 5.5 a 6.5. La siembra debe hacerse en surcos con una distancia de 60-80 cm (Padilla Veintimilla, 2020).

**Figura 1**



*Principales variedades de frijol en México*

### *Frijol negro*

Esta variedad de frijol se siembra principalmente durante el ciclo otoño-invierno, bajo condiciones de humedad residual, anualmente cerca de 7,000 ha de frijol de grano negro, opaco y pequeño, son cultivadas en México, las cuales poseen una excelente demanda comercial en el sureste de México (**Figura 1b**) (Morales-Rivera et al., 2015). Los suelos en que se establecen estas siembras, en su mayoría son acrisoles y cambisoles dístricos (altamente degradados), de textura arenosa, con un pH de la capa arable inferior a 5.0 y pobres en su contenido de materia orgánica (<1.5%) de los que se obtienen bajos rendimientos de grano, principalmente por deficiencias nutrimentales de las plantas, ocasionadas por la lixiviación constante de calcio, magnesio y potasio y baja disponibilidad de fósforo (Lopez-Bucio et al., 2000).

### *Frijol ayocote morado*

El ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) (**Figura 1c**) También conocido como patol, frijolon, pak y cimarrón se utiliza como alimento humano en estado inmaduro y seco. Es una especie adaptada a ambientes variados, muestra diversidad genética alta, debido a su alto porcentaje de cruzamiento natural (14.7%) y por ello, requiere un manejo agronómico diferente al del frijol común, lo que dificulta la pureza de las variedades nativas. Este tipo de frijol, representa una opción productiva en diferentes regiones de México (Lopez-Bucio et al., 2000).

### *Frijol pinto Durango*

El frijol pinto Durango (**Figura 1d**) fue seleccionado a partir de la cruce biparental entre pinto sierra y pinto nacional. El cruzamiento fue realizado en 1988 en el campo experimental “Valle del Guadiana”, en Durango, Durango (Acosta-Gallegos et al., 2013).

### **El frijol en el estado de Durango**

En el estado de Durango, el área promedio anual sembrada, de temporal y riego de frijol de 2015 a 2019 fue de 228 Kha produciendo 103 Kt de grano. Durante el mismo periodo, el rendimiento medio obtenido en temporal fue 460 kg ha<sup>-1</sup>. En los últimos años, la superficie sembrada de frijol en Durango ha disminuido, de 313 Kha en 1997 a 192 Kha en 2022, con una producción total de 57 Kt y un rendimiento de 300 kg ha<sup>-1</sup>. (SIAP, 2023). Considerando las clases comerciales de grano de frijol más importantes, que se producen en Durango son: pinto, negro, canario (garbancillo) y flor de mayo. Entre 2006 y 2020 se registró en Durango, una preferencia de los agricultores por la producción de frijol pinto, debido al éxito comercial que tuvo la variedad pinto Saltillo, entre 2006 - 2016 (Padilla Veintimilla, 2020).

### **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **Objetivo general**

- Determinar los FA que intervienen en el sistema agrícola y favorecen o limitan un funcionamiento sustentable en la comunidad Estación Progreso, ubicada en el municipio de Cuencamé, al este del estado de Durango.

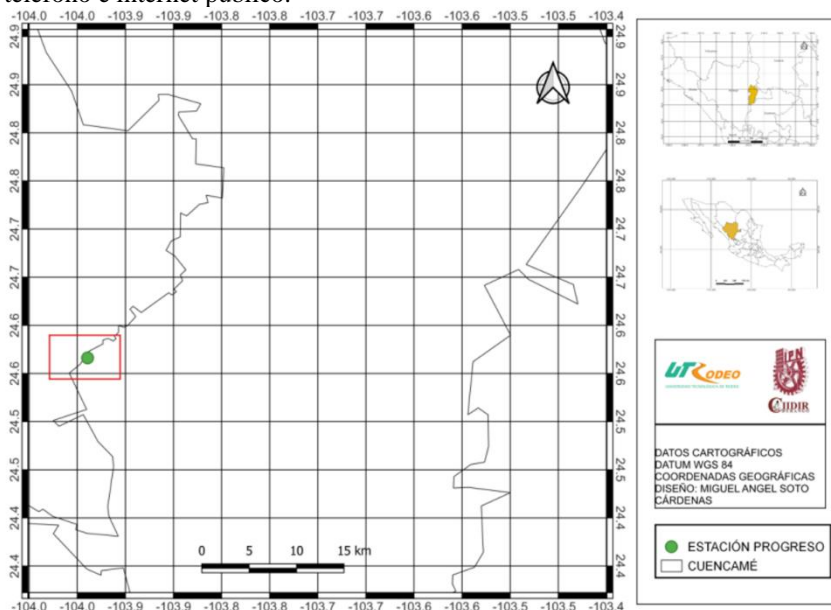
#### **Objetivos específicos**

- Realizar un análisis exploratorio de los FA que intervienen en el sistema agrícola, considerando el conocimiento de los campesinos.
- Plantear medidas potenciales para encaminar a resolver los problemas detectados.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

La investigación fue realizada en la comunidad de Estación Progreso, la cual se encuentra en el municipio de Cuencamé, Durango con coordenadas geográficas; longitud 103°56'19.914 oeste, latitud 24°34'00.143 norte y altitud 1,898 metros sobre el nivel del mar (**Figura 2**). La principal actividad económica es el cultivo de diferentes productos, principalmente frijol de las variedades pinto Saltillo, algunas de frijol negro como el San Luis. En segundo lugar, se cultiva maíz y esporádicamente avena, considerando que toda la actividad agrícola

de la zona de estudio (ZE) se desarrolla en condiciones de temporal, es decir, depende completamente de la presencia de lluvias para estar en condiciones de producir. También a baja escala, otra de las actividades económicas que se realiza es la cría de animales para venta y consumo familiar, principalmente ganado bovino. Adicionalmente existen tres misceláneas pequeñas para el abastecimiento de alimentos básicos y por distintas temporadas también se fabrica block para construcción. La comunidad cuenta con algunos servicios, tales como: agua potable, la cual es proveniente de un pozo, alumbrado público, tiendas de abarrotes. Por otro lado, no cuenta con servicio de clínica de salud, teléfono e internet público.



**Figura 2**  
*Ubicación geográfica del área de estudio*

## METODOLOGÍA

El estudio fue de tipo exploratorio con un enfoque mixto de investigación. Los insumos empleados fueron datos provenientes de entrevistas y encuestas realizadas en distintas áreas de la ZE. Los cuestionarios analizados fueron diseñados y aplicados a productores agrícolas con edades de entre 45 y 75 años, con al menos 10 años de experiencia, originarios de la ZE y con disposición para colaborar, adicionalmente, se realizaron cinco entrevistas, considerando que con este número se alcanzó la saturación teórica, es decir, que la información expresada por los entrevistados ya era repetitiva, por lo que, agregar más casos no aportaría información nueva. Las entrevistas fueron relacionadas con el sistema productivo frijol, con la finalidad de identificar los problemas ambientales percibidos por los agricultores. Asimismo, se analizaron 27 encuestas aplicadas a agricultores, relacionadas con los aspectos ambientales de la producción de frijol, para contrastar con la información proporcionada en las entrevistas.

## FASES DEL DESARROLLO

- Fase 1: Formación personal: Capacitación sobre el entorno de los campesinos, mediante la lectura y análisis de diversos documentos y selección de la ZE, para investigar previamente su entorno.
- Fase 2: Planteamiento de las problemáticas: Se consideraron los principales problemas presentados en las tierras de los campesinos.
- Fase 3: Elaboración del cuestionario: Una vez que se analizaron las principales problemáticas en el sector agrícola, se elaboró un cuestionario de 16 preguntas, donde una de ellas era abierta y las demás de opción múltiple.
- Fase 4: Aplicación del cuestionario: Se entrevistaron a 27 agricultores de entre 45 y 70 años de edad y locales con el fin de conocer que problemáticas ambientales consideran que tienen.

## RESULTADOS

### Formación personal

Se realizó una revisión de literatura, además de un análisis de entrevistas y otros documentos publicados en este sentido, con la finalidad de comprender el contexto de la situación en la que se encontraba la ZE, además de asesoramiento mediante diversas conversaciones con pobladores locales.

### Planteamiento de las problemáticas

Las problemáticas fueron planteadas e identificadas, mediante la observación de la ZE, además de un análisis previo, concluyendo que la degradación de la tierra, ocasionada por la sequía, resultó ser un problema en común dentro de los agricultores.

### Elaboración del cuestionario

Una vez que se identificaron las problemáticas fue elaborado el cuestionario que se muestra en la **Figura 3**.

1. ¿Cuál de las siguientes considera como su actividad principal?				2. ¿Cuál es el motivo para dedicarse a esta actividad?			3. ¿En que rango se encuentra el número de hectáreas que maneja?			4. ¿Qué cultivos siembra con más frecuencia?					
a) Agricultura	b) Ganadería	c) Comercio	d) Otro	a) Autoconsumo	b) Comercialización	c) Ambas	a) Menos de 10	b) Entre 11 y 20	c) Más de 21	a) Frijol	b) Maíz	c) Avena			
4. ¿Qué cultivos siembra con más frecuencia?				5. De los siguientes ¿Cuáles problemas ambientales considera que afectan al sistema agrícola y su actividad?			6. De los anteriores seleccione los tres más importantes			7. Con respecto a la sequía, ¿En los últimos 5 años, considera que?					
a) Frijol	b) Maíz	c) Avena	d) Sequía	a) Tierras cansadas/pérdida de fertilidad	b) Erosión	c) Compactación	d) Presencia de plagas	e) Sequía	f) Pérdida de fertilidad	g) Erosión	h) Compactación	i) Presencia de plagas			
9. Con respecto a la erosión o pérdida de suelo, ¿En los últimos 5 años, considera que?				10. Con respecto a la compactación del suelo, ¿En los últimos 5 años, considera que?			11. ¿Que tipo de plagas afectan con más frecuencia a su cultivo?			12. Del total de hectáreas que maneja ¿Que porcentaje considera que se encuentra erosionado?					
a) Ha aumentado	b) Es igual	c) Ha disminuido	d) No sé	a) Ha aumentado	b) Es igual	c) Ha disminuido	d) No sé	a) Insectos	b) Mamíferos	c) Culebras	d) <20%	e) 21-40%	f) 41-60%	g) 61-80%	h) 81-100%
13. ¿Conoce el tipo de suelo que tiene su parcela?				14. ¿Ha realizado algún análisis al suelo a su parcela?			15. ¿Cómo califica el daño que sufre el sistema productivo a causa de la sequía?			16. Pregunta abierta. ¿Cuál cree que sea la causa estas sequías extremas?					
a) Si	b) No	c) No sé	d) No sé	a) Si	b) No	c) No sé	d) No sé	a) Alto	b) Medio	c) Bajo					

**Figura 3**

*Cuestionario aplicado a agricultores*

Las entrevistas fueron analizadas utilizando el método comparativo constante, el cual es una manera sistemática de analizar y comparar los datos cualitativos, que busca a través de códigos y categorías, organizar los datos y explicar el fenómeno de estudio (Flick, 2018). En este caso, lo referente a los FA del sistema productivo de frijol. Las entrevistas fueron analizadas comparando cada una, encontrando las similitudes en las respuestas que dieron lugar a la formación de categorías. Adicionalmente, en el análisis de las entrevistas se seleccionaron las aportaciones más representativas, que engloban lo expresado por el total de entrevistados. Dichas aportaciones fueron organizadas en tres categorías de problemas o FA que afectan a la producción de frijol: a) eventos climáticos extremos, b) estado del suelo y c) presencia de fauna nociva para el cultivo (**Figura 4**).

**Figura 4**

*Categorías de problemas o factores ambientales que afectan a la producción de frijol*



## Resultados obtenidos de las entrevistas

La categoría de eventos climáticos engloba problemas como la sequía, las heladas y el CC, el cual es un fenómeno que los agricultores empiezan a notar cada vez con más frecuencia. Los entrevistados mencionaron que la sequía es el problema ambiental más importante, porque sus cultivos son de temporal y si las lluvias no son suficientes y constantes, tiene efectos negativos para la producción y el bienestar de las familias, estos efectos se generalizan, considerando que la mayoría de los habitantes de la ZE se dedican a la agricultura y al cultivo de frijol para alimentación y venta.

*“El problema más grave que tenemos es la sequía que desde hace unos 20 años se ha presentado muy fuerte, como las tierras son de temporal necesitamos que llueva bien, porque el frijol necesita la lluvia para desarrollar, si no llueve a veces nomas sacamos el frijol para comer y a veces no recuperamos ni la semilla que se usó para la siembra”*

La categoría estado del suelo incluye los problemas que identificaron los campesinos en las parcelas como tierras cansadas o baja fertilidad, erosión o pérdida del suelo y compactación. Para esta categoría, el total de los entrevistados manifestaron que la mecanización de la agricultura y la falta de rotación de cultivos han provocado que los suelos agrícolas se desgasten, identificando parcelas donde la capa de suelo arable es de 15 cm, lo cual dificulta la realización de los trabajos y que se obtengan buenas producciones de frijol. Los campesinos también observaron que, por el uso de los tractores, las tierras cada vez están más compactadas y requieren más trabajo para hacerlas producir, lo que también implica mayores costos económicos.



*“Anteriormente cuando se hacía la rotación de cultivos, las tierras se mantienen productivas, pero como se dejó de hacer, ahora que sembramos más bien, lo que es el puro frijol, las tierras ya sufren desgaste, también es porque antes se usaban las mulas para el cultivo, pero con los tractores, ahora lo que pasa, es que la tierra se aprieta mucho por el paso de la maquinaria y hace que pierda sus propiedades y eso afecta en que ya tenemos suelos muy delgados, con algunos compañeros ya se alcanza a ver la piedra, no es con todos pero si necesitamos irle cambiando para poder mantener más tiempo el suelo”*

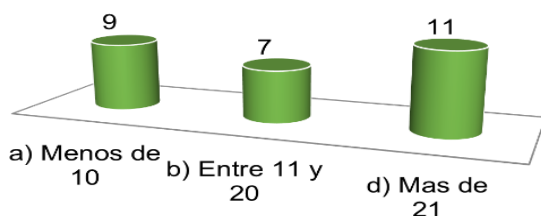
La última categoría, intitulada presencia de fauna nociva para el cultivo, evidencio que el total de los entrevistados mencionó que cada año tienen problemas principalmente con los jabalíes, porque destruyen el cultivo de frijol de manera indirecta, porque a pesar de que, prefieren alimentarse de maíz al pasar por la superficie sembrada de frijol lo destruyen a su paso. Asimismo, también han notado la presencia de insectos como la gallina ciega, la cual en algunos periodos ha ocasionado una pérdida considerable de la cosecha, porque ataca al cultivo de forma agresiva lo que repercute significativamente en la economía de los productores.

*“Aquí en las labores tenemos presencia de animales como el jabalí, las liebres y los coyotes, pero el que más problemas causa es el jabalí, porque bajan a comer el maíz y aplastan también el frijol, destruyen mucho el cultivo, también a veces en años cuando la sequía pega fuerte sale mucha gallina ciega que se come la planta y si nos anda afectando muy gravemente”.*

### Resultados obtenidos de las encuestas

El total de los 27 encuestados tenía como actividad principal la agricultura, aunque también contaban con otras actividades secundarias como la ganadería a baja escala y el comercio. Partiendo de las respuestas obtenidas en la primera pregunta, se preguntó a los encuestados por los motivos para dedicarse a esta actividad económica, el 74% mencionó que sembraban frijol por razones autoconsumo y comercialización y, en cuanto a la superficie cultivada por la mayoría de los campesinos de la ZE, la respuesta fue de más de 21 ha (Figura 5).

**Figura 5**



*Superficie en hectáreas cultivada por los encuestados*

De acuerdo con la encuesta realizada a los campesinos en la ZE, se sembraban tres cultivos; todos los encuestados coincidieron en la siembran de frijol, además 10 de ellos sembraban maíz y solo dos campesinos sembraban avena. Así mismo, a consideración de los campesinos, el problema que predomina en el sistema agrícola es la sequía, con un total de 27 respuestas, seguido de la pérdida de fertilidad, erosión, compactación y presencia de plagas (Tabla 4).

**Tabla 4**

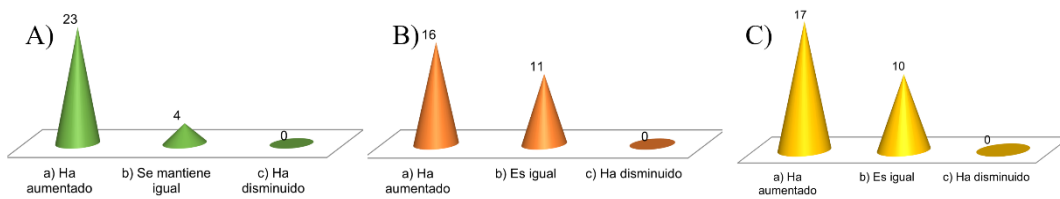
*Numero de campesinos encuestados en relación con los problemas que consideran afecta el sistema agrícola*

a) Sequía	b) Tierras cansadas/ pérdida de fertilidad	c) Erosión	d) Compactación	e) Presencia de plagas
27	17	14	13	8

Sin embargo, con el fin de conocer la evolución de la problemática, se cuestionó si durante el periodo de 2018 a 2023 la pérdida de fertilidad (Figura 6A), erosión o pérdida de suelo (Figura 6B) y compactación (Figura 6C), ha empeorado, permanecido igual o disminuido, a lo cual, gran parte de los encuestados, coincidía en que estas problemáticas habían aumentado.

**Figura 6**

*Percepción de los encuestados respecto a la pérdida de la fertilidad, erosión y compactación en la zona de estudio*



Con la finalidad de determinar el daño que genera la erosión del suelo, se incluyó una pregunta sobre que solicitaba a los encuestados, que porcentaje de erosión consideraban que presentaban sus tierras, resultando que el mayor grado de erosión en las parcelas de los



encuestados se encontraba entre el 40 y 80%, además, solo el 7% conocía el tipo de suelo que tiene. En este mismo orden de ideas y con la finalidad de conocer que problemas que afectan al sistema agrícola, los encuestados mencionaron que la presencia de plagas es uno de ellos, las cuales fueron categorizadas como mamíferos (jabalí y liebre) y los insectos (gallina ciega o mayate de mayo), considerando que 18 de los encuestados mencionaron que sus principales plagas eran mamíferos, mientras que nueve restantes, expresaron que eran los insectos. Para finalizar la encuesta, una pregunta abierta fue realizada, la cual hacía énfasis sobre ¿Cuál cree que sea la causa de estas sequías extremas? La gran mayoría (19) de los encuestados coincidió en que se debían CC, por otro lado, ocho de los encuestados manifestó no tener idea de que cual sería la posible causa que genera dicho problema.

## **DISCUSIÓN**

Entre los alimentos de origen vegetal, las leguminosas son importantes debido al alto porcentaje de proteína, contenido en sus semillas; el frijol puede variar desde 16% hasta 33%, lo cual supera a los cereales (Bressani et al., 1960), además, el frijol está supeditado al tiempo de almacenamiento y variedad de que se trate; sin embargo, considerando 100 g de alimento crudo en peso neto, 5 g son de fibra, 21 g de proteína, 200 mg de calcio, 5.5 mg de hierro, 0.6 mg de tiamina, 0.14 mg de riboflavina (vitamina B2) y 1.5 mg de niacina, adicionalmente no contiene colesterol (García Díaz, 2016). En este sentido, el frijol se cultiva para cosechar las semillas secas y se consume en cantidades más pequeñas como vainas frescas, comúnmente denominadas en el norte de México como ejotes. Además de lo anterior, el cultivo de frijol es una fuente importante de mano de obra y de ingreso, así como, una garantía de seguridad alimentaria vía autoconsumo (FIRA, 2019).

Sin embargo, como en todos los monocultivos, de acuerdo a González Cueto y colaboradores (2009), existen factores que provocan la degradación física del suelo, donde se encuentran la compactación, la cual es considerada como la principal causa de degradación, provocando la disminución de los rendimientos agrícolas, mayores requerimientos energéticos en labranzas y labores culturales, así como, la necesidades de resiembras, mayores dosis de agroquímicos y número de pasadas de los equipos, necesidades crecientes de fertilizantes e ineficiencia en el uso de la maquinaria. Otra consecuencia por el uso de monocultivos en la presencia recurrente de plagas, en este sentido, se determinó que en la ZE las principales plagas que afectan a los agricultores se clasifican en dos categorías, una relacionada con la presencia de mamíferos (liebres y jabalíes) y la otra con los insectos (gallina ciega o mayate de mayo), lo anterior, derivado de la experiencia de los agricultores locales, al ser consideradas como las principales plagas que afectan, con más frecuencia, los cultivos.

Lo anterior es consistente con lo reportado por Lopez Wong (2012), el cual menciona a estas plagas como las principales que afectan la producción del frijol, al igual que a otros cultivos, no solamente antes sino también después de la cosecha. En este sentido, el uso de pesticidas pudiera reducir las pérdidas en la producción. Sin embargo, en México el frijol se produce principalmente en pequeñas parcelas, cuyos propietarios tienen ingresos económicos muy limitados. Limitándolos en el uso programado de pesticidas. Más aún, con frecuencia se siembra en asociación con otros cultivos, los cuales pueden ayudar a estabilizar las poblaciones de insectos Lopez Wong (2012).

Otro problema evidenciado en esta investigación lo representa el CC, considerando que los productores de la ZE mencionaron que, conforme pasan los años, el CC viene siendo más evidente, principalmente lo relacionaron con el tiempo de lluvias, el calor o el frío, condiciones que han afectado significativamente la cosecha. Lo anterior, es consistente con lo manifestado por (Mora et al. 2010), quienes reportaron que el aumento de las temperaturas atmosféricas y del mar, la reducción e irregularidad de las precipitaciones, el aumento del nivel del mar, la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos, como sequías y huracanes, afectarán la producción, la infraestructura, los medios de subsistencia, la salud, además de socavar la capacidad del MA para proporcionar recursos vitales y capacidad de servicios.

## **CONCLUSIONES**

Considerando que el propósito de esta investigación fue conocer los FA que intervienen en el sistema agrícola y favorecen o limitan un funcionamiento sustentable, considerando el conocimiento local. Se puede concluir, que los principales problemas que afectan la agricultura en la ZE están relacionados al CC como la sequía, la erosión del suelo, la ausencia en las lluvias y las heladas, estos son problemas que los agricultores han notado que con el paso del tiempo se presentan con mayor frecuencia. Adicionalmente, otros factores que afectan la agricultura y que no están relacionados con el CC fueron identificados, como la presencia de plagas, en su mayoría mamíferos (liebres y jabalíes) y en menor medida, se ha notado la presencia de insectos como la gallina ciega, la cual en algunos periodos ha ocasionado una pérdida considerable de la cosecha, afectando directamente a los agricultores porque en ocasiones no consiguen recuperar lo invertido.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Gallegos, J. A.; Ibarra-Pérez, F. J.; Navarrete-Maya, R.; Sánchez-García, B. M.; Jiménez Hernández, Y.; Mendoza Hernández, F. M. (2013). Relación entre la reacción al tizón común y el rendimiento y peso de la semilla de frijol en riego y temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), 673-685. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200709342013000500002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342013000500002&lng=es&tlng=es)
- Anaya-López, J. L.; Ibarra-Pérez, F. J.; Rodríguez-Cota, F. G.; Ortega-Murrieta, P. F.; Acosta-Gallegos, J. A.; Chiquito-Almanza, E. (2021). Leguminosas de grano en México: variedades mejoradas de frijol y garbanzo desarrolladas por el INIFAP. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (25), 63-75.
- Bitocchi, E.; Bellucci, E.; Giardini, A.; Rau, D.; Rodriguez, M.; Biagetti, E.; Santilocchi, R.; Spagnoletti Zeuli, P.; Gioia, T.; Logozzo, G.; Attene, G.; Nanni, L.; Papa, R. (2013). Molecular analysis of the parallel domestication of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Mesoamerica and the Andes. *New Phytologist*, 197, 300-313. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04377.x>
- Bressani, R.; Mendez, J.; Scrimshaw, N. (1960). Valor nutritivo de los frijoles centroamericanos. III. Variaciones en el contenido de proteínas, metionina, triptofano, tiamina, riboflavina y niacina de muestras de *Phaseolus vulgaris* cultivadas en Costa Rica, El Salvador y Honduras. *Archivos Venezolanos de Nutrición*, 10(2), 84.
- Easterling, W. E.; Aggarwal, P. K.; Batima, P.; Brander, K. M.; Bruinsma, J.; Erda, L.; Howden, S. M.; Kirilenko, A.; Morton, J.; Pingali, P.; Soussana, J. F.; Tubiello, F. N. (2007). Food, fibre and forest products. *Climate Change*, 273-313. [https://ensembles-eu.metoffice.gov.uk/IPCC/rev\\_archive/SOD/Ch05.pdf](https://ensembles-eu.metoffice.gov.uk/IPCC/rev_archive/SOD/Ch05.pdf)
- Escoto Gudiel, N. D. (2004). El cultivo de frijol. Manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Secretaría de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 37 p. <https://cenida.una.edu.ni/reletronicos/REF01e74.pdf>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2019). Panorama Agroalimentario. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Recuperado el 01 de noviembre de 2023 de <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/01/Panorama-Agroalimentario-Frijol-2019.pdf>
- Flick, U. (2018). Introducción a la investigación cualitativa. Ediciones Morata. 326 p. <http://digital.casalini.it/9788471127648>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). FAOSTAT Statistics Database. Rome. Recuperado el 10 de noviembre de 2023 de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>
- García Díaz, Y. D. (2016). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en testa y grano de 54 poblaciones nativas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana]. Repositorio institucional. <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/L.-N.-Yatzil-Denih-Garcia-Diaz.pdf>
- González Cueto, O.; Iglesias Coronel, C. E.; Suárez, M. H. (2009). Análisis de los factores que provocan la compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2), 57-63. <https://www.redalyc.org/pdf/932/93215937011.pdf>
- Lara Flores, M. (2015). El cultivo del frijol en México. Dirección de cómputo y de tecnología de información y comunicación. UNAM Departamento de Acervos Digitales, 16(2), 2-11. [https://www.ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2291/art09\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2291/art09_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- León-Rojas, G. I.; Padilla-Loredo, S.; Rodríguez-Soto, C. (2020). La conservación in situ del frijol criollo: construyendo soberanía alimentaria en el sureste del Estado de México. *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana*, (9), 125-141. <https://www.redalyc.org/pdf/6681/668170996011.pdf>
- Liu, K.; Bourne, M. C. (1995). Cellular, biological, and physicochemical basis for the hard-to-cook defect in legume seeds. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35(4), 263-298. <https://doi.org/10.1080/10408399509527702>
- Lopez-Bucio, J.; De la Vega, O. M.; Guevara-Garcia, A.; Herrera-Estrella, L. (2000). Enhanced phosphorus uptake in transgenic tobacco plants that overproduce citrate. *Nature Biotechnology*, 18(4), 450-453. <https://doi.org/10.1038/74531>
- Lopez Wong, W. (2012). Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional. <https://repositoriodigital.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/6940/1/TESIS%20WENNDY%20LOPEZ%20WONG.pdf>
- Marín-Tinoco, R. I.; Ortega-Ramírez, A. T.; Esteban-Mendez, M.; Silva-Marrufo, O.; Barragan-Ledesma, L. E.; Valenzuela-Núñez, L. M.; Briceño-Contreras, E. A.; Sarrifiana-Navarrete, M. A.; Camacho-Luis, A.; Navarrete-Molina, C. (2023). Antioxidant and antibacterial activity of Mexican oregano essential oil, extracted from plants occurring naturally in semiarid areas and cultivated in the field and greenhouse in northern Mexico. *Molecules*, 28(18), 6547. <https://doi.org/10.3390/molecules28186547>
- Meza-Herrera, C. A.; Navarrete-Molina, C.; Luna-García, L. A.; Pérez-Marín, C.; Altamirano-Cárdenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Abad-Zavaleta, J. (2022). Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research*, 211, 106676. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106676>
- Mora, J.; Ramírez, D.; Ordaz, J. L.; Acosta, A.; Serna, B. (2010). Efectos del cambio climático sobre la agricultura. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 74 p. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/095fd33b-867a-4115-8142-2497e8f19b1a/content>
- Morales-Rivera, A.; López Castañeda, C.; Kohashi Shibata, J.; Miranda Colín, S. García Esteva, A. (2015). Comparación de los componentes del rendimiento en variedades de frijol en condiciones de acidez y humedad residual del suelo en el sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana*, 33(4), 309-319. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792015000400309&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000400309&lng=es&tlng=es)
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Macías-Cruz U.; Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santos, A.; Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Ramirez-Flores, J. J.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santiago, M. A.; Veliz-Deras, F. G. (2019b). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>

Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022a). Sheep production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106675. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106675>

Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macias-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022b). Goat production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106677>

Padilla Veintimilla, N. E. (2020). Efecto de dos tipos de biol y tres momentos de aplicación sobre la producción de legumbres del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo bayo. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2439/AGRO-PAD-VEI-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ríos-Flores, J. L.; Ríos-Arredondo, B. E.; Cantú-Brito, J. E.; Ríos-Arredondo, H. E.; Armendáriz-Erives, S.; Chávez-Rivero, J. A.; Navarrete-Molina, C.; Castro-Franco, R. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y uva (*Vitis vinifera*) de mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2014. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(1), 101-122

Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C.; Ruiz-Torres, J. (2017). La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. *Avances en medicina veterinaria*, 24, 20-36

Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C. (2017). Huella hídrica y productividad económica del agua en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. *Estudios de economía aplicada*, 35(3), 697-716

Rojas Rabiela, T.; Sanders, W. T. (Eds.) (1985). La tecnología agrícola mesoamericana en el siglo XVI. *Historia de la Agricultura. Época Prehispánica – Siglo XVI (Volumen I)*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, 266 p.

Sánchez-Valdez, I.; Acosta-Gallegos, J. A.; Ibarra-Pérez, F. J.; Rosales-Serna, R.; Singh, S. P. (2004). Registration of Pinto Saltillo common bean. *Crop Science*, 44(5), 1865-1867. <https://link.gale.com/apps/doc/A122261355/AONE?u=anon~5cdd7a12&sid=googleScholar&xid=46933170>

Sangerman-Jarquín, D. M.; Acosta-Gallego, J. A.; Schwenstesius de Rindermann, R.; Damián Huato, M. Á.; Larqué Saavedra, B. S. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 363-380. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000300007&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000300007&script=sci_abstract&tlng=pt)

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola. Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

# Evaluación térmica y de humedad en deshidratadoras solares

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.696

Guadalupe Esmeralda Alcalá González<sup>1</sup> Perla Mayara Alcalá González<sup>2</sup> Hilda Cristina Martínez Tovar<sup>3</sup> Rubí Alcalá González<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera, [2228@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:2228@rcarbonifera.tecnm.mx)

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera, [9608@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:9608@rcarbonifera.tecnm.mx) <sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera [2220@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:2220@rcarbonifera.tecnm.mx), <sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera [9617@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:9617@rcarbonifera.tecnm.mx)

## Línea de investigación: estadística

### Resumen

La presente investigación tuvo como propósito el diseño y construcción de tres deshidratadores solares para evaluar el comportamiento de las temperaturas internas en base a su temperatura ambiental y la humedad, para el diseño de un algoritmo. Se realizó un estudio de tipo cuantitativa, experimental, prospectivo y transversal es una investigación aplicada. Para las mediciones de las variables se utilizaron higrómetros, los cuales miden la temperatura interior, ambiental y humedad relativa. Los resultados demuestran efecto no significativo entre las temperaturas del cada tipo de deshidratador por tener un resultado de un p de 0.636 y un coeficiente de determinación de 0.85%, sin embargo, se demostró una correlación significativa entre la temperatura del deshidratador, temperatura ambiental y humedad por tener un coeficiente de determinación de 0.735 y de acuerdo con el análisis de varianza un p .000 en la temperatura ambiental y humedad. Se concluye que las diferentes ecuaciones de regresión lineal y múltiple nos permiten inferir en una forma significativa con relación a la temperatura ambiental y la humedad.

*Palabras clave: Humedad, Higrómetro, Temperatura ambiental*

*Keywords: Humidity, Hygrometer, Ambient temperature*

### Abstract

The purpose of this research was the design and construction of three solar dehydrators to evaluate the behavior of internal temperatures based on their environmental temperature and humidity, for the design of an algorithm. A quantitative, experimental, prospective and cross-sectional study was carried out, it is an applied research. To measure the variables, hygrometers were used, which measure indoor and ambient temperature and relative humidity. The results demonstrate a non-significant effect between the temperatures of each type of dehydrator due to having a result of p of 0.636 and a coefficient of determination of 0.85%, however, a significant correlation was demonstrated between the temperature of the dehydrator, ambient temperature and humidity. for having a coefficient of determination of 0.735 and according to the analysis of variance a p .000 in environmental temperature and humidity. It is concluded that the different linear and multiple regression equations allow us to infer in a significant way in relation to environmental temperature and humidity.

## **INTRODUCCIÓN**

La deshidratación refiere a la eliminación del agua mediante el tratamiento del producto por calor artificial (aire previamente calentado, superficies calientes, etc.); mientras que el secado o desecado refiere a la eliminación del agua en condiciones ambientales naturales (viento, sol, etc.) (Renovable & Franco, 2012)

En la actualidad se destaca el uso de la energía solar como una opción viable, económica y que contribuye a la conservación del medio ambiente. El proceso de deshidratación por medio de energía solar se caracteriza principalmente por convertir ésta en calor mediante procesos de transferencia, y de esta manera poder generar la remoción de humedad en determinado fruto. Entre los equipos utilizados por esta técnica se encuentran tres clasificaciones específicas como secadores solares naturales, semi-artificiales y artificiales, que varían de acuerdo con su diseño o métodos de transmisión de calor y para la cual su adaptación depende de las condiciones ambientales en donde se va a poner en funcionamiento dicho equipo, donde la eficiencia es un punto clave en procedimiento que se lleva a cabo para la deshidratación de productos alimenticios. Colombia dispone de un amplio número de zonas propicias para la ejecución del proceso de deshidratación gracias a su diversidad geográfica y climática, así como el cultivo de diversas variedades de especies frutales, el cual es el mercado que prima constantemente para los sistemas de deshidratación, esto hace un país con ventajas competitivas con respecto a otras naciones en el mercado de la fruticultura. Un deshidratador solar es una buena opción para deshidratar productos agroindustriales, es un proceso confiable y eficiente, donde el producto final tiene los resultados esperados. (Rodríguez y Bohórquez, 2016)

La presente investigación evalúa el uso de deshidratadores solares en el proceso de deshidratación de alimentos en la Región Carbonífera, el objetivo es evaluar las temperaturas internas de tres deshidratadores solares, en base a su temperatura ambiental y la humedad para el diseño de un algoritmo, se comprueban los supuestos que existe una relación, la investigación se centra en evaluar los deshidratadores en base a la relación temperatura ambiental, humedad y temperatura interna, realizar comparaciones de los deshidratadores en base a las temperaturas, el instrumento de medición es un higrómetro. El análisis de los datos se realizaron con las herramientas estadísticas análisis de varianza, regresión lineal y correlación, los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de varianza manifiestan que no existen diferencias significativas entre los diferentes deshidratadores en relación a su temperatura interna, se observa un p-value de 0.636, como es mayor que el nivel de significancia p-value de 0.05, podemos decir que efectivamente no existe diferencias entre las medias de temperaturas internas en los diferentes tipos de deshidratadores, se acepta que las temperaturas internas es igual en cualquier deshidratador, Para el análisis de las temperaturas se utiliza regresión lineal la cual presenta una relación positiva fuerte, el coeficiente de correlación es de 0.807 lo que nos indica que existe una relación positiva fuerte, a mayor temperatura ambiental mayor temperatura interna del deshidratador, el coeficiente de determinación es .651 por lo tanto el 65.1% de la variable temperatura del deshidratador está determinada por la temperatura ambiental, se analizó la relación temperatura interna del deshidratador y humedad obteniéndose una coeficiente de correlación es de -0.762 lo que indica que existe una relación negativa fuerte, a mayor humedad menor temperatura interna del deshidratador, el coeficiente de determinación es 0.581 por lo tanto el 58.11% de la variable temperatura del deshidratador está determinada por la humedad, para conocer si existe una relación significativa entre las temperaturas y la humedad se realizó un análisis de regresión múltiple y el coeficiente de determinación, resultando con un valor de 0.735 por lo tanto el 73.5% de la variable temperatura del deshidratador está determinada por la humedad y la temperatura ambiental, el análisis de varianza nos proporciona un p-value 0.000 tanto en la humedad como en la temperatura ambiente, por lo tanto se considera una correlación significativa, con esta información se puede construir un algoritmo que podría utilizarse para pronósticos de las temperaturas internas de los deshidratadores en las industrias de agro alimentos y particulares que gustan de la conserva de alimentos.

## **DESARROLLO**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las temperaturas internas de tres deshidratadores solares, en base a su temperatura ambiental y la humedad para el diseño de un algoritmo

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Definir los parámetros a evaluar

Medir la temperatura interna de los deshidratadores en base a la temperaturas ambientales y humedad

Analizar los datos, de acuerdo con la relación temperatura ambiental-temperatura interior del deshidratador y, humedad-temperatura interior del deshidratador

Diseñar el algoritmo

### **OBJETO DE ESTUDIO**

El objeto de estudio es en empresas de agroindustrias y con particulares que gustan realizar la conservación de alimentos con condiciones nutritivas del producto, sin necesidad de utilizar conservadores. En regiones donde las temperaturas en verano son mayores a 35°C, la investigación se realiza en tres deshidratadores solares construidos con materiales que cuidan el valor nutrimental los alimentos deshidratados.



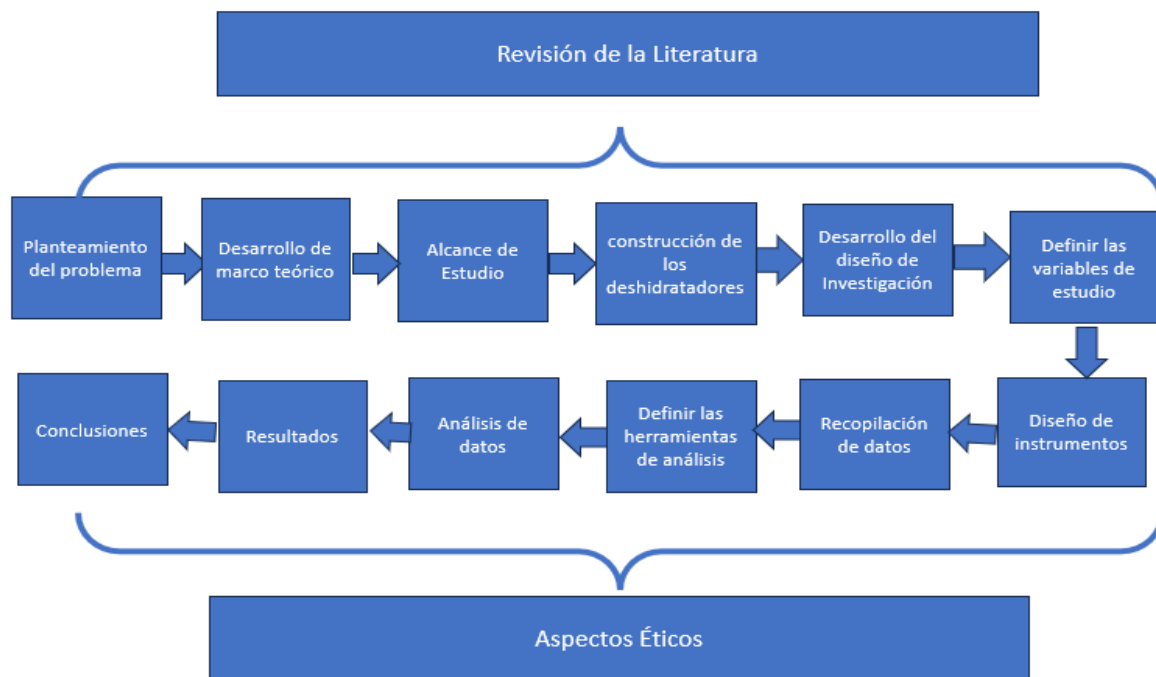
## METODOLOGÍA

La investigación es tipo cuantitativa, respecto al periodo de recopilación es prospectivo, de acuerdo con el fenómeno estudiado es transversal e investigación aplicada.

La metodología de la investigación consiste en la revisión de la literatura, construcción de los deshidratadores, definir las variables del estudio, diseño de instrumentos, recopilación de datos, definir las herramientas para el análisis, definir los instrumentos de medición, obtención de información, análisis de información, resultados y conclusiones, mismas que en muestran en la Figura 1.

**Figura 19**

### Metodología de Investigación



**Nota: Elaboración Propia**

## FASES DEL DESARROLLO

Para llevar a cabo el desarrollo de la investigación se realizó entre tres fases

### Fase 1

Se construyeron tres prototipos solares, primero con plástico de invernadero, segundo plástico de invernadero con extractor solar y tercer deshidratador solar con plástico cristalino normal, las variables para medir son temperatura ambiental, temperatura del deshidratador en grados centígrados y la humedad.

### Fase 2

Se diseñaron los instrumentos de recopilación de datos, se recopiló los datos a través de las lecturas de los higrómetros en un periodo de observación de las 8:00 a.m. hasta las 8:00 p.m, a lo largo de los meses de agosto-septiembre, se analizaron los datos utilizándolas herramientas estadísticas de regresión lineal, correlación, para conocer la relación que existe entre la temperatura interna del deshidratador, la temperatura ambiental y humedad, y el análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en relación a las temperaturas de los tres deshidratadores.

### Fase 3

Se diseñó los algoritmos utilizando la regresión lineal para la relación temperatura interna del deshidratador y temperatura ambiental, temperatura interna de deshidratador y humedad relativa y regresión múltiple para la relación temperatura interna de deshidratador, temperatura ambiental y humedad relativa

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fase 1

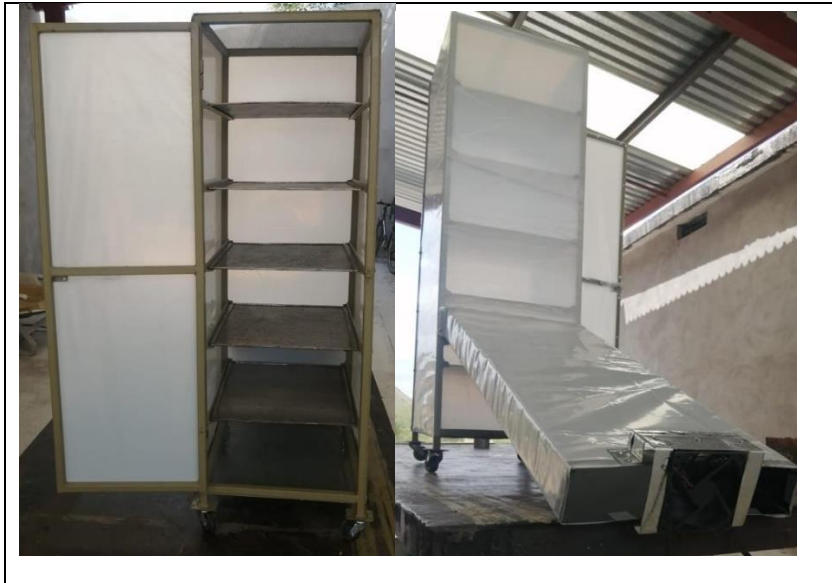
Se construyeron los tres deshidratadores solares, construido con lamina y plástico utilizando en invernaderos, los cuales permiten una mejor entrada de luz y evitan rayos UV.

El tipo 1 es un deshidratador solo con plástico de invernadero, el tipo 2 es un deshidratador con abanico (panel solar) y el tipo 3 es un deshidratador con plástico normal, como se presentan en la Figura 2, los factores considerados que influyen en el deshidratado de los vegetales son temperatura del aire, humedad relativa del, temperatura interna de los deshidratadores.

El funcionamiento del deshidratador es por medio del calentamiento de las paredes del colector, el aire fresco que entra se calienta y circula hacia el área de secado por un proceso de convección, el agua contenida en los productos se evapora y sale por la parte superior de secado, finalmente el aire cargado de humedad sale por el área de evacuación y se disipa en el ambiente, el proceso constante de convección conlleva al secado de los frutos en lapsos de tiempo que dependen de las condiciones climáticas del día y el sitio donde se encuentra funcionando el deshidratador.

**Figura 20**

**Deshidratadores solares**



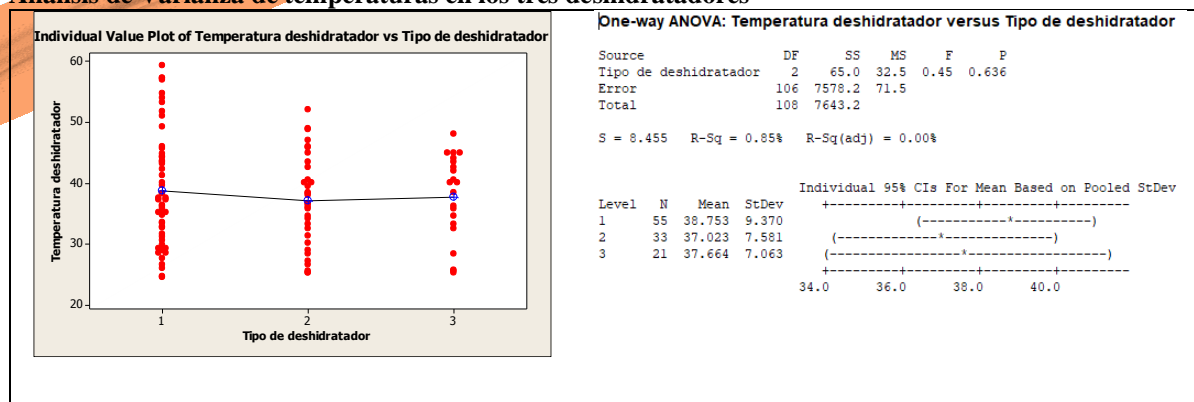
Nota: Elaboración Propia

### Fase 2

Se recopilaron los datos en una hoja de cálculo de Excel, considerando día, hora, temperatura ambiental, temperatura interna del deshidratador, humedad relativa y tipo de deshidratador. Se hace el análisis de varianza para conocer si existe una relación significativa entre los tipos de deshidratadores y las temperaturas de los deshidratadores como se muestra en la figura 3, el resultado expresa un p-value de 0.636 como es mayor que el nivel de significancia p-value de 0.05, podemos decir que efectivamente no existe diferencias entre las medias de temperaturas internas en los diferentes tipos de deshidratadores, se acepta que las temperaturas internas es igual en cualquier deshidratador, esto mismo se afirma con el resultado del coeficiente de determinación de 0.85%

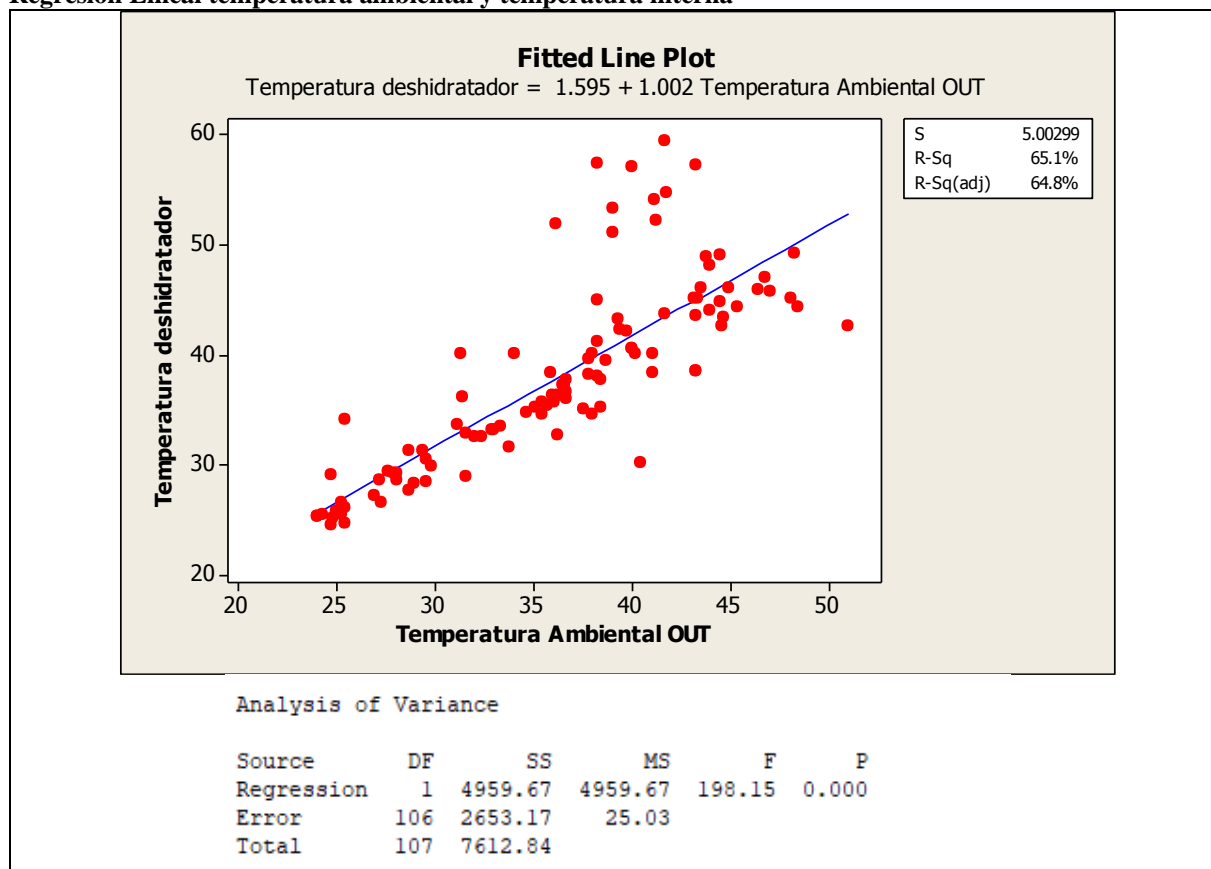
Para conocer si existe una relación significativa entre las temperaturas se realizó una regresión lineal y cálculo del coeficiente de correlación como se observa en la Figura 4, el coeficiente de correlación es de 0.807 lo que nos indica que existe una relación positiva fuerte, a mayor temperatura ambiental mayor temperatura interna del deshidratador, el coeficiente de determinación es .651 por lo tanto el 65.1% de la variable temperatura del deshidratador está determinada por la temperatura ambiental, el análisis de varianza nos proporciona un p .000 por lo tanto consideramos una correlación significativa.

**Figura 21**  
**Análisis de Varianza de temperaturas en los tres deshidratadores**



Fuente: Elaboración propia en Software Minitab versión 16

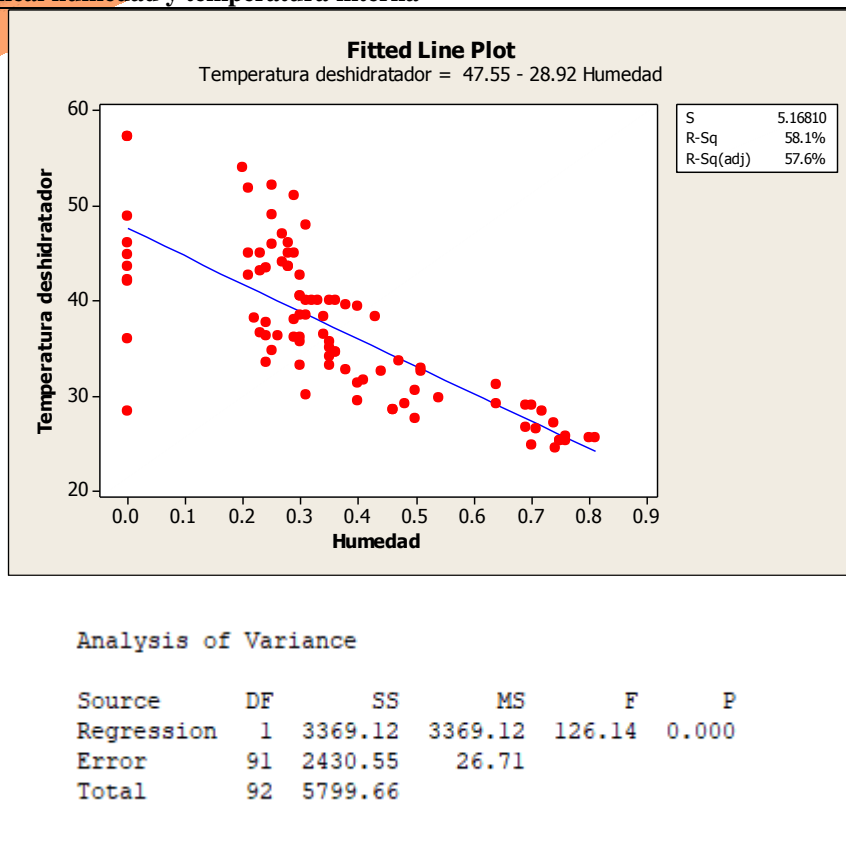
**Figura 22**  
**Regresión Lineal temperatura ambiental y temperatura interna**



Fuente: Elaboración propia en Software Minitab versión 16

Para conocer si existe una relación significativa entre la temperatura del deshidratador y la humedad se realizó una regresión lineal y cálculo del coeficiente de correlación como se observa en la Figura 5 el coeficiente de correlación es de -0.762 lo que nos indica que existe una relación negativa fuerte, a mayor humedad menor temperatura interna del deshidratador, el coeficiente de determinación R cuadrado es 0.581 por lo tanto el 58.11% de la variable temperatura del deshidratador está determinada por la humedad, el análisis de varianza nos proporciona un p .000 por lo tanto consideramos una correlación significativa.

**Figura 23**  
**Regresión Lineal humedad y temperatura interna**



Fuente: Elaboración propia en Software Minitab versión 16

Para conocer si existe una relación significativa entre las temperaturas y la humedad se realizó un análisis con regresión múltiple y cálculo del coeficiente de determinación como se observa en la Figura 6, el coeficiente de determinación es 0.735 por lo tanto el 73.5% de la variable temperatura del deshidratador está determinada por la humedad y la temperatura ambiental, el análisis de varianza nos proporciona un p .000 en las dos variables de salida por lo tanto consideramos una correlación significativa

**Figura 24**  
**Anova temperatura ambiental, humedad y temperatura interna**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	16.565	4.386	3.78	0.000
Temperatura Ambiental OUT	0.69513	0.09671	7.19	0.000
Humedad	-11.980	3.126	-3.83	0.000

S = 4.14263    R-Sq = 73.5%    R-Sq(adj) = 72.9%

Fuente: Elaboración propia en Software Minitab versión 16

### Fase 3

Se diseñó los algoritmos para la relación temperatura ambiental e interna de los deshidratadores, temperatura ambiental, humedad e interna de los deshidratadores

La ecuación de regresión lineal para la temperatura del deshidratador y la temperatura ambiental es:

Temperatura del deshidratador = 1.595 + 1.002 Temperatura Ambiental

$S = 5.00299$   $R-Sq = 65.1\%$   $R-Sq(adj) = 64.8\%$

La ecuación de regresión lineal para la temperatura del deshidratador y humedad es:

Temperatura del deshidratador =  $47.55 - 28.92$  Humedad

$S = 5.16810$   $R-Sq = 58.1\%$   $R-Sq(adj) = 57.6\%$

La ecuación de regresión múltiple en la relación temperatura interna del deshidratador, ambiental y humedad es: Temperatura del deshidratador =  $16.6 + 0.695$  Temperatura Ambiental -  $12.0$  Humedad

$S = 4.14263$   $R-Sq = 73.5\%$   $R-Sq(adj) = 72.9\%$

### CONCLUSIÓN

La humanidad está consumiendo cada vez más energía proveniente de los combustibles fósiles (gas, petróleo; recursos no renovables) y comprometiendo así el futuro del planeta, en el que se vive actualmente. El actual consumo desmedido de combustibles produjo en los últimos años un notable aumento en los precios de estos, haciendo esto necesario la búsqueda de otros recursos energéticos, tales como la energía solar. (Rodríguez Villamil et al, 2016).

Las energías alternativas son fuente fundamental para el sostenimiento de diferentes procesos actuales, de igual forma la energía solar es parte fundamental en el proceso de deshidratación, (Rodríguez Villamil et al, 2016)

Proporcionar un algoritmo de las temperaturas y humedad de un deshidratador solar, elaborado con materiales que permitan mantener las condiciones nutritivas del producto, como es el plástico para invernadero, los cuales atrapan energía que calienta el ambiente interior, sirve para evitar la pérdida de calor y bloquear aquellos rayos UV que reducen el valor nutricional del producto, permite hacer proyecciones del tiempo de deshidratación.

Se observa en el análisis de la regresión lineal que, a mayor temperatura ambiental, mayor temperatura interna del deshidratador, así como a mayor humedad menor temperatura ambiental.

### BIBLIOGRAFÍA

De Michelis, A., y Ohaco, E. (2020) Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. INTA Ediciones

Hernández S., R., Fernández C. C. y Baptista L.P. (2018) Metodología de la Investigación México D.F. McGraw Hill

Rodríguez, M., Casto, G.M. (2018) Efecto de la Radiación Solar en el Proceso de Secado de las uvas con horno Solar.

Rodríguez, V. D.A. y Bohórquez M., J.L. (2016) Diseño de un colector solar de placa plana para la deshidratación de agroindustrias Universidad Libre Colombia.

Rubio, V.P. (2009) Elaboración de productos deshidratados de nopal Verdura, Colección RP

Torrers, J.H. (2016) Secado de nopal utilizando secado solar con sistema de reflectores. Revista de Energía



# Sueldos, salarios y prestaciones de trabajadores de la zona norte de Guanajuato

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.697

Carla Michele San Elías Conejo<sup>1</sup>  
Nora Virginia Rayas Monjaraz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, email:  
[carlasanelias@utng.edu.mx](mailto:carlasanelias@utng.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, email:  
[norarayas@utng.edu.mx](mailto:norarayas@utng.edu.mx)

Línea de investigación: Administración de la micro, pequeña y mediana empresa

## Resumen

Los salarios son la principal fuente de ingreso para los trabajadores y tienen un efecto decisivo en los niveles de vida de ellos y de sus familias, en el presente estudio se identifican las expectativas sobre sueldos, salarios y prestaciones que tienen los trabajadores de la zona norte del estado de Guanajuato, con el objetivo de conocer la percepción de los empleados sobre su remuneración salarial que perciben y si esta les permite cubrir las necesidades básicas de: alimentación, educación, salud, vivienda y vestido. Así como identificar si las empresas ofrecen sueldos, salarios y prestaciones justas y equitativas. Se lleva a cabo una investigación documental para contextualizar los escenarios y expectativas de sueldos, salarios y prestaciones de los trabajadores de la zona norte del estado de Guanajuato, México. Posteriormente, se realiza un estudio cuantitativo mediante el diseño de un instrumento de recopilación de información en formularios de Google. Se emplea como universo de estudio la población económicamente activa de Guanajuato de 2.84 millones de personas (DATA MÉXICO, 2023), con un nivel de confianza del 95% y un grado de error del +/-5%. Por su parte, los trabajadores de la zona norte de Guanajuato buscan que sus ingresos percibidos sean retribuidos de una manera equitativa y justa, que les permita tener una mejor calidad de vida, así como recibir prestaciones conforme a la Ley Federal de Trabajo e incentivos de tipo económico, puesto que se encuentra entre \$2000 y \$4,300 mensual promedio, situación extrema que pone de manifiesto la importancia de que las MiPyme implementen mecanismos que dignifiquen la función laboral que desempeñan.

*Palabras clave: expectativas, prestaciones económicas, salarios, sueldos.*

## Abstract

Wages are the main source of income for workers and have a decisive effect on the living standards of them and their families. This study identifies the expectations of wages, salaries and benefits that workers in the northern zone have of the state of Guanajuato, with the purpose of knowing the perception of the employees about their salary remuneration that they receive and if this allows them to cover the basic needs of: food, education, health, housing and clothing. As well as identify if companies offer fair and equitable wages, salaries and benefits. A documentary investigation is carried out to contextualize the scenarios and expectations of wages, salaries and benefits of workers in the northern zone of the state of Guanajuato, Mexico. A quantitative study is carried out through the design of a collection instrument in a Google form. The economically active population of Guanajuato of 2.84 million people is used as the universe of study (DATA MÉXICO, 2023), with a confidence level of 95% and a degree of error of +/-5%. For their part, workers in the northern area of Guanajuato seek that their earned income be remunerated in an equitable and fair manner, which allows them to have a better quality of life, as well as receive benefits in accordance with the Federal Labor Law and incentives for employment. economic type, since it is between \$2,000 and \$4,300 monthly average, an extreme situation that highlights the importance of MiPymes implementing mechanisms that dignify the labor function they perform.

## INTRODUCCIÓN

A raíz de los efectos generados por la pandemia de COVID 19 las expectativas de los trabajadores en materia de remuneración salarial han cambiado significativamente, pues la mayoría de las organizaciones enfrentan el desafío de diseñar un programa atractivo de incentivos y prestaciones no solo para retener el capital humano, fortalecer el compromiso, aumentar la satisfacción de los trabajadores y generar también oportunidades de crecimiento y desarrollo de manera continua, sino para poder dar cumplimiento a las expectativas de los trabajadores que ya no solo apuntan a cubrir sus necesidades básicas como: alimentación, vestido, vivienda, educación, entre otras, pues el propio contexto económico y sociopolítico ha propiciado que las expectativas de los trabajadores en cuanto a sueldo, salarios y prestaciones se vean modificadas exigiendo salarios justos y equitativos además de modelos de compensación flexible, incluyendo la salud laboral y mental.

Cuando se trata de pagar los sueldos, salarios y prestaciones de los trabajadores, existen mecanismos y herramientas que les son útiles a las empresas para determinar el pago acorde a las actividades que estos realizan. Entre las herramientas utilizadas para esta determinación están: la valuación de los puestos, las encuestas salariales e incluso la misma ley federal de trabajo (LFT) que señala que los sueldos y salarios deben ser suficientes para cubrir necesidades de orden: material, social, cultural y de educación; en todo caso la comisión de salarios mínimos es un organismo que también permite establecer a los administradores la cantidad mínima que se debe pagar a los trabajadores, sin embargo, se desconoce ¿Cuáles son las expectativas de los trabajadores en cuanto a los sueldos y salarios? ¿Qué prestaciones, incentivos y estímulos esperan recibir por parte de las empresas u organizaciones en las que trabajan? ¿Están satisfechos con los sueldos y salarios que reciben? ¿Qué sugerencias pueden hacer para mejorar la condición de los sueldos, salarios y prestaciones en sus organizaciones?

Esta investigación busca encontrar respuesta a esas preguntas, y así generar información que pueda orientar a las organizaciones de la zona norte del estado de Guanajuato en sus esfuerzos en el diseño de estrategias de compensación en la administración de los sueldos, salarios y prestaciones de los empleados.

## OBJETIVO GENERAL

Conocer las expectativas que tienen los trabajadores de la zona norte del Estado de Guanajuato con respecto a los sueldos, salarios y prestaciones ofertadas en el mercado laboral actual.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el sueldo y/o salario que perciben, así como prestaciones e incentivos.
- Identificar que tan satisfechos están con los sueldos y salarios que reciben.
- Identificar el tipo de prestaciones, incentivos y estímulos que esperan recibir.
- Conocer las sugerencias que proponen para mejorar la condición de los sueldos, salarios y prestaciones en sus organizaciones.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio en esta investigación cuantitativa se centra en conocer las expectativas que tienen los trabajadores de la zona norte del estado de Guanajuato, en cuanto a la percepción de ingresos por concepto de sueldos y salarios en la organización para la cual laboran. Se pretende investigar y conocer la percepción de los empleados sobre su remuneración salarial que perciben y si esta les permite cubrir las necesidades básicas de: alimentación, educación, salud, vivienda y vestido. Así como identificar si las empresas ofrecen sueldos, salarios y prestaciones justas y equitativas.

## METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio exploratorio mediante revisión de literatura para contextualizar y describir los escenarios y expectativas de sueldos, salarios y prestaciones en la zona norte del estado de Guanajuato, México.

Se diseñó un instrumento de recopilación de información con 17 ítems, de corte cuantitativo, puesto que se busca obtener información medible y cuantificable. Se emplea como universo de estudio la población económicamente activa de Guanajuato que fue de 2.84 millones de personas en el cuarto trimestre del 2022 (DATA MÉXICO, 2023). Se trabaja con un nivel de confianza del 95% y con un grado de error del +/- 5%, aplicándose una muestra de 385 encuestas de manera aleatoria y autoadministrada a través de formularios de Google, se envía mediante código QR y enlaces digitales a base de datos de CANACO (Cámara Nacional de Comercio de Dolores Hidalgo) y SIEM Digital (Sistema Empresarial Mexicano).

**Tabla No. 1**  
*Ficha Técnica de Investigación*

Universo y ámbito de la investigación	2.84 millones de personas económicamente activos de Guanajuato
Tamaño de la muestra	385 encuestas
Nivel de Confianza	95%
Error Muestral	5%
Procedimiento del muestreo	Muestreo aleatorio por estratos
Ámbito Geográfico	Dolores Hidalgo, San Diego de la Unión, San Felipe, San José Iturbide, San Luis de la Paz, San Miguel Allende, Doctor Mora y Xichú

Unidad Muestral	Trabajadores de MiPyme del Norte de Guanajuato
Tipo de Entrevista	Cuestionario estructurado en formato digital con 17 ítems. Aplicado mediante Google Forms.
Fecha de levantamiento	Junio 2023

Fuente: elaboración propia 2023.

## MARCO TEÓRICO

Los salarios son la principal fuente de ingreso para los trabajadores y tiene un efecto decisivo en los niveles de vida de ellos y de sus familias. La relación entre aumento salarial y crecimiento económico se ha vuelto un tema de importancia, pues juega un papel importante en el progresivo aumento de las desigualdades entre los países, y en la creciente necesidad de encontrar nuevas fórmulas de estimular el crecimiento (Gómez, 2018). Así mismo, el vínculo entre salarios y crecimiento económico es importante porque los salarios son un determinante clave de los estándares de vida de la población empleada, como lo es también la distribución del ingreso entre capital y trabajo.

El salario es la renta que percibe cada persona, es un rédito o ingreso: el que corresponde al trabajador subordinado por la prestación de su trabajo; de modo semejante a como el “beneficio” es el rédito o ingreso peculiar del titular de una empresa (Basanta, 1997). El salario tiene un carácter alimentario, tiene una finalidad de subsistencia: se trabaja para vivir, es decir, para procurarse los bienes y servicios que requiere la vida del trabajador y, si es el caso, su familia. A su vez, los trabajadores subordinados constituyen la mayoría de la población económicamente activa de cada país, en la actual organización de la producción. En esta perspectiva entra la consideración del salario como medio de vida del trabajador: “Es el hombre mismo, inseparable de su actividad, es su vida, representada por el único medio de ganársela, que es su trabajo, lo que entra en la prestación del obrero (Basanta, 1997).

Los modelos de Shapiro y Stiglitz (1984) y, Solow (1979), citado en (Gómez, 2018) argumentan que, salarios más altos conducen a un mayor esfuerzo por parte del trabajador y, en consecuencia, aumentan la producción de la empresa u organización. Por su parte, el crecimiento en el empleo gradualmente fortalece el poder de negociación de los trabajadores en el mercado de trabajo y cuando la economía se acerca a la barrera natural de pleno empleo, provoca que de manera eventual aumente la tasa del salario real, cambiando la distribución del ingreso a favor del trabajo.

No obstante, la pandemia tras el Covid 19 ha impactado y ha generado una necesidad de cambios en los procesos de gestión empresarial y en el mundo del trabajo a nivel global. Esta situación hace que la gestión de los recursos humanos deba retomar temas relacionados con los beneficios laborales. Para esto, se hace necesario entender las expectativas de los trabajadores que suelen diferenciarse, entre otras cosas, por los intereses generacionales, entendiendo que las personas jóvenes no solo buscan una retribución económica por su trabajo, sino que también valoran aspectos intangibles que contribuyen a su bienestar general y a su satisfacción en el trabajo como lo es: la flexibilidad laboral mediante el trabajo vía remota a diferencia de los adultos quienes prefieren asegurar una retribución económica al término de su vida laboral.

En tiempos de pandemia, por el nuevo coronavirus, los beneficios laborales no pueden estar alejados de un proceso laboral, aunque se presentan como un desafío, dados los problemas económicos (Maroscia y Ruiz, 2021) citado en (García, 2021). De manera que, para una buena gestión del desarrollo humano organizacional se hace necesario entender e investigar con frecuencia sobre las experiencias y las expectativas que tienen los colaboradores a la hora de obtener beneficios laborales, debido a que los recursos humanos son activos de alta importancia en las empresas, razón por la cual es necesario que haya un clima de satisfacción laboral. En ese sentido, los trabajadores manifiestan que les gustaría tener acceso constante a internet y más tiempo libre (Jeanes, et al., 2020), asimismo, debe existir una idea de compensación ligada a la calidad de vida fuera y dentro del trabajo, que responda más allá del elemento económico en el que el ambiente laboral tiene una alta importancia (Arrieta y Díaz 2016).

Con respecto a las expectativas (Tolman, 1932) lo define como la predicción que hace un individuo acerca de la probabilidad de lograr una meta realizando una conducta, de las cuales existen dos tipos de esta: Expectativa de eficacia, que es la probabilidad de poder ejecutar una conducta (realizar una acción), y expectativa de resultados, que incorpora las predicciones sobre los resultados concretos de realizar esta conducta (obtener un resultado). Mientras que otras aproximaciones son las que realiza Vrooms (1964), quién desarrolló una teoría alrededor de las expectativas en el contexto organizacional, logrando que, por medio de las expectativas se puedan describir la motivación, la satisfacción y el nivel de desempeño en el trabajo; esta relación de (expectativa – motivación).

Las expectativas en el contexto laboral según Golik (2013) son determinantes de los comportamientos y lo que espera el capital humano es clave para la competitividad de las empresas. Por su parte, Robbins (2017) afirma que “las expectativas pueden distorsionar la percepción en la medida en que uno ve lo que espera ver” (p.122) lo que lleva a afirmar que las expectativas laborales de las personas determinan su comportamiento en la organización, lo cual indica que lo que los empleados esperan se les sea retribuido o reconocido por el desempeño de su labor, esto tiene relación con la satisfacción, así lo confirma Robbins (2017) “ Los empleados desean sistemas de salarios y políticas de ascenso que les parezcan justos, definidos y acordes con sus expectativas”(p.174) citado en (García, 2021). Lo anterior, para que les brinde mejores oportunidades de crecimiento y desarrollo profesional.

Por otra parte, la estructura salarial es el conjunto de franjas salariales que relaciona los diferentes puestos de la organización. Para establecer y mantener estructuras salariales equitativas y justas, es necesario establecer dos formas de equilibrio: equilibrio interno, que hace referencia a la coherencia interna entre los salarios y los puestos de la propia organización, el equilibrio interno exige una estructura salarial justa y bien dosificada. No obstante, el equilibrio externo refiere a los salarios con los mismos puestos de otras organizaciones

que actúan en el mercado laboral. El equilibrio externo exige una estructura salarial compatible con el mercado (Asturias Corporación Universitaria, 2023). El equilibrio interno se alcanza aplicando la información obtenida a través de la evaluación y clasificación de puestos, basadas generalmente en un programa previo de descripción y análisis de puestos, mientras que, el equilibrio externo se alcanza aplicando la información externa obtenida a través de investigación salarial. Con base en la información interna y externa, la organización puede trazar su política salarial, como parte de su política de Recursos Humanos, para normalizar los procedimientos de la remuneración de personal.

Un programa de sueldos y salarios debe cumplir con ciertos requisitos para lograr objetivos válidos, pues implica analizar la variedad de problemas que la remuneración conlleva en todo el proceso de funcionamiento organizacional. Por lo que debe promover la captación y retener la cantidad y el tipo de trabajadores necesarios para que la empresa pueda funcionar, así como ganar la aceptación del trabajador para las prácticas y políticas de remuneración de la empresa, la cual resulta necesaria si los trabajadores han de trabajar constructiva y eficientemente, motivar de los trabajadores para que puedan producir al máximo de sus capacidades, lograr la aceptación del público que se relaciona con la empresa como: Gobierno, sindicatos, accionistas, clientes y público en general. Y lo más relevante, proporcionar la oportunidad a los trabajadores de todos los niveles para alcanzar sus aspiraciones en un marco de justicia, imparcialidad y razón. Manteniendo a la empresa de una forma competitiva en el mercado (Sibson, 2023) citado en (Asturias Corporación Universitaria, 2023)

### ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de las expectativas en las remuneraciones salariales ha sido parte importante como fuente de información para las organizaciones y candidatos en la toma de decisiones, así como en la productividad laboral, puesto que las personas buscan estabilidad y seguridad laboral, quieren mayores beneficios y mejor equilibrio entre la vida profesional y personal, buscando oportunidades laborales flexibles en ubicación y forma de trabajo. La percepción de mejor ingreso crece conforme aumenta la escolaridad de los trabajadores. Sin embargo, los incrementos que se asignan no son homogéneos.

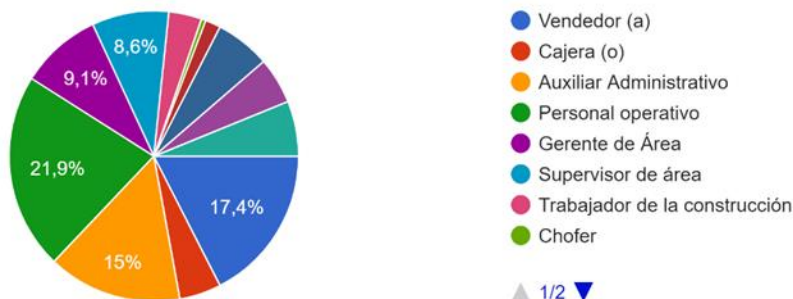
La relación entre salarios y productividad es un determinante clave de la calidad de vida de la población ocupada, así como de la distribución de ingresos entre trabajo y capital (Feldstein, 2008) citado en (CEPAL, 2019). Si los salarios crecen al mismo ritmo que la productividad, la motivación laboral en el trabajo aumentará por lo que se requiere que los beneficios de los incrementos en la productividad sean distribuidos de manera más equitativa entre los trabajadores y los empresarios, a través de aumentos en las remuneraciones que correspondan en una mayor proporción a la actualmente observada con los aumentos de la productividad. Sin embargo, no siempre se cumple.

Las remuneraciones en México varían por regiones, industrias, carreras, demanda de perfiles, tipo de puesto, experiencia, entre otros factores (Hernández, 2022). Lo que conlleva a realizar un análisis en función de la región o contexto en el que se encuentra inmerso el objeto de estudio, que, en este caso, nos refiere al conocer las expectativas salariales y prestaciones de trabajadores de la Zona Norte de Guanajuato.

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se obtiene el perfil demográfico de los trabajadores de la zona Norte de Guanajuato con las siguientes características, el 53 % de los trabajadores son de Dolores Hidalgo CIN Gto, el 17 % de San Luis de la Paz, de San Felipe el 8 %, San Miguel Allende el 7 %, San Diego de la Unión con un 5 %, San José Iturbide el 4 %, finalmente Doctor Mora con el 2 %. El 55% son mujeres y el 45% hombres, entre un rango de edad de 21 y 25 años con el 27%, seguido de 26 a 30 años con el 17%, de 15 a 20 años con el 15%, el 11% se encuentra entre 31 a 35 años y el 10% de 41 a 45 años, tienen un grado de escolaridad de licenciatura con el 43%, mientras que el 35% tiene preparatoria y el 12% secundaria. En cuanto a estado civil, el 57 % es soltero, el 24 % se encuentra casado y el 10 % vive en unión libre. Son económicamente activos, empleados en empresas del sector de servicios con el 43%, el 36% en el comercio y el 21% labora en el sector industrial. En la figura 3 se aprecia que el 22% se desempeña en un puesto operativo, el 17% como vendedor (a), el 15% como auxiliar administrativo, el 9% como gerente de área, el 8% como supervisor de área, el 6% como trabajador de la construcción, el 5% como chofer, el 4% como cajero y el 3% como vendedor (a).

**Figura No. 3**  
Ocupaciones



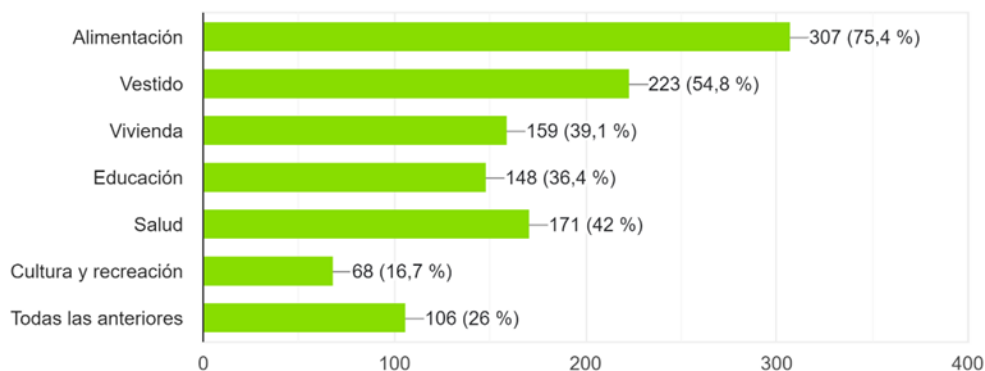
El 79% de los trabajadores tienen una jornada laboral de seis días, mientras que el 10% trabaja los siete días de la semana. El 55% percibe un sueldo semanal y el 37% quincenal.

Por su parte, el 63% percibe que no es suficiente el sueldo que recibe, asumen que solo pueden cubrir gastos por concepto de alimentación, vestido y vivienda con un 75%, como se aprecia en la figura 4, motivo por el cual, al 66% de los trabajadores les gustaría que su sueldo aumentará en un cincuenta por ciento más para poder aspirar a una mejor calidad de vida y tener acceso a servicios de salud, educación, cultura y recreación. Puesto que el ingreso promedio que perciben mensualmente con el 17% es de \$2,309, el 15% de entre \$2,310 a \$4,310, el 14% de \$6,311 a \$ 8,310 y el 13% de \$4,311 a \$ 6,310. De los cuales el vendedor de mostrador es el que percibe ingreso promedio mensual más bajo, de menos \$2,310, mientras que, a nivel operativo, ganan entre \$6,311 a \$8,310 y el auxiliar administrativo se encuentra con un sueldo entre \$6,311 a \$8,310.

Por lo que se infiere que la relación entre puesto y sueldo es proporcional al cargo que ocupa en la organización al menos en las MiPymes de la zona norte del estado de Guanajuato.

**Figura No. 4**

Necesidades personales y familiares que se pueden cubrir con el sueldo o salario.



Elaboración Propia 2023.

Las prestaciones que reciben los trabajadores de la zona Norte de Guanajuato son: vacaciones, prima vacacional, aguinaldo y seguro social con un 63%, así como utilidades con el 26%, el 19% vales de despensa y fondo de ahorro, el 18% Infonavit. En cuanto a estímulos e incentivos el 34% no recibe de ningún tipo, el 17% recibe bonos de productividad, el 16% un día libre, el 11% bonos de asistencia y el 6% comisiones por ventas. Situación por la cual el 61% percibe que deberían mejorar y que no son suficientes, en contraste con el 21% que refiere son buenas y suficientes.

En ese sentido el 21% de los trabajadores desean que las prestaciones e incentivos se apliquen de manera justa y equitativa, el 19% que se apliquen de acuerdo con la Ley Federal del Trabajo, el 14% quiere que se incrementen y el 11% que sean más del tipo económico.

## CONCLUSIONES

La gestión eficiente en la administración de sueldos y salarios envuelve un conjunto de técnicas, orientadas a satisfacer las necesidades de toda empresa y de los trabajadores, en lo relativo al establecimiento de un sistema de remuneraciones que contribuya al desempeño de la organización con un alto nivel de eficiencia. Por lo que en cualquier organización es indispensable contar con un sistema establecido que permita que las relaciones entre la dirección y los trabajadores en lo relativo a la remuneración, resulten equilibradas y justas.

En ese sentido, los trabajadores de la zona norte de Guanajuato buscan que sus ingresos percibidos por concepto de sueldos y salarios sean retribuidos de una manera equitativa y justa, al manifestar que les gustaría obtener un mayor ingreso que les permita tener una mejor calidad de vida, pues refieren que los precios de los productos han subido y el sueldo no, por lo que el valor de su dinero se ha depreciado. Así como recibir prestaciones conforme a la ley federal de trabajo e incentivos de tipo económico, puesto que el sueldo que percibe el personal operativo, auxiliar administrativo y de ventas, se encuentra entre \$2000 y \$4,300 mensual promedio, situación extrema que pone de manifiesto la importancia de que las PYME implementen mecanismos que dignifiquen la función laboral que desempeñan. Puesto que los empleados esperan se les sea retribuido o reconocido por el desempeño de su labor, por lo que la gestión de los recursos humanos debe retomar temas relacionados con los beneficios laborales y entender las expectativas de los trabajadores al jugar un papel importante en el progresivo aumento de las desigualdades entre los países, y en la creciente necesidad de encontrar nuevas fórmulas de estimular el crecimiento (Gómez, 2018).



Así mismo, el vínculo entre salarios y crecimiento económico es importante porque los salarios son un determinante clave de los estándares de vida de la población empleada, como lo es también la distribución del ingreso entre capital y trabajo. El crecimiento en el empleo gradualmente fortalece el poder de negociación de los trabajadores en el mercado de trabajo y cuando la economía se acerca a la barrera natural de pleno empleo, provoca que de manera eventual aumente la tasa del salario real, cambiando la distribución del ingreso a favor del trabajo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM: <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/1/139/29.pdf>  
CEPAL. (2019). (E. y. México, Ed.) Recuperado el 16 de 06 de 2023, de Relación entre Productividad Laboral y Remuneraciones: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47894/1/S2200376\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47894/1/S2200376_es.pdf)  
DATA MÉXICO. (16 de 06 de 2023). *Data Mexico Gobierno del Estado de Guanajuato*. Obtenido de <https://datamexico.org/es/profile/geo/guanajuato-gt>  
García, D. M. (2021). *Expectativas de los empleados respecto de los beneficios laborales en tiempos de covid 19: el caso del área administrativa de una empresa de aseo privada de la ciudad de Medellín*. Recuperado el 22 de 06 de 2023, de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/30118/LillyAndrea\\_GarciaTorres\\_DanielMauricio\\_TapiasMachado\\_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/30118/LillyAndrea_GarciaTorres_DanielMauricio_TapiasMachado_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y)  
Gómez, H. R. (22 de 11 de 2018). *Revista Scielo*. doi:<https://doi.org/10.29105/ensayos37.2-4>  
Hernández, G. (5 de 04 de 2022). Recuperado el 15 de 06 de 2023, de Salarios en México: ¿Cuáles son los trabajos por los que mejor se paga en 2022?: <https://www.eleconomista.com.mx/capitalhumano/Salarios-en-Mexico-Cuales-son-los-mas-altos-en-2022-20220404-0092.html>

# Acciones de cuidado y consumo del Agua e indicadores asociados

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.709

María Carmen Lira Mejía,<sup>1</sup> Evangelina García Sandoval<sup>2</sup>, Agustín Córdova Grimaldi,<sup>3</sup> Martha Soledad Landeros Guerra<sup>4</sup>  
y Marcos Urbina Ibarra<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato: [mcarmenlira@utng.edu.mx](mailto:mcarmenlira@utng.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato: [evangelinagarcia@utng.edu.mx](mailto:evangelinagarcia@utng.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato: [agustincordova@utng.edu.mx](mailto:agustincordova@utng.edu.mx)

<sup>4</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato: [marthalanderos@utng.edu.mx](mailto:marthalanderos@utng.edu.mx)

<sup>5</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato: [marcosurbina@utng.edu.mx](mailto:marcosurbina@utng.edu.mx)

## Línea de Investigación:

### Resumen

El Agua es vital en la subsistencia del ser humano, los seres vivos que habitan el planeta toman su fuente de vida de este líquido, el ser humano es una población en crecimiento desarrolla actividades ejecutoras de una demanda directa e indirectamente, sobre el ciclo del agua, lo que ha impactado en consecuencias negativas en muchos países, no sólo en la calidad de vida, sino también en los ecosistemas naturales y su biodiversidad.

Alimentar, limpiar, producir y otras actividades que requiere el ser humano impactan en el manejo, distribución y abastecimiento del agua, abrir el grifo o acarreado cargado en la espalda, el agua llega cada una de las familias de seres humanos, sin embargo ¿estamos conscientes de cómo se genera?, sabemos ¿Cuánta agua utilizamos?, ¿Qué actividades provocan que no llueva?, ¿Cuánta agua se está regenerando en el subsuelo?, ¿Cuánta agua recuperamos de lluvia?... muchas preguntas deberían de estar en el consciente del ser humano.

¿Tiene las respuestas? ¿Quiere ser conscientes? ¿Puede hacer los cambios necesarios en el estilo de vida? o es acaso que está destinado a ser una especie finita en el planeta, hablemos de conciencia y medición.

*Palabras clave: Consciente, Efectos, Humanos, Impacto, Planeta.*

### Abstract

Water is vital for the subsistence of human beings, the living beings that inhabit the planet take their source of life from this liquid, the human being is a growing population that develops activities that demand directly and indirectly on the water cycle, which has impacted in negative consequences in many countries, not only in the quality of life, but also in the natural ecosystems and their biodiversity.

Feeding, cleaning, producing and other activities required by human beings have an impact on the management, distribution and supply of water, opening the faucet or carrying it on our backs, water reaches each of the families of human beings, however, are we aware of how it is generated, do we know how much water we use, what activities cause it not to rain, how much water is being regenerated in the subsoil, how much water we recover from rain... many questions should be in the conscience of human beings.

Do you have the answers? Do you want to be conscious? Can you make the necessary lifestyle changes? Or are you destined to be a finite species on the planet, let's talk about consciousness and measurement.

*Key words: Conscious, Effects, Human, Impact, Planet.*

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más explotados por el ser humano, provocando alerta a nivel mundial por la escasez. El uso del vital líquido va más allá del baño diario, preparación de alimentos, riego de plantas caseras, aunado al riego del campo para la siembra y cosecha de productos alimenticios además en procesos industriales y generación de energía, así como la que se ensucia y contamina a través de esos mismos procesos.

A sabiendas que la humanidad necesita el agua, se hace necesario conocer el real uso de la misma, considerar si realmente se aprovecha y evita el desperdicio. Las entidades gubernamentales, articulado con el ciudadano, El Estado y los municipios, cada uno de ellos poseen una responsabilidad en la adecuada distribución, procuración, atención de la necesidad familiar, empresarial y del campo y de no hacerlo puede provocar una crisis muy difícil al soslayar una necesidad básica para el desarrollo social.

Una de las fuentes principales de generación del líquido es las lluvias, cada vez más escasas en el estado de Guanajuato la sequía afecta cada vez más, además de la lluvia, otros causantes son: la acelerada urbanización, el incremento en las actividades agrícolas, el uso de fertilizantes y plaguicidas, la degradación del suelo, las altas concentraciones de población y la deficiente eliminación de desechos, afectan la disponibilidad de los recursos de agua dulce teniendo así varias repercusiones, tanto que algunos ganaderos de la región han optado por vender sus reses por falta de agua (Méndez, 2023).

En el presente artículo se mencionan diversos indicadores que muestran el acceso, usos y cuidados del agua, los cuales dan una idea más cercana a la situación latente en el Estado de Guanajuato, específicamente en las ciudades de Dolores Hidalgo Cuna de la independencia Nacional, San Luis de la Paz y San Diego de la Unión.

## DESARROLLO

Ante las escasas lluvias registradas a lo largo del 2022 y los bajos niveles en pozos, bordos y presas, se espera un año difícil de abasto de agua en la entidad, además de una reducción en la producción agropecuaria. El 2022 no fue un buen año en cuanto a lluvias, pues el mes en que se presentaron más lluvias fue agosto, con un registro de 151.3 mm, el resto del año prácticamente no llovió, como en enero y casi todo diciembre. **La Comisión Estatal del Agua en Guanajuato (CEAG)** informó que al cierre de diciembre del 2022 el acumulado de lluvia en la entidad apenas llegó a 408.6 mm (litros por metro cuadrado), muy por debajo a lo registrado en el 2021, que fue de 658.2 mm. (Méndez, 2023).

La escasez ha crecido a pasos agigantados. A continuación, se muestra el monitor de sequía para los municipios objeto de estudio (CONAGUA, 2023):

- Dolores Hidalgo Cuna de la independencia Nacional, Gto. La escasez de agua es cada vez más latente pues las reservas de agua que existen en el municipio como lo son la presa del “Gallinero” y la de “Peñuelitas”, consideradas como las más importantes del municipio, se encuentran afectadas, esta última al menos del 7% de su capacidad, pues se están agotando a gran velocidad debido a las altas temperaturas que se han registrado y a la utilización del líquido por algunos agricultores. El nivel de sequía es anormalmente seco, pero no reciente, y el problema se ha presentado desde mediados de septiembre de 2022 a la fecha.
- En San Luis de la Paz la escasez de agua en el Municipio se encuentra en una zona semiárida y las lluvias son muy continuas en los meses de agosto a mayo. Pero de varios años a la fecha, la sequía se ha agravado por la deforestación y la ausencia de lluvias que ha aumentado en 8%. Para este municipio se establece una sequía severa.
- El Municipio de San Diego de la Unión también se encuentra en sequía severa, teniendo en los últimos meses un incremento de la misma del 11%. La sequía no es reciente, se considera el problema desde mediados de septiembre de 2022 a la fecha.

Entre las principales causas de la escasez de este recurso son: la degradación de los ecosistemas reguladores en las cuencas altas por el sobrepastoreo, cambio de uso del suelo, pérdida de bofedales por ganadería, deforestación, la variabilidad climática y el incremento de la temperatura.

La Agenda para el Desarrollo Sostenible es un compromiso realizado por Estados Miembros de las Naciones Unidas en 2015, con el objetivo de poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo, de esta agenda surgen los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), establecen metas e indicadores precisos para que los países en compromiso actúen en consecuencia, el objetivo no. 6 plantea “La disponibilidad y el acceso a los servicios de agua, saneamiento e higiene (WASH)” con seis indicadores que van desde acceso, saneamiento, contaminación, uso eficiente, gestión, protección del ecosistema, captación de forma colaborativa y tratamiento de agua ONU (2015).

Es momento de preocuparse y ocuparse por atender el problema, reutilizar el agua y aprovechar el agua pluvial, a través de generación y aplicación de estrategias que permitan disfrutar el preciado líquido.

El cuidado del agua es necesario y debe ser protegido como uno de los recursos naturales más valiosos del planeta. El agua ayuda a mantener un clima estable y es un recurso esencial para los seres vivos. Sin agua no se logra la supervivencia, es por eso necesario que se debe tomar conciencia de la importancia que tiene en el desarrollo de la vida diaria y orientar más esfuerzos para cuidarla. El consumo y ahorro de agua por parte de cada uno es fundamental, ya que el desperdicio que se hace por individuo es muy alto.

Médicos, científicos, nutricionistas y otros especialistas de la salud recomiendan beber entre un litro y medio y dos litros de agua al día, pero ¿por qué? La respuesta es que el agua es el elemento más necesario para la vida. El cuerpo de los seres humanos está formado en un 70% de agua, el 95% del peso del cerebro es agua, la sangre contiene un 85% de agua y los pulmones un 90%. Cada célula del cuerpo contiene alrededor de un 70-80% de agua. Pero el agua también cumple funciones a parte de la hidratación de las células y órganos. El

agua es el medio donde ocurren reacciones químicas como por ejemplo en la fabricación de proteínas, también es el medio de transporte de iones y nutrientes, ayuda a limpiar las toxinas del organismo arrastrando los productos de excreción, participa en la digestión, regula la temperatura corporal y desempeña otras funciones (García-Astillero, 2020).

Por su parte los medios de comunicación han externado la preocupación del cuidado y consumo del agua a través de la publicación de la siguiente nota (Ortigoza, 2023):

*“Como consecuencia de la situación compleja que atraviesa Guanajuato en materia del suministro de agua, la Comisión Estatal del Agua (CEAG) se encuentra analizando el realizar perforaciones en veinte puntos de la entidad, desde donde podría extraerse este líquido vital. Teniendo como objetivo el hacer uso de aguas superficiales y evitar la sobreexplotación de aguas subterráneas, Francisco García León, director de la CEAG, dijo que se encuentran llevando a cabo un estudio donde de inicio, se tienen contemplados 240 puntos alrededor de la entidad, de los cuales se podrían realizar extracciones de agua. No obstante, señaló que al final del análisis, quedarían alrededor de 20 puntos, lo que se determinará con base en el rendimiento que cada uno de ellos pueda brindar; esto forma parte de las acciones que se están implementando en la zona norte de la entidad, la cual se ha visto mayormente afectada por las escasas lluvias que se registraron. Esto comprende los municipios de Ocampo, San Felipe, San Diego de la Unión, Dolores Hidalgo, San Luis de la Paz, Atarjea, Xichú, Tierra Blanca, Santa Catarina y Doctor Mora. No obstante, también se podría tener presencia en otras localidades del sur, como los Apaseos y Coroneo”.*

El sector industrial también ha mostrado su preocupación por el uso y cuidado del agua, e incluso algunas de ellas nombradas “empresas socialmente responsables” realizan constantes publicaciones a través del internet recomendando y aportando ideas para el cuidado de tan preciado líquido.

La empresa Rotoplas en una de sus publicaciones expresa lo siguiente (Rotoplas, 2021):

*“Gracias a los adelantos tecnológicos y los sistemas de información ha sido sencillo para las nuevas generaciones informarse acerca de la cruel realidad: nuestro estilo de vida, hábitos de consumo y formas de producción están afectando de forma negativa el medio ambiente; y de seguir sin hacer ningún cambio, la raza humana está condenada al sufrimiento. Parece una exageración, pero la contaminación, el calentamiento global y el uso indiscriminado de recursos ya han comenzado a pasarnos la cuenta. Las generaciones pasadas han creado un sistema que garantiza el avance a pasos agigantados, el crecimiento poblacional y el desarrollo de las industrias; pero todo esto también aumentó las demandas de agua. Y si bien el 70% del planeta es agua, sólo el 3% es agua dulce, y de esta cantidad menos del 1% está disponible para el consumo humano”.*

Ante un problema tan latente, el gobierno del estado trabaja arduamente en lo que concierne al tema. La Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial ha publicado el Manifiesto por la Grandeza Ambiental como resultado de los beneficios palpables que se obtendrían al cuidar el medio ambiente (Guanajuato G. d., 2023):

- Aire limpio para todos
- Agua suficiente y con calidad
- Empleo de energías limpias
- Cultura y acciones ante el cambio climático
- Difusión y protección de la riqueza natural de Guanajuato
- Más educación ambiental para la sustentabilidad de Guanajuato
- Marco jurídico verde
- Desarrollo ordenado y sustentable del territorio
- Manejo responsable de residuos
- Predicar con el ejemplo

## **OBJETIVO GENERAL**

Identificar indicadores relevantes sobre la percepción en el cuidado y consumo del agua en la población de los municipios de San Diego de la Unión, San Luis de la Paz y Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional.

## **OBJETO DE ESTUDIO**

La Universidad de Guanajuato realizó una investigación en la que menciona la escasez de agua en la Región Norte del Estado de Guanajuato en ella se menciona lo siguiente (Caldera, 2020):

*“Se analiza el conflicto de la Cuenca del Río Laja, Guanajuato. Conflicto que tiene origen por la contaminación y escasez de agua extraída de la Cuenca debido principalmente a la agroindustria de exportación de la zona, pues cerca del 85% se destina a este sector. Esta región comprende los municipios de San José Iturbide, Doctor Mora, San Luis de la Paz, San Diego de la Unión, San Felipe, Dolores Hidalgo y San Miguel Allende. El “uso irracional del agua ha llevado al agotamiento de los recursos hídricos en la zona. En efecto, la sobreexplotación de los mantos acuíferos de la cuenca del Río Laja, no sólo ha generado escases de agua en la zona, sino ha generado problemas de salud en la población”, ya que el agua de consumo humano generalmente contiene diversos elementos nocivos para la salud. Por ejemplo, el agua contiene altos niveles de flúor y arsénico, causantes de enfermedades renales en la población. El problema de la contaminación del agua ha generado alarma entre pobladores que viven en la zona de la Cuenca del Río Laja, especialmente entre los pobladores de San Miguel de Allende. Pues, de acuerdo a diferentes estudios realizados por diferentes organismos independientes, principalmente la UNAM, se dice*

*que el agua no se encuentra en condiciones para el uso y consumo humano. Además, se ha encontrado evidencia directa entre el agua de la región con las diferentes enfermedades de alta incidencia que ya fueron mencionadas”.*

El acceso al agua potable en cantidad y calidad adecuadas ha sido reconocido, desde hace varias décadas, como un derecho humano fundamental por diversos organismos internacionales y nacionales alrededor del mundo; y así ha sido plasmado en distintos instrumentos jurídicos entre los cuales se pueden citar los siguientes (Diputados, 2023):

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos Artículo 27.
- Ley de Aguas Nacionales, promulgada en diciembre de 1992, (Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en materia de Aguas Nacionales)
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994 y modificado posteriormente.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Decreto por el que se crea la CNA, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de enero de 1989.
- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.
- Ley de Ingresos de la Federación.
- Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica.
- Leyes Estatales en materia de agua potable y alcantarillado.
- Ley General de Bienes Nacionales.
- Ley Federal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Tratado sobre la distribución de aguas nacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de Norteamérica.
- Decreto Presidencial de creación del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) el 7 de agosto de 1986.
- NOM-127-SSA1-2021 Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

El consumo y cuidado del agua se ha convertido en una constante preocupación en los últimos tiempos, por este motivo se ha atendido el tema a través de diversas investigaciones; en ellas se proponen estrategias para hacer un mejor uso de este recurso natural que está siendo explotado de manera irracional sin tomar en cuenta que puede llegar el momento en que se agote. Al respecto el gobierno del Estado de Guanajuato ha creado programas y difunde o promueve estrategias que contribuyan al cuidado del agua.

Según el Diagnóstico Climatológico del Estado (IEE 2012), las regiones hidrográficas del Río Turbio y Río Laja, sufrirán una severa afectación. El escenario plantea un incremento en la demanda de agua hasta de un 5 por ciento. Cualquier cambio de cobertura en el líquido vital, afectará a las poblaciones que se ubican en las periferias de las ciudades del Bajío y comunidades. Acorde a los estudios publicados en dicho diagnóstico, las principales vulnerabilidades ambientales, sociales y económicas están directamente relacionadas con el agua potable. Estos escenarios invitan a establecer políticas para incrementar la eficiencia en el riego y cambio de cultivos agrícolas (sistema-producto) de la región. El uso agrícola consume el 86% del agua disponible, y hay mucho por hacer para eficientar el riego y la reconversión hacia nuevas cadenas productivas de cultivos que utilicen menos agua (Comisión, 2023).

El Gobierno del Estado de Guanajuato a través de la Comisión Estatal del Agua implementa programas para el cuidado y consumo del agua, tales como (Guanajuato G. d., s.f.):

1. Programa Ahorro de Agua Potable en Casas Habitación.
2. Programa Atención Emergente de Sequías.
3. Programa Abastecimiento de Agua en Zonas Rurales.
4. Programa Con Agua para Zonas Urbanas.
5. Programa Conducción de Aguas Residuales en Zonas Urbanas.
6. Programa Conducción y Saneamiento de Aguas Residuales en el Medio Rural.
7. Programa Conducción y Saneamiento de Aguas Residuales en Localidades Suburbanas.
8. Programa Infraestructura y Fortalecimiento de Sistemas de Agua en Localidades Suburbanas.

## **METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo la presente investigación se utilizó una metodología científica que permitiera proveer información relacionada con indicadores de percepción en el cuidado y consumo del agua en la población de los municipios de San Diego de la Unión, San Luis de la Paz y Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, a fin de encauzar de forma eficiente el análisis de los datos obtenidos al llevar a cabo el proceso de la investigación científica.

## **FASES DEL DESARROLLO**

Para llevar a cabo el proceso se utilizó la investigación cuantitativa en las siguientes actividades:

- a) Se determinó una muestra de 284 elementos de investigación, para identificar el número de instrumentos que se debían aplicar.
- b) Se aplicaron los instrumentos a través del muestreo probabilístico estratificado y aleatorio simple.
- c) Se elaboró un cuestionario como instrumento de recolección de información de 38 ítems.
- d) Posteriormente se llevó a cabo el trabajo de campo en las ciudades de San Diego de la Unión, San Luis de la Paz y Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional.



- e) Una vez recolectada la información, se realizó un análisis e interpretación de resultados.
- f) Y por último, se elaboró una discusión dónde se acentúa los indicadores y su impacto en la percepción de la población estudiada.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para llevar a cabo la investigación se utilizó un nivel de confianza del 95% con un error de estimación del 6%. Obteniendo los siguientes resultados:

### **1. Servicio de alcantarillado**

El 70% cuenta con el servicio de alcantarillado en su domicilio, el 23% no y el 6% está en proceso. Así mismo, indica el 34% que cada seis meses le curren fallas en el sistema de alcantarillado de su domicilio, mientras que el 31% señala que de una a tres veces al mes, el 19% cada año, el 14% nunca y el 2% otros diferentes a los mencionados. El 70% considera que es necesario el mantenimiento en el sistema de alcantarillado de su domicilio, mientras que el 30% no lo considera. El 45% indica que de una a dos veces al año hay fugas de agua en las tuberías de su domicilio, el 30% una vez al año y el 22% casi nunca.

### **2. Saneamiento y aseo**

El 45% cree importante las distribuidoras de agua para su consumo, el 41% para su trabajo y el 14% para su cultivo. El 56% señala que el agua que consume y le provee el municipio esta desinfectada, el 27% indica que no y el 17% lo desconoce.

El 51% consume de dos a tres litros al día, el 30% de 0 a 1 litro al día, el 19% de 3 a 4 litros al día.

### **3. Reutilización**

El 36% cuida las instalaciones de agua de su hogar, el 35% reutiliza las aguas grises, el 24% recogen aguas de lluvia y el 5% no reutiliza el agua. El 43% opina que la forma en la que reutiliza el agua de lluvia es para ayudar a la escases de agua, el 30% para ahorrar dinero, el 16% no le interesa reutilizar el agua y el 12% ahorra el agua.

El 38% utiliza el agua de lluvia para regar las plantas, el 36 para lavar los pisos, el 22% para el inodoro y el 5% no la reutiliza.

### **4. Acceso**

El 47% cuenta con agua potable que le brinda el municipio todos los días, el 39% cada tercer día y el 24% de una a dos días a la semana. El 81% está satisfecho con el servicio de agua potable y el 19% no.

El 42% tiene agua potable en su domicilio, el 37% a través de pipas de agua, el 21% no le llega directamente a su domicilio, la obtiene a través de pozo. El 52% gasta de \$200.00 a \$300.00 pesos mensuales en el servicio del agua, el 36% de \$100.00 a \$200.00 pesos y el 16% de \$300.00 a \$400.00.

### **5. Utilización**

El 47% utiliza el agua para consumo humano, el 31% para los alimentos y el 22% para la limpieza del hogar. Respecto a la forma en la que cuida el agua, indica el 46% dura un lapso corto en ducharse, el 33% cierra bien las llaves del agua y el 21% la utiliza para distintas actividades. El 52% considera que es importante cuidar el agua por su escases, el 42% señala que no es tan importante cuidar el agua, debido a que a pesar de todo cuenta con ella y el 6% señala que es irrelevante.

### **6. Envase**

El 59% cree que los envases de agua embotellada son dañinos para la salud, el 35% cree que no lo son siempre, ya que puede variar, y el 6% le parece irrelevante. El 52% señala que consume de 0 a 2 botellas de agua a la semana, el 36% de 2 a 3 botellas diarias, el 6% no consume agua embotellada y el 6% señala otras formas a las mencionadas.

La marca que prefieren es la E pura, el 35% Bonafont y el 22% Ciel. El 50% prefieren esa marca por el precio, el 42% por su sabor y el 8% por su presentación.

### **7. Consumo local**

El 68% señala que consume en empresas purificadoras locales, el 26% lo hace en ocasiones y el 6% no. El 66% sabe cuál es el horario de servicio al cliente de la distribuidora de agua potable del municipio y el 34% no.

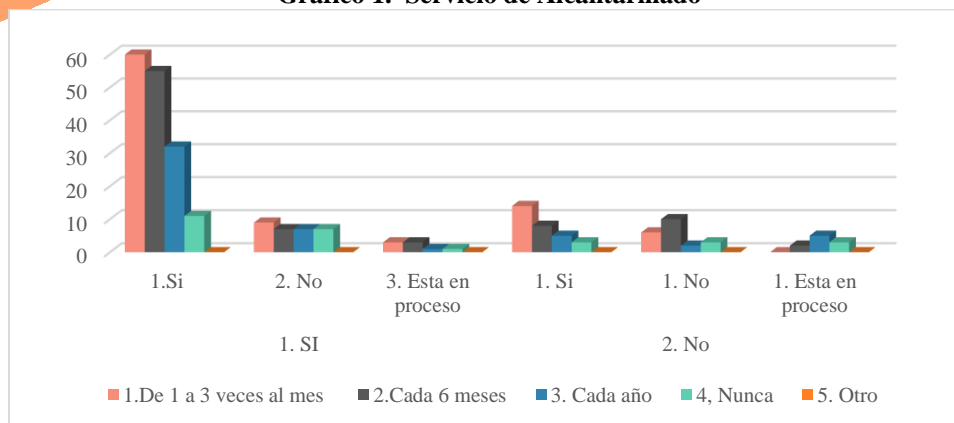
El 44% conoce los canales de distribución por los cuales le brinda el servicio de agua potable en el municipio, el 42% solo conoce el servicio de algunos y el 14% no las conoce. Los aspectos que conoce de las empresas que ofrece el servicio de agua purificada, indica el 45% el número telefónico, el 32% las páginas de internet, el 16% a través de personas conocidas y el 7% las oficinas.

Los servicios que regularmente ha solicitado el 49% indican que son los cambios de horario, el 38% los precios y el 13% no ha necesitado información. Califican el 50% entre 6 y 8, el 41% entre 8 y 10 y el 9% menor a 6 (considerando que 10 es la mejor puntuación). Respecto a las expectativas del servicio el 47% desea mayor cantidad de agua, 37% cobros más bajos y el 16% señala que no han superado sus expectativas. Ver gráfico servicios de alcantarillado.

### **Servicios de Alcantarillado**

Como se puede observar en el Gráfico 1. Servicio de Alcantarillado, la mayoría de los encuestados cuentan con servicio de alcantarillado en su domicilio, los cuales señalan que, de uno a tres veces al mes, tienen fallas en su sistema de alcantarillado en su domicilio. Y consideran necesario se le dé mantenimiento al sistema de alcantarillado en su domicilio.

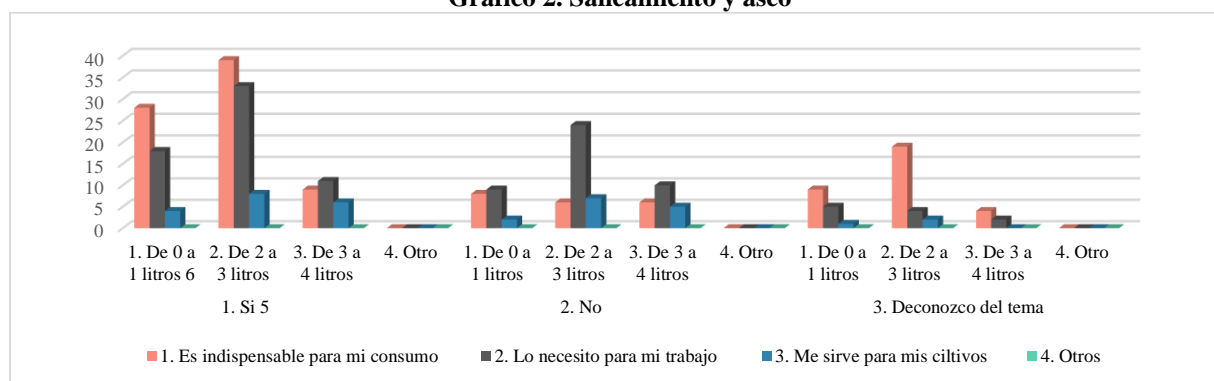
**Gráfico 1. Servicio de Alcantarillado**



### Saneamiento y aseo

Respecto al agua que consumen y le provee el municipio, creen que está desinfecta, los cuales toman en promedio de dos a tres litros de agua al día y consideran que es debido a que es indispensable su consumo. Ver Gráfico 2. Saneamiento y aseo.

**Gráfico 2. Saneamiento y aseo**

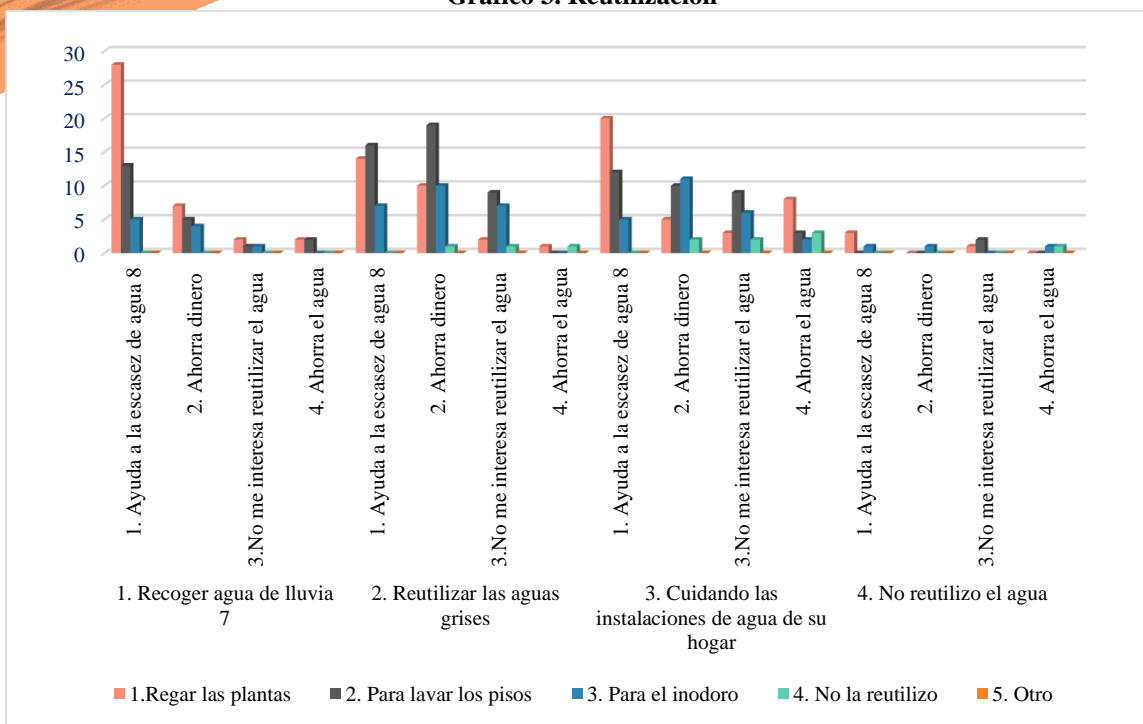


### Reutilización

Respecto a los hábitos que tiene la población para la reutilización del agua, ver Gráfico 3. Reutilización, indica:

- Recogen agua de lluvia.** Lo hace por ayudar debido a la escasez del agua, reutilizándola en el lavado de pisos.
- Reutilizan las aguas grises.** Principalmente para ayudar a mitigar la escasez del agua y ahorrar dinero, utilizándola en el lavado de pisos, regar plantas e inodoro.
- Cuidan las instalaciones del agua.** Por ayudar a la escasez del agua y ahorrar dinero, considera que es necesaria su reutilización para regar plantas y lavar pisos.

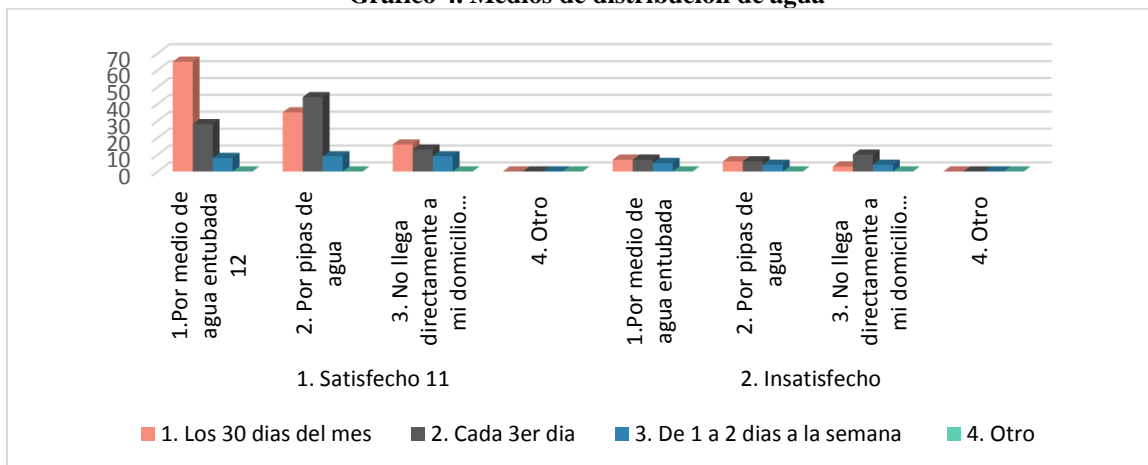
**Gráfico 3. Reutilización**



### Medio de distribución de agua

Con relación al nivel de satisfacción del servicio de agua potable que le brinda el municipio, indican estar satisfechos. Así mismo, la forma en la que le distribuyen el agua hasta su domicilio señala que es por medio de agua entubada, teniendo acceso a ella los 30 días del año. Mientras que los que reciben el servicio de distribución por pipas, indica que es por lo regular cada tercer día. Ver Gráfico 4. Medios de distribución de agua.

**Gráfico 4. Medios de distribución de agua**

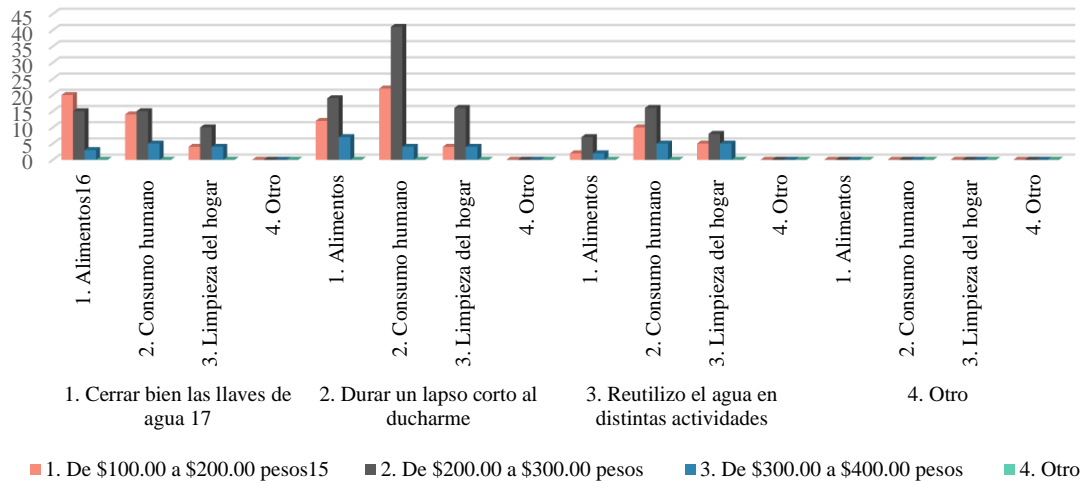


### Utilidad

Los hábitos que considera adecuados para el cuidado del agua indican, ver Gráfico 5. Utilidad:

- Durante un lapso corto ducharse, la utiliza para el consumo humano, alimentos y limpieza del hogar, gastando de \$200.00 a \$300.00 pesos.
- Cerrar bien las llaves del agua, regularmente utiliza el agua para alimentos y consumo humano, con un gasto mensual de \$100.00 a \$200.00 pesos.

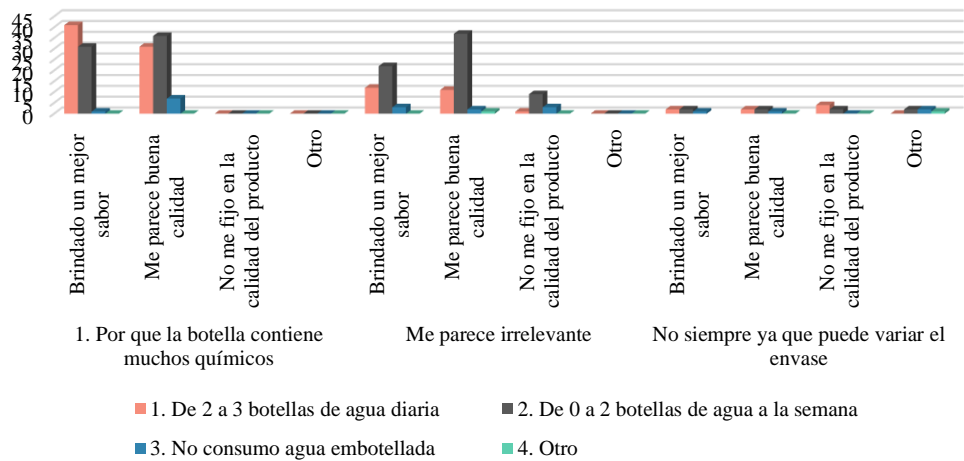
**Gráfico 5. Utilidad**



### Envase y empaque

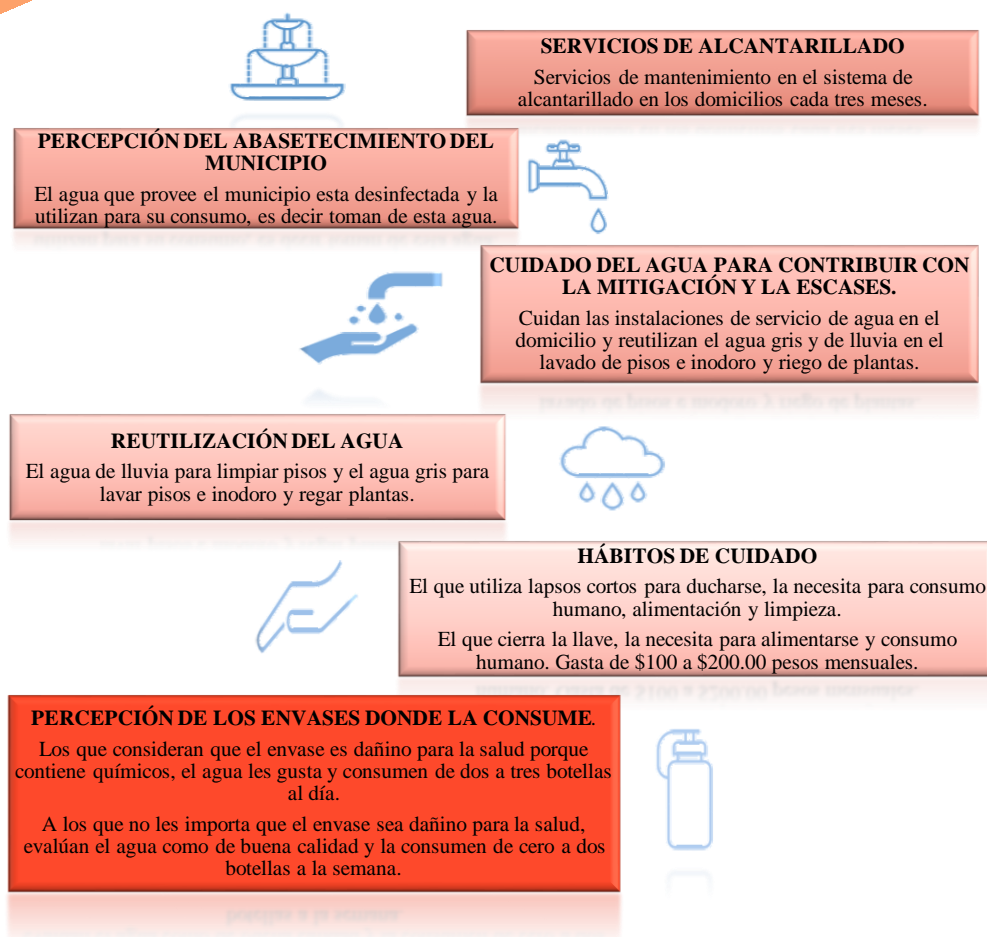
Respecto a los que creen que los envases del agua embotellada son dañinos para la salud e indica que la botella contiene muchos químicos, opinan que el agua que consumen tiene buen sabor consumiendo de 2 a 3 botellas de agua al día. Y los que les parecen irrelevante que los envases de agua embotellada son dañinos para la salud, opinan que es de buena calidad el agua y consumen de 0 a 2 botellas a la semana. Ver Gráfico 6. Envase y empaque.

**Gráfico 6. Envase y empaque**



## DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de la investigación se pudieron identificar seis **indicadores percibidos en el cuidado y consumo del agua**, que a continuación se mencionan:



## CONCLUSIONES

Es inevitable mencionar que el cambio climático afectará la cantidad y calidad del agua, pues incluso, algunos de esos cambios, se presentan con gran intensidad y son de poca frecuencia, sin embargo tienen efectos ambientales y sociales adversos, ya sea regional o localmente. A lo anterior se puede sumar el incremento de la población en México.

En los últimos tiempos, ha sido necesario que el recurso hídrico sea sometido a presiones de cantidad y calidad que requieren la acción constante e inmediata de los tres niveles de gobierno, pero, es más importante la participación de toda la ciudadanía para lograr un futuro sostenible y para disminuir indicadores que se han visto afectados por la calidad del agua en el ámbito de la salud tal como se puede observar en los resultados obtenidos. Aunado a lo anterior la investigación arroja que otro indicador de fuerte impacto es el acceso y suministro de agua de calidad.

Articular los esfuerzos de países, estados, municipios, organismos gubernamentales y asociaciones de protección, etc. requiere la cooperación y conciencia de todos. La ONU, vigila desde su espacio las acciones que realizan todos por dar un acceso libre al líquido, la familia e instituciones educativas deben sensibilizar, concientizar y realizar acciones que eduquen, guíen la vida diaria de los seres humanos, para que dé su parte se responsabilicen del uso cuidado y preservación de la fuente principal de vida en el planeta.

De acuerdo con los resultados obtenidos, cada acción que pueda ser llevada a cabo puede impactar positivamente en la disponibilidad de agua en la región norte, no solo para este momento que se vive, sino para las próximas generaciones que es todavía más importante. Existe un interés por parte de las dependencias federales y estatales de implementar programas que promuevan el uso y consumo racional del agua. Sin embargo, esto no es solo una labor gubernamental, sino también de empresas y de todas las personas.

Se debe trabajar en una solución que fomente la conservación, consumo, cuidado y calidad del agua, que conlleve un compromiso real y no sólo político y que además garantice la participación del gobierno, instituciones, empresas y personas pues todos estamos ligados directamente con el aprovechamiento de este recurso natural tan valioso.



## BIBLIOGRAFÍA

- Caldera, O. T. (01 de 01 de 2020). *Universidad de Guanajuato*. Obtenido de <https://www.ugto.mx/ugentucasa/images/pdf/libro/agua-en-el-bajio-guanajuatense.pdf>
- Comisión, E. d. (20 de 06 de 2023). *Guía de ahorro y reutilización del agua*. Obtenido de <https://agua.guanajuato.gob.mx/pdf/publicaciones/ahorro.pdf>
- Diputados, C. d. (20 de 06 de 2023). *diputados.gob.mx*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/bibliot/publica/inveyana/polisoc/dps03/7estruc.htm>
- García-Astillerio, A. (10 de 08 de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de Medio Ambiente: <https://www.ecologiaverde.com/por-que-es-importante-cuidar-el-agua-2116.html>
- Guanajuato, G. d. (16 de 06 de 2023). *Secretaría de MEDio Ambiente y Ordenamiento Territorial*. Obtenido de <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/manifiesto/>
- Guanajuato, G. d. (s.f.). *Comisión Nacional del Agua, Programas Estatales*. Obtenido de <https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/programas-sociales>
- Ortigoza, A. (01 de 03 de 2023). *Milenio*. Obtenido de <https://www.milenio.com/politica/comunidad/analizan-medidas-traer-agua-guanajuato-escasez>
- Onu, O. de las N. U. (25 de septiembre del 2015). *agenda 2030*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Rotoplas. (13 de 08 de 2021). *Soluciones Rotoplas. La importancia del cuidado del agua par la sociedad actual*. Obtenido de <https://rotoplas.com.mx/la-importancia-del-cuidado-del-agua-para-la-sociedad-actual/>

# Prototipo de App para la administración de invernaderos

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.698

M.T.I Daniel Sustaita Cruces<sup>1</sup>, I.T.C. Eric Domenzain Morales<sup>2</sup>, D.I.E. José Luis López Ramírez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Personal, e-mail: [dsustaita@utng.edu.mx](mailto:dsustaita@utng.edu.mx)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Personal, e-mail: [eric.domenzain@utng.edu.mx](mailto:eric.domenzain@utng.edu.mx)

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico Superior de Purísima/Personal, e-mail: [luis.lr@purisima.tecnm.mx](mailto:luis.lr@purisima.tecnm.mx)

**Línea de investigación:** Uso de internet de las cosas en prototipo ecológico.

## Resumen

En la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato se cuenta con un prototipo el cual recopila información de un invernadero de mediana tecnología, una de las principales actividades que se llevan a cabo al interior del invernadero de la UTNG, es la producción de forma tradicional de jitomate en hidroponía, del cual se producen dos tipos: saladette y bola.

La hidroponía es una técnica para el desarrollo del cultivo en el que su sistema radical se desarrolla sin suelo (ver Figura 2), ya sea en agua o en sustratos inertes, con la particularidad que se debe proporcionar al sistema radical, agua, minerales y oxígeno suficientes para el óptimo desarrollo de la planta.

Se desarrollo una aplicación la cual se encarga de recopilar la información del prototipo para su posterior análisis, además, cuanta con la opción de monitoreo, administración y manipulación de los datos los cuales son proporcionados por diferentes sensores y actuadores.

**Palabras clave:** invernadero, hidroponía, prototipos, sensores, actuadores.

## Abstract

At the Technological University of the North of Guanajuato there is a prototype which collects information from a medium-tech greenhouse. One of the main activities carried out inside the UTNG greenhouse is the traditional production of tomatoes. . in hydroponics, of which two types are produced: saladette and ball.

Hydroponics is a technique for the development of the crop in which its root system develops without soil (see Figure 2), either in water or inert substrates, with the particularity that the root system must be provided with water, minerals and Sufficient oxygen for optimal plant development.

An application was developed which is responsible for collecting information from the prototype for subsequent analysis. In addition, it has the option of monitoring, managing and manipulating the data which is provided by different sensors and actuators.

**Keywords:** greenhouse, hydroponics, prototypes, sensors, actuators.

## INTRODUCCIÓN

En la universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato se cuenta con un prototipo el cual almacena la información en una base de datos acerca de las mediciones de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> al interior del invernadero. El objetivo principal es poder dar sentido a los datos y en base a la información realizar toma de decisiones, la aplicación se encarga de poder observar la temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> en tiempo real, además, dar una alerta si los parámetros de alguna medición son fuera de lo común (respecto a la producción deseada). La aplicación móvil se conecta a diferentes servicios para proporcionar y guardar la información, se conecta a un servicio con un protocolo MQTT para obtener la información en tiempo real, contiene una conexión a una API Rest la cual es la encargada de almacenar la información.

Las pruebas de la aplicación móvil se llevarán a cabo en las instalaciones del invernadero al interior de la institución, realizando pruebas en simuladores y diferentes tipos de dispositivos y diferentes versiones para comprobar la funcionalidad, de igual forma realizando pruebas con dispositivos físicos y conectarlos al prototipo y la base de datos para obtener la información.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### Objetivo General:

Mantener controlados los niveles óptimos de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> del invernadero a través del uso de tecnología que permita la correcta regulación de estos indicadores.

#### Objetivos Específicos:

- Generar una base de datos con los valores que se obtengan de cada sensor.
- Generar una plataforma móvil con acceso wifi que contenga un panel de control.
- Crear alertas y notificaciones para el usuario final

### OBJETO DE ESTUDIO

El principal problema que se pretende disminuir es ir a verificar al invernadero la medición de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>, se lograra a partir de la aplicación móvil, la cual conectada a internet obtendrá los datos en tiempo real y mostrara unas graficas por hora de las mediciones por día.

El presente proyecto surge de la necesidad de tener un mejor control en los registros de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> del ambiente del invernadero que si bien no se va a eliminar completamente el problema sea posible atenuarlo en las temporadas siguientes

El proyecto denominado iGreenHouse debe permitir el acceso en tiempo real de la información de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> a través del uso de sensores, el cual será enviado a un servidor a través de un par de dispositivos colocados al interior del invernadero, los datos almacenados en una base de datos serán tratados a través del uso de la aplicación móvil, teniendo una disponibilidad inmediata de los datos para la correcta toma de decisiones.

Se pretende administrar la información del ambiente de invernadero mediante el uso de sensores para el almacenamiento de la temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>, así como el uso de una aplicación móvil para el correcto control de la información que permita la disminución de la pudrición apical en el cultivo de jitomate. En el cual como primera parte de resultados se obtendrá:

- Tener un buen control de la bitácora de medición de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> mediante mediciones en tiempo real.
- Hacer uso de la tecnología Internet of Things para el control del ambiente del invernadero.

El proyecto iGreenHouse estará conformado por dos prototipos que recolectan información de sensores de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>, donde se contemplan la siguiente tabla 1, rangos de valores:

**Tabla 1.**

*Rango de Valores de Ambiente de Invernadero.*

	Temperatura	Humedad	CO <sub>2</sub>
<b>Bajo</b>	<= 19 oC	<70%	< 700 ppm
<b>Óptimo</b>	20oC – 26oC	70% - 75%	700 ppm – 1000 ppm
<b>Alto</b>	>= 27 oC	>75%	>1000ppm

**Fuente:** Quesada Pérez, D. L. (2014)

Si cualquiera de los valores está por debajo del nivel óptimo se enciende y apaga (parpadea) un foco LED indicando niveles anormales de los establecidos en el ambiente, al interior del invernadero.

El personal encargado de la supervisión del invernadero podrá manipular a través de una aplicación móvil el monitoreo de los datos almacenados en una base de datos de cada uno de los niveles, así como controlar el encendido y apagado de un ventilador, para regular los niveles de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>.

## METODOLOGÍA

### Enfoque de la investigación

Para la presente investigación la metodología a utilizar es **descriptiva**, la cual consiste en observar el comportamiento de iGreenHouse y de las diferentes variables que permitirán registrar datos cualitativos y cuantitativos.

En el diseño cualitativo se estará desarrollando la recolección de la información, basado en la información proporcionada por iGreenHouse.

La parte cuantitativa del estudio será probada por las diferentes fuentes de información que permitan descifrar el rendimiento de iGreenHouse, como puede ser el historial de consumo de **temperatura, humedad y CO2 del invernadero** almacenados.

### Medidas cuantitativas

#### Variables dependientes

Las variables dependientes serán principalmente el rendimiento de iGreenHouse y el entorno en el que se estará probando su funcionamiento.

#### Variables independientes

La variable independiente es la lectura y control de temperatura, humedad y CO2 del invernadero que provee iGreenHouse.

## FASES DEL DESARROLLO

Se cuenta con una aplicación móvil que contiene 3 secciones que se describirán más adelante:

- **Medición en tiempo real.**
- **Histórico.**
- **Encender Componentes.**

#### Material necesario:

- Dispositivo móvil.
- Servidores Linux.
- Node JS.
- Visual Studio 2022.

#### Herramientas computacionales

- Dispositivo móvil.

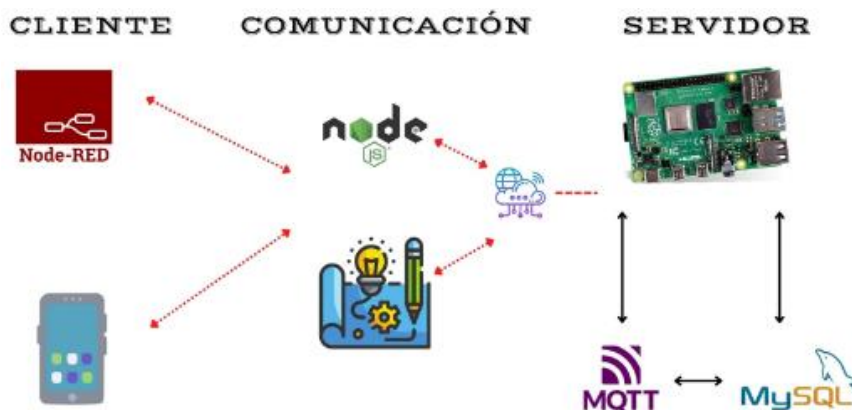
La aplicación se conecta a través de internet a los servidores alojados en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, una vez conectado empieza a recibir la información para mostrarla al usuario final, además, se puede encender/apagar el ventilador a partir de un actuador el cual se encarga de suministrar energía.

### Recepción de información.

Para la recepción y enlace de los componentes de la información se utiliza el protocolo MQTT con el siguiente esquema de conexión:

**Figura 5.**

Esquema de comunicación.



**Fuente:** Creación propia.

### Almacenamiento de información.

Se realiza una conexión a la base de datos MySQL para guardar la información.

**Medición en tiempo real.** - En este apartado se muestran tres gráficas correspondientes a cada uno de los niveles de medición obtenidos, mostrando el promedio de los datos que se obtienen a través de los sensores de cada uno de los dispositivos y que son almacenados en una base de datos

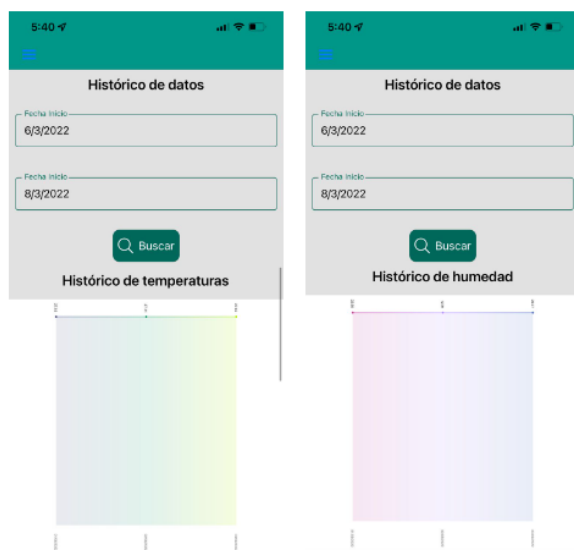
**Histórico.** En este apartado, se selecciona un rango de fechas y muestra 3 gráficas del comportamiento de los datos almacenados en la base de datos con la finalidad de tomar las decisiones correctas por parte de los encargados del invernadero.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con lo mencionado, los autores coinciden que en el presente documento se muestra la aplicación que permite las lecturas de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>, como se muestra a continuación en las siguientes Figura 11, 12 y 13:

**Figura 9.**

Histórico de datos en dispositivo móvil.

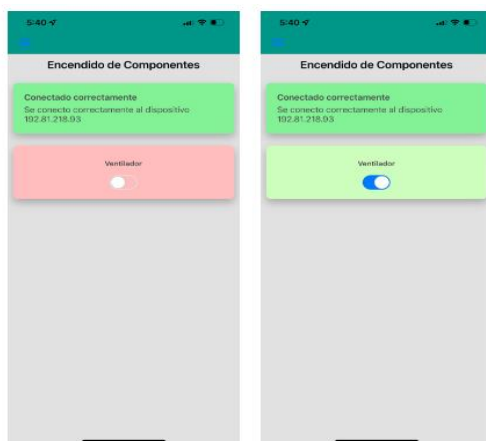


**Fuente:** Creación propia.

**Encender Componentes.** En este apartado se cuenta con switch que permite el encendido y apagado del ventilador que regulará los niveles del ambiente del invernadero. Figura 10.

**Figura 10.**

Panel para el encendido de componentes.



**Fuente:** Creación propia.



## CONCLUSIÓN

El uso de iGreenHouse se considera que permitirá tener un impacto a nivel tecnológico porque estaría tomando los conceptos del Internet de las Cosas (IoT) permitiendo tener diferentes aplicaciones en los diversos ámbitos que se están tomando en cuenta tanto en el sector público teniendo como principal mercado los diferentes invernaderos que se encuentran principalmente en la región.

El impacto Ecológico que iGreenHouse generará es, apoyar en crear una conciencia ambiental al poder incorporar en el proyecto la optimización de energía eléctrica implementando el uso de celdas solares teniendo un mejor control y gestión de la misma.

En esta primera versión del prototipo se obtienen resultados satisfactorios, en etapas y versiones posteriores se pretende realizar e implementar lo siguiente:

- Mejoras de diseño de hardware.
- Predicción de datos utilizando IA.
- Generar plan de mercadotecnia para ofrecer iGreenHouse en diferentes invernaderos de mediana tecnología de la región.

## BIBLIOGRAFÍA

Srivastava, D., Kesarwani, A., & Dubey, S. (2018). Measurement of Temperature and Humidity by using Arduino Tool and DHT11. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 5(12), 876-878.

Quesada Pérez, D. L. (2014). Producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en hidroponía bajo invernadero.

Xamarin.Forms an open-source UI framework | .NET. (s. f.). Microsoft. <https://dotnet.microsoft.com/en-us/apps/xamarin/xamarin-forms>

Saundariya, K., Abirami, M., Kumaran, R. S., Prabakaran, D., Srimathi, B., & Nagarajan, G. (2021). Webapp Service for Booking Handyman Using MongoDB, Express JS, React JS, Node JS. Node JS. <https://doi.org/10.1109/icspc51351.2021.9451783>

# La Automatización Como Apoyo En Cumplimiento De La Norma NOM 035 STPS

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.700

Alfredo Gutiérrez<sup>1</sup>, Marcelino Arrollo<sup>2</sup>, Guadalupe Hernández<sup>3</sup>, Jonatan Miranda<sup>4</sup> Miguel López<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnologica Del Norte Del [Guanajuato/alfredo.gutierrez@utng.edu.mx](mailto:Guanajuato/alfredo.gutierrez@utng.edu.mx)

<sup>1-5</sup>Universidad Tecnologica Del Norte Del [Guanajuato/mkautomationgto@gmail.com](mailto:Guanajuato/mkautomationgto@gmail.com)

## Resumen

La automatización o industria 4.0 puede ayudar a reducir la carga de trabajo de los empleados, lo que puede contribuir a mejorar su salud física y mental. Por ejemplo, la automatización puede utilizarse para automatizar tareas repetitivas o peligrosas, lo que puede liberar a los empleados para que se centren en tareas más complejas y desafiantes., además puede ayudar a mejorar el entorno laboral, lo que puede contribuir a reducir los riesgos psicosociales. Por ejemplo, la automatización puede utilizarse para crear entornos de trabajo más seguros, con menos ruido y contaminación. Además, la automatización puede ayudar a crear entornos de trabajo más flexibles, lo que puede ayudar a reducir el estrés de los empleados y ayuda a mejorar la comunicación entre los empleados y la empresa, lo que puede contribuir a mejorar la prevención de los riesgos. Por ejemplo, la automatización puede utilizarse para crear sistemas de gestión de riesgos que permitan a los empleados identificar y reportar riesgos de manera rápida y sencilla. Por lo cual, es una herramienta valiosa para el cumplimiento de la Norma NOM 035 STPS y ayudar a reducir la carga de trabajo de los empleados, mejorar el entorno laboral y mejorar la comunicación entre los empleados y la empresa. Esto puede contribuir a mitigar los problemas psicosociales y prevenir los riesgos en las empresas. Además de los beneficios mencionados anteriormente, la automatización también puede ayudar a las empresas a aumentar su productividad, mejorar su eficiencia y reducir sus costos. Esto puede conducir a una mayor competitividad y rentabilidad de las empresas. En general, la automatización es una herramienta que puede ser utilizada para mejorar el entorno laboral, la salud de los empleados y reducir sus riesgos laborales.

*Palabras clave: electrónica, microprocesadoras, innovaciones, industria panadera.*

## Abstract

Automation or industry 4.0 can help reduce the workload of employees, which can contribute to improving their physical and mental health. For example, automation can be used to automate repetitive or dangerous tasks, which can free up employees to focus on more complex and challenging tasks, and can help improve the work environment, which can help reduce risks. psychosocial. For example, automation can be used to create safer work environments with less noise and pollution. In addition, automation can help create more flexible work environments, which can help reduce employee stress and help improve communication between employees and the company, which can help improve risk prevention. For example, automation can be used to create risk management systems that allow employees to quickly and easily identify and report risks. Therefore, it is a valuable tool for compliance with the NOM 035 STPS Standard and help reduce the workload of employees, improve the work environment and improve communication between employees and the company. This can help mitigate psychosocial problems and prevent risks in companies. In addition to the benefits mentioned above, automation can also help businesses increase their productivity, improve their efficiency, and reduce their costs. This can lead to greater competitiveness and profitability of companies. In general, automation is a tool that can be used to improve the work environment, the health of employees and reduce their occupational risks.

*Keywords: electronics, microprocessors, innovations, bakery industry.*

## INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de automatización de procesos, estos pueden ser aplicados a las máquinas utilizadas en las industrias y un ejemplo de ello es la que forma el objetivo de la presente investigación, donde la implementación de sensores de paro automático en una máquina boleadora de masa para realizar tortillas de harina es una manera de mejorar la seguridad y la eficiencia del proceso. Los sensores pueden detectar cuando la máquina está funcionando en condiciones peligrosas, como cuando la masa está demasiado caliente o cuando la máquina está sobrecargada. Cuando se detecta una condición peligrosa, los sensores pueden detener la máquina automáticamente, lo que puede prevenir lesiones a los trabajadores.

Los sensores también pueden ayudar a mejorar la eficiencia del proceso. Por ejemplo, los sensores pueden detectar cuando la masa está lista para ser boleada, lo que puede ayudar a reducir el tiempo que se tarda en hacer las tortillas. Además, los sensores pueden ayudar a prevenir que la masa se sobrecaliente, lo que puede mejorar la calidad de las tortillas.

En general, la implementación de sensores de paro automático en una máquina boleadora de masa para realizar tortillas de harina es una manera de mejorar la seguridad y la eficiencia del proceso ya que los sensores pueden ayudar a prevenir lesiones a los trabajadores, mejorar la calidad de las tortillas y cumplir con la norma NOM-STPS-035.

## DESARROLLO

Actualmente la implementación de tecnologías en industria 4.0 ha jugado un papel preponderante en la construcción de un nuevo mercado y formas estratégicas de hacer y fabricar productos y/o servicios., en este sentido, el presente caso se ha realizado con la finalidad de mitigar los problemas psicosociales que se presentaron en una empresa de elaboración de tortillas de harina y, más específicamente, en el proceso de boleado, la cual tiene como finalidad crear bolas de harina preparada con los ingredientes según la receta, estas previas a el proceso de prensado que dará forma cruda antes de la cocción a las totillas de harina.

En este contexto, la máquina que se encarga de hacer las bolas de harina, cortando y boleando automáticamente mediante un proceso hidráulico, mecánico y eléctrico, cuenta con unas aperturas expuestas las cuales provocaron en anterioridad la lesión en un operador teniendo repercusiones irreversibles en el falange distal de su mano derecha, lo cual ocasionó además del daño primario, otros más colaterales al ver, sentir y tener la percepción que la maquina forma parte de una fuente de riesgo para todo aquel que sea el operador en turno.

Es por ello que en lo presente se diseñara una opción que mitigue el riesgo latente y sobre todo el riesgo psicosocial que ha emitido dio suceso en la empresa de elaboración de tortillas y para lograr el cometido, se basara en el cumplimiento de la norma NOM-035-STPS con la ayuda de la automatización implementando sensores a la maquina boleadora para que esto no ocurra en el futuro.

Algunos de los beneficios específicos de la implementación de sensores de paro automático en una máquina boleadora de masa para realizar tortillas de harina que se busca satisfacer son:

Reducción de lesiones a los trabajadores: Los sensores pueden detectar cuando la máquina está funcionando en condiciones peligrosas y detenerla automáticamente, lo que puede prevenir lesiones a los trabajadores.

Mejora de la eficiencia del proceso: Los sensores pueden ayudar a reducir el tiempo que se tarda en hacer las tortillas y prevenir que la masa se sobrecaliente, lo que puede mejorar la calidad de las tortillas.

Mayor seguridad para los trabajadores: Los sensores pueden ayudar a crear un entorno de trabajo más seguro al detectar y detener automáticamente las condiciones peligrosas.

Mejora de la calidad de las tortillas: Los sensores pueden ayudar a garantizar que las tortillas se hagan correctamente al detectar cuando la masa está lista para ser boleada y prevenir que se sobrecaliente.

Reducción de los costos: Los sensores pueden ayudar a reducir los costos al mejorar la eficiencia del proceso y prevenir lesiones a los trabajadores.

Por lo cual, la implementación de sensores de paro automático en una máquina boleadora de masa para realizar tortillas de harina es una manera de mejorar la seguridad, la eficiencia y la calidad del proceso.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar una solución eficiente y definitiva que elimine los problemas emocionales en la manipulación de una boleadora neumática para la elaboración de tortillas de harina.

- Crear cierres a las áreas de riesgo que existen en dos puntos de la máquina para evitar el contacto con los miembros de los operadores.
- Implementar sensores de paro automático con la finalidad de detener la maquina si se tiene que operar encendida y que por factores de distracción se violen los puntos de seguridad.
- Implementar un paro de emergencia general para su uso en dado caso de fallar alguno de los sensores y evitar riesgos a los operadores.

## OBJETO DE ESTUDIO

Implementar la norma NOM-035-STPS para prevenir el riesgo psicosocial que puede afectar la salud mental y física de los trabajadores, así como el clima y la organización laboral ya que esta norma establece los requisitos para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosocial, así como para promover un entorno organizacional favorable en los centros de trabajo.

## **METODOLOGÍA**

En el presente caso de estudio se desarrollará el enfoque basado en el usuario ya que es una metodología que busca resolver problemas complejos mediante la aplicación de principios y procesos propios de sus necesidades Shelley (2023)., cuestiones básicas para lograr que la máquina en cuestión, se adecuen los sensores y celdas de protección para preservar a los operadores de algún riesgo por la rutina de sus actividades., Algunas de las ventajas de este enfoque son:

- Permite identificar las necesidades reales de los usuarios y generar soluciones que se adapten a ellas.
- Fomenta la creatividad, la innovación y la colaboración entre los participantes del proceso.
- Facilita la experimentación, el aprendizaje y la iteración para mejorar las soluciones propuestas.
- Incorpora la evaluación y el feedback como elementos clave para validar las hipótesis y los resultados.
- Genera valor social, ambiental y económico para los beneficiarios y los stakeholders del proyecto.

## **FASES DEL DESARROLLO**

### **1. Entender el contexto del usuario**

Los accidentes laborales pueden tener un impacto significativo en la mente de los trabajadores de una empresa. Pueden causar estrés, ansiedad, depresión y otros problemas de salud mental. Los accidentes también pueden provocar pérdida de confianza en el empleador, miedo al trabajo y disminución de la productividad.

Algunos de los efectos mentales más comunes de los accidentes laborales incluyen:

**Estrés:** El estrés es una reacción natural a cualquier evento traumático, y los accidentes laborales no son una excepción. Los trabajadores que han sufrido un accidente pueden experimentar una variedad de síntomas de estrés, como ansiedad, depresión, dificultad para dormir y problemas de concentración.

**Ansiedad:** La ansiedad es otro síntoma común de los accidentes laborales. Los trabajadores pueden sentirse ansiosos por volver al trabajo, por la posibilidad de sufrir otro accidente y por el impacto financiero del accidente.

**Depresión:** La depresión es un problema de salud mental serio que puede ser causado por una variedad de factores, incluyendo los accidentes laborales. Los trabajadores que sufren de depresión pueden experimentar una variedad de síntomas, como tristeza, pérdida de interés en las actividades que solían disfrutar, cambios en el apetito y el sueño, y pensamientos de muerte o suicidio.

**Pérdida de confianza en el empleador:** Los accidentes laborales pueden hacer que los trabajadores pierdan confianza en su empleador. Los trabajadores pueden sentirse que su empleador no ha hecho lo suficiente para garantizar su seguridad o que no se preocupa por su bienestar.

**Miedo al trabajo:** Los accidentes laborales también pueden provocar miedo al trabajo. Los trabajadores que han sufrido un accidente pueden tener miedo de volver al trabajo o pueden tener miedo de sufrir otro accidente.

**Disminución de la productividad:** Los accidentes laborales pueden provocar una disminución de la productividad. Los trabajadores que han sufrido un accidente pueden necesitar tiempo para recuperarse de sus lesiones, y pueden estar demasiado ansiosos o deprimidos para trabajar de manera eficiente.

Es importante que las empresas tomen medidas para prevenir los accidentes laborales. Estas medidas pueden incluir proporcionar formación en seguridad a los trabajadores, crear un entorno de trabajo seguro y mantener los equipos en buen estado. Las empresas también deben tener un plan de respuesta a los accidentes laborales que incluya la atención médica a los trabajadores lesionados y el apoyo psicológico.

## 2. Especificar los requerimientos del usuario.

Tabla 1. Cuestionario para identificar los factores de riesgo psicosocial en los centros de trabajo.

		Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	Mi trabajo me exige hacer mucho esfuerzo físico	X				
2	Me preocupa sufrir un accidente en mi trabajo	X				
3	Considero que las actividades que realizo son peligrosas	X				
4	Por la cantidad de trabajo que tengo debo quedarme tiempo adicional a mi turno				X	
5	Por la cantidad de trabajo que tengo debo trabajar sin parar				X	
6	Considero que es necesario mantener un ritmo de trabajo acelerado		X			
7	Mi trabajo exige que esté muy concentrado	X				
8	Mi trabajo requiere que memorice mucha información			X		
9	Mi trabajo exige que atienda varios asuntos al mismo tiempo			X		

Tabla 12, Fuente NOM-035-STPS Para responder las preguntas siguientes considere las condiciones de su centro de trabajo, así como la cantidad y ritmo de trabajo.

Como se observa en la tabla 1, los operadores tienen pensamientos claros sobre el riesgo que representa la maquina boleadora después de ocurrido el accidente, por lo cual es necesario diseñar nuevo diseño para hacer mas segura esta parte de la producción de la elaboración de tortillas.

Tabla 2. Valor de las opciones de respuesta.

Ítems	Calificación de las opciones de respuesta				
	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27,28, 29, 30, 31, 32, 33	0	1	2	3	4
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,14, 15, 16, 17, 34, 35, 36, 37, 38, 39,40, 41, 42, 43, 44, 45, 46	4	3	2	1	0

Tabla 13 Fuente NOM-035-STPS Para obtener los valores de los ítems

En la tabla anterior se muestran los valores de calificación que se obtienen para cada respuesta de la tabla uno, de los cuales se obtuvieron para los ítems (1, 2, 3 y 7), cuatro puntos para cada uno., tres para el ítem 6., cuatro para el 8, 9 y para los ítems 4 y 5 cero puntos., estos datos serán categorizados en la tabla número tres que se muestra a continuación.



Tabla 3. Grupos de ítems por dimensión, dominio y categoría

Categoría	Dominio	Dimensión	ítem
Ambiente de trabajo	Condiciones en el ambiente de trabajo	Condiciones peligrosas e inseguras	2
		Condiciones deficientes e insalubres	1
		Trabajos peligrosos	3
Factores propios de la actividad	Carga de trabajo	Cargas cuantitativas	4, 9
		Ritmos de trabajo acelerado	5, 6
		Carga mental	7, 8
		Cargas psicológicas emocionales	41, 42, 43

Tabla 14 Fuente NOM-035-STPS Indicación de áreas a corregir según categoría, dominio y dimensión.

En la tabla anterior se observa que los ítems encontrados en la aplicación a los operadores de la máquina boleadora, se centran en el ambiente de trabajo como actividades que se consideran peligrosas y dentro de los factores propios de la actividad las cargas psicológicas emocionales pueden ser despreciadas., en este contexto se procede a generar una calificación de riesgo en la tabla cuatro y cinco.

Tabla 4. Para la calificación de la categoría:

Calificación de la categoría	Nulo o despreciable	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Ambiente de trabajo	$C_{cat} < 3$	$3 \leq C_{cat} < 5$	$5 \leq C_{cat} < 7$	$7 \leq C_{cat} < 9$	$C_{cat} \geq 9$
Factores propios de la actividad	$C_{cat} < 10$	$10 \leq C_{cat} < 20$	$20 \leq C_{cat} < 30$	$30 \leq C_{cat} < 40$	$C_{cat} \geq 40$

Tabla 15 Fuente NOM-035-STPS tabla para calificar las categorías de los riesgos

Tabla 5. Para la calificación del dominio

Resultado del dominio	Nulo o despreciable	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Condiciones en el ambiente de trabajo	$C_{dom} < 3$	$3 \leq C_{dom} < 5$	$5 \leq C_{dom} < 7$	$7 \leq C_{dom} < 9$	$C_{dom} \geq 9$
Carga de trabajo	$C_{dom} < 12$	$12 \leq C_{dom} < 16$	$16 \leq C_{dom} < 20$	$20 \leq C_{dom} < 24$	$C_{dom} \geq 24$

Tabla 16 Fuente NOM-035-STPS tabla para calificar el dominio de los riesgos.

Como es posible apreciar en las dos tablas anteriores, en cuanto a la calificación de las categorías obtenemos riesgo muy alto para el ambiente de trabajo pues la calificación obtenida fue 12, mayor a nueve y para los factores propios de la actividad obtenemos 11 puntos con un riesgo bajo. Ahora bien, en cuanto a la calificación del dominio se puede observar en la tabla correspondiente que para las condiciones en el ambiente de trabajo nuevamente se obtuvo una calificación de 12, la cual es considerada como riesgo muy alto y para la carga de trabajo 11, lo cual lo sitúa en un riesgo bajo. Con esta información se consideran las acciones que se muestran en la tabla seis.

Tabla 6. Criterios para la toma de acciones.

Nivel de riesgo	Necesidad de acción
<b>Muy alto</b>	Se requiere realizar el análisis de cada categoría y dominio para establecer las acciones de intervención apropiadas, mediante un Programa de intervención que deberá incluir evaluaciones específicas <sup>1</sup> , y contemplar campañas de sensibilización, revisar la política de prevención de riesgos psicosociales y programas para la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral, así como reforzar su aplicación y difusión.
<b>Alto</b>	Se requiere realizar un análisis de cada categoría y dominio, de manera que se puedan determinar las acciones de intervención apropiadas a través de un Programa de intervención, que podrá incluir una evaluación específica <sup>1</sup> y deberá incluir una campaña de sensibilización, revisar la política de prevención de riesgos psicosociales y programas para la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral, así como reforzar su aplicación y difusión.
<b>Medio</b>	Se requiere revisar la política de prevención de riesgos psicosociales y programas para la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral, así como reforzar su aplicación y difusión, mediante un programa de intervención.
<b>Bajo</b>	Es necesario una mayor difusión de la política de prevención de riesgos psicosociales y programas para: la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral.
<b>Nulo</b>	El riesgo resulta despreciable por lo que no se requiere medidas adicionales.

Tabla 17 Fuente NOM-035-STPS Criterios para la toma de acciones.

Ahora bien, basado en la tabla que antecede, es posible identificar que la carga de trabajo y los factores propios de la actividad tiene un nivel bajo en color verde, lo cual hace mención a que no es necesario realizar ninguna mejora en esta cuestión, más que hacer una capacitación a manera de sensibilización de los factores de riesgo y como estos influyen en su productividad y salud., en este contexto el ambiente de trabajo y las condiciones en el ambiente de trabajo al tener un riesgo muy alto, es necesario realizar acciones correctivas para que este tipo de sucesos no se vuelvan a presentar en esta actividad de hacer las bolitas de harina con la maquina boleadora.

### 3. Diseñar las soluciones.

Para crear una solución que fuera optima se realizó un modelo 3D para identificar la forma correcta para instalar los sensores, la cual se puede observar en la figura 1, en esta área es donde se registró el incidente que cobro un daño irreversible a un operador, siendo el falange distal de la mano derecha al tratar de quitar una pequeña obstrucción de masa sobrante con la maquina encendida, que aun que es un lugar un poco inaccesible por la altura que tiene la maquina respecto a los operadores., de todas formas se implementaran los sensores necesarios para que esto no vuelva a ocurrir.

Figura 1. Área de riesgo donde se registró el incidente.

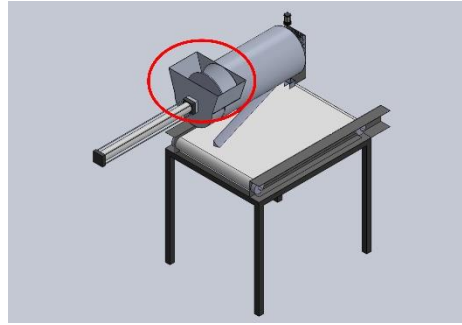


Figura 25 Fuente, Elaboración propia, área del accidente

Figura 2. Área de riesgo detectada adicionalmente.

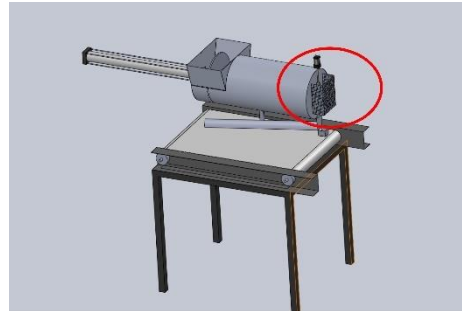


Figura 26 Fuente elaboración propia, área de riesgo adicional identificada

Como se puede identificar en las dos figuras anteriores, es necesario realizar la instalación de sensores de paro automático en dos áreas, además de aislar el acceso a estas áreas para garantizar completamente que nunca vuelva a suceder este accidente ya que al instalar dichos instrumentos, estos detendrán el suministro de energía a el motor que alimenta el reductor y este a la bomba hidráulica que acciona el pistón para comprimir la harina antes de ser cortada en secciones, en este caso esto se puede observar en la figura 2., y al caer y rodar por la mesa, esta va tomando la forma de bolita para posteriormente pasar al área de prensado y., además estas áreas serán aisladas con acrílico transparente para no tener acceso a ellas, pero que a su vez, se pueda ver el funcionamiento de estas áreas, ya que es necesario identificar si el funcionamiento mecánico es correcto o si se tiene que reajustar la máquina., y es aquí donde entran los sensores de paro automático, ya que si llega a suceder la necesidad de acceder a estas áreas, se debe levantar una tapa que tiene el sensor y este al momento de ser separado, corta automáticamente la señal eléctrica para el otro sensor, el motor y en general para absolutamente toda la máquina.

Figura 3. Diseño y ubicación de los sensores de paro automático.

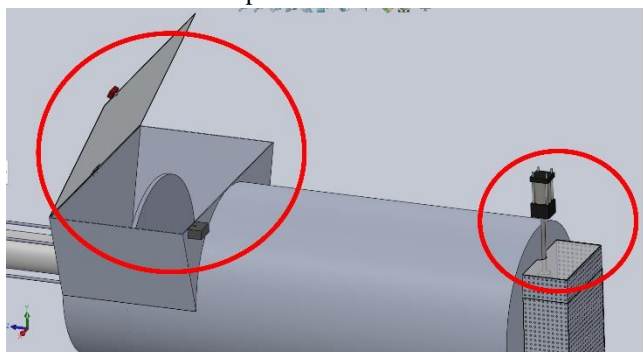


Figura 27 Fuente elaboración propia, ubicación de los dos sensores de paro automático

Figura 4. Instalación de los sensores.



Figura 28 Fuente elaboración propia, instalación de los sensores.

Figura 5. Aislamiento con acrílico terminado.



Figura 29 Fuente elaboración propia, instalación terminada.

Como se puede observar en las figuras tres anteriores la instalación de los sensores ha sido completada con éxito, se realizaron pruebas de funcionamiento y todas arrojaron que no existe ninguna variabilidad en la forma en la cual se utiliza la maquina con las nuevas adecuaciones por parte de los operadores.

#### **4. Evaluar los resultados.**

Como se puede observar en el desarrollo de la implementación de estas mejoras en la maquina boleadora para hacer tortillas de harina, estas han sido satisfactorias ya que, en este sentido, no han influido en la forma en la cual se realizan las actividades por parte de los operadores, tampoco representan retrasos en la producción o cualquier problema colateral que pudiera surgir a lo largo de tres semanas que se ha estado monitoreando su funcionamiento.

Sin embargo en cuestión de la sensación que sentían los operadores por el incidente que dio origen a esta mejora, ellos indican que sus pensamientos negativos que tenían por operar esta máquina después del problema, ha ido desapareciendo poco a poco en este breve tiempo, sin embargo el clima laboral en esta área de elaboración de tortillas se siente mas tranquilo y ya no hay tanto recelo por realizar esta actividad, pues creen fehacientemente que la empresa a tomado la mejor decisión y sobre todo, que se preocupa por su salud, algo que anteriormente nunca lo habían pensado., por lo cual podemos deducir que la implementación ha cumplido con su objetivo.

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para verificar que se esta cumpliendo con la norma NOM-035-STPS después de la implementación y monitoreo de los sensores de paro automático, se ha aplicado nuevamente tres semanas de la mejora el cuestionario utilizado con anterioridad, en este sentido, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7. Cuestionario para identificar los factores de riesgo psicosocial en los centros de trabajo.

		Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	Mi trabajo me exige hacer mucho esfuerzo físico				X	
2	Me preocupa sufrir un accidente en mi trabajo				X	
3	Considero que las actividades que realizo son peligrosas				X	
4	Por la cantidad de trabajo que tengo debo quedarme tiempo adicional a mi turno				X	
5	Por la cantidad de trabajo que tengo debo trabajar sin parar				X	
6	Considero que es necesario mantener un ritmo de trabajo acelerado		X			
7	Mi trabajo exige que esté muy concentrado		X			
8	Mi trabajo requiere que memorice mucha información			X		
9	Mi trabajo exige que atienda varios asuntos al mismo tiempo			X		

Tabla 18 Fuente NOM-035-STPS Para responder las preguntas siguientes considere las condiciones de su centro de trabajo, así como la cantidad y ritmo de trabajo.

Como podemos observar en la tabla anterior, ahora después de aplicar el cuestionario nuevamente después de la mejora realizada a la maquina boleadora, los operadores según sus calificaciones obtenemos que el riesgo es actualmente nulo y bajo con lo que de ahora en adelante es necesario realizar capacitaciones únicamente sobre temas como riesgos, condiciones de trabajo y ocuparse dar formalidad a la actualización de la comisión mixta de seguridad e higiene creando un plan de trabajo anual y sus recorridos que los realice al menos una vez cada mes, esto con la finalidad de verificar posibles lugares inseguros en las demás áreas de la empresa y que no tenga que suceder una catástrofe para actual, sino fomentar la cultura de la prevención inclusiva, tanto los operadores, la comisión mixta y la propia dirección.

### CONCLUSIÓN

La implementación de sensores de paro automático en una máquina boleadora de masa para realizar tortillas de harina ha sido un éxito en la eliminación del problema, pues los sensores han sido capaces de detectar y detener automáticamente las condiciones peligrosas, lo que ha prevenido lesiones a los trabajadores., además, los sensores han ayudado a mejorar la eficiencia del proceso, lo que ha reducido los costos, por lo que la implementación de sensores de paro automático es una manera efectiva de mejorar la seguridad y la eficiencia del proceso de producción, y puede ayudar a las empresas a cumplir con la Norma NOM 035 STPS., por otra parte los beneficios mencionados anteriormente, la implementación de sensores de paro automático también puede ayudar a las empresas a mejorar su imagen pública y a atraer nuevos clientes, esto se debe a que los clientes están cada vez más interesados en comprar productos y servicios de empresas que se comprometen con la seguridad y la salud de sus empleados., en este contexto, la implementación de sensores de paro automático es una inversión inteligente para las empresas, pues los sensores pueden ayudar a las empresas a mejorar su seguridad, su eficiencia, su imagen pública y sus resultados financieros.



## **BIBLIOGRAFÍA**

Pursell Shelley (2023). Diseño centrado en el usuario: qué es, etapas y ejemplos. Recuperado de <https://blog.hubspot.es/website/disenocentrado-usuario>

## **REFERENCIAS**

Alvarez, M., & Gutiérrez, J. (2022). La automatización como apoyo en el cumplimiento de la Norma NOM 035 STPS. Revista de Investigación de Ingeniería Industrial, 10(1), 1-10.

Calderón, J., & García, J. (2023). La automatización como una herramienta para mitigar los problemas psicosociales en las empresas. Revista de Psicología Organizacional y del Trabajo, 23(1), 1-10.

Cámara de Diputados (2018). NORMA Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial en el trabajo- Identificación, análisis y prevención

Díaz, J., & López, J. (2022). La automatización como una solución para la prevención de riesgos en las empresas. Revista de Seguridad y Salud Ocupacional, 21(1), 1-10.

Escobar, J., & González, J. (2023). La automatización como un factor para mejorar la calidad de vida de los trabajadores. Revista de Psicología del Trabajo y las Organizaciones, 23(1), 1-10.

Fernandes, J., & Silva, J. (2022). La automatización como una herramienta para mejorar la eficiencia de las empresas. Revista de Ingeniería Industrial, 10(1), 1-10.

González, J., & López, J. (2023). La automatización como una solución para la mejora del medio ambiente. Revista de Ingeniería Ambiental, 21(1), 1-10.

Pursell Shelley (2023). Diseño centrado en el usuario: qué es, etapas y ejemplos. Recuperado de <https://blog.hubspot.es/website/disenocentrado-usuario>

# Desarrollo de Bot en Discord: Asistencia en Programación con ChatGPT

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.702

José Francisco Franklin Rodríguez Zapata<sup>1</sup>, Edgar De León Hernández<sup>2</sup>, Laura Patricia Vélez Chong<sup>3</sup>,  
Laura Taide Contreras Alvarez<sup>4</sup>, Clara Alicia Vela Ortega<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México – IT Ciudad Madero / [franklin.rz@cdmadero.tecnm.mx](mailto:franklin.rz@cdmadero.tecnm.mx)

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México – IT Ciudad Madero / [l18070548@cdmadero.tecnm.mx](mailto:l18070548@cdmadero.tecnm.mx)

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México – IT Ciudad Madero / [laura.vc@cdmadero.tecnm.mx](mailto:laura.vc@cdmadero.tecnm.mx)

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México – IT Ciudad Madero / [laura.ca@cdmadero.tecnm.mx](mailto:laura.ca@cdmadero.tecnm.mx)

<sup>5</sup>Tecnológico Nacional de México – IT Ciudad / [clara.vo@cdmadero.tecnm.mx](mailto:clara.vo@cdmadero.tecnm.mx)

**Línea de investigación:** Innovación en Tecnologías Emergentes y Desarrollo Web

## Resumen:

La investigación se enfoca en el desarrollo de un bot en Discord mediante la integración de la API de OpenAI que nos dará acceso a ChatGPT, con el propósito de brindar asistencia a estudiantes de la asignatura de programación estructurada. Discord, originalmente diseñado como una plataforma de comunicación para gamers, ha experimentado una transformación significativa y se ha convertido en una herramienta esencial en el ámbito educativo, especialmente en la enseñanza-aprendizaje de disciplinas técnicas. Su capacidad para facilitar la comunicación en tiempo real, la organización de grupos y canales, así como integrar diversas herramientas, la convierte en una plataforma para entornos educativos.

En este contexto, la integración de ChatGPT en Discord pretende aprovechar estas ventajas para mejorar la comprensión y el desarrollo de software. La API de OpenAI desempeña un papel crucial al ayudar a los estudiantes a aprender y aplicar patrones de código eficientes, así como identificar y corregir errores de programación en tiempo real.

Los beneficios esperados de esta integración incluyen una mayor eficiencia en el aprendizaje de la programación, una mejora en la calidad del código producido por los estudiantes, y una mayor interactividad y colaboración en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La investigación apunta a que esta combinación de herramientas digitales innovadoras tiene el potencial de revolucionar la forma en que se enseña y se aprende a programar, adaptándose a las necesidades actuales de un campo en constante evolución.

*Palabras clave:* API, Bot, ChatGPT, Discord, OpenAI.

## Abstract:

The research focuses on the development of a Discord bot by integrating the OpenAI API, which will grant us access to ChatGPT, with the purpose of providing assistance to students in the subject of structured programming. Discord, originally designed as a communication platform for gamers, has undergone significant transformation and has become an essential tool in the educational field, especially for teaching and learning technical disciplines. Its ability to facilitate real-time communication, group and channel organization, as well as integrate various tools, makes it a platform suitable for educational environments.

In this context, the integration of ChatGPT into Discord aims to leverage these advantages to enhance understanding and software development. The OpenAI API plays a crucial role in helping students learn and apply efficient code patterns, as well as identifying and correcting programming errors in real-time.

The expected benefits of this integration include improved efficiency in programming learning, enhanced quality of code produced by students, and greater interactivity and collaboration in the teaching and learning process. The research suggests that this combination of innovative digital tools has the potential to revolutionize how programming is taught and learned, adapting to the current needs of a constantly evolving field.

*Keywords:* API, Bot, ChatGPT, Discord, OpenAI.

## INTRODUCCIÓN

La programación es una habilidad que puede ser difícil de aprender para algunos estudiantes. Entre los problemas más comunes que enfrentan los estudiantes al aprender a programar se incluye la dificultad para descomponer un problema en pasos más pequeños, la falta de comprensión del usuario final, la depuración de errores y la estimación de plazos. (Fuentes-Rosado, 2017).

Dentro de los problemas de enseñanza y aprendizaje de programación se exploran ciertas dificultades inherentes en la enseñanza enfatizando la complejidad y la carga cognitiva que esto representa para estudiantes y docentes (Guzmán & Conejeros, 2010). Se destaca que la programación no solo exige un alto grado de habilidad cognitiva, incluyendo la capacidad de abstracción y aptitudes lógico-matemáticas, sino también requiere una motivación considerable dada su dificultad percibida. Además, sugiere la necesidad de enfoques didácticos más innovadores para enfrentar estas problemáticas. Se propone la adopción de métodos de enseñanza que incluyan ejemplos reales y tecnologías educativas, para mejorar la comprensión y el interés de los estudiantes en la programación (Guzmán & Conejeros, 2010). A pesar de los avances en herramientas de programación, las estrategias pedagógicas no han progresado al mismo ritmo, marcando una necesidad crítica de desarrollo y mejora en este campo. (Insuasti, 2016).

Tradicionalmente la enseñanza de lenguajes de programación dirigida a estudiantes de ingeniería implica la elaboración de prácticas de diseño e implementación de ejercicios de programación por parte del aprendiz y la correspondiente revisión por parte del profesor, para proponer la corrección de errores o las posibles mejoras en los códigos desarrollados. En este proceso, la pronta retroalimentación proporcionada por el profesor o por alguna otra persona conocedora del tema, puede marcar diferencia en el aprendizaje del estudiante y evitar el reforzamiento de los errores.

Es dentro de este contexto, que el presente trabajo propone el desarrollo de un software que funcione como un recurso para que el estudiante adquiera las competencias de manera asistida, dicho desarrollo se centra en la integración de un bot impulsado por la API de ChatGPT dentro de la plataforma Discord, específicamente orientado a mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el campo de la programación estructurada. El proyecto aprovecha la versatilidad de Discord, originalmente una plataforma de comunicación para la comunidad de videojuegos, que ha evolucionado para convertirse en una herramienta educativa significativa. La capacidad de Discord para facilitar la interacción y colaboración entre estudiantes es particularmente benéfica en entornos de aprendizaje, como los cursos de programación estructurada, donde el trabajo en equipo y la resolución de problemas son fundamentales.

El proyecto propone el uso de canales de texto y salas de estudio dentro de la plataforma para crear espacios específicos de aprendizaje y colaboración, con funcionalidades de voz y video que simulan un ambiente de clase tradicional. Además, la integración de herramientas externas y bots educativos en Discord, como el bot impulsado por ChatGPT, representa un avance significativo en la enseñanza y el aprendizaje digital. Esta integración no solo automatiza tareas repetitivas, sino que también proporciona asistencia personalizada, respondiendo a consultas específicas y ofreciendo recursos adicionales para mejorar la comprensión del material; además de aprovechar la avanzada capacidad de procesamiento de lenguaje natural de ChatGPT para asistir a los estudiantes en el desarrollo y mejora de patrones de código. Entre los beneficios destacados de este bot se incluyen:

*Asistencia en tiempo real:* Proporciona asistencia inmediata a los estudiantes en tareas como escribir y depurar código, respondiendo preguntas, ofreciendo sugerencias y explicando conceptos complejos en tiempo real.

*Mejora de la calidad del código:* Analiza el código proporcionado por los estudiantes, identificando errores o malas prácticas y sugiriendo mejoras o alternativas más eficientes.

*Aprendizaje interactivo y personalizado:* Cada interacción con el bot representa una oportunidad de aprendizaje personalizado, permitiendo a los estudiantes aprender a su propio ritmo y según sus necesidades específicas.

*Refuerzo de buenas prácticas de programación:* Enseña y refuerza buenos patrones de programación y principios de diseño de software.

*Fomento de la resolución de problemas:* Ayuda a los estudiantes a explorar diferentes soluciones y enfoques, mejorando sus habilidades críticas de resolución de problemas.

*Acceso continuo a recursos educativos:* Proporciona recursos adicionales como documentación, tutoriales y ejemplos de código.

La investigación se dirige hacia el desarrollo de un bot que integre la API de ChatGPT en Discord para mejorar significativamente la educación en programación estructurada. Este enfoque innovador tiene el potencial de transformar la manera en que los estudiantes aprenden y se involucran en el proceso de programación, proporcionándoles herramientas avanzadas que facilitan un aprendizaje más interactivo, participativo y efectivo.

El cuerpo del artículo está estructurado en cinco secciones. La primera de ellas nos introduce en las dificultades que presentan los estudiantes en la fase de codificación del desarrollo de sistemas y las diferentes estrategias que seguiremos para mejorar el aprendizaje y superar los obstáculos que ellos presentan. En la segunda sección se plantean los objetivos generales y específicos. En la tercera sección se aborda el objeto de estudio. La cuarta sección presenta la metodología. la quinta sección aborda los resultados obtenidos

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un bot de Discord que integre la API ChatGPT para asistir a estudiantes de ingeniería, en la codificación con un lenguaje de programación y con ello mejorar la productividad, la calidad de los patrones de código generados en la asignatura de programación y la motivación en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generación de tokens de acceso
- Codificación y configuración del bot
- Prueba de funcionamiento del bot
- Simulación y evaluación de la capacidad de respuesta del bot

### OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio en el proyecto descrito es la integración y el impacto de un bot impulsado por la API de ChatGPT dentro de la plataforma Discord, específicamente en el contexto de la educación en la asignatura de programación de los estudiantes de Ingeniería del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Este estudio se centra en cómo la implementación de esta tecnología avanzada puede mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la programación, evaluando aspectos como la mejora en la comprensión del código, la eficiencia en la corrección de errores, el aumento de la productividad, la accesibilidad del aprendizaje y el fomento de la colaboración entre los estudiantes. Este trabajo se llevó a cabo durante el periodo Agosto - Diciembre del 2023.

### METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se empleó el ciclo de vida de desarrollo de software prototipo, el cuál consta de las siguientes etapas: escuchar al cliente, construir el prototipo, y probar el prototipo. (Delgado Olivera, 2021)

Figura 1. Modelo prototipo



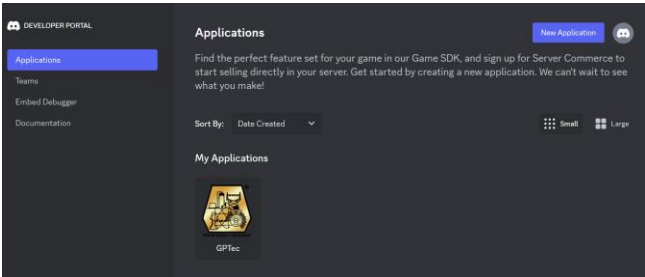
### FASES DEL DESARROLLO

1.- Escuchar al cliente. En el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero ha sido indispensable en los últimos años llevar el control de las asignaturas que presentan mayor índice de reprobación en las diferentes carreras que se imparten y se observó que las asignaturas de programación presentan índices mayormente elevados. Así mismo en las entrevistas hechas a los estudiantes y docentes se determinó que en muchas ocasiones la causa es la forma tradicional de la enseñanza, es por ello que se torna indispensable hacer este proceso de enseñanza-aprendizaje de forma más dinámica con herramientas que los jóvenes hoy en día utilizan.

2.- Construir el prototipo. Creación del bot.

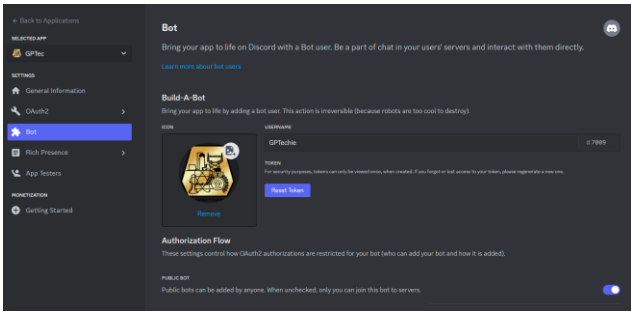
En el proceso de desarrollo del bot destinado para la plataforma Discord, se empleó el portal para desarrolladores de Discord, específicamente diseñado para la creación y manejo de aplicaciones (Discord developers, 2023). En este portal de entorno integral se realizó el registro y configuración de la nueva aplicación o bot, al cual se le denominó GPTechie. En la Figura 2, se ilustra la interfaz de inicio del portal, donde, se realizó el proceso de registro, creación y gestión del bot. Esta etapa inicial es muy importante, ya que establece las bases para la integración posterior con la API de ChatGPT, orientando el proyecto hacia su objetivo de mejorar las interacciones y el aprendizaje en el ámbito de la programación dentro de Discord.

**Figura 2.**  
*Pantalla de Inicio del Sitio Web.*



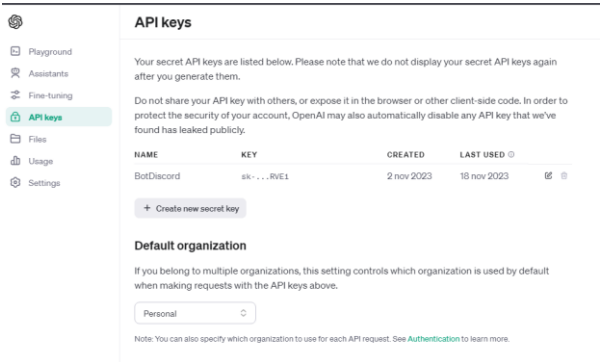
La Figura 3, ilustra la generación del token de acceso en el portal de desarrolladores de Discord, lo que permitió habilitar la conexión y comunicación efectiva del bot "GPTechie" dentro de la plataforma Discord. Debido a la naturaleza única y sensible de los tokens de acceso, así como a su función crítica como autenticadores en el proceso de integración de aplicaciones, se gestionan con un alto nivel de confidencialidad para prevenir accesos no autorizados y garantizar la integridad y funcionamiento adecuado del bot en el entorno de Discord. Por lo anterior, se adoptaron medidas de seguridad pertinentes para garantizar que estos tokens permanezcan privados en todas las fases del desarrollo y despliegue del proyecto.

**Figura 3.**  
*Token de Discord.*



Además de establecer la conexión del bot con Discord, se generó un token específico para la comunicación con la API de ChatGPT. Este proceso se llevó a cabo a través del sitio web de OpenAI (OpenAI, sf). Se obtuvo el token ingresando a la interfaz de usuario de dicho sitio como se observa en la Figura 4. Este token de la API de ChatGPT es igualmente crítico, ya que permite la interacción efectiva del bot con las capacidades de inteligencia artificial avanzadas de procesamiento de lenguaje natural de ChatGPT. Al igual que con el token de Discord, se cuidó de la seguridad, garantizando así la integridad de las comunicaciones y operaciones del bot dentro de la plataforma.

**Figura 4.**  
*Token de ChatGPT.*

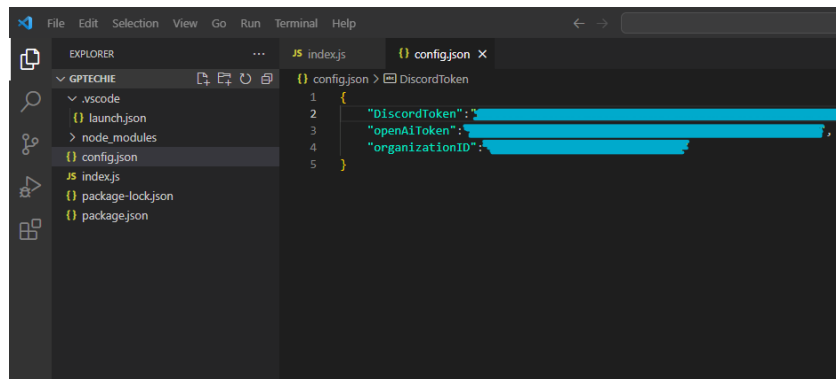


**CODIFICACIÓN.**  
Para el desarrollo del proyecto, se seleccionó Node.js en su versión v18.18.1 como entorno de ejecución. En cuanto al editor de código fuente, se optó por Visual Studio Code (VSCode), una elección popular entre los desarrolladores debido a sus funcionalidades. Las bibliotecas implementadas en este proyecto fueron discord.js v14.14.1 y openai v4.19.0, seleccionadas específicamente para facilitar el desarrollo del bot.



La gestión segura de los tokens se manejó a través de un archivo de configuración denominado `config.json`. Este archivo almacena las claves de acceso (tokens) que permiten la interacción y comunicación fluida del bot con Discord y la API de ChatGPT, la figura 5 muestra la estructura y organización del mismo. La utilización de del archivo de configuración `config.json` no solo simplifica la gestión de las claves de acceso sino que también refuerza la seguridad, al separar los tokens del código fuente principal. Este enfoque garantiza que las claves de acceso se mantengan privadas y protegidas, minimizando el riesgo de exposición accidental en el entorno de desarrollo.

**Figura 5.**  
*Ejemplo del Código.*



Para el desarrollo del bot, en el archivo `index.js`, que sirve como punto de entrada para el programa, se realizó la importación de las bibliotecas necesarias para el proyecto, específicamente `discord.js` y `openai`. Esta etapa es fundamental, ya que establece las bases para la funcionalidad y operación del bot.

La implementación realizada en `index.js` incluyó la configuración inicial para la conexión con la plataforma Discord, utilizando las capacidades que ofrece `discord.js` para interactuar con la API de Discord como se muestra en la figura 6. Paralelamente, se estableció la conexión con la API de ChatGPT a través de la biblioteca `openai`, la cual habilita la comunicación y el procesamiento de lenguaje natural proporcionado por ChatGPT, permitiendo que el bot responda y actúe de manera inteligente dentro de los canales de Discord.

Este archivo `index.js` actúa como el núcleo del bot, donde se integran y coordinan las distintas funcionalidades y servicios. La estructuración y codificación de este archivo permitió un buen rendimiento del bot y una experiencia de usuario fluida asegurando que el bot funcione de manera efectiva y según lo previsto en el entorno de Discord.

**Figura 6.**  
*Ejemplo del Código de Conexión con API.*

```
JS index.js > ...
1 //requerimientos
2 const { Client } = require('discord.js');
3 const { OpenAI } = require('openai');
4
5 const config = require('./config.json');
6
7 //definir cliente
8 const client = new Client({
9   intents: ['Guilds', 'GuildMembers', 'GuildMessages', 'MessageContent']
10 });
11
12 //conectar
13 client.on('ready', () =>{
14   console.log('El bot está online.');
```

La Figura 7 presenta un extracto del código que ilustra la configuración específica del modelo GPT utilizado en el bot. Los modelos GPT, desarrollados por OpenAI, son ampliamente reconocidos por su avanzada capacidad de procesamiento de lenguaje natural, lo que les permite comprender y generar texto de una manera coherente y contextual.

**Figura 7.**

*Ejemplo de Código del Modelo GPT.*

```
const response = await openai.chat.completions.create({
  model: 'gpt-3.5-turbo',
  messages: conversation,
})
.catch((error) => console.error('OpenAI Error:\n', error));

clearInterval(sendTypingInterval);

if (!response) {
  message.reply("Tengo algunos problemas con la API de OpenAI. Intente nuevamente en un momento.");
  return;
}

const responseMessage = response.choices[0].message.content;
//límite de caracteres que permite discord por mensaje
const chunkSizeLimit = 2000;

for (let i = 0; i < responseMessage.length; i += chunkSizeLimit) {
  const chunk = responseMessage.substring(i, i + chunkSizeLimit);

  await message.reply(chunk)
}
```

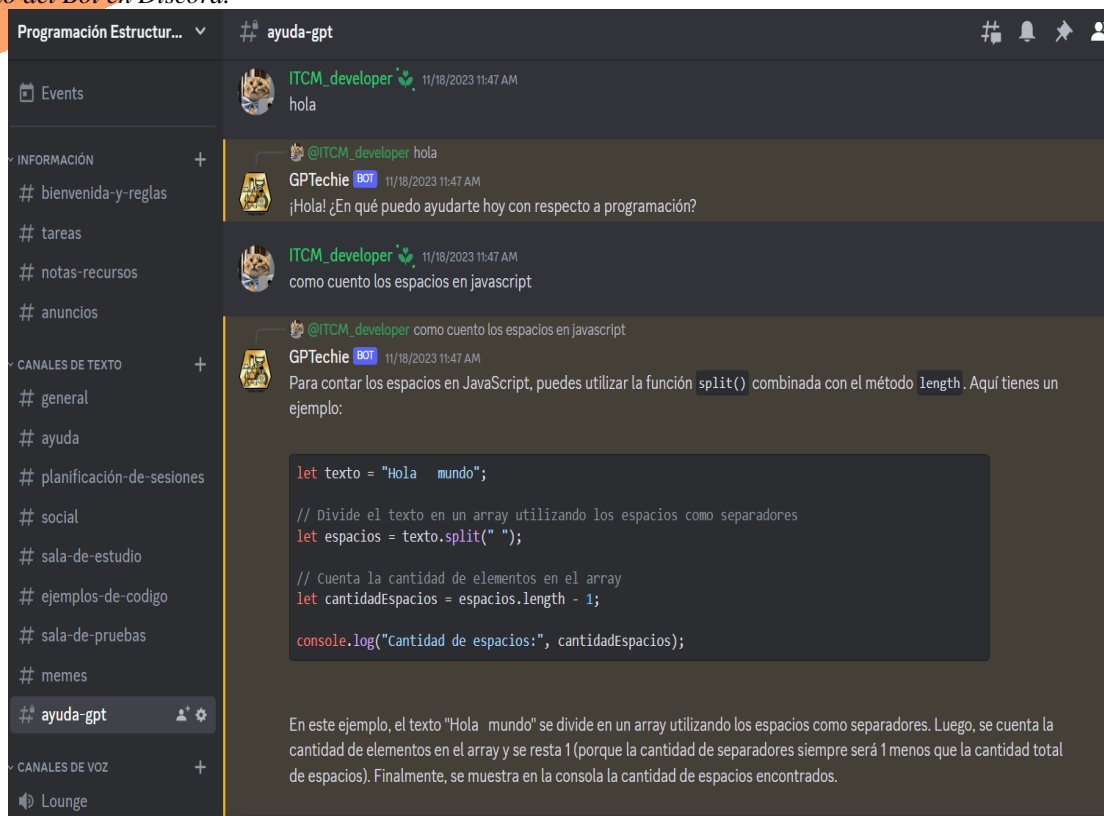
El segmento del código, define cómo el bot interactúa con la API de ChatGPT y establece los parámetros de funcionamiento del modelo de IA. La elección del modelo GPT y su configuración adecuada son importantes para el desempeño del bot, pues esto determina la calidad y precisión de las respuestas y del texto generado. La configuración incluye especificaciones como el tipo de modelo GPT a utilizar (por ejemplo, GPT-3, GPT-3.5, entre otros) y los parámetros de interacción, como límites de palabras y estilo de respuesta.

### 3.-Probar el prototipo.

Al concluir satisfactoriamente la fase de codificación del bot, se procedió a la etapa de pruebas de funcionamiento. En esta fase se validó la efectividad del bot y su capacidad de integración dentro de la plataforma Discord. El proceso de prueba consistió en enviar un mensaje a un canal de texto específico en un servidor de Discord, un procedimiento estándar para verificar la comunicación y respuesta del bot. La Figura 8 captura un ejemplo de esta prueba, mostrando la interacción del bot en respuesta a un mensaje enviado en el canal. Esta prueba fue fundamental para asegurar que el bot reaccionara adecuadamente a los comandos y mensajes de los usuarios, y que pudiera responder de manera coherente y precisa, aprovechando las capacidades de la API de ChatGPT.

La validación de estas funciones en un entorno real de Discord permitió identificar y rectificar cualquier problema técnico o de integración, asegurando así que el bot cumpla las expectativas y requisitos establecidos. Las pruebas de funcionamiento permitieron validar la confirmación de que el bot estaba listo para ser desplegado y utilizado en un contexto más amplio por los usuarios finales.

**Figura 8.**  
*Funcionamiento del Bot en Discord.*



En la siguiente fase de pruebas, se llevó a cabo una simulación para evaluar la capacidad del bot de responder de manera efectiva a consultas específicas. Actuando como si fuera un estudiante, se planteó una pregunta al bot, preguntando si un fragmento de código contenía errores. El propósito de esta simulación era verificar la habilidad del bot para no solo identificar errores en el código, sino también proporcionar una guía adecuada que pudiera orientar al estudiante sobre la naturaleza y posible solución del error.

Las Figuras 9 y 10 muestran la interacción entre el bot y el usuario, destacando la consulta realizada y la respuesta proporcionada por el bot. Este proceso permitió determinar si el bot cumplía con su función prevista de asistir a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y mejorar su habilidad de programación.

La capacidad del bot para identificar errores y proporcionar respuestas claras y útiles es un aspecto fundamental de su funcionalidad, y esta simulación permitió una evaluación directa de estas capacidades.

**Figura 9.**  
*Consulta de Código al Bot.*

```
## ayuda-gpt

ITCM_developer 11/18/2023 11:51 AM
Hola, esta bien este código? #include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    float num1, num2;
    char operador;

    cout << "Ingrese el primer número: ";
    cin >> num1;
    cout << "Ingrese el operador (+, -, *, /): ";
    cin >> operador;
    cout << "Ingrese el segundo número: ";
    cin >> num2;

    switch (operador) {
        case '+':
            cout << "El resultado es: " << num1 + num2 << endl;
            break;
        case '-':
            cout << "El resultado es: " << num1 - num2 << endl;
            break;
        case '*':
            cout << "El resultado es: " << num1 * num2 << endl;
            break;
        case '/':
            if (num2 != 0) {
                cout << "El resultado es: " << num1 / num2 << endl;
            } else {
                cout << "Error: No se puede dividir entre cero." << endl;
            }
            break;
        default:
            cout << "Error: Operador inválido." << endl;
            break;
    }

    return 0;
}
```

**Figura 10.**  
*Respuesta a Consulta*

```
## ayuda-gpt

ITCM_developer 11/18/2023 11:52 AM
GPTEchie 11/18/2023 11:52 AM
Hola, revisando tu código, he encontrado algunos errores y te los mencionaré para que puedas corregirlos:

1. En la línea de case '*', está faltando el operador de multiplicación. Debería ser case '*'; para representar la multiplicación.

Aquí te dejo el código corregido:

#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    float num1, num2;
    char operador;

    cout << "Ingrese el primer número: ";
    cin >> num1;
    cout << "Ingrese el operador (+, -, *, /): ";
    cin >> operador;
    cout << "Ingrese el segundo número: ";
    cin >> num2;

    switch (operador) {
        case '+':
            cout << "El resultado es: " << num1 + num2 << endl;
            break;
        case '-':
            cout << "El resultado es: " << num1 - num2 << endl;
            break;
        case '*':
            cout << "El resultado es: " << num1 * num2 << endl;
            break;
        case '/':
            if (num2 != 0) {
                cout << "El resultado es: " << num1 / num2 << endl;
            } else {
                cout << "Error: No se puede dividir entre cero." << endl;
            }
            break;
        default:
            cout << "Error: Operador inválido." << endl;
            break;
    }

    return 0;
}
```

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se espera que la integración de la API ChatGPT en Discord resulte en una mejora significativa en la calidad del código implementada por los estudiantes de programación. Esta herramienta tiene el potencial de cambiar la forma en que los estudiantes interactúan con los conceptos de programación, proporcionando un entorno de aprendizaje interactivo y colaborativo, además la adaptabilidad de ChatGPT a diferentes lenguajes de programación y su capacidad para proporcionar respuestas en tiempo real lo convierten en un recurso valioso para la enseñanza de programación en cualquier carrera de ingeniería.

El desarrollo aporta numerosos beneficios, ampliando significativamente las capacidades de aprendizaje y colaboración en programación. En primer lugar, mejora la comprensión del código al facilitar el aprendizaje de nuevos patrones de programación, lo que resulta atractivo para estudiantes que se inician o buscan profundizar en el ámbito del desarrollo de software. Esta herramienta puede ser útil para asimilar conceptos complejos, permitiendo una comprensión más clara y efectiva de los patrones de programación, donde ante un cuestionamiento de muchas líneas de código indica exactamente la posición del error, la explicación del error y su solución. Esta característica reduce significativamente el tiempo que los estudiantes y desarrolladores pasan en la depuración, permitiendo un enfoque más centrado en la mejora y el refinamiento del código.

En términos de productividad, el bot agiliza el proceso de codificación. Al reducir el tiempo dedicado a tareas repetitivas o a la solución de problemas comunes, los estudiantes pueden enfocarse más en aspectos creativos y complejos de la programación. Esto conduce a una mayor eficiencia y a una optimización del tiempo de aprendizaje y desarrollo.

La accesibilidad es otro punto fuerte. El bot ofrece asistencia constante a los estudiantes, estando disponible en cualquier momento y lugar a través de la plataforma Discord. Esto significa que los estudiantes pueden obtener ayuda y orientación inmediata sin restricciones de horario o ubicación, lo que democratiza el acceso a recursos educativos de calidad.

Esta forma de trabajo donde el docente se adapta a los recursos que utilizan los jóvenes en el día a día como parte de sus actividades recreativas, permite mantener la motivación a través de metodologías modernas en lugar de las metodologías y plataformas de educación virtuales tradicionales para la enseñanza.

Por último, el bot fomenta la colaboración entre los estudiantes al estar integrado en Discord, la cual facilita la comunicación y el trabajo en equipo, y se convierte en un catalizador para la interacción donde los estudiantes pueden compartir sus problemas, soluciones y aprender unos de otros en un entorno interactivo y de apoyo.

Se plantea como trabajo futuro realizar una investigación experimental entre la población de estudiantes de la asignatura de programación, para medir el impacto de esta herramienta en el aprendizaje de un lenguaje de programación y medir la percepción que tienen los mismos, respecto al uso y adaptación de estas tecnologías en el sistema educativo.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, por las facilidades prestadas para el desarrollo de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aldebarant, N. N. (22 de 06 de 2023). Scrutinizing Discord as an Advanced Platform to Support Students' Listening Proficiency (A Theoretical Perspective). *EL2J (English Language and Literature Journal)*, 2(1), 44-52. doi:<https://doi.org/10.38156/el2j.v1i2>
- Arifianto, I. (25 de 10 de 2021). Students' Acceptance of Discord as an Alternative Online Learning Media. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 189. doi:<https://doi.org/10.3991/ijet.v16i20.22917>
- CM. (Julio de 2023). *Poliverso*. Obtenido de <https://www.poli.edu.co/blog/poliverso/discord-el-futuro-del-estudio-en-plataformas-de-comunicacion>
- Discord. (s.f.). *Como usar discord en tus clases*. Obtenido de Discord.com: <https://support.discord.com/hc/es/articles/360041360311-Blog-C%C3%B3mo-usar-Discord-para-tus-clases>
- Discord. (s.f.). *Discord*. Obtenido de <https://discord.com>.
- Discord Developers. (2023) Obtenido en abril 2023 de <https://discord.com/developers/applications>.
- Fuentes-Rosado, J. (2017). Dificultades de aprender a programar. *Revista Educación en Ingeniería*, 76. doi:10.26507/rei.v12n24.728
- Ghazali, N. E. (2023). Engaging Learners using Discord Application During Signals and Systems Online Class. 33(2), 244–253. doi:<https://doi.org/10.37934/araset.33.2.244253>
- Insuasti, J. (2016). Problemas de enseñanza y aprendizaje de los fundamentos de programación. *Revista educación y desarrollo social*, 10(2), 234-246. doi:10.18359/reds.1701
- OpenAI.(s.f). Revisado en abril 2023 en la dirección: <https://platform.openai.com/api-keys>



# Efectos del pastoreo sobre el contenido de clorofila total en follaje de *Prosopis laevigata*

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.703

Luisa Paola Flores-Nevarez<sup>1</sup>, Yesenia Jazmine Gurrola-Perez<sup>1</sup>, Heriberto de Jesús Maldonado-Quiñones<sup>1</sup>, Rubén Iván Marín-Tinoco<sup>2</sup>, José Luis Quezada-Zapata<sup>1</sup>, José Antonio Hernández-Herrera<sup>3</sup>, Cayetano Navarrete-Molina<sup>1</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. [paolanevarez843@gmail.com](mailto:paolanevarez843@gmail.com) (L.P.F.-N); [perezjazmine659@gmail.com](mailto:perezjazmine659@gmail.com) (Y.J.G.-P); [herirodeo@yahoo.com](mailto:herirodeo@yahoo.com) (H.J.M.-Q.); [luiszapata31148@gmail.com](mailto:luiszapata31148@gmail.com) (J.L.Q.-Z); [navarretemolina1977@gmail.com](mailto:navarretemolina1977@gmail.com) (C.N.-M.)

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social. [labrodeo@gmail.com](mailto:labrodeo@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [heheja@gmail.com](mailto:heheja@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. [luisvn70@hotmail.com](mailto:luisvn70@hotmail.com)

\*Autor de correspondencia: [luisvn70@hotmail.com](mailto:luisvn70@hotmail.com)

**Línea de investigación:** Impacto antropogénico de las actividades agropecuarias

## Resumen

Los árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) son considerados un recurso natural muy abundante en zonas áridas y semiáridas en México, entre sus usos, destaca como alimento en la dieta de distintas variedades de ganado y en algunos casos se utiliza en la alimentación humana, observándose en distintas presentaciones, como lo son harinas y bebidas fermentadas, entre otras. Por lo expuesto, esta investigación planteo como objetivo determinar si las concentraciones de clorofila total en follaje *P. laevigata*, se encuentran afectadas en condiciones de pastoreo, considerando que, el pastoreo es la principal causa de la disminución de diversidad de plantas, ocasionando una grave degradación de la vegetación y del suelo, lo anterior, porque los animales consumen el follaje existente en el área, afectando su crecimiento, vigor y reproducción y sobre todo, otro factor que afecta el pastoreo es el pisoteo del ganado, el cual reduce la densidad aparente del suelo y su tasa de infiltración, llegando a provocar erosión. La investigación fue realizada en dos ubicaciones, una con pastoreo y otra sin pastoreo, en ambos sitios se obtuvieron muestras, totalmente al azar, las cuales fueron almacenadas y posteriormente liofilizadas. La determinación de clorofila total se realizó mediante la espectrofotometría UV-Vis. Los resultados evidenciaron una diferencia significativa ( $p < 0.005$ ), respecto al contenido promedio de clorofila total con  $17.96 \mu\text{g mL}^{-1}$  y  $22.52 \mu\text{g mL}^{-1}$ , respectivamente para el sitio con pastoreo y el sitio sin pastoreo. Estas diferencias fueron consistentes durante todo el periodo de muestreo, lo cual probablemente se deba a las prácticas de pastoreo, que a su vez, pudiera generar un daño tanto en el follaje de *P. laevigata*, así como, al suelo utilizado para el pastoreo.

**Palabras clave:** mezquite, degradación, diversidad, vegetación

## Abstract

Mesquite trees (*Prosopis laevigata*) are considered a very abundant natural resource in arid and semi-arid areas in Mexico. Among their uses, they stand out as food in the diet of different varieties of livestock and in some cases they are used in human nutrition, observing in different presentations such as, flours and fermented drinks, among others. Therefore, the objective of this research was to determine if the concentrations of total chlorophyll in *P. laevigata* foliage are affected under grazing conditions, considering that grazing is the main cause of the decrease in plant diversity, causing a serious degradation of vegetation and soil, the above, because animals consume the existing foliage in the area, affecting their growth, vigor and reproduction and above all, another factor that affects grazing is the trampling of livestock, which reduces the density apparent soil and its infiltration rate, leading to erosion. The research was carried out in two locations, one with grazing and the other without grazing, in both sites samples were obtained completely at random, which were stored and subsequently freeze-dried. The determination of total chlorophyll was carried out using UV-Vis spectrophotometry. The results showed a significant difference ( $p < 0.005$ ), regarding the average content of total chlorophyll, with  $17.96 \mu\text{g mL}^{-1}$  and  $22.52 \mu\text{g mL}^{-1}$ , respectively for the site with grazing and the site without grazing. These differences were consistent throughout the sampling period, which is probably due to grazing practices, which could generate damage to both the foliage of *P. laevigata*, as well as, the soil used for grazing.

**Keywords:** mesquite, degradation, diversity, vegetation

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las especies de mezquite son originarias del continente americano, donde puede encontrarse una amplia diversidad genética para diferentes especies del género *Prosopis* ( $2n = 28$ ) (Trenchard et al., 2008). A nivel mundial existen 44 especies del género *Prosopis* (Ruiz-Nieto et al., 2020), de las cuales 42 son predominantes del continente americano; solo tres especies crecen y se desarrollan naturalmente en Asia y una se encuentra en África (Ruiz-Nieto et al., 2020; Beresford-Jones, 2004). En México, se conoce como mezquite a diferentes especies del género *Prosopis*, entre las cuales, las más comunes reportadas en el norte-centro de México son *P. laevigata* y *P. glandulosa* (Ríos et al., 2011), y se encuentran distribuidas, principalmente en las partes del altiplano del norte-centro, así como, en partes de Tamaulipas, Morelos, Puebla y Chiapas. Cabe señalar que, el mezquite presenta una abundante variabilidad genética y morfológica, dentro de su área de dispersión (Luna, 2010). La especie *P. laevigata* es originaria de regiones semiáridas y áridas y su crecimiento está relacionado con la profundidad del suelo y la disponibilidad de agua en el subsuelo (Noguez, 2020). En el estado de Durango, *P. laevigata* se desarrolla en una altura promedio de 1,580 msnm, con una precipitación anual de 392.6 mm y una temperatura promedio anual de 15.2 °C (Valenzuela-Núñez et al., 2015).

En este sentido, el mezquite (*P. laevigata*) es una planta arbustiva-arbórea, prominente donde se determinó la existencia de 44,211 ha vegetadas por esta especie (Valenzuela-Núñez et al., 2010). Adicionalmente, se determinó que la superficie vegetada por mezquite ha sufrido un decremento considerable en Durango (Ríos-Saucedo et al., 2012), ocasionado por la deforestación realizada con la finalidad de ampliar el área de pastizal, así como, por el alto aprovechamiento que existe para la obtención de leña, madera, producción de postes y uso como materia prima para elaboración de carbón (Rodríguez-Sauceda et al., 2014). Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta investigación fue determinar si las concentraciones de clorofila total en follaje de *P. laevigata*, se encuentran afectadas en condiciones de pastoreo. Lo anterior, es importante si se desea desarrollar verdaderas estrategias de cuidado a los recursos naturales y el medio ambiente, encaminadas a mantener el nivel de vida de la población humana. Considerando que dichas estrategias, deben considerar una visión sustentable y holística alineada con los objetivos de desarrollo sostenible, las cuales deben tener su fundamento en un equilibrio productivo, económico, social, ambiental y cultural, promoviendo una verdadera conciencia ambiental humana (Marín-Tinoco et al., 2023; Meza-Herrera et al., 2022; Navarrete-Molina et al., 2020, 2019a, 2019b; Ornelas-Villarreal et al., 2022a, 2022b; Ríos-Flores et al., 2018, 2017; Ríos-Flores y Navarrete-Molina, 2017).

## DESARROLLO

### Mezquite

En México, el género *Prosopis*, se conoce con el nombre común de mezquite, el cual proviene del náhuatl micuitl, y probablemente fueron los aztecas los que asignaron este nombre a estas plantas (Granados, 1996). Este género contiene, poco más de 40 especies nativas de regiones áridas y semiáridas de Norteamérica y Sudamérica, así como, África y Asia, con individuos desde 40 cm hasta 20 m de altura, pudiendo crecer en zonas con lluvias menores a los 100 mm anuales y soportando en verano con temperaturas máximas promedio superiores a 40 °C. En México, existen 10 especies de mezquite: *P. palmeri*, *P. reptans* var. *cineroscens*, *P. pubescens*, *P. articulata*, *P. laevigata*, *P. tamaulipana*, *P. velutina*, *P. juliflora*, *P. glandulosa* var. *tipica*, *P. glandulosa* var. *torreyana* y *P. mexicanum*. En las regiones altas y semiáridas de México se distribuye principalmente la especie *P. laevigata* (Rzedowski, 1988). En este sentido, el mezquite es un arbusto o árbol espinoso de hasta 10 m de altura, es muy espinoso y tiene ramas algo más fuertes que otros, su sistema radical puede alcanzar más de 50 m de profundidad y hasta 15 m en sus laterales, los tallos son de corteza oscura y ramas con abundantes espinas axilares o terminales (Palacios, 2006). Las hojas son compuestas, bipinnadas con 12 a 15 pares de folíolos oblongos o lineares, de 5 a 10 mm de largo. Las flores son de color amarillo verdoso, agrupado en racimos, miden de 4 a 10 mm, son bisexuales, actinomorfas, con 5 sépalos y 10 estambres. El fruto es una vaina de color paja o rojizo violáceo; con forma de lomento drupáceo, alargado, recto o arqueado y espiralado en algunos casos, indehiscente, de 10 a 30 cm de longitud, puede ser plano o cilíndrico en la madurez y contiene de 12 a 20 semillas (CONAZA, 1994).

En relación con lo expuesto, Rodríguez-Sauceda et al. (2014), mencionan que especie *P. laevigata* es una leguminosa de hasta 12 m de altura y 1 m de diámetro. Las flores son temporales y están dispuestas en espigas de color blanco amarillento. Los frutos o vainas sin agrietar (leguminosas lineales y/o en forma de media luna) tienen una longitud máxima promedio de 20 cm por 15 cm de ancho y cambian de color a medida que avanza la madurez fisiológica. Las semillas son oblongas y compactas de color blanco amarillento. Adicionalmente, mencionan que el mezquite es un recurso con una amplia distribución geográfica y ecológica en las tierras de clima árido de México, donde es utilizado como fuente de alimento, combustible y con fines medicinales. Así mismo, se utiliza en la fabricación de adhesivos, barnices; mientras que sus flores son importantes en la producción de miel, producción de muebles, ventanas, artesanías, carbón, etc. Del mismo modo, La Torre-Almaráz y colaboradores en 2009, reportaron que, dentro de los usos del mezquite, el principal es como alimento animal, por lo que, se le considera como fuente de forraje para el ganado y la vida silvestre; además de que sus flores producen polen y néctar para la producción de miel y cera de abejas en las explotaciones apícolas, además que, la planta excreta un tipo de goma para uso en medicina e industria.

### Fotosíntesis y contenido de clorofila

Reyes-Santamaría y colaboradores (2000), hacen mención que entre los estimadores fotosintéticos, los más utilizados son el peso específico de la hoja, concentración de carbohidratos, proteína soluble y contenido de clorofila. Sin embargo, Deza (2022), menciona que los daños que generan las plagas en las plantas tienen un impacto significativo en la defoliación de las hojas, dependiendo de la

gravedad de la plaga, de la misma manera, menciona que las plantas afectadas por algún tipo de estrés reaccionan al mismo, disminuyendo su producción de clorofila, provocado por la alteración en el proceso fotosintético, lo cual conduce a una disminución en la fijación de carbono.

La clorofila es un pigmento verde existente en las plantas, algunas algas y bacterias que les permite llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, lo cual se relaciona, con la conversión de energía luminosa en energía química (Ruiz-Santiago et al., 2019). El uso de la clorofila es variado, considerando que es un ingrediente en la industria alimentaria, al tiempo que evidencia propiedades medicinales, al poseer propiedades anticancerígenas, antibacterianas, antioxidantes y energizantes, además, ayuda a oxigenar la sangre y desintoxicar el organismo, así mismo, ayuda a desintegrar cálculos y es efectivo desinflamatorio. Adicionalmente, se recomienda para reducir los altos niveles de colesterol y triglicéridos (Ruiz-Santiago et al., 2019). Del mismo modo, el contenido de clorofila puede ser utilizado como un buen indicador para seleccionar genotipos de alta tasa fotosintética (Buttery & Buzzell, 1977). En este sentido, Gonzales (2018), mencionó que una disminución en la clorofila afectará la fotosíntesis y conducirá a una disminución en la fijación de carbono, considerando que, en algunos cultivos de cereales, se ha observado que el contenido de clorofila está directamente relacionado con el rendimiento de la planta.

## **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **Objetivo general**

- Determinar si las concentraciones de clorofila total en follaje de *P. laevigata* son afectadas por el pastoreo.

### **Objetivos específicos**

- Cuantificar las variaciones en la concentración de clorofila total en follaje de árboles de *P. laevigata* en condiciones de pastoreo.
- Medir las variaciones en la concentración de clorofila total en follaje de árboles de *P. laevigata* desarrollados sin presencia de ganado doméstico.

## **OBJETO DE ESTUDIO**

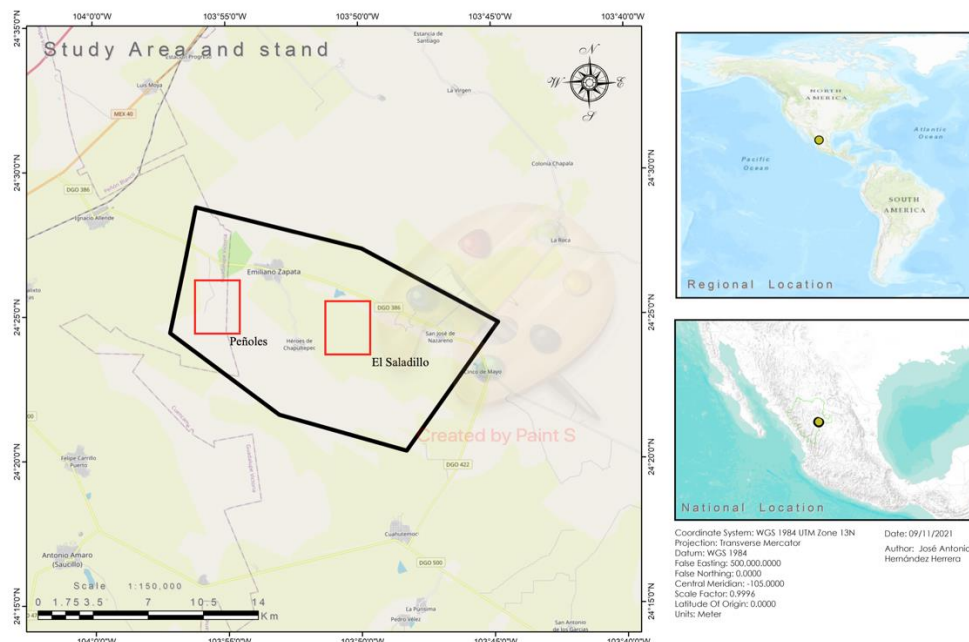
El objeto de estudio fue el contenido de clorofila total presente en el follaje de mezquite (*P. laevigata*), de dos sitios de muestreo, uno con presencia de pastoreo de ganadería bovina y uno sin pastoreo. Para lo cual dos sitios fueron seleccionados y muestreados durante los meses del año que estas plantas presentan follaje, durante dos años, con la finalidad de analizar y determinar si la presencia de ganado bovino pastoreando afecta de manera significativamente el contenido de clorofila total en el follaje de estas plantas. Lo anterior, considerando que se ha reportado una relación positiva entre el contenido de clorofila y el rendimiento de las plantas.

## **METODOLOGÍA**

### **Localización del área de estudio**

La investigación se llevó a cabo en dos rodales naturales de *P. laevigata*, el primero de ellos sin presencia de pastoreo con una extensión de 872 ha y, el segundo de ellos con presencia de pastoreo con una extensión de 978 ha, ambos localizados en el ejido Emiliano Zapata, Cuencamé, Durango. La zona de estudio se localiza geográficamente en los 24° 25' 53.09" N y 103° 50' 41.28" O a una altitud de 2,020 msnm. La zona estudiada pertenece a la provincia fisiográfica Mesa del Centro, constituida por llanuras formadas por depósitos aluviales, interrumpidas por conjuntos montañosos y elevaciones aisladas, la mayoría de naturaleza volcánica. Los suelos predominantes son rendzina y castañozem. Se encuentra dentro de la región hidrológica 36 en la subcuenca del río del Peñón. El clima se clasifica como BS1kw(w), el cual corresponde a un clima semiseco templado con invierno fresco y con lluvias de verano, la lluvia de invierno es menor del 5% con una temperatura media anual de 16.5°C y una precipitación anual acumulada de 526.6 mm (García, 2017). Los tipos de vegetación predominantes son pastizal natural y pastizal inducido, con presencia, en su mayoría, de especies arbóreas y arbustivas de la familia Fabaceae (INEGI, 2016) (**Figura 1**).

**Figura 1.**  
*Localización del área de estudio*



## Materiales y reactivos

Los equipos, materiales y reactivos que se utilizaron en la investigación, se presentan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.**

*Equipos, materiales y reactivos utilizados en la determinación del contenido de clorofila total en follaje de Prosopis laevigata*

Equipos	Materiales	Reactivos
Pinzas de podar	Bolsas de aluminio	Acetona
Termo con nitrógeno líquido	Etiquetas	Agua destilada
Ultracongelador	Microtubos de 2 mL	
Liofilizador	Celdilla de cerámica	
Molino de cuchillas		
Bascula analítica		
Gradilla		
Espectrofotómetro		
Probeta de 100 mL		
Micropipeta		
Vortex		
Caja oscura		
Congelador		
Centrifuga		

## FASES DEL DESARROLLO

Para determinar la concentración de clorofila total en el follaje de mezquite fue necesario la ejecución de cuatro fases de desarrollo:

### ETAPA 1

En esta etapa se realizó el muestreo de campo, por lo tanto, fue realizada en el ejido Emiliano Zapata, Cuencamé, Durango.

### ETAPA 2

En esta etapa, se llevó a cabo la preparación de las muestras para que se pudiera realizar la extracción y cuantificación de la clorofila total. Esta fase y las siguientes fueron realizadas en el Laboratorio de Ecología Forestal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango en la ciudad de Gómez Palacio.

### ETAPA 3

A cada muestra se le extrajo y cuantifico la cantidad de clorofila total.

#### ETAPA 4

A la información obtenida en la etapa anterior, le fueron realizados los análisis estadísticos necesarios para determinar las diferencias entre los sitios muestreados, para con base en ello, estar en condiciones de emitir las conclusiones pertinentes de la investigación.

##### **Etapas 1: Muestreo en campo**

Con ayuda de unas pinzas de podar, las muestras de hojas fueron cortadas y colocadas dentro de bolsas de aluminio, las cuales previamente fueron preparadas y etiquetadas. Inmediatamente, las muestras se congelaron en nitrógeno líquido para detener todos los procesos bioquímicos existentes en los tejidos de las hojas. Posterior a la recolección, las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Ecología Forestal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

##### **Etapas 2: Trabajo en laboratorio**

Las muestras se almacenaron dentro de un ultracongelador a una temperatura de  $-70^{\circ}\text{C}$  durante una semana, y posteriormente, fueron sometidas a un proceso de liofilización, el cual se llevó a cabo durante siete días a una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ , lo anterior, con la finalidad de deshidratar las muestras para evitar la actividad enzimática. Posteriormente y para iniciar los análisis, las muestras fueron molidas en un molino de cuchillas hasta obtener un polvo fino, del cual se pesaron 10 mg de materia seca y colocados en microtubos de 2 mL de capacidad, lo cuales fueron colocados en una gradilla.

##### **Etapas 3: Determinación de la concentración de clorofila total**

Para la determinación de la clorofila total, se realizó la suma de la absorbancia obtenida en el espectrofotómetro de la clorofila A y la clorofila B de cada muestra procesada. Para tal fin, fue utilizada la técnica establecida por Kizhedath y Suneetha (2011), quienes mencionan que es necesario preparar una solución de 80 mL de acetona y 20 mL de agua destilada (acetona al 80%), lo anterior fue realizado con una probeta con capacidad de 100 mL. Posteriormente, con una micropipeta se agregó 1 mL de acetona al 80% a cada microtubo y se colocaron sobre el vortex 5 minutos. Para continuar con la técnica reportada, se colocó la gradilla con los microtubos dentro de una caja, la cual estaba completamente oscura y posteriormente, se colocó dentro del congelador a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  durante 60 minutos. Al concluir el tiempo, las muestras se sacaron de la caja oscura y se colocaron de nueva cuenta sobre el vortex durante 5 minutos. Posteriormente, los microtubos se colocaron dentro de la centrifuga a una velocidad de 10,000 rpm durante 15 minutos. Al concluir dicho procedimiento, con ayuda de una micropipeta y varias puntillas (con el fin de no contaminar ninguna muestra) se extrajeron 500  $\mu\text{L}$  del extracto y se colocaron en una celdilla, a la cual le fueron agregados 2 mL de acetona al 80%. Finalmente, las celdillas fueron analizadas en el espectrofotómetro a distintas longitudes de onda; para la clorofila A se utilizó la longitud de onda de 663 nm y para la clorofila B fue a 647 nm. Para posteriormente, realizar la suma aritmética de ambos valores y obtener el valor de la clorofila total.

##### **Etapas 4: Análisis estadístico**

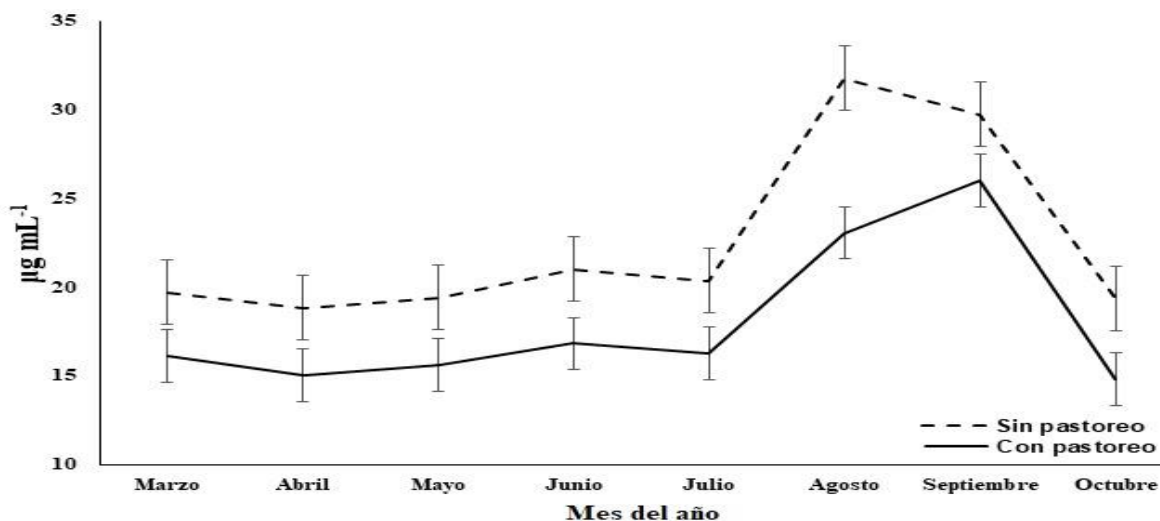
Para analizar los datos recopilados, se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA), así como, una prueba de medias Tukey, para identificar diferencias en las determinaciones de las concentraciones de clorofila total en los sitios de muestreo y procesamiento de los datos se realizó mediante el programa estadístico SPSS versión 10.

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las muestras analizadas fueron 372, a razón de 186 por sitio de muestreo, comprendieron un periodo de dos años durante ocho meses (marzo – octubre), considerando que el resto de los meses (noviembre – febrero), el árbol de mezquite no presenta hojas. Durante este tiempo se extrajeron cuatro muestras por cada mes. Los resultados de clorofila total se presentan en la **Figura 2**.

**Figura 2.**

**Cantidad de clorofila total ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) en dos sitios de muestreo, uno sin pastoreo y otro con pastoreo.**





Los resultados evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ), durante todo el periodo de estudio, entre ambos sitios de muestreo. En este sentido, el sitio sin pastoreo evidenció el mayor contenido de clorofila total el mes agosto con un promedio de  $31.761 \mu\text{g mL}^{-1}$ , calculándose el menor contenido de clorofila total, para este sitio durante el mes de octubre con un promedio de  $19.368 \mu\text{g mL}^{-1}$ . En contraparte, el sitio con pastoreo, evidencio el mayor contenido de clorofila total el mes septiembre con un promedio de  $26.017 \mu\text{g mL}^{-1}$ , calculándose el menor contenido de clorofila total, para este sitio durante el mes de octubre con un promedio de  $14.780 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Los resultados obtenidos, en el sitio con pastoreo de ganado bovino, concuerdan con el estudio que realizo Hycka-Maruniak (1963), quienes investigaron la relación entre el efecto del método de pisoteo y el peso del animal sobre la eficiencia del pasto, evidenciando que la interacción, entre la presión de pastoreo y el manejo del pastoreo fue notoriamente significativa, lo que provoca, un efecto sobre la producción a alta presión de pastoreo, lo cual es mayor en condiciones de pastoreo continuo que en condiciones de pastoreo de rotación, considerando, que el pastoreo continuo con demasiadas cabezas de ganado por unidad de área, no deja espacio para que las especies que consume el ganado "descansen" y repongan sus reservas agotadas, puede conducir a la disminución de la capacidad de agostadero de los ecosistemas de pastizales (Hycka-Maruniak, 1963).

En este contexto, el pastoreo presenta algunas desventajas, sin embargo, un punto favorable del mismo, pudiera ser que ayuda a la diseminación y resiembra de semillas, principalmente de plantas herbáceas y arbustivas, porque "trillan" con sus movimientos y "entierran" con sus pezuñas parte de la planta que contiene las semillas (Hycka-Maruniak, 1963), por lo que, el pastoreo excesivo, pudiera contribuir al establecimiento de arbustos que incluyen al mezquite, lo cual sería imposible en un pastizal no alterado (Cruz-Hernández, 2010), es por esto, que resulta necesario investigar el impacto que se genera en los suelos, gracias al pastoreo de ganado bovino y así, generar algunas alternativas para disminuir el impacto causado. Estrategias como la mencionada por Faria (2017), el cual cita el uno de la técnica de pastoreo racional Voisin, la cual fue diseñada en la primera mitad del siglo XX por el bioquímico y agricultor francés Adre Voisin, creando un compendio de tecnología agroecológica respetuosa con el medio ambiente, además de rentable, creada con el fin de poder dar un pastoreo equilibrado y disminuir el impacto del pastoreo del ganado. Al respecto, Hodgson (1990), señala que con pastoreos ligeros se mantienen buenas reservas de carbohidratos en la pradera, así como, una cantidad sustancial de hojas verdes que le permiten mantener a un nivel alto el crecimiento de nuevas hojas, reportando que al aumentar el intervalo de pastoreo se incrementa el rendimiento del forraje (Cruz-Hernández, 2010).

Lo anterior es importante, considerando que si el pastoreo no se realiza correctamente podría ocasionar daños irreversibles en los pastizales, lo cual fue demostrado por Diaz-Maldonado (2020). Adicionalmente, Ramírez-Pérez (1974), reportó que cuando el manejo de pastoreo es adecuado, la velocidad con la que se recuperan las plantas que han pasado por un proceso de pastoreo, es mayor a los sitios con manejos inadecuados. Esta recuperación pudiera ser asociada con dos cosas: el índice de área foliar y la concentración de los carbohidratos en los tejidos. Considerando que los carbohidratos se utilizan para la recuperación de la planta, sin embargo, cuando el período de descanso de pastoreo es largo, suele ocurrir, que el aumento en la fotosíntesis es remplazado por un aumento en la respiración y el propósito de un buen manejo, será la utilización del forraje antes de que la velocidad de producción de materia seca decrezca. Otro de los factores que afectan el desarrollo y calidad nutritiva de la vegetación en la temperatura (Cruz-Hernández, 2010). Considerando, que un aumento en la temperatura del área, genera un incremento de la fotosíntesis hasta su punto máximo y puede llegar a disminuir hasta cero, esto si la temperatura continúa aumentando. A pesar, de que el hombre no puede cambiar las condiciones climatológicas, ni las condiciones edafológicas, si puede cambiar totalmente el sistema de explotación, promoviendo un sistema de pastoreo moderado y ordenado, lo cual mejorara cualitativa y cuantitativa la producción forrajera (Hycka-Maruniak, 1963).

En este mismo orden de ideas, lo anterior es respaldado por la investigación realizada por Fariña (2018), quien encontró que el pastoreo intensivo de primavera redujo un 43% la cobertura vegetal (incluyendo especies de preferencia alta e intermedia), mientras que los potreros con bajo pastoreo evidenciaron coberturas intermedias. En este contexto, dicha información se relaciona con lo reportado por Espinosa-Antón et al. (2020), quienes mencionan que el metabolismo de la planta se divide en dos procesos, el primero es de tipo permanente y hace referencia a la respiración de la planta y el segundo proceso es la fotosíntesis, la cual se considera de tipo intermitente, porque está regida por la luminosidad. Por esta situación, cuando una planta se desarrolla en un área donde existe sobre pastoreo, esta planta tiende a rebrotar muy lentamente, lo que obliga a prolongar el tiempo de descanso entre pastoreos. Sin embargo, la situación pudiera empeorar, si la pequeña cantidad hojas, que permanecen como residuo, son consecutivamente removidas por los animales, llegando a debilitar aún más a la flora afectada. Es por ello, que muchas de las áreas con especies forrajeras, no logran sobrevivir al sobre pastoreo permanente, dejando espacios que progresivamente, serán ocupados por otras especies de menor valor forrajero o malezas, las cuales no son preferidas por el ganado. Por otro lado, si esto pasa, el suelo resulta afectado considerando que queda al descubierto y este pierde humedad más rápidamente y tiene más probabilidad de presentar erosión (Teuber et al., 2007).

Lo anterior es importante, considerando que las plantas pratenses son todas las especies herbáceas, perennes o anuales, útiles para la alimentación del ganado, formando parte de la composición floral de los pastizales o pastizales naturales o artificiales, incluyendo muchas familias vegetales diferentes, como gramíneas, leguminosas, compuestas, rosáceas y muchas otras (Hycka-Maruniak, 1963). Biswas et al. (2001), mencionaron que la fotosíntesis es un proceso complejo que contribuye con un 90% de la masa total de la planta. En este mismo sentido, García-Valenzuela et al. (2005), reportaron que uno de los indicadores de la capacidad fotosintética de las plantas es la cantidad de clorofila por unidad de área de las hojas, porque representa una medida de las dimensiones del sistema fotosintético y de su eficiencia, lo que determina su producción de biomasa en diferentes condiciones de explotación. Esto sucede porque las plantas absorben la luz solar mediante un pigmento denominado clorofila (Labarthe et al., 2009). De la misma manera, Owen (1971), menciona

que el crecimiento de una planta es abastecido por la energía en forma de azúcares simples, que se producen en el proceso de la fotosíntesis, cuando la clorofila de la hoja verde es expuesta a la luz solar, sin embargo, al acercarse el periodo o la época de floración, el crecimiento de la planta comienza a decrecer (Hycka-Maruniak, 1963). Lo anterior pudiera verse afectado por distintos factores como el pastoreo o las condiciones climatológicas, entre ellas la temperatura.

## CONCLUSIÓN

Considerando los resultados obtenidos, se concluye que el impacto que provoca el sobrepastoreo puede causar daños significativos en los ecosistemas, incluida la flora presente, convirtiendo al sobrepastoreo como el responsable de la erosión de los suelos, los cuales serían poblados únicamente por maleza que el ganado no consume. De igual forma, las cantidades de clorofilas totales (clorofila A y B) de cada árbol de mezquite que se muestreo en ambos sitios, evidenciaron diferencias significativas en cantidad, mostrando que cada vez que el ganado consume las hojas estas tardan un poco más en poder reponerse, ocasionado porque no cesa el pastoreo y la planta no tiene un periodo de reposo adecuado para recuperarse, mediante el proceso de fotosíntesis, lo que había perdido.

## BIBLIOGRAFÍA

- Beresford-Jones, D. G. (2004). Pre-Hispanic *Prosopis*-human relationships on the South Coast of Peru: Riverine forests in the context of environmental and cultural trajectories of the lower Ica Valley. [Tesis de doctorado, Universidad de Cambridge]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11653.35048>. Recuperado el 8 de diciembre de 2023 de [https://www.researchgate.net/publication/313535159\\_Pre-Hispanic\\_Prosopis-human\\_relationships\\_on\\_the\\_South\\_Coast\\_of\\_Peru\\_riverine\\_forests\\_in\\_the\\_context\\_of\\_environmental\\_and\\_cultural\\_trajectories\\_of\\_the\\_lower\\_Ica\\_Valley](https://www.researchgate.net/publication/313535159_Pre-Hispanic_Prosopis-human_relationships_on_the_South_Coast_of_Peru_riverine_forests_in_the_context_of_environmental_and_cultural_trajectories_of_the_lower_Ica_Valley)
- Biswas, D. K.; Haque, M. M.; Hamid, A.; Rahman, M. A. (2001). Photosynthetic gas exchange characteristics, leaf area and dry matter accumulation of two blackgram cultivars. *International Journal of Biological Sciences*, 1(10), 951-954.
- Buttery, B. R.; Buzzell, R. I. (1977). The relationship between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. *Canadian Journal of Plant Science*, 57(1), 1-5.
- Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA). (1994). Mezquite (*Prosopis spp.*). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Nacional de Ecología. 31 p.
- Cruz-Hernández, A. (2010). Dinámica de crecimiento y valor nutritivo del pasto mulato, a diferente manejo de pastoreo [Tesis de doctorado, Colegio de Postgraduados]. Repositorio Institucional CP. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/332/Cruz\\_Hernandez\\_A\\_DC\\_Ganaderia\\_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/332/Cruz_Hernandez_A_DC_Ganaderia_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Deza, D. G. B. (2022). Contenido de clorofila en hojas de palto con diferentes niveles poblacionales de *Oligonychus punicae* Hirst y su impacto en el rendimiento [Tesis de maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/9930>
- Díaz-Maldonado, J. D. (2020). Implementación y seguimiento de un modelo regenerativo bajo el sistema de pastoreo de ultra alta densidad puad en ganadería bovina doble propósito [Tesis de licenciatura, Universidad de Pamplona]. Repositorio institucional. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/925>
- Espinosa-Antón, A. A.; Hernández-Herrera, R. M.; González-González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Bioteología Vegetal*, 20(4), 257-282.
- Faria, J. (2017). Ganadería regenerativa eficiente. Independently Published.
- Fariña, C. M. (2018). Pastoreo intensivo en distintas estaciones del año: efectos a escala de planta y de comunidad en una estepa de Patagonia Norte [Tesis de maestría, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio Institucional UBA. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2019farinaclaramaria.pdf>
- García, E. (2017). Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas*, (1). <https://doi.org/10.14350/rig.59179>
- García-Valenzuela, X.; García-Moya, E.; Rascón-Cruz, Q.; Herrera-Estrella, L.; Aguado-Santacruz, G. A. (2005). Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyll cells. *Journal of Plant Physiology*, 162(6), 650-661.
- Gonzales, S. C. E. (2018). Cultivo del aguacate (*Persea americana* Miller). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 7-24.
- Granados, S. D. (1996). El Mezquite: El árbol del desierto. *Ciencias Forestales*, 1, 37-51.
- Hodgson, J. (1990). Grazing management. Science into practice. Longman Group UK Ltd.
- Hycka-Maruniak, M. (1963). Ordenación del pastoreo. *Boletín del Instituto de Investigaciones Agronómicas*, 49, 267-281.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). Carta de uso de suelo y vegetación escala 1:250,000, serie VI <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Kizhedath, A.; Suneetha, V. (2011). Estimation of chlorophyll content in common household medicinal leaves and their utilization to avail health benefits of chlorophyll. *Journal of Pharmacy Research*, 4(5), 1412-1413.
- La Torre-Almaráz, D.; Cota-Trujillo, F. M.; García-Rojas, J. L.; Campos, J. E.; San-Martín, F. (2009). Etiología de la muerte descendente del mezquite (*Prosopis laevigata* L.) en la Reserva de la Biósfera del Valle de Zapotitlán, México. *Agrociencia*, 43(2), 197-208.
- Labarthe, F. S.; Pelta, H. R.; Bordenave, I. T. E. (2009). Introducción básica a la fotosíntesis y características de especies forrajeras megatérmicas. *Sitio Argentino de Producción Animal INTA-Centro Regional Buenos Aires Sur*, 291, 452-6506.
- Luna, C. R. (2010). Variabilidad morfológica y genética del mezquite *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) en el estado de Aguascalientes [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. Repositorio institucional. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/305/398549.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marín-Tinoco, R. I.; Ortega-Ramírez, A. T.; Esteban-Mendez, M.; Silva-Marrufo, O.; Barragan-Ledesma, L. E.; Valenzuela-Núñez, L. M.; Briceño-Contreras, E. A.; Sariñana-Navarrete, M. A.; Camacho-Luis, A.; Navarrete-Molina, C. (2023). Antioxidant and antibacterial activity of Mexican oregano essential oil, extracted from plants occurring naturally in semiarid areas and cultivated in the field and greenhouse in northern Mexico. *Molecules*, 28(18), 6547. <https://doi.org/10.3390/molecules28186547>

Meza-Herrera, C. A.; Navarrete-Molina, C.; Luna-García, L. A.; Pérez-Marín, C.; Altamirano-Cárdenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Abad-Zavaleta, J. (2022). Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research*, 211, 106676. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106676>

Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Macías-Cruz, U.; Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>

Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santos, A.; Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>

Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Ramírez-Flores, J. J.; Herrera-Machuca, M. A.; Lopez-Villalobos, N.; Lopez-Santiago, M. A.; Veliz-Deras, F. G. (2019b). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>

Noguez, C. A. (2020) *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst en suelos regados con aguas residuales del estado de Hidalgo [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/57caf67f-6184-49a9-830a-d5633cdc3c12/content>

Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022a). Sheep production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106675. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106675>

Ornelas-Villarreal, E. C.; Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C. A.; Herrera-Machuca, M. A.; Altamirano-Cardenas, J. R.; Macías-Cruz, U.; García-de la Peña, C.; Veliz-Deras, F. G. (2022b). Goat production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. *Small Ruminant Research*, 211, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106677>

Owen, O. S. (1971). Conservación de recursos naturales. Editorial Pax México. 648 p.

Palacios, R. A. (2006). Los mezquites mexicanos: Biodiversidad y distribución geográfica. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 41(1-2), 99-121. Recuperado de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-23722006000100010&lng=es&tng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722006000100010&lng=es&tng=es)

Ramírez-Pérez, A. (1974). Efecto del ciclo de uso, la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada en la producción de praderas de pasto estrella [Tesis de maestría, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]. Repositorio institucional IICA. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1413>

Reyes-Santamaría, M. I.; Villegas-Monter, Á.; Colinas-León, M. T.; Calderón-Zavala, G. (2000). Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia*, 34(1), 49-56.

Rzedowski, J. (1988). Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae) en Norteamérica. *Acta Botánica Mexicana*, 3, 7-19.

Ríos-Flores, J. L.; Ríos-Arredondo, B. E.; Cantú-Brito, J. E.; Ríos-Arredondo, H. E.; Armendáriz-Erives, S.; Chávez-Rivero, J. A.; Navarrete-Molina, C.; Castro-Franco, R. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y uva (*Vitis vinífera*) de mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2014. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(1), 101-122

Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C.; Ruiz-Torres, J. (2017). La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. *Avances en medicina veterinaria*, 24, 20-36

Ríos-Flores, J. L.; Navarrete-Molina, C. (2017). Huella hídrica y productividad económica del agua en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. *Estudios de economía aplicada*, 35(3), 697-716

Ríos, S. J. C.; Rosales, S. R.; Trucíos, C. R.; Nava, B. C. A.; Valenzuela, N. L. M. & Rivera, G. M. (2011). Comparación de las características nutricias y reproductivas en dos especies de mezquite utilizadas en Durango, México (pp 660-664). En *Memoria de la XXIII Semana Internacional de la Agronomía FAZ-UJED*. Gómez Palacio, Durango, México. 1392 p.

Ríos-Saucedo, J. C.; Rivera-González, M.; Valenzuela-Núñez, L. M.; Trucios-Caciano, R.; Rosales-Serna, R. (2012). Diagnóstico de las reforestaciones de mezquite y métodos para incrementar su sobrevivencia en Durango, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 11(2), 63-67. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545059001>

Rodríguez-Sauceda, E. N.; Rojo, M. G. E.; Ramírez, V. B.; Martínez, R. R.; Cong, H. M. D.; Medina, T. S. M.; Piña, R. H. H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. Ex Willd en México. *Ra Ximhai*, 10 (3), 173-193.

Ruiz-Nieto, J. E.; Hernández-Ruiz, J.; Hernández-Marín, J.; Mendoza-Carrillo, J.; Abraham-Juárez, M.; Isiordia-Lachica, P. M.; Mireles-Arriaga, A. I. (2020). Mesquite (*Prosopis spp.*) tree as a feed resource for animal growth. *Agroforestry Systems*, 94(4), 1139-1149.

Ruiz-Santiago, F. L.; Ruiz, V. J. A.; Hernández, B. J. A.; García, J. R.; Valadez, V. A. (2019). Extracción y cuantificación de clorofila en hojas comestibles del estado de Tabasco. *Revista Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 944-949.

Teuber, K. N.; Balocchi, L. O.; Parga, M. J. (Eds). (2007). Manejo del pastoreo. Editorial ANASAC Chile. 124 p. <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/2080>

Trenchard, L.; Harris, P.; Smith, S.; Pasiecznik, N. (2008). A review of ploidy in the genus *Prosopis* (Leguminosae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 156, 425-438. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2007.00712>

Valenzuela-Núñez, L. M.; Ríos-Saucedo, J. C.; Barrientos-Armendáriz, K. R.; Muro-Pérez, G.; Sanchez-Salas, J.; Briceño-Contreras, E. A. (2015). Estructura y composición florística en dos comunidades de mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) MC Johnst.) en Durango, México. *Interciencia*, 40(7), 465-472.

Valenzuela-Núñez, L. M.; Ríos-Saucedo, J. C.; Trucios-Caciano, R.; Sosa, G.; Rosales-Sierna, R. (2010). Caracterización dasométrica de rodales de mezquite en ocho municipios del norte-centro de México. En *memorias de la XXII Semana Internacional de la Agronomía FAZ-UJED*. Gómez Palacio, Durango, México. p. 138-142

# Fotogrametría de reconstrucción de modelos 3D, un entorno de desarrollo implementado en Google Colab

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.692

Raymundo Dominguez-Colin<sup>1</sup>, Jair Remigio Juárez<sup>2</sup>, María Hortensia Almaguer Cantú<sup>3</sup>, Juan Roberto Hernández Garibay<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [raymundo.dominguez@Ujat.mx](mailto:raymundo.dominguez@Ujat.mx),

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [jair.remigio@Ujat.mx](mailto:jair.remigio@Ujat.mx),

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [hortensia.almaguer@Ujat.mx](mailto:hortensia.almaguer@Ujat.mx),

<sup>4</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [juar.hernandez@Ujat.mx](mailto:juar.hernandez@Ujat.mx),

**Línea de investigación:** Procesamiento de imágenes y visión computacional

## Resumen

La fotogrametría es una técnica de visión por computadora que ha tenido un gran crecimiento en la última década. Esta técnica es ampliamente utilizada para la creación de modelos tridimensionales (3D) de objetos físicos a partir de un conjunto de fotografías del mismo. Con el desarrollo de la tecnología y la capacidad de procesamiento, actualmente es posible realizar modelos 3D con un equipo móvil y un equipo de cómputo. Sin embargo, la fotogrametría es un proceso computacionalmente costoso, ya que se requiere de un equipo con buenas características de memoria y velocidad de procesamiento. De hecho, algunos programas de fotogrametría comerciales necesitan de tarjetas gráficas (como NVIDIA) para funcionar, lo cual no siempre puede costearse. Debido a lo anterior, la opción de utilizar recursos en línea en los que la carga de trabajo se realice en servidores remotos es una opción viable, efectiva y hasta recomendable. Google Colaboratory o simplemente Colab, es un servicio *web* gratuito de Jupyter Notebook que, sin ninguna configuración especializada, proporciona acceso a recursos informáticos, incluidos el uso de GPU (*Graphic Processing Unit*) y TPU (*Tensor Processing Units*). En este artículo se presenta una metodología para el aprovechamiento de dichos recursos en línea, la instalación de los paquetes de *software* necesarios y la creación de los modelos 3D. Los resultados muestran que esta opción es viable cuando no se cuenta con un equipo de cómputo con las características mínimas que requieren los procesos fotogramétricos.

*Palabras clave:* Colab, Fotogrametría, Multi-View Environment, reconstrucción 3D.

## Abstract

Photogrammetry is a computer vision technique that has seen tremendous growth in the last decade. This technique is widely used for the creation of three-dimensional (3D) models of physical objects from a set of photographs of the object. With the development of technology and processing power, it is now possible to make 3D models with a mobile computer and a computer. However, photogrammetry is a computationally expensive process, as it requires equipment with good memory and processing speed. In fact, some commercial photogrammetry software requires graphics cards (such as NVIDIA) to run, which is not always affordable. Because of the above, the option of using online resources where the workload is performed on remote servers is a viable, effective and even recommendable option. Google Colaboratory, or simply Colab, is a free web service from Jupyter Notebook that, without any specialized configuration, provides access to computing resources, including the use of GPU (*Graphic Processing Unit*) and TPU (*Tensor Processing Units*). This article presents a methodology for taking advantage of such online resources, installing the necessary software packages and creating the 3D models. The results show that this option is feasible when there is no computer equipment with the necessary characteristics for the creation of 3D models.

*Keywords:* Google Colab, Photogrammetry, Multi-View Environment, 3D reconstruction.



## INTRODUCCIÓN

La modelación 3D se ha convertido rápidamente en una herramienta útil y visualmente atractiva. Ésta consiste en el proceso de crear una representación tridimensional de un objeto o de una superficie, la cual sólo puede ser apreciada en un equipo de cómputo. En los programas de software de creación y visualización de modelos 3D es posible determinar el tamaño, la forma y la textura de un objeto. Además, también se pueden manipular a través de rotaciones y acercamientos, dando una sensación de realismo como si se tuviera el objeto en las manos. Actualmente, el modelado 3D tiene una amplia gama de aplicaciones que van desde el desarrollo de videojuegos, la animación, arquitectura, hasta la impresión 3D, que es una de las únicas formas tangibles de apreciar un modelo creado. Existen diversas formas de crear un modelo tridimensional: ya sea con paquetes de software especializado, como *Blender* [1], *Autodesk Maya* [2], entre otros y también a partir de fotogrametría. Esta última es una técnica matemática que se basa en la geometría, la trigonometría y el análisis de imágenes para medir la posición, la forma y el tamaño de los objetos en el espacio tridimensional a partir de imágenes fotográficas. En otras palabras, la fotogrametría permite obtener información geométrica de un objeto y reconstruirlo en tres dimensiones. Lo anterior se realiza con base en la información de fotografías o imágenes adquiridas con una cámara digital. Dichas fotografías deben de capturarse alrededor de un objeto físico, desde distintos ángulos y con cierto nivel de traslape, como se observa en la Figura 30.

Figura 30



*Adquisición de imágenes. Un objeto es fotografiado desde distintos ángulos y con traslape entre cada fotografía.*

Una vez que se cuenta con las fotografías del objeto, deben de procesarse con un software especializado, de los cuales existen diversas opciones comerciales y otras que son libres y de código abierto. De las primeras, algunas de las más reconocidas son *Context Capture* [3], *Reality Capture* [4] y *3DF Zephyr* [5]; mientras que de las gratuitas están *Meshroom* [6], *Visual SFM* [7], *Colmap* [8] y *Multi-View Environment* [9]. Las opciones comerciales tienen, además del costo, la desventaja de que requieren de tarjetas gráficas para funcionar, lo cual no está presente en todos los equipos y aquellos que la incluyen suelen ser muy costosos. Por otro lado, todas las opciones comerciales tienen una interfaz de usuario. Sin embargo, para el propósito de este artículo, se requiere de programas que se ejecuten en línea de comandos. Lo anterior es debido a que se ejecutarán en la terminal de un servidor remoto. De las opciones libres, sólo *Multi-View Environment (MVE)*, además de funcionar en línea de comandos, devuelve un ciclo completo de tres etapas del proceso fotogramétrico: *Structure-from-Motion* (se calculan las posiciones tridimensionales de puntos de interés llamados puntos de control, así como la orientación de las cámaras), *Multi-View Stereo* (esta etapa se enfoca en la obtención de información tridimensional más detallada, especialmente en la densidad y distribución de puntos 3D en la escena) y *Surface Reconstruction* (se enfoca en crear una representación continua y suave de la superficie 3D a partir de los puntos obtenidos en la etapa anterior). Debido a lo cual, *MVE* es el software más recomendado para la construcción de los modelos 3D. No obstante, sin importar el software utilizado, el proceso de fotogrametría es computacionalmente costoso. Se requiere contar con un equipo de cómputo que tenga ciertas características mínimas de capacidad de almacenamiento y de velocidad de procesamiento. De esta manera, las opciones de contar con recursos en línea que ofrezcan de manera gratuita su poder de procesamiento es una alternativa viable y confiable. Uno de ellos puede ser el de los servicios *Docker* en línea [10] y *Google Colab* [11]. En este artículo se describe los procedimientos para el aprovechamiento de este último. Éste cuenta con una sección de código en la que, normalmente se introducen comandos en Python. Sin embargo, es posible indicarle al lenguaje que se ejecuten comandos de Linux e incluso también instalarse programas. Lo cual es fundamental para el desarrollo de este documento. Además, es relativamente sencillo de manejar, la instalación de los programas es directa y el procesamiento de las imágenes se realiza en el servidor. A la fecha de escritura de este artículo, no se ha encontrado una metodología para instalar software de fotogrametría en el servidor *Google Colab*.

## DESARROLLO

En esta sección, es importante describir el objetivo general y los objetivos específicos, el objeto de estudio, la metodología o metodologías, las fases del desarrollo de acuerdo a la metodología seleccionada, reactivos y equipos utilizados. También están incluidos los Resultados y Discusión, en el cual puede venir separado o en una sección según convenga a los autores. Se necesita colocar cada tema a desarrollar en un subtítulo.



## OBJETIVO GENERAL

Implementar un ambiente de fotogrametría de reconstrucción 3D en *Google Colab* para la creación de modelos tridimensionales de objetos físicos.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para llevar a cabo el objetivo general, se listan a continuación los siguientes objetivos específicos.

1. Iniciar un ambiente de trabajo de *Colab*.
2. Conectar la cuenta a una instancia del servidor.
3. Instalar el programa *Multi-view Environment*.
4. Adjuntar las imágenes en un directorio específico de *Google Drive*.
5. Procesamiento fotogramétrico y visualización de los modelos.
6. Obtener conclusiones respecto al desempeño del servidor *Colab*.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de este artículo es el entorno *Google Colab*, el cual está basado en *Jupyter Notebook*. Su desarrollo colaborativo en línea ofrece un lugar conveniente para ejecutar e incluso compartir código. Para este proyecto en particular es útil que uno de sus recursos sea el de proporcionar el uso de un *GPU*, ya que será de mucha utilidad para el procesamiento de las imágenes de los objetos a modelar.

## METODOLOGÍA

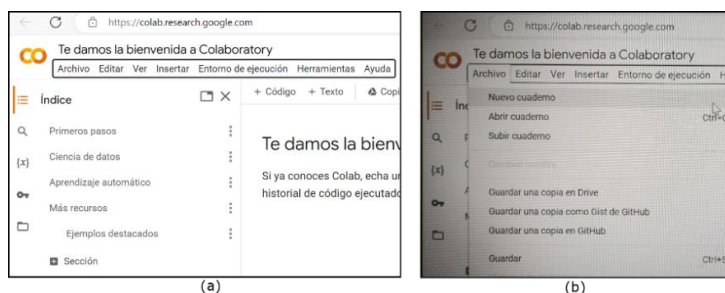
En esta sección se describe la metodología a seguir para la instalación del ambiente de reconstrucción 3D. Se describirán todos los pasos a seguir, desde la conexión inicial hasta la visualización de los resultados.

### 1. Iniciar un ambiente de trabajo.

Para poder acceder al ambiente de *Google Colab* se debe de contar con una cuenta de *Gmail*. De no contar con una, el lector deberá de crearla para poder continuar con los siguientes pasos. El espacio de *Colab* se encuentra en el siguiente enlace <https://colab.research.google.com/>. En la pantalla principal (Figura 31(a)) se le da la bienvenida al usuario. Esta pantalla cuenta con diversos recursos del entorno. A continuación, se deberá de hacer lo siguiente:

- 1.1. Crear un nuevo cuaderno de trabajo (*notebook*). Ya en la pantalla principal, haga *click* en *Archivo->Nuevo cuaderno* para crearlo (Figura 31(b)).

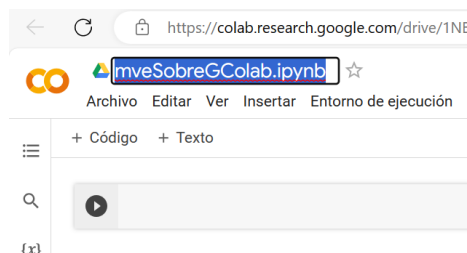
Figura 31



Entorno *Google Colab*. (a) Pantalla principal de bienvenida. (b) Creación de un nuevo ambiente de trabajo.

- 1.2. La nueva pantalla mostrará el cuaderno de *Colab*. Se recomienda darle un nombre significativo para poder diferenciarle de otros cuadernos de trabajo (Figura 32). En este ejemplo se le llamará *mveSobreGColab*.

Figura 32

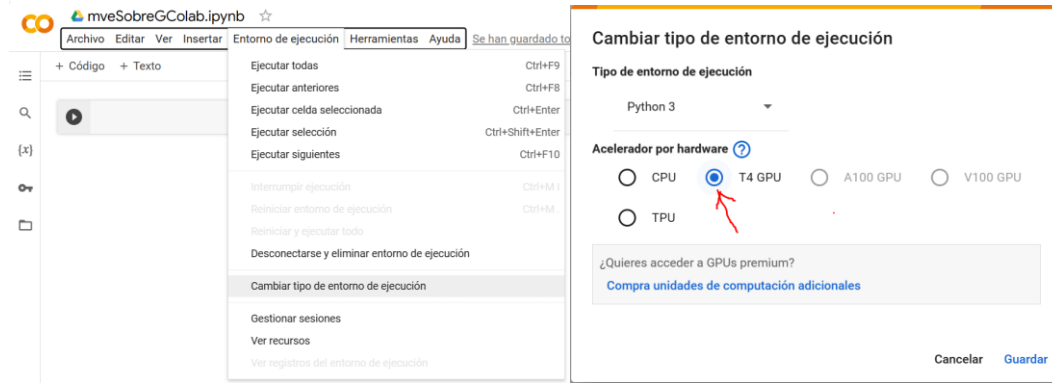


Nombre del cuaderno de *Google Colab*.

## 2. Conectar la cuenta a una instancia del servidor.

Al crear el cuaderno de trabajo se crea una instancia CPU. En este caso, se aprovechará el recurso del servidor y se creará una instancia de GPU (*Graphic Processing Unit*). Seleccione la pestaña *Entorno de ejecución* y después *Cambiar tipo de entorno de ejecución* (Figura 33(a)). La ventana emergente mostrará dos opciones: el *Tipo de entorno de ejecución* y la de *Acelerador por hardware*. Dejar la primera como está y en el acelerador seleccionar la opción que incluye el GPU (el menú puede ser diferente de la captura tomada al momento de redactar este documento) y guardar la configuración (Figura 33(b)). Hay otras opciones que estarán inhabilitadas de acuerdo al tipo de cuenta. La versión sin coste utilizada está limitada a una sola opción de GPU.

Figura 33



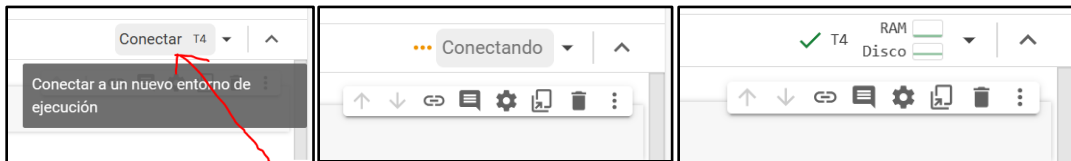
(a)

(b)

*Entorno de ejecución. (a) Google Colab ofrece una instancia GPU. (b) Seleccionar la opción de Acelerador por Hardware.*

El siguiente paso consiste en conectarse al entorno de ejecución. En la parte superior derecha, dar *click* en *Conectar* (Figura 34(a)). Esta opción reserva los recursos del servidor a la instancia del cuaderno de trabajo de *Colab* (Figura 34(b) y (c)). Si se deja de utilizar el espacio de *Colab* durante un tiempo (por ejemplo, que se esté navegando por otras páginas), el servidor se desconecta automáticamente. En tal caso, sólo hay que volver a conectarse en la misma opción.

Figura 34



(a)

(b)

(c)

*Entorno de ejecución. (a) Esta opción permite conectar la instancia del cuaderno de trabajo a los recursos del servidor. (b) La conexión puede tardar algunos segundos. (c)*

## 3. Instalar el programa *Multi-view Environment*.

En esta sección se describirá la manera de instalar el software MVE. Sin embargo, se requiere de algunas anotaciones previas.

**3.1. Ejecutar comandos simples.** En la sección de código de *Colab* hay diversas formas para ejecutar comandos de *Linux*. Una de ella es anteponer el símbolo **!** antes del comando de *Linux*. Por ejemplo, el comando **!df -h** muestra información sobre el uso del espacio en disco en el sistema (Figura 35(a)). La otra opción suele ser más práctica y recomendable. Consiste en escribir **%%shell** en una línea y en las siguientes se podrán colocar y ejecutar más de un comando. Al dar *click* en el símbolo de *play*, éstos se ejecutarán en secuencia (Figura 35(b)).

Figura 35

(a)

```

+ Código + Texto
df -h
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
overlay          79G   27G   52G   35% /
tmpfs            64M    0   64M    0% /dev
shm              5.7G    0   5.7G    0% /dev/shm
/dev/root        2.0G   1.1G   885M   55% /usr/sbin/docker-init
tmpfs            6.4G   68K   6.4G    1% /var/colab
/dev/sda1        50G    30G   21G   59% /opt/bin/.nvidia
tmpfs            6.4G    0   6.4G    0% /proc/acpi
tmpfs            6.4G    0   6.4G    0% /proc/scsi
tmpfs            6.4G    0   6.4G    0% /sys/firmware

```

(b)

```

%%shell
df -h
ls -la
pwd
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
overlay          79G   27G   52G   35% /
tmpfs            64M    0   64M    0% /dev
shm              5.7G    0   5.7G    0% /dev/shm
/dev/root        2.0G   1.1G   885M   55% /usr/sbin/docker-init
tmpfs            6.4G   112K   6.4G    1% /var/colab
/dev/sda1        50G    30G   21G   59% /opt/bin/.nvidia
tmpfs            6.4G    0   6.4G    0% /proc/acpi
tmpfs            6.4G    0   6.4G    0% /proc/scsi
tmpfs            6.4G    0   6.4G    0% /sys/firmware
total 16
drwxr-xr-x 1 root root 4096 Nov  9 14:25 .
drwxr-xr-x 1 root root 4096 Nov 10 20:12 ..
drwxr-xr-x 4 root root 4096 Nov  9 14:24 .config
drwxr-xr-x 1 root root 4096 Nov  9 14:25 sample_data
/content

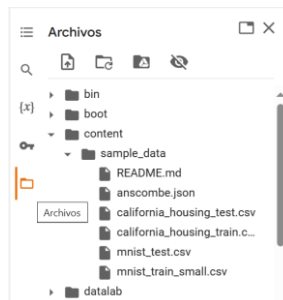
```

Comandos de Linux. (a) Anteponer el símbolo ! al comando a ejecutar. (b) Este modo permite ejecutar varios comandos a la vez (recomendable).

En un bloque de código, es posible cambiar los comandos por otros o bien, separarlos en distintos bloques seleccionando +Código. De esta manera, quedará un bloque con algunos comandos fijos que puedan servir más adelante.

**3.2. Estructura de los directorios.** La terminal de Colab, por defecto, inicia en un directorio llamado /content, el cual tiene un directorio llamado sample\_data. Este último tiene un conjunto de archivos de ejemplo para realizar algunos análisis estadísticos, sin embargo, no serán de utilidad para el objetivo de este artículo.

Figura 36



Estructura del directorio en Colab.

**3.3. Instalación de Multi-View Environment (MVE).** La instalación de MVE se realiza directamente en el espacio de Colab. Se requiere de descargar el programa desde el sitio de github y después hay que compilar el código. Como una buena práctica, en Linux, los programas suelen instalarse en /usr/local/bin, el cual es un directorio dedicado al software de usuario. Así que se deberá de cambiar de directorio, es escribiendo los siguientes comandos en la terminal de Colab (se ha puesto en texto este comando para que al lector le sea más fácil el copiar-pegar y evitar equivocarse). En la Figura 37 se muestra la salida del comando de descarga del programa MVE.

```

$ %%shell
$ cd /usr/local/bin/
$ git clone https://github.com/simonfuhrmann/mve.git

```



**Figura 39**

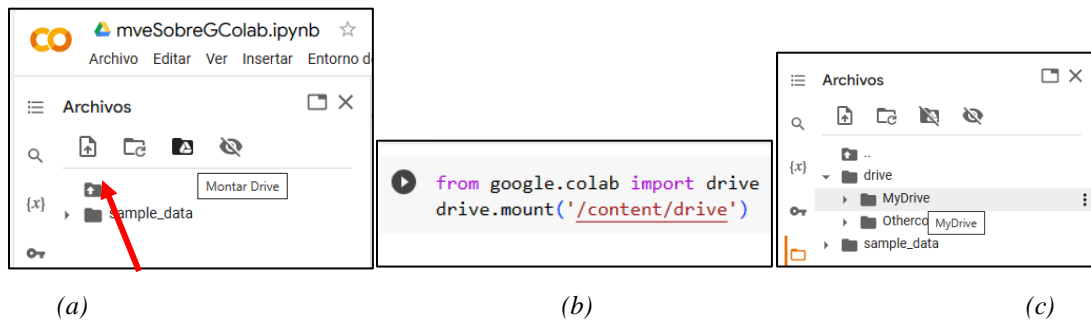


*Modelos 3D. (a) Modelo 3D de un monumento público. Puede verse en línea en <https://skfb.ly/o7rXH>. (b) Modelo tridimensional de un Águila de madera.*

#### 4. Adjuntar las imágenes en Google Drive.

Las imágenes a modelar deben de subirse al entorno de *Colab*. Sin embargo, es más recomendable la opción de acceder al espacio de *Google Drive* que la de subir las imágenes. Esto último, además de ser más lento, tiene el inconveniente de que el directorio asignado en *Colab* es borrado después de un periodo de 12 horas, lo cual no es nada práctico. Así que lo mejor es subir las imágenes en algún directorio de *Drive* y después montar dicho directorio en `/content`. De un *click* en la opción *Montar Drive* que se observa en la Figura 40(a). En el entorno de *Colab* aparecerá una ventana como la que se muestra en la Figura 40(b). No es necesario ejecutarla, tan solo aparece para indicar que la conexión se realizó con éxito. Ahora ya puede observar que la carpeta de drive se encuentra en el directorio principal `/content/drive` (Figura 40(c)).

**Figura 40**



*Montaje de Google Drive. (a) Esta opción conecta el espacio de Colab con el de Google Drive. Esto suele ser más recomendable que subir las imágenes directamente a Colab. (b) Comando que aparece en un bloque de desarrollo de Colab. (c) Al darle play al comando anterior, se puede visualizar el espacio de Drive.*

Se sugiere copiar las imágenes a procesar en el directorio principal. Esto se realiza con el comando:

```
$ !cp /content/drive/ruta-al-directorio-de-las-imagenes /content
```

Ahora ya se podrá realizar del procesamiento de las imágenes y la creación de los modelos tridimensionales. Si el nombre del directorio del espacio de *Colab* o el de las imágenes tiene un espacio, tendrá que encerrar la ruta entre comillas dobles:

```
$ !cp "/content/drive/nombre de directorio con espacios" /content
```

**4.1. Imágenes a procesar.** Las imágenes deben de tener ciertas características. Es importante que éstas tengan una alta resolución espacial para garantizar una representación precisa del objeto tridimensional. Además, se requiere un traslape adecuado entre las imágenes para permitir una reconstrucción tridimensional desde múltiples ángulos y perspectivas, iluminación uniforme y bien distribuida es esencial, minimizar elementos de distracción en el fondo y mantener un alto contraste entre el objeto y su entorno y finalmente, cuidar la consistencia en la calidad y calibración de las cámaras utilizadas. Para este ejemplo, se utilizó un conjunto de imágenes tomadas al aire libre.



## 5. Probar el flujo de procesamiento fotogramétrico completo.

El flujo de procesamiento de un conjunto de imágenes que realiza MVE consta de seis instrucciones principales:

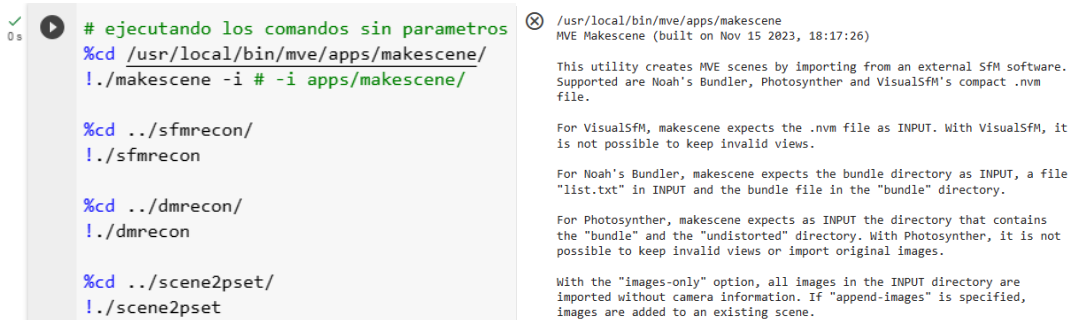
```
$ makescene -i <image-dir> <scene-dir>
$ sfmrecon <scene-dir>
$ dmrecon -s2 <scene-dir>
$ scene2pset -F2 <scene-dir> <scene-dir>/pset-L2.ply
$ fssrecon <scene-dir>/pset-L2.ply <scene-dir>/surface-L2.ply
$ meshclean -t10 <scene-dir>/surface-L2.ply <scene-dir>/surface-L2-clean.ply
```

Donde <image-dir> es el directorio en donde se encuentran las imágenes a procesar y <scene-dir> es un directorio base que crea MVE para alojar los archivos que va creando durante el proceso. Para verificar que los comandos funcionan correctamente, se sugiere realizar un llamado a cada uno sin parámetros. Si la salida muestra la información de cada uno, será la muestra de su correcto funcionamiento como se observa en la Figura 41. A manera de ejemplo, se ponen sólo dos comandos:

```
%cd /usr/local/bin/mve/apps/makescene/
!./makescene -i

%cd ..
%cd /usr/local/bin/mve/apps/sfmrecon/
!./sfmrecon
```

Figura 41



*Comandos de MVE. Si éstos se ejecutan tal y como se muestra (sin parámetros) la salida será la que se observa a la derecha, que indica que los programas se han instalado correctamente.*

Ya que se ha realizado la comprobación del funcionamiento de los comandos, es posible comenzar con el flujo completo de procesamiento. Los comandos mostrados arriba se ejecutarán en secuencia y en la terminal se podrá observar la salida de cada uno de éstos (figura X).

```
$ %cd /usr/local/bin/mve/apps/makescene/
$ !./makescene -i /content/imagesAguilaDemadera/ /content/imagesAguilaDemadera/scena/

$ %cd ../sfmrecon/
$ !./sfmrecon /content/imagesAguilaDemadera/scena/

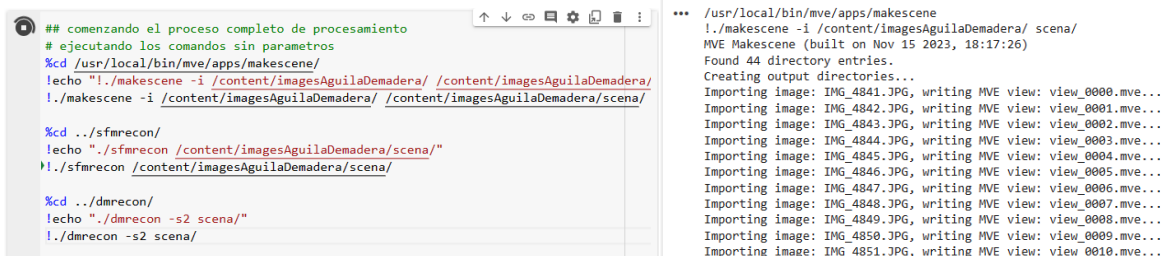
$ %cd ../dmrecon/
$ !./dmrecon -s2 scena/

$ %cd ../scene2pset/
$ !./scene2pset -F2 scena/ scena/pset-L2.ply

$ %cd ../fssrecon/
```

```
$ !./fssrecon scena/pset-L2.ply scena/surface-L2.ply
$ %cd ../meshclean/
$ !./meshclean -t10 scena/surface-L2.ply scena/surface-L2-clean.ply
$ #regresando al directorio de makescene
$ !echo "terminando el flujo de procesamiento"
```

Figura 42



```
## comenzando el proceso completo de procesamiento
# ejecutando los comandos sin parametros
%cd /usr/local/bin/mve/apps/makescene/
!echo "!.makescene -i /content/imagesAguilaDemadera/ /content/imagesAguilaDemadera/
!.makescene -i /content/imagesAguilaDemadera/ /content/imagesAguilaDemadera/scena/

%cd ../sfmrecon/
!echo ".sfmrecon /content/imagesAguilaDemadera/scena/"
!.sfmrecon /content/imagesAguilaDemadera/scena/

%cd ../dmrecon/
!echo ".dmrecon -s2 scena/"
!.dmrecon -s2 scena/

*** /usr/local/bin/mve/apps/makescene
!.makescene -i /content/imagesAguilaDemadera/ scena/
MVE Makescene (built on Nov 15 2023, 18:17:26)
Found 44 directory entries.
Creating output directories...
Importing image: IMG_4841.JPG, writing MVE view: view_0000.mve...
Importing image: IMG_4842.JPG, writing MVE view: view_0001.mve...
Importing image: IMG_4843.JPG, writing MVE view: view_0002.mve...
Importing image: IMG_4844.JPG, writing MVE view: view_0003.mve...
Importing image: IMG_4845.JPG, writing MVE view: view_0004.mve...
Importing image: IMG_4846.JPG, writing MVE view: view_0005.mve...
Importing image: IMG_4847.JPG, writing MVE view: view_0006.mve...
Importing image: IMG_4848.JPG, writing MVE view: view_0007.mve...
Importing image: IMG_4849.JPG, writing MVE view: view_0008.mve...
Importing image: IMG_4850.JPG, writing MVE view: view_0009.mve...
Importing image: IMG_4851.JPG, writing MVE view: view_0010.mve...
```

Comandos en ejecución. La salida en el bloque de desarrollo debe de mostrar un progreso en el procesamiento de las imágenes.

### 5.1. Generación de textura.

Cuando el proceso de MVE ha terminado, en el directorio scene/ se encuentran los archivos del modelo, sin embargo, aunque se visualizan y parecen estar concluidos, carecen de textura. Lo anterior es debido a que MVE no genera la textura del modelo. No obstante, el programa *TexRecon* lo hace a partir de los archivos de salida de MVE. El archivo que toma como base este programa es el surface-L2-clean.ply y se le debe de indicar la posición de la escena y el nombre del archivo final.

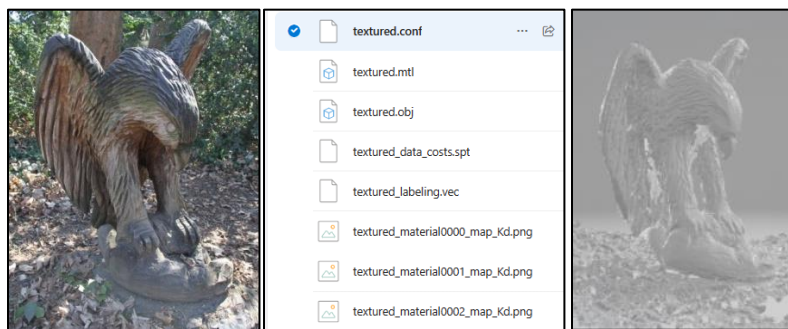
```
$ /mvs/ruta-al-programa-texrecon/build/apps/texrecon/texrecon </scene>::undistorted </content/ruta-a-la-escena>/Surface-L2-clean.ply <nombre-de-salida>
```

En este artículo, se utilizó el siguiente comando:

```
$!/mvs-texturing/build/apps/texrecon/texrecon /content/imagesAguilaDemadera/scena::undistorted
/content/imagesAguilaDemadera/scena/surface-L2-clean.ply textured
```

El cual generará un conjunto de archivos, todos con el prefijo indicado en <nombre-de-salida>.

Figura 43



## RESULTADOS

Una vez que culmina el proceso, en el directorio /scene se encuentran todos los archivos con los que puede visualizarse el modelo (Figura 43(a)). El archivo que debe de descargarse para su visualización tendrá la extensión obj. Es importante mencionar que, de exportarse este modelo, tiene que ir acompañado de los archivos de textura que se generan, es decir, de todos los archivos que compartan el mismo prefijo; en este caso, el prefijo es textured (Figura 43(b)). Si sólo se tiene el archivo obj, el modelo 3D se verá sin color ni textura como en la (c) de la misma figura. El programa recomendado para visualizar los modelos es *Meshlab*, el cual es gratuito y está disponible para sistemas operativos *Windows* y *Linux*.

## 5.2. Copiar los archivos de salida.

Los archivos de salida se almacenan en `/content/imagesAguilaDemadera/scena`. Sin embargo, no es posible visualizarlos en el entorno de *Colab*. Así que hay que copiarlos a otro espacio descargarlos para, posteriormente, visualizarlos. El comando para copiar todos los archivos al directorio de *Drive* es:

```
$ !cp /content/textured* "/content/drive/nombre de directorio con espacios/output"
```

Este comando copiará sólo los archivos finales, los que cuyo nombre comienzan con `textured`:

`textured.conf`, `textured.mtl`, `textured.obj`, `textured_data_costs.spt`, `textured_labeling.vec` y un conjunto de imágenes de formato png con prefijo `textured_material0000_map_Kd.png`. El número de imágenes es variable y pueden visualizarse con el visor de imágenes local de cada equipo. Éstas son en realidad mosaicos con diferentes partes de la imagen del modelo. Una vez copiados en el directorio de *Drive*, ya pueden descargarse en el equipo de cómputo utilizado y apreciar los modelos creados.

## DISCUSIÓN

El uso de alternativas de procesamiento en servicios remotos se ha ido popularizando en los últimos años. *Colab*, además de ofrecer un espacio de trabajo colaborativo, permite la instalación y ejecución de programas. Sin embargo, en este último aspecto, el ambiente de *Colab* tiene algunas desventajas. Entre las más destacables figura la de que hay un límite de tiempo para el almacenamiento de los archivos subidos y de los programas instalados. Esto es, que cuando se deja de usar el espacio de *Colab*, después de 12 horas, el espacio regresa a la configuración inicial. Lo anterior parece ser un problema, sin embargo, *Colab* conserva los comandos que se introdujeron para instalarlo todo. Así que basta con volverlos a ejecutar y los programas se instalarán de nuevo. Otra desventaja es que el entorno de *Colab* requiere que el equipo esté activo, es decir, que no se sigue ejecutando al cerrar el equipo o suspenderse. No obstante, para proyectos pequeños que no involucren demasiadas imágenes, *Colab* es suficiente y sus resultados son iguales a los que se obtendrían en una instalación local de los programas de procesamiento descritos en este artículo.

## CONCLUSIÓN

La instalación y ejecución de programas externos en el entorno de *Google Colab* ha permitido llevar a cabo el procesamiento y modelado 3D de dos conjuntos de imágenes representando diferentes modelos. La capacidad de ejecutar comandos de *Linux* en un entorno de trabajo colaborativo en la nube ha demostrado ser fundamental para aprovechar la potencia de procesamiento remoto y almacenamiento ofrecida este servidor. La integración con *Google Drive* ha facilitado la transferencia eficiente de datos, permitiendo la carga de imágenes y la descarga de resultados de manera conveniente. Esto último es mejor y más rápido que subir los archivos a través de un comando de *Colab*. Los modelos tridimensionales generados presentan una representación visual detallada de los objetos capturados, lo que demuestra la eficacia de la fotogrametría y las herramientas utilizadas. Este enfoque ofrece una alternativa accesible y eficiente para realizar tareas de modelado 3D sin la necesidad de infraestructura local robusta. Sin embargo, para futuros proyectos, es esencial considerar la optimización de recursos y abordar posibles limitaciones, así como mantener buenas prácticas de seguridad al trabajar con datos sensibles en entornos en la nube.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Community, B.O., «Blender - a 3D modelling and rendering package,» 01 01 2018. [En línea]. Available: <http://www.blender.org>.
- [2] Autodesk, INC., «Maya,» 15 12 2019. [En línea]. Available: <https://autodesk.com/maya>. [Último acceso: 25 03 2023].
- [3] Datum INGENIERIA, «Context Capture,» Datum INGENIERIA, 01 02 2012. [En línea]. Available: <https://datuming.com/producto/contextcapture/>. [Último acceso: 25 11 2022].
- [4] Epic Games, «CapturingReality: 3D models from photos and/or laser scans,» Inc. Epic Games, 19 09 2018. [En línea]. Available: <https://www.capturingreality.com/>. [Último acceso: 24 11 2022].
- [5] 3Dflow SRL, «3Dflow. Computer Vision specialists-home of 3DF Zephyr,» Company. 3Dflow.net, 15 05 2017. [En línea]. Available: <https://www.3dflow.net/>. [Último acceso: 27 06 2023].
- [6] ALICEVISION association, «Alice vision: Photogrammetric Computer Vision Framework,» ALICEVISION association, 16 08 2020. [En línea]. Available: <https://alicevision.org/#>. [Último acceso: 21 10 2022].
- [7] C. Wu, «Towards Linear-time Incremental Structure From,» 01 01 2013. [En línea]. Available: <http://ccwu.me/vsfm/>. [Último acceso: 13 09 2022].
- [8] J. L. a. F. J.-M. Schonberger, «Structure-from-Motion Revisited,» de *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Spain, 2016.
- [9] S. L. F. a. G. M. Fuhrmann, MVE - A Multi-View Reconstruction Environment, Reinhard Klein and Pedro Santos, 2014.
- [10] Docker Inc., «Play with Docker,» Docker Inc., 19 04 2020. [En línea]. Available: <https://www.docker.com/play-with-docker/>. [Último acceso: 23 07 2022].
- [11] E. Bisong, «Google Colaboratoty,» de *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform: A Comprehensive Guide for Beginners*, Berkeley, CA, Apress, 2019, pp. 59--64.
- [12] Darmstadt Inc., «Darmstadt GCC,» 03 01 2016. [En línea]. Available: <https://www.gcc.tu-darmstadt.de/home/proj/mve/>. [Último acceso: 07 05 2022].
- [13] Amazon AWS, *Example Datasets*, 2022.

# Sensibilización de la Importancia y Trascendencia del Desarrollo Docente

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.699

Maricela Méndez Mendoza Anastasio  
Rodríguez García

José de Jesús Eduardo Barrientos Avalos

<sup>1</sup>Institución de Procedencia/Personal,e-mail: [maricelamendez@utng.edu.mx](mailto:maricelamendez@utng.edu.mx)

<sup>2</sup> Institución de Procedencia/Personal,e-mail: [anastaciordríguez@utng.edu.mx](mailto:anastaciordríguez@utng.edu.mx)

<sup>3</sup> Institución de Procedencia/Personal,e-mail: [jjbarrientos@utng.edu.mx](mailto:jjbarrientos@utng.edu.mx)

## Resumen

La figura del docente a través del tiempo y de las actuales generaciones, ha perdido su importancia, pareciendo que se centra únicamente la atención en los alumnos y alumnas; es necesario retomar esa sensibilización de la persona del docente, estando comprobado que si el docente se encuentra motivado, valorado y sobre todo reconocido en su quehacer diario; los resultados se van a ver reflejado dentro y fuera del aula.

La sensibilización sobre la importancia y trascendencia del desarrollo docente es un tema fundamental en el ámbito educativo, ya que la calidad de la enseñanza depende en gran medida de la formación continua y actualización de los profesionales de la educación. Este proceso no solo beneficia a los docentes, sino que también impacta directamente en la calidad de la educación que reciben los estudiantes.

En primer lugar, el desarrollo docente implica la adquisición de nuevas habilidades, conocimientos y competencias pedagógicas que permiten a los profesores adaptarse a los cambios en la sociedad y en las metodologías de enseñanza. La educación está en constante evolución, y los docentes deben estar preparados para utilizar las últimas herramientas y enfoques pedagógicos con el fin de proporcionar una experiencia de aprendizaje efectiva y relevante.

Además, la sensibilización sobre la importancia del desarrollo docente destaca la necesidad de fomentar una cultura de aprendizaje continuo en las instituciones educativas. Esto implica no solo brindar oportunidades de formación, sino también crear un entorno que promueva la reflexión, la colaboración y el intercambio de buenas prácticas entre los docentes. La trascendencia de este desarrollo no se limita solo al ámbito individual del docente, sino que tiene un impacto directo en el desempeño académico y el desarrollo integral de los estudiantes.

El desarrollo docente también está estrechamente vinculado a la mejora de la motivación y la satisfacción laboral de los profesionales de la educación. Cuando los docentes sienten que están en constante crecimiento y actualización, se fortalece su compromiso con la enseñanza, lo que se traduce en un ambiente educativo más dinámico y enriquecedor, siendo esencial para garantizar una educación de calidad. Este enfoque no solo beneficia a los profesionales de la educación, sino que también tiene un impacto directo en el éxito académico y en el desarrollo integral de los estudiantes, así como en la construcción de una sociedad más informada y preparada para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

**PALABRAS CLAVE:** Capacitación, Docente, Estrés, Interdisciplinario

## Abstract

The role of the teacher has diminished in significance over time and across current generations, seemingly with the sole focus on students. It is necessary to rekindle awareness of the teacher's role, as it has been proven that when educators are motivated, valued, and especially recognized in their daily endeavors, the results are reflected both inside and outside the classroom. Sensitization regarding the importance and impact of teacher development is a fundamental topic in the educational sphere. The quality of education largely depends on the continuous training and updating of education professionals. This process not only benefits teachers but also directly impacts the quality of education students receive. Firstly, teacher development involves acquiring new skills, knowledge, and pedagogical competencies that enable educators to adapt to changes in society and teaching methodologies. Education is constantly evolving, and teachers must be prepared to use the latest tools and pedagogical approaches to provide an effective and relevant learning experience. Furthermore, awareness of the importance of teacher development emphasizes the need to foster a culture of continuous learning in educational institutions. This involves not only providing training opportunities but also creating an environment that promotes reflection, collaboration, and the exchange of best practices among teachers. The significance of this development extends beyond the individual teacher to directly impact academic performance and the holistic development of students. Teacher development is also closely linked to improving the motivation and job satisfaction of education professionals. When teachers feel they are in constant growth and updating, their commitment to teaching is strengthened, resulting in a more dynamic and enriching educational environment, essential for ensuring quality education. This approach benefits not only education professionals but also has a direct impact on academic success, the holistic development of students, and the construction of a more informed society prepared to face the challenges of the 21st century.

**KEY WORDS:** Training, Teacher, Stress, Interdisciplinary.

## INTRODUCCIÓN

La capacitación juega un papel importante en la trascendencia del desarrollo docente, siempre y cuando esa capacitación esté perfilada a los requerimientos de sus quehaceres diarios y no se trate de estar llenando huecos con capacitaciones que lo único que reflejan es el cumplimiento de horas asignadas a la misma.

En esta investigación se va descubriendo el sentir de algunos docentes, que viven dicho proceso en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato; dichas expresiones están basadas en los lineamientos y políticas internas de la misma institución.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descubrir la importancia de la persona del docente a través de la capacitación, logrando la adaptación de dicha actividad.

- ✓ Definir la capacitación como un estímulo docente, el cual se vea reflejado en su quehacer diario.
- ✓ Interpretar la normatividad institucional que se aplica en la planeación y ejecución de la capacitación docente, para esquematizar las actividades que indica.
- ✓ Comparar la capacitación otorgada al docente, en base a las necesidades de su quehacer diario, mostrando una opinión fundamentada.

## OBJETO DE ESTUDIO

Comprender y abordar la relevancia del desarrollo profesional continuo de los docentes en el contexto educativo. Adentrándose en la necesidad de concientizar a los diversos actores educativos sobre la importancia de invertir en el crecimiento y la actualización constante de los profesionales de la enseñanza.

El desarrollo docente no se limita simplemente a la formación inicial que un individuo recibe al convertirse en docente, sino que implica un proceso continuo de aprendizaje y mejora a lo largo de toda la carrera profesional. El objeto de estudio busca explorar cómo este desarrollo impacta directamente en la calidad de la educación que los docentes pueden ofrecer a sus estudiantes.

## METODOLOGÍA

Se aplicará una metodología cualitativa al tema "Sensibilización de la Importancia y Trascendencia del Desarrollo Docente" implicando recopilar datos descriptivos y explorando las experiencias y percepciones vividas. A continuación, se detallan los pasos que podrías seguir:

**Revisión de la literatura:** Iniciar con una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre desarrollo docente, identificando estudios, investigaciones y mejores prácticas relacionadas con la sensibilización sobre la importancia de la formación continua de los docentes.

**Investigación cualitativa:** Realizar investigaciones cualitativas, como entrevistas a docentes, directores, y otros actores educativos para comprender las percepciones y experiencias en torno al desarrollo docente. Complementar esto con datos cuantitativos, como encuestas, para obtener una visión más amplia y estadísticamente relevante.

**Análisis de resultados:** Evaluar los resultados de la sensibilización sobre el desarrollo docente, apoyándose de informe de resultados de capacitación.

## DESARROLLO

Es importante señalar, que dentro de la distribución académica se encuentra el Desarrollo Docente (Formación, capacitación y actualización, estancias en el sector productivo), siendo actividades prioritarias para el docente para llevar a cabo las demás actividades. La naturaleza de la docencia no se encuentra únicamente en la planeación, ni en la evaluación, sino principalmente en su ejecución.

La práctica docente desarrolla prácticas educativas "Operamos intencionalmente transformaciones en nosotros, en los que saben, hacen o quieren. No basta solo con la intención de educar, yo puedo querer, a través de nombrar listas, escribir en el pizarrón, explicar, hacer ejercicios, dejar tareas, preguntar a los alumnos, capacitarlos a que resuelvan problemas, pero si después les aplicó un examen o les pido que reevalúen un problema y no lo hacen, no educo". (Revista práctica educativa No.5, 2000, p. 15). Toda práctica docente se despliega en espacios y tiempos específicos, ocurriendo dentro de un contexto, donde toda sociedad define lo que hay, cuándo y cómo enseñar en dicha sociedad. Debiendo estar consciente de la importancia que juega el rol del docente, refiriéndonos en específico al docente universitario, donde su misión está comprometida en la formación integral de los futuros profesionistas, que ayudarán a la construcción de una mejor sociedad.

Enfocándose de manera particular en los docentes universitarios; de manera particular de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato (UTNG), preocupado por la trascendencia del desarrollo docente a través de la capacitación y actualización. Al igual que se está comprometida con su formación integral del alumnado, debe existir de la misma manera el compromiso con los docentes en la creación, desarrollo y evaluación de una formación pedagógica y capacitación en su área profesional de manera permanente, donde lleve a generar un currículum de experiencias educativas planificadas, propiciadas por el docente y la institución escolar, que ayuden a plantearse: ¿Cómo se genera y valida el conocimiento en el alumnado?, con la intención de formar un docente reflexivo, que le ayude a realizar con la claridad y el significado de lo que hace y por qué lo hace; un docente indagador, que fomente la investigación y exploración de sus acciones, para así comprometerse el trabajar de manera colaborativa, intercambiando y deliberando ideas entre pares, creando un clima favorecedor del desarrollo profesional.

Al no existir un docente reflexivo e indagador de su quehacer diario, se condena a realizar una experiencia en el aula sin justificar



teóricamente su razón de ser, sin controlar el desarrollo, sin reflexionar sistemáticamente sobre sus conclusiones, sin analizar, sin comprender, sin actuar y evaluar críticamente lo que ocurre y experimentar por que sí.

Quedándose atrapado en lo que Platón mencionaba como el Mito de la Caverna “Las apariencias engañan”, creer que lo que se realiza para y en aula siempre es lo mejor, no buscando el ideal permanente de la mejora continua. Siguiendo este postulado Stenhouse (1991, p. 169) argumenta “que el profesional normalmente reflexiona, al enfrentarse a situaciones complejas, cambiantes, inciertas, conflictivas”. Llegando a crear el aula, como esa caverna conocida, donde se entiende que todo se conoce y domina dentro de la misma; puesto que no nunca se ha salido al mundo exterior.

Es comenzar a redescubrir a la escuela, como un espacio de mejora educativa, donde se busque aceptar la crítica de lo que se construye, cambio de mentalidad, comunidad en permanente aprendizaje, promoviendo así el pensamiento reflexivo de los docentes y estudiantes.

### **Revisión de literatura**

Dentro de la metodología de diseño y actualización curricular, de las Universidades Tecnológicas y Politécnicas definen a la competencia profesional (2023): “Posesión y desarrollo de conocimientos, destrezas y actitudes que permiten al sujeto que las posee, desarrollar actividades en su área profesional, adaptarse a nuevas situaciones, así como transferir, si es necesario, sus conocimientos, habilidades y actitudes a áreas profesionales”.

La realización de las competencias profesionales de cada Programa Educativo se realiza con la elaboración del Análisis Situacional del Trabajo (AST), siendo este conformado por el sector productivo con el que están vinculadas las Universidades Tecnológicas, esta técnica tiene la finalidad de la obtención de información necesaria para identificar las funciones, tareas y habilidades que se deben dominar en el área de trabajo real a la que se enfrentará el estudiante al momento de egresar, así como las herramientas, equipo que debe manejar para el desempeño profesional competente.

Al contar con el AST, posteriormente se integran 4 fases:

1. FASE I. Saber hacer: Capacidades y criterios de desempeño.
2. FASE II. Saber y saber ser: Habilidades que se debe de contar al momento de egresar.
3. FASE III. Contenidos temáticos: Desarrollo de la asignatura que integra el programa.
4. FASE IV. Mapa curricular y plan de estudios. Integración de la estructura curricular.

Una vez que cuenta con la estructura organizacional, se procede a la distribución académica para profesores de tiempo completo, se encuentra repartida en los siguientes rubros (Ver Tabla 1 Actividades por Docente):

De acuerdo al comunicado oficial UTNG No.3, el día 6 de abril de 2005, se llevó a cabo la reunión académica en la cual se tomó el acuerdo No. 1 que textualmente establece: “Se acuerda la matriz de distribución de actividades docentes en congruencia con el formato F-SAC-03 (Distribución

académica por docente hrs./semana)”, de la siguiente manera:

**Tabla 1**  
**ACTIVIDADES POR DOCENTES**

ACTIVIDAD	HRS.POR SEMANA
Docencia <ul style="list-style-type: none"> <li>Impartición de asignaturas frente a grupo</li> </ul>	12-18 Hrs.
Atención a estudiantes <ul style="list-style-type: none"> <li>Tutorías,</li> <li>Asesorías académicas,</li> <li>Asesoría de proyectos de estadías</li> </ul>	4 ó 6 Hrs. 0.2 Hrs. / Hr. Docencia 1.6 Hrs/Alumno
Desarrollo de la Asignatura <ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación de clases, elaboración de material didáctico, evaluación del aprendizaje (diseño, aplicación, evaluación y retroalimentación de tareas, prácticas, proyectos y exámenes)</li> </ul>	0.4 Hrs / Hr. Docencia
Desarrollo Docente <ul style="list-style-type: none"> <li>Formación, capacitación y actualización, estancias en el sector productivo.</li> </ul>	2-8 Hrs.
Participación Institucional <ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión individual o colegiada, organización de eventos académicos, actividades académico-administrativas, participación en comités académicos.</li> </ul>	2-10 Hrs.
Generación o aplicación innovadora del conocimiento <ul style="list-style-type: none"> <li>Memorias de congreso, artículos de revista arbitradas, manuales de asignaturas, compendios, desarrollo de programa de asignatura, libros, capítulos en libros, obras artísticas o patentes.</li> </ul>	3-10 Hrs.
Vinculación con el sector productivo, académico y de servicios <ul style="list-style-type: none"> <li>Proyectos de vinculación y desarrollo tecnológico, consultoría, servicios tecnológicos, desarrollo e impartición de talleres, conferencias, diplomados y cursos.</li> </ul>	1-10 Hrs.

### Investigación Cualitativa

De las actividades mencionadas se enfocara de manera particular en la de desarrollo docente, que conforma la formación, capacitación y actualización, estancias en sector productivo; asignando semanalmente de 2 a 8 hrs. Apoyándose en el procedimiento 14 del Sistema de Gestión y Calidad de la UTNG, se refiere a la Capacitación Institucional, donde el departamento de Desarrollo Académico es el encargado realiza un DNC (Detección de necesidades de capacitación) el cual es contestado por cada uno de los docentes (*Tiempo completo y asignatura*); en el momento de su llenado existen diferentes factores (*Ver Figura 1*) que intervienen para su correcta ejecución, como por ejemplo:

- El docente no está inmerso en el campo laboral o nunca lo ha estado, desconociendo temas actualizados de la industria para la formación integral del alumnado.
- El docente desconoce la importancia de su formación pedagógica.
- Al contestar el llenado del AST, el docente cuenta con una presencia de despersonalización y agotamiento profesional, terminando por contestar lo primero que se viene a la mente o lo que se conoce como síndrome de Burnout.
- Otro escenario es que al momento de asignarle una determinada asignatura no se cuenta con la preparación suficiente y tiene que estar estudiando a la par que los alumnos y alumnas, debido a que el DNC no se plasmó las necesidades de capacitación ante los nuevos requerimientos de los Planes y Programas de Estudios vigentes.

Figura 1  
Formato de Detección Necesidades de Capacitación

2. Describa en orden de prioridad las tres principales necesidades de capacitación que requieres para mejorar tus funciones laborales en cuestión de conocimientos técnicos.

NOTA: Considerar que el 1 es la prioridad mas importante.

Priorida

7. 8. 9.

d 2: \*

Priorida

Priorida

d 1: \*


Rev. 1: 31/enero/2022 DE-BRH-03

Una vez llenado el programa de capacitación institucional por los docentes, posteriormente es aprobado por el equipo directivo, se ejecuta y después se evalúa, finalizando con un informe de resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El informe de resultados de la capacitación recibida es apoyada en el formato DE-BRH-02 (Informe de resultados), donde se proporciona por cada docente el número de eventos convocados, número de eventos cumplidos, número de horas acumuladas (Ver Figura 2).

Figura 2  
Formato DE-BRH-02

 Universidad Tecnológica del Norte de Querétaro <small>UNIVERSIDAD PÚBLICA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO</small>																			
CONCENTRADO DE CAPACITACIÓN ____ (AÑO)																			

*Formato F-BDA-06 Concentrado de evaluación docente*

[illegible]

Sabiendo que un número en la mayoría de ocasiones no define que algo está bueno o malo, ¿Qué pasa con los docentes que su capacitación no fue pertinente a su perfil académico? ¿Qué pasa con los docentes que su capacitación pedagógica es poca o nula para trabajar bajo el modelo de competencias? ¿Qué pasa con los docentes que recibieron una capacitación en una plataforma virtual que no cubre con sus expectativas? ¿Qué pasa con los docentes que nunca han recibido una estancia en el sector productivo? Todo esto se puede ver reflejado en la calidad de impartición de las clases de los docentes.

Aterrizando todo lo mencionado anteriormente y de manera más puntual, en el caso de la carrera de TSU de Desarrollo de Software, la tecnología crece a pasos agigantados, lo que se enseña en el aula puede estar alejado completamente de la realidad, no buscando culpables sino soluciones, que lleven a contribuir con la visión de la UTNG “Formar egresados competitivos que se integren exitosamente al campo laboral, en los que resaltarán su formación humana e integral”.

En un estudio realizado por Hireline (*Plataforma de conexión laboral para profesionales de TI entretalento Tecnológico de Latinoamérica y las mejores empresas del mundo, creada en la ciudad de Querétaro en el 2014*), donde con base a sus investigaciones describen que el 94% de los profesionales de TI usan portales de empleo para encontrar trabajo, siendo fundamental la información recuperada de esta plataforma en el año 2022 mencionaron:

La capacitación y certificaciones es la prestación más valorada por los profesionales de la tecnología en México, sabiendo así la importancia de una actualización permanente que permitirá mantenerse en el mercado laboral, encontrándose sobre encima de seguros de gastos médicos mayores, horarios flexibles, home office, etc.

La Universidad Técnica de Ambato (UTA) describe (2018): “Por medio de los diferentes planes de capacitación determinados sigue siendo insuficiente, desencadenando efectos negativos a largo plazo que en principio ya son visibles, afectando así de forma directa al desempeño tanto en coordinación como en funcionalidad de las diferentes unidades administrativas, y por consiguiente al prestigio de la universidad”.

La UTNG, realiza una encuesta de seguimiento de los empleados y los egresados después de haber cumplido 2 años de su egreso (*Lo marca P-OSC-11 Seguimiento de egresados y egresadas*), dichos resultados abonarían al Departamento de Desarrollo Académico (Ver Figura 4), donde le ayude a nutrir el DNS para replantearse la capacitación docente, considerando que lo que se debe impartir dentro del aula tiene que estar lo más apegado con el mercado laboral.

**Figura 4****Formato DE-OSE-06 Ficha de actualización de egresados y egresadas de la UTNG**

20. ¿En qué medida coincide el trabajo que tienes actualmente o el último que desempeñaste, con la formación que recibiste en la UTNG?	
1	Totalmente
2	Mucho
3	Medianamente
4	Poco
5	Nada
20.a) Si tu trabajo coincide poco o nada con la formación recibida, explica qué te motivó a aceptarlo?	

## CONCLUSIÓN

Considerando así la importancia de una capacitación docente de manera permanente, donde la palabra capacitación por sí misma significa “ser apto para una cosa”, la cual consta de adquirir herramientas, habilidades y actitudes para transmitir al alumnado y que estos se encuentren preparados para contribuir al desarrollo de la sociedad. Sabiendo de antemano que la mejor manera de evaluar a una Universidad es a través de sus egresados, ellos son la presencia en el exterior.

No basta con tener un título profesional, si el docente no se sigue actualizando en su área profesional y pedagógica, llevando a pensar que en la mayoría de las ocasiones la diferencia de edad o ideologías de docente-alumnos es muy diversa. Donati nos menciona: “La generación se convirtió en modo de comunicar, un lenguaje, un estilo de vida”. La vida dentro de la escuela se llega a convertir en un lenguaje extraño, donde conviven diferentes generaciones.

Es necesario que la capacitación no únicamente sea virtual o presencial, sino con estancias en la empresa, lo que se encuentra en las diferentes bibliografías es muy importante, en el quehacer del trabajo diario, cambia completamente la perspectiva; la cual beneficiaría tanto al docente como al alumnado en mejorar esa formación integral que está planteada en la Visión de la UTNG.

Sócrates nos hablaba de la excelencia humana donde mencionaba que la verdadera sabiduría está en reconocer la ignorancia, buscando así la excelencia humana, apostando a la búsqueda continua a través del abandono de actitudes dogmáticas y escépticas; dando así la importancia que debe tener la preparación permanente en los docentes, sensibilizándose acerca de persona, no como un número de empleado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alzate Piedrahita, M. C. (s.f.). Intervención, mediación pedagógica y los usos del texto escolar. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Bonilla Jurado, Diego Mauricio, Macero Méndez, Reina María, & Mora Zambrano, Eugenio Rafael. (2018). La importancia de la capacitación en el rendimiento del personal administrativo de la Universidad Técnica de Ambato. *Conrado*, 14(63), 268-273. Epub 08 de junio de 2018. Recuperado en 02 de agosto de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442018000300268&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442018000300268&lng=es&tlng=es).
- Carrillo C., Obaco S. & Ponce M. (2019). Estrés docente: causas y percusiones laborales. *Revista Magazine de las Ciencias*.
- Dirección general de Universidades Tecnológicas y Politécnicas. (2023). Coordinación Académica y de Desarrollo. <https://dgutyp.sep.gob.mx/Academica.php>
- Donati Pier, P.. (1999) Familias y generaciones. <https://www.scielo.org.mx/pdf/desacatos/n2/n2a3.pdf>
- Jackson Philip W. (2001). La vida en las aulas. Morata
- Lara de González, Sara. (2011). El trabajo de campo desde la perspectiva del docente. *SAPIENS*, 12(1), 76-93. Recuperado en 02 de agosto de 2023, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1317-58152011000100005&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1317-58152011000100005&lng=es&tlng=es).
- Lázaro, U. M. (2003). En torno al análisis de la práctica docente. Normal ESENOG.
- Lozano Andrade Inés, M. C. (2012). La Formación de Profesores y la Investigación-Acción. Guanajuato: Consejo interinstitucional de Investigación Educativa en el Estado de Guanajuato, A.C.
- Revista del grupo de investigadores en comunidad y salud. (2021). Burnout y afrontamiento en docentes universitarios en Ecuador. Universidad de los Andes.
- Stenhouse, L. (1987). Investigación y desarrollo del currículum. 3ra Edición. Morata



# Dificultades de la gestión de capital humano en las empresas según las prestaciones de sus empleados.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.701

Edith Magali Mejía Rodríguez

[edithmejia@utng.edu.mx](mailto:edithmejia@utng.edu.mx)

Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato

## Resumen del proyecto

Es importante identificar las prestaciones que se otorgan en las empresas, ya que esto permitirá visualizar un panorama sobre los programas de motivación individual y grupal que aplican para mejorar el desempeño de sus trabajadores en las actividades que le corresponden a cada puesto de trabajo y a su vez, permitirá conocer los principales problemas a los que se enfrentan los empleadores, sobre todo aquellos que tienen que ver con el capital humano.

Un trabajador de acuerdo a Chavez José ( s/f ), “ es una persona que pone a disposición sus habilidades, conocimientos y esfuerzos para realizar un trabajo en beneficio de una empresa o empleador, a cambio de una remuneración económica previamente acordada”. (Párr.2) Para la Procuraduría Federal de la Defensa del Trabajo, la PROFEDET (2018) las prestaciones de Ley son 12 “Aguinaldo, Vacaciones y Prima vacacional, Prima dominical, Días de descanso, Licencia de maternidad, Licencia por adopción, Periodo de lactancia, Licencias por paternidad y adopción, Prima de antigüedad, Prestaciones derivadas de la renuncia, prestaciones que se generan por el despido injustificado y participación de las utilidades” (párr. 4)

Este estudio trata de identificar cuáles son las principales prestaciones que se perciben y de acuerdo a su moda (repetición), reconocer las principales problemáticas a las que se enfrentan las y los empleados en el desempeño de sus labores y así mismo las dificultades que enfrentan los empleadores con el capital humano, partiendo del supuesto de que una buena retribución alienta a las personas a esforzarse para alcanzar sus metas personales y empresariales.

Con el apoyo de los alumnos para dar cumplimiento a los contenidos académicos de la materia Desarrollo Organizacional I, se realiza una recopilación de las prestaciones percibidas por las trabajadoras y trabajadores empleados en diferentes empresas del País, durante el cuatrimestre septiembre-diciembre del año 2022. A partir de esta información se puede tener una visión general de las prestaciones con las que las empresas tratan de generar motivación, productividad, pertenencia y lealtad.

En la recolección de datos se consideran las empresas que se reportaron como mexicanas de diferentes regiones y estados del País.

Como instrumento de recolección de información, se pregunta libremente a las trabajadoras y los trabajadores sobre las prestaciones que perciben en su trabajo, esto como parte de la estrategia de trabajo, para identificar si las identifica y si las conoce.

Los resultados obtenidos indican que la mayoría de las trabajadoras y de los trabajadores no diferencian claramente las prestaciones de ley y las prestaciones adicionales, además es posible notar que las prestaciones que se otorgan son muy variables.

Los principales problemas de Capital Humano detectados en esta investigación son: dificultad para balancear el trabajo y la familia, movilidad, cubrir gastos del hogar, mantener la productividad y el buen clima laboral.

**Palabras clave:** *Capital humano, prestaciones*

## Abstract

It is important to identify the benefits that are provided in companies, since this will allow us to visualize an overview of the individual and group motivation programs that they apply to improve the performance of their workers in the activities that correspond to each job and in turn, will allow us to know the main problems that employers face, especially those that have to do with human capital.

A worker, according to Chavez José (s/f), “is a person who makes available his or her skills, knowledge and efforts to perform work for the benefit of a company or employer, in exchange for previously agreed financial remuneration.” (Para.2)

For the Federal Attorney for the Defense of Labor, PROFEDET (2018), the benefits of the Law are 12 “Bonus, Vacation and Vacation Bonus, Sunday Bonus, Rest Days, Maternity Leave, Adoption Leave, Breastfeeding Period, Leave for paternity and adoption, Seniority bonus, Benefits derived from resignation, benefits generated by unjustified dismissal and sharing of profits” (para. 4)

This study tries to identify which are the main benefits that are perceived and according to their fashion (repetition), recognize the main problems that employees face in the performance of their jobs and also the difficulties that employees face. employers with human capital, based on the assumption that good compensation encourages people to strive to achieve their personal and business goals.

With the support of the students to comply with the academic content of the subject Organizational Development I, a compilation of the benefits received by the workers employed in different companies in the country is made, during the September-December quarter of 2022. From this information you can have an overview of the benefits with which companies try to generate motivation, productivity, belonging and loyalty.

In data collection, companies that reported themselves as Mexican from different regions and states of the country are considered.

As an instrument for collecting information, workers are freely asked about the benefits they receive at work, this as part of the work strategy, to identify if they identify them and if they are aware of them.

The results obtained indicate that the majority of male and female workers do not clearly differentiate legal benefits and additional benefits, and it is also possible to note that the benefits granted are highly variable.

The main Human Capital problems detected in this research are difficulty balancing work and family, mobility, covering household expenses, maintaining productivity and a good work environment.

**Keywords:** Human capital, benefits

## INTRODUCCIÓN

El artículo 8 de la Ley Federal del Trabajo (2004) dice que un trabajador “es la persona física que presta a otra, física o moral, un trabajo personal subordinado.” (pag. 4)

Es conocido que las organizaciones buscan la motivación, productividad, pertenencia y lealtad de sus trabajadoras y trabajadores, es lógico que éstos también busquen la reciprocidad de sus empleadores acorde a su esfuerzo, el hecho de sentir que su labor es recompensada equitativamente puede considerarse fundamental para la buena relación entre ambos.

Un trabajador de acuerdo a Chavez José ( s/f ), “ es una persona que pone a disposición sus habilidades, conocimientos y esfuerzos para realizar un trabajo en beneficio de una empresa o empleador, a cambio de una remuneración económica previamente acordada”. (Párr.2) Esta remuneración, además del sueldo o salario se acompaña de lo que conocemos como las Prestaciones, La Procuraduría Federal de la Defensa del Trabajo, la PROFEDT (2018) dice que las prestaciones de Ley son 12 “Aguinaldo, Vacaciones y Prima vacacional, Prima dominical, Días de descanso, Licencia de maternidad, Licencia por adopción, Periodo de lactancia, Licencias por paternidad y adopción, Prima de antigüedad, Prestaciones derivadas de la renuncia, prestaciones que se generan por el despido injustificado y participación de las utilidades” (párr. 4)

Esta lista corresponde a las prestaciones de las y los trabajadores que se encuentran establecidos en la Ley Federal del Trabajo y se denominan “mínimas de Ley”, que a su vez pueden ser acompañadas por las conocidas como “Superiores a la Ley” que son aquellas que los empleadores pueden estipular otorgar al o al trabajador en el contrato o en su reglamento, con la finalidad de retribuir, motivar, preservar o modificar alguna conducta deseada y se dividen en: compensaciones e incentivos.

Según Sofiasalud.com (2023) las compensaciones laborales en México son “todos los tipos de beneficios extras, monetarios y no monetarios, que reciben las personas como contraprestación del trabajo que realizan en las empresas, los cuales complementan su salario base.” (parr.6)

Mientras que los incentivos, según Jennifer Hernández (2023) “Se trata de una estrategia para motivar e incrementar el rendimiento de los colaboradores siguiendo una lógica muy simple: alcanza la meta y recibirás una recompensa...” (parr. 2)

Este estudio trata de identificar cuáles son las principales prestaciones que se perciben, de acuerdo a su moda (repetición), suponiendo que una buena retribución alienta a las personas a esforzarse para alcanzar sus metas personales y las empresariales, apoyando a identificar las principales problemáticas a las que se enfrenta la gestión del capital humano.

Por lo cual se ha recopilado información sobre las prestaciones, beneficios, compensaciones e incentivos que se otorgan en empresas durante el cuatrimestre de septiembre a diciembre del 2022 que permitan identificar la relación de estos con sus empleadores y el trabajo que realizan para ellos.

En la materia de Comportamiento Organizacional I, se han aplicado los conocimientos y competencias de las y los estudiantes para recolectar información sobre las prestaciones que se perciben en las empresas y posteriormente se han clasificado como prestaciones de Ley, superiores a la Ley, Compensaciones e Incentivos para obtener una mejor identificación de estos motivadores individuales y grupales.

Se espera que esta información sea de utilidad para conocer las diferentes formas de compensación, motivación y retribución a los empleados de la región, esperando puede aportar una visión que permita unificar y dignificar estos en la región, además de conocer las principales complicaciones y problemas que enfrenta la gestión del capital humano y las soluciones que ha implementado.

## Diagnóstico

El análisis se lleva a cabo con los datos proporcionados por 50 personas trabajadoras empleadas en empresas de diferentes lugares en la República Mexicana durante el cuatrimestre de septiembre a diciembre del año 2022.

**Figura 1**  
*Lugar de Ubicación de las Empresas*

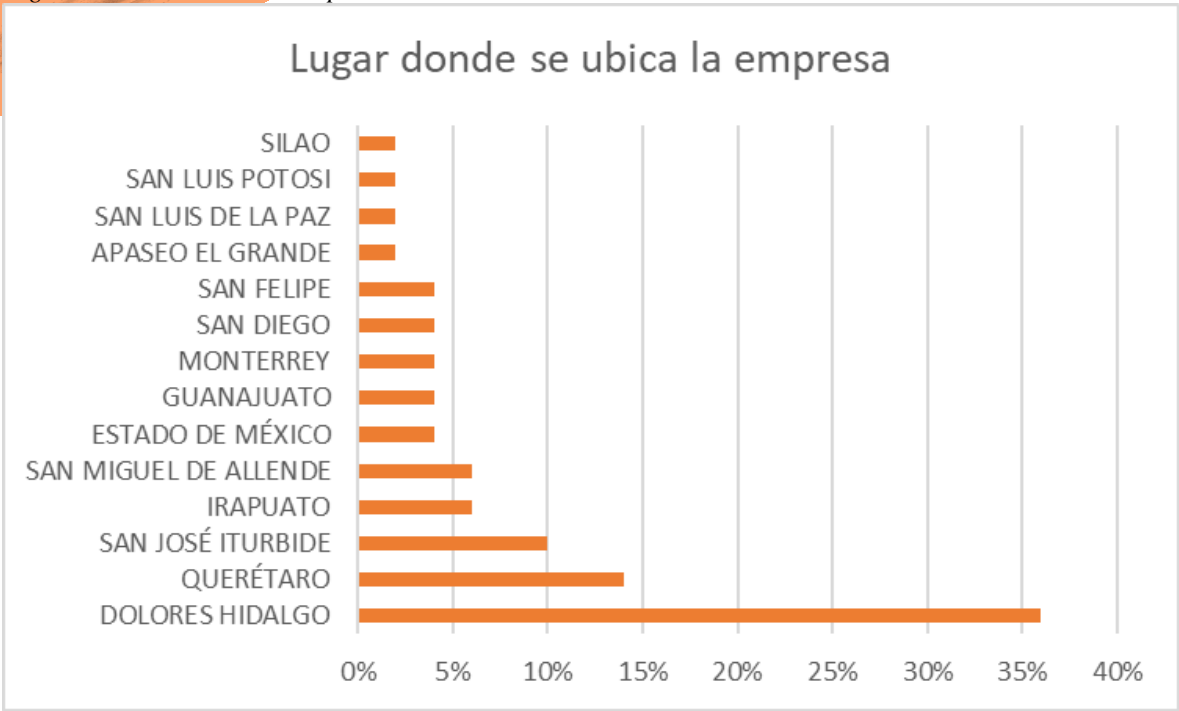


Figura 1. Datos a analizar, lugar donde se ubican las empresas Fuente: Elaboración propia 2023.

Las empresas son mayormente de la Ciudad de Dolores Hidalgo, C.I.N., ya que es la zona donde se encuentra la sede de la investigación, sin embargo, se logra tener al menos una muestra de otras empresas en otras ciudades para enriquecer los datos de la investigación. Las empresas analizar, también corresponden a diversos giros empresariales para identificar tener un amplio rango de información.

**Figura 2**  
*Datos sobre el giro de las empresas*

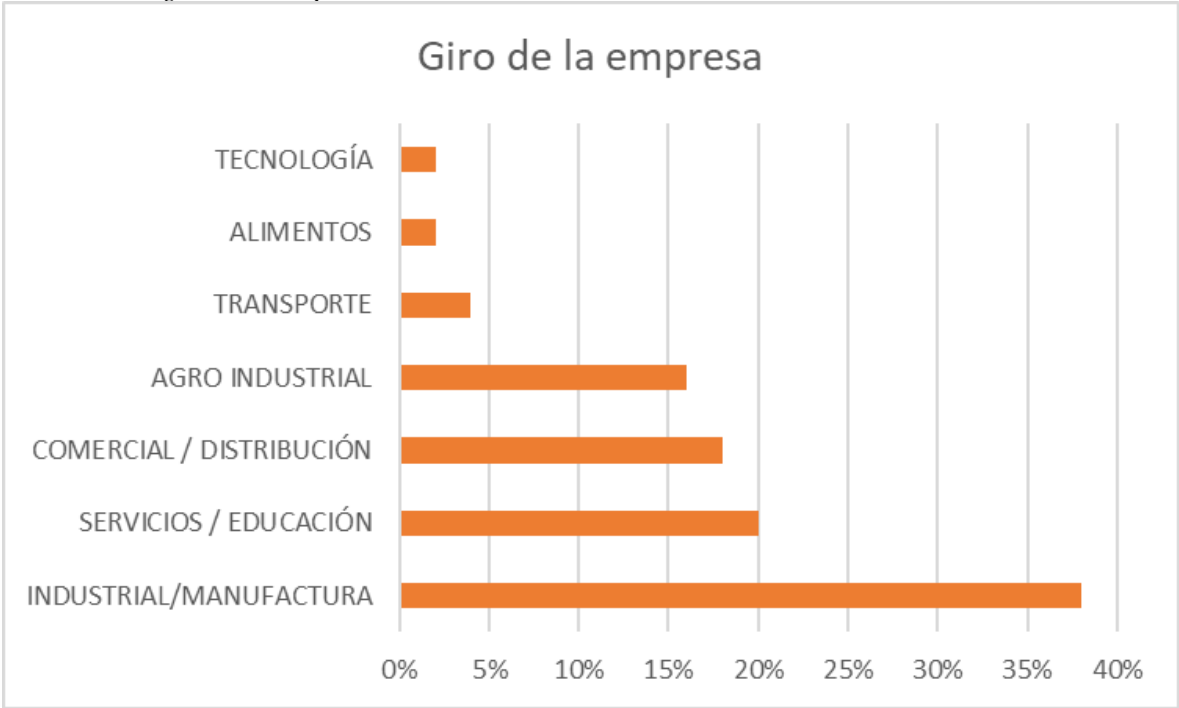


Figura2. Datos a analizar, Giro de las empresas Fuente: Elaboración propia 2023.

Principalmente se estudian industrias manufactureras, pero también se incluyen empresas comerciales y de educación pública, así como se logra tener una muestra del giro servicios de transporte y tecnología.

La identificación de las empleadas y los empleados entrevistados, también corresponden a diferentes niveles de apoyo dentro de sus empresas.

**Tabla 1**

*Nivel gestivo de los entrevistados en su empresa*

Nivel de gestión				
NIVEL	ESTRATEGICO	TÁCTICO	OPERATIVO	TOTAL
HOMBRES	12%	12%	76%	62%
MUJERES	11%	22%	67%	38%
TOTAL	100%			100%

Tabla 1. Datos a analizar, Nivel gestivo de los entrevistados en su empresa Fuente: Elaboración propia 2023.

En la **Tabla 1** *Nivel gestivo de los entrevistados en su empresa*, se puede identificar que los entrevistados pertenecen mayormente a actividades de nivel Operativo coincidentemente con los principales giros del estudio que es industrial manufactura, pero se logra obtener muestras de todos los niveles de gestión operativa.

Es posible identificar en esta muestra como no hay una marcada diferencia en los niveles de apoyo estratégico y operativo de hombres y mujeres, se puede decir que hay inclusión, sin embargo, se puede resaltar que el nivel táctico, donde se dirigen o coordinan equipos y se toman decisiones de un área, nivel o departamento específico, es mayormente ocupado por hombres. Sería importante, en otro estudio identificar las razones o circunstancias que propician este fenómeno en las empresas.

### **OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

Identificar las principales prestaciones que perciben las y los trabajadores durante el cuatrimestre de septiembre a diciembre del 2022, de acuerdo a su moda(repetición) para clasificarlas en prestaciones de ley, superiores a la ley: compensaciones y beneficios, para reconocer las problemáticas de Capital Humano que enfrentan los empleadores.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar a las personas trabajadoras por medio de las cuales se pueda obtener con una entrevista rápida la información necesaria para el objeto de este estudio.
2. Aplicar la herramienta de cuestionario por medio de una entrevista que permita recopilar la información referente a las prestaciones que percibe de su empleador a cambio de su trabajo en una empresa nacional.
3. Analizar la información recopilada de acuerdo a su moda (repetición) para identificar las principales prestaciones y determinar los problemas que con ellas ataca el área de capital humano en las empresas.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

Reconocer las problemáticas de Capital Humano que enfrentan los empleadores de empresas Nacionales, a partir de las prestaciones que ofertan a sus empleados.

### **METODOLOGÍA**

Se realiza a partir de un estudio exploratorio descriptivo ya que, no se tienen datos ni información previa de los entrevistados, a partir de esta investigación se espera conocer el contexto particular sobre las prestaciones que perciben los empleados.

### **ENFOQUE METODOLÓGICO**

El enfoque que se planea para identificar esta información será un enfoque CUANTITATIVO, ya que se analizará la repetición de datos numéricos y estadísticos a partir de las respuestas obtenidas por medio de una entrevista.

### **DESARROLLO**

Para la recopilación de la información necesaria, se decide utilizar un cuestionario, el cual, consiste en una serie de preguntas que la alumna y alumno debe realizar al entrevistado, el cual deberá responder de acuerdo a su propia experiencia, conocimiento y con sus propias palabras, para la recopilación de la información y su posterior análisis, (desarrollo del Proyecto), se genera la siguiente línea de actividades:

### Esquema 1:

*Fases del desarrollo (la investigación).*



Esquema 1 *Fases del desarrollo (la investigación)*, Fuente: Elaboración propia 2023.

El esquema 1 *Fases del desarrollo (la investigación)*, muestra las 4 fases principales de la investigación

1. Diseño de las preguntas
2. Recopilación de datos (levantar la información)
3. Análisis de resultados
4. Elaboración de informes

### **FASES DEL DESARROLLO**

#### 1 Diseño de las preguntas

Para la recopilación de la información necesaria, se decide utilizar un cuestionario, el cual, consiste en una serie de preguntas que la o el entrevistado debe responder de acuerdo a su propia experiencia y con sus propias palabras, de tal manera que proporcione la información necesaria para identificar las condiciones específicas sobre sus prestaciones laborales sin la influencia de la o el entrevistador.

Las preguntas a responder son:

Nombre de la empresa y lugar donde se encuentra

Género del entrevistado (hombre o mujer)

Nivel del puesto (operativo, táctico o estratégico)

Nombre del puesto

Lista de lo que recibe por su trabajo (Aquí escribe todo lo que te diga que percibe)

#### 2 Recopilación de datos (levantar la información)

Cada entrevistador selecciona un conocido, amigo o familiar que le proporcione la información a partir de una entrevista personal o por algún medio digital a su alcance y documenta las respuestas en un reporte.



### Imagen 1:

*Ejemplo de la recopilación de datos*

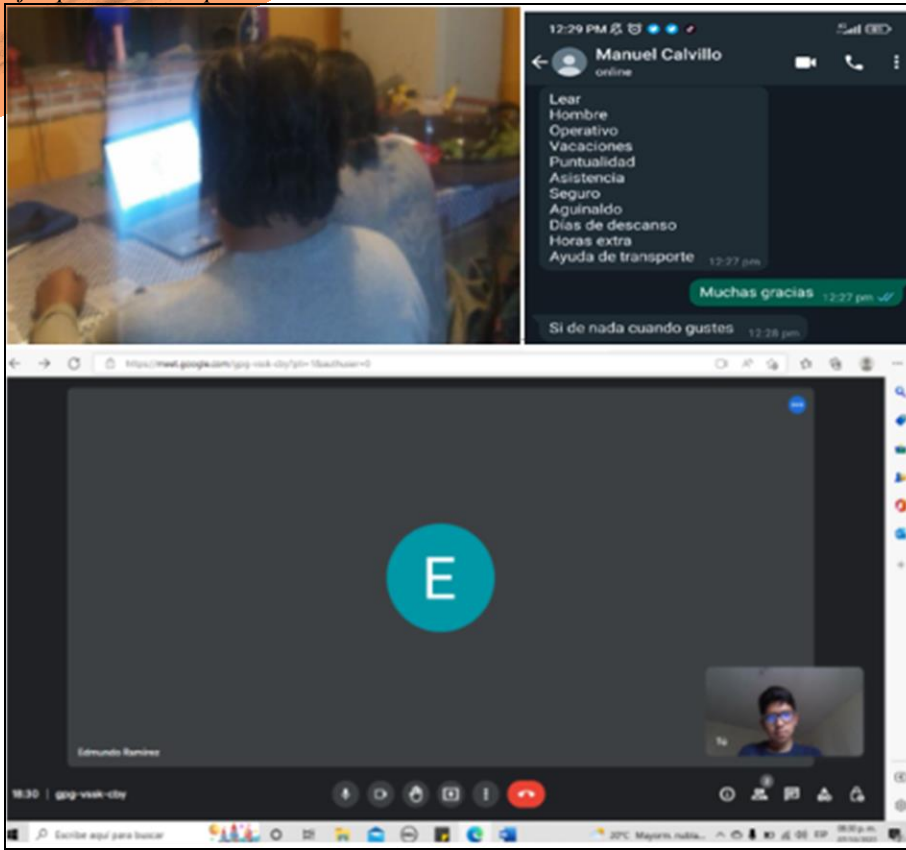


Imagen 1. Datos a analizar, *Ejemplo de la recopilación de datos* Fuente: Elaboración propia 2023.

En la **imagen 1** *Ejemplo de la recopilación de datos* se muestran dos diferentes formas de realizar la entrevista, en persona o por medios electrónicos.

### 3 Análisis de resultados

Cada entrevistador clasifica la lista de prestaciones obtenida en la recopilación de datos en prestaciones de ley, adicionales a la ley: compensaciones e incentivos y elabora su reporte.

**Figura 3**  
*Ejemplo de información obtenida en la entrevista.*

<b>Entrevista</b>	
• <b>Nombre de la empresa</b>	Institución de Educación Pública: Escuela Primaria Urbana
• <b>Género del entrevistado</b>	Hombre
• <b>Nivel del puesto</b>	Estratégico
• <b>Nombre del puesto</b>	Director de escuela nivel primaria
<b>Percepciones</b>	
• Sueldo base	
• Aguinaldo	
• Prima vacacional	
• Carrera magisterial	
• Material didáctico	
• Despesa	
• Previsión Social múltiple	
• Despliegue salarial	
• Asignación docente genérica	
• Apoyo para la familia docente básico	
• Quinquenio docente	
• Servicio cocurriculares	
• Compensaciones	
• Equiparación de asignación docente genérica	

*Figura3. Datos a analizar, Ejemplo de información obtenida en la entrevista.* Fuente: Elaboración propia 2023.  
 Se puede observar en la Figura3. Datos a analizar, Ejemplo de información obtenida en la entrevista que la información recopilada está en desorden, puesto que el empleado debía responder desde su propia experiencia sin la intervención del entrevistador.

3    **Elaboración de informes**

Se compila toda la información en una base de datos maestra que contenga la información de todas las empresas para la elaboración de los informes de forma general.

**Figura 4**  
*Ejemplo de informe de resultados*

<b>Clasificación</b>			
Sueldo o salario	Compensaciones	Prestaciones	Incentivos
Sueldo base	Asignación docente genérica	Aguinaldo	Quinquenio docente
	Material didáctico	Prima vacacional	Carrera magisterial
	Equiparación de asignación docente genérica	Previsión Social múltiple	
		Apoyo para la familia docente básico	
		Despesa	

*Figura 4. Datos a analizar, Ejemplo de informe de resultados* Fuente: Elaboración propia 2023.  
 Cada entrevista fue clasificada, de acuerdo a la especificación del entrevistado como se muestra en la Figura 4 Ejemplo de informe de resultados para con formar la base de datos general de toda la población.

## RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo con los resultados de las entrevistas realizadas, se puede identificar que algunas y algunos de las y los entrevistados, no saben qué es una prestación.

Aunque deben ser conocidas, no identifican claramente cuáles son las prestaciones de LEY y tampoco identifican si las perciben correctamente o no, esto se puede determinar, ya que, el 16% de las y los entrevistados / encuestados dijeron que tenían derecho a las prestaciones de LEY (se considerarán las mínimas), pero después repitieron en una lista las mismas ya consideradas por la ley como si fueran adicionales o no se hubieran considerando anteriormente.

Esto lleva a mencionar que no todas ni todos las y los trabajadores reciben las prestaciones mínimas consideradas en la Ley Federal del Trabajo o al menos no tienen la conciencia plena de que es su derecho recibirlas, como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 5**

*Resultados de las Prestaciones de Ley Percibidas*

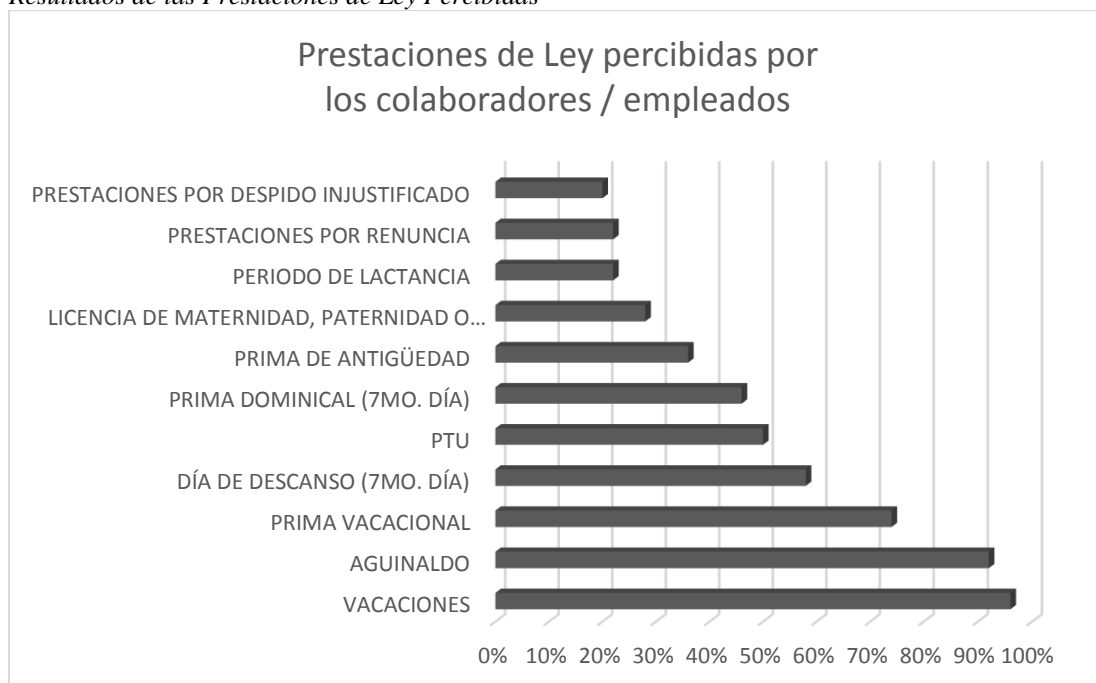


Figura 5: Datos a analizar, *Prestaciones de Ley percibidas*. Fuente: Elaboración propia 2023.

Las prestaciones más identificadas por las empleadas y los empleados son las vacaciones y el aguinaldo, posteriormente, aunque reciben vacaciones, no todos perciben una prima vacacional o al menos no están conscientes que la perciben, lo mismo sucede con la prima dominical, ya que, aunque reciben 1 día de descanso, no todos reportan percibir la prima dominical como parte de su sueldo o salario. Las prestaciones menos reconocidas son la prima de antigüedad, licencia de maternidad o adopción para las mujeres y licencia de paternidad o adopción para los hombres, así como el periodo de lactancia, las prestaciones por renuncia y por despido injustificado. Los colaboradores / empleados tienen también la confusión de algunas prestaciones ya que las consideran de Ley y otros las consideran como adicionales. Como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 6**  
*Prestaciones adicionales a la Ley percibidas*

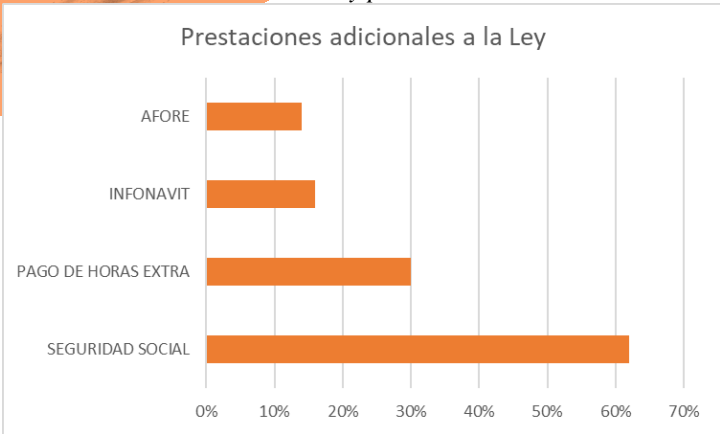


Figura 6: Datos a analizar, *Prestaciones adicionales a la Ley percibidas* Fuente: Elaboración propia 2023.

De las prestaciones adicionales la que es mayormente otorgada es la Seguridad Social sin especificar la institución en donde se recibe. El pago de horas extra que está señalado en la Ley Federal del Trabajo es una de las prestaciones que se reconoce, pero no se puede determinar si es pagado correctamente cuando se trata de horas extras solicitadas por la empresa o autorizadas, no se sabe si se pagan al doble o al tripe de acuerdo a las consideraciones de la Ley.

Las aportaciones al INFONAVIT y al AFORE tampoco están identificadas plenamente por los trabajadores, a pesar que son conceptos que se deben desglosar en su recibo de pago.

Las empresas tratan de recompensar el esfuerzo adicional y la carga de trabajo extraordinaria de sus empleadas y empleados a partir de las siguientes compensaciones a su trabajo y esfuerzo adicional.

**Figura 7**  
*Compensaciones laborales*

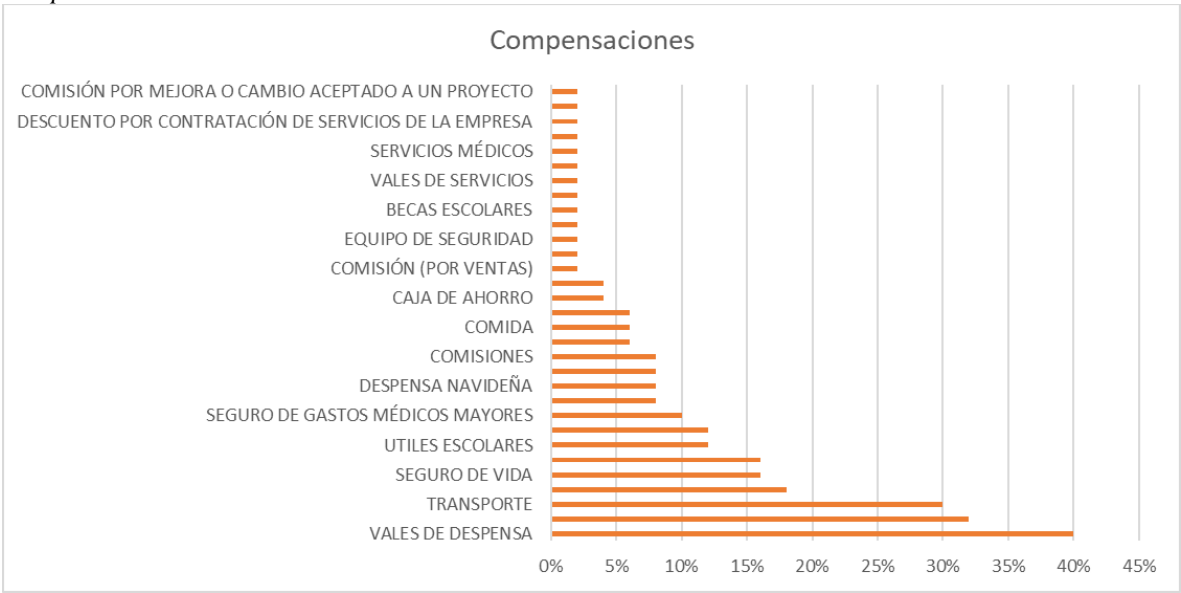


Figura 7: Datos a analizar, *Compensaciones laborales*. Fuente: Elaboración propia.

El Transporte es de los principales motivadores para que los empleados puedan trasladarse a su centro de trabajo sin tener que invertir de forma adicional en ese concepto ya sea en camiones, taxis o gasolina, los empleados lo consideran importante y valioso.

También se identifica que las compensaciones que representan apoyos familiares son un factor de compensación mayormente considerado por los empleadores, la principal son los Vales de Despensa y la despensa navideña, los cuales pueden considerarse como un complemento del sueldo ya que finalmente alivian el costo de mantenimiento del hogar, pero también los útiles escolares, seguro de vida, despensa navideña, seguro de gastos médicos mayores representan un porcentaje que convierte este rubro en un tema muy interesante.

Así mismo, las empresas motivan a sus trabajadores a mejorar en sus actividades día a día, proponiendo incentivos que los alienten a modificar las conductas propicias para la productividad y el alcance de objetivos de acuerdo a la lista de la siguiente figura:

**Figura 8**  
*Incentivos laborales*

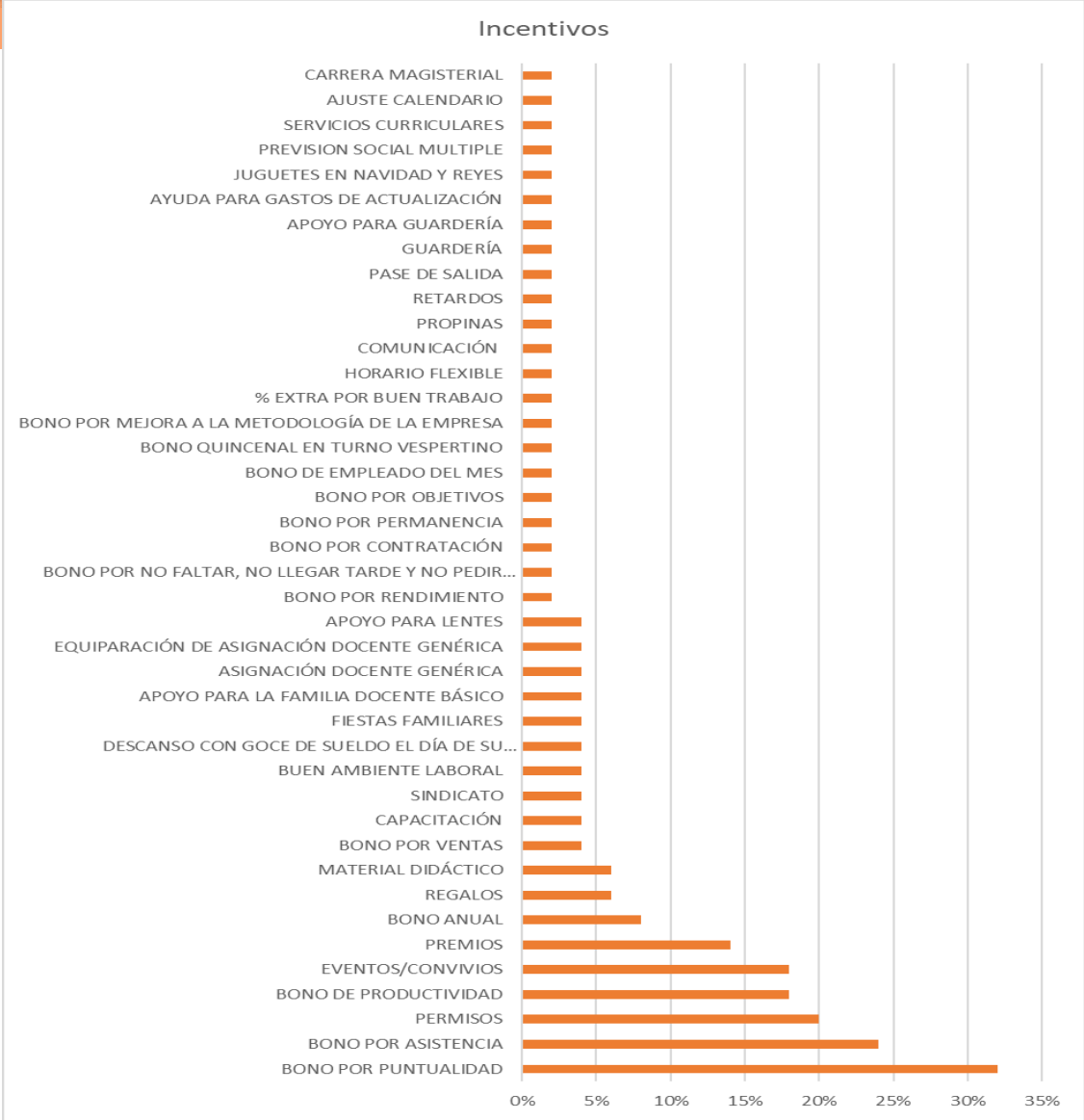


Figura 8: Datos a analizar, *Incentivos laborales*. Fuente Elaboración propia.

Obviamente, dependerá de las necesidades específicas de cada empresa el tipo de incentivos que se pueda manifestar en el periodo, sin embargo puede percibirse que la puntualidad, la asistencia y los permisos son de los motivadores más socorridos por los empleadores, por lo que talvez, estos pueden traducirse como sus principales problemáticas también, aunque los encuestados no lo mencionan, puede tratarse también de un fenómeno de relación familiar, ya que estos elementos suelen ligarse a eventos escolares, puentes o vacaciones escolares, enfermedad de los familiares, dejar a los hijos en la escuela, etc. Es un punto que los empleadores deben revisar para identificar si realmente están correspondiendo al balance entre trabajo y familia.

También se puede identificar que los bonos por productividad y los eventos o convivios representan un porcentaje significativo en los inventivos empresariales, por lo que puede ser que el buen ambiente laboral y la capacitación continua sean parte de sus carencias gerenciales.



## CONCLUSIÓN

Las y los empleados no identifican las prestaciones de Ley y en este caso ignora si le son pagados de forma correcta o a tiempo, por lo que será una tarea del área encargada del Capital Humano, asegurarse de que se comprenda claramente el contenido, aportaciones y deducciones del recibo de nómina.

Los principales problemas que tienen las y los trabajadores son con el balance trabajo – familia, habrá que determinar los motivos y razones por los que faltan, llega tarde o pide permisos y realizar algún ajuste de horario o de turno. Identificar los motivos de baja productividad si es por expertise, capacitación, duplicidad de funciones, sobre carga de trabajo, re-trabajo, etc.

Es básico que el empleador proporcione acceso a una alimentación balanceada (por medio de despensas, comedor o vales de despensa) y movilidad (transporte) para su traslado al centro de trabajo. Mantener un buen ambiente de trabajo y sana convivencia.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Chiavenato, I. (2007) *Administración de Recursos Humanos: El capital humano de las organizaciones*. México D.F., Mc Graw Hill

H. Congreso de la Unión (2022) *Ley Federal del Trabajo Última Reforma DOF 27-12-2022* Recuperado de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFT.pdf>

Salkind, N. J. ( 1999) , *Métodos de investigación*, México, D.F.: Prentice Hall

### Páginas Electrónicas

Chavez, José ( ), Trançbajador: Qué es, importancia y tipos CEUPE Magazine <https://www.ceupe.com/blog/trabajador.html#:~:text=Un%20trabajador%20es%20una%20persona,una%20remuneraci%C3%B3n%20econ%C3%B3mica%20previamente%20acordada>.

Hernández, Jennifer (2023) Incentivos laborales: Qué son, tipos y ejemplos. México. Recuperado de: <https://blog.sodexo.com.mx/blog/pluxee-mexico>

INEGI (2009). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos: Censos Económicos 2009* / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI, c2011. Recuperado de: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono\\_Micro\\_peque\\_mediana.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono_Micro_peque_mediana.pdf) consultado el 02 de agosto de 2017.

PROFEDET (2018) *Conoce tus prestaciones laborales*. Recuperado de: [https://www.profedet.gob.mx/profedet/transparencia/focalizada/conoce\\_prestaciones\\_labores.html](https://www.profedet.gob.mx/profedet/transparencia/focalizada/conoce_prestaciones_labores.html)

Sofiasalud.com (2023) *¿Qué son las compensaciones laborales en México? ¡Todo lo que debes saber!*. México. Recuperado de: <https://www.sofiasalud.com/blog/que-son-las-compensaciones-laborales-en-mexico>

# Modelos de diseño instruccional de acuerdo a las condiciones de la modalidad b-learning y del contexto de la UTNG Campus Victoria.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.707

Roberto Granados Hernández

Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato / [roberto.granados@utng.edu.mx](mailto:roberto.granados@utng.edu.mx)

## Línea de investigación: software

### Resumen:

La pandemia vino a acelerar el uso de la tecnología de un modo que no se esperaba, pareciera algo lejano, el que los estudiantes y docentes pudieran establecer un proceso de enseñanza-aprendizaje a través de plataformas educativas que en su momento tuvieron mayor crecimiento, al buscar los docentes opciones para poder establecer un medio digital para compartir conocimiento de forma asíncrona como síncrona y ello aceleró el uso de herramientas y dispositivos para poder continuar con las actividades académicas del día a día, de tal manera, que después de haber pasado un proceso de pandemia, se quedaron establecidos ciertos procesos para llevar las clases y el caso es el contexto que tuvo la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato Campus Victoria, al tener que continuar en su momento con clases híbridas, pero sin tener en cuenta un proceso de diseño instruccional que nos permita ofrecer un sistema integral que favorezca el proceso de enseñanza-aprendizaje y que los alumnos tengan una mejor experiencia en la modalidad blended-learning.

*Palabras clave: actividades colaborativas, diseño instruccional, generación de contenido, plataformas educativas.*

### Abstract:

The pandemic accelerated the use of technology in a way that was not expected; it seemed distant, that students and teachers could establish a teaching-learning process through educational platforms that at the time had greater growth, by seeking teachers options to be able to establish a digital medium to share knowledge both asynchronously and synchronously and this accelerated the use of tools and devices to be able to continue with day-to-day academic activities, in such a way that, after having gone through a process of pandemic, certain processes were established to carry out classes and the case is the context that the Technological University of the North of Guanajuato Campus Victoria had, having to continue at the time with hybrid classes, but without taking into account an instructional design process that allows us to offer a comprehensive system that favors the teaching-learning process and that students have a better experience in the blended-learning modality.

*Keywords: collaborative activities, content generation, educational platforms, instructional desing,*

## INTRODUCCIÓN

La UTNG Campus Victoria no es una institución que ofrezca cursos en línea, pero con y después de la pandemia, se trabaja de manera híbrida algunos cursos en los que se tiene que ofrecer clases en modalidad presencial y en modalidad virtual, a través de alguna plataforma que permita la interacción de los alumnos y se logre los objetivos de las asignaturas para poder cumplir con el plan de estudio; derivado de este tipo de modalidad híbrida conocida como blended-learning es la necesidad de conocer cómo es que aprenden los alumnos en esta modalidad y si los recursos provistos para ellos son los ideales para poder poner en práctica su aprendizaje del día a día. Es importante mencionar que la formación de los docentes de la institución es una formación totalmente de su ramo de especialidad, sin tener una formación pedagógica y que ha sido a través de cursos como la experiencia misma que los docentes van tomando experiencia y formación docente, por ello es interesante poder analizar, si para los alumnos el contenido provisto en plataformas educativas, así como las herramientas internas y externas a la plataforma educativa son soporte para poder ayudar al aprendizaje a generar experiencias que sumen a su conocimiento y poder tener evidencia de que lo se realiza en proveer materiales para los cursos híbridos está teniendo un impacto positivo y se puede seguir trabajando como ahora o poder hacer algunos ajustes dependiendo de lo encontrado al momento de analizar el diseño instruccional en los cursos que ofrece la UTNG Campus Victoria.

## OBJETIVO GENERAL.

Analizar los modelos de diseño instruccional de acuerdo a las condiciones de la modalidad b-learning y del contexto de la UTNG Campus Victoria y proponer su implementación en el AVA en beneficio de los alumnos.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar las características de diversos modelos de diseño instruccional apropiados para impartir cursos en la modalidad b-learning.
- Analizar aspectos importantes de conectividad y facilidad de acceso a los medios digitales en el contexto de la UTNG, que coadyuven a la implementación del modelo de diseño instruccional que se elija para potenciar el aprendizaje en los alumnos
- Evaluar el impacto de los cursos híbridos en la mejora del proceso de enseñar y aprender en la UTNG.

## METODOLOGÍA

El enfoque de investigación es una investigación cuantitativa, para tener datos estadísticos del uso de plataforma educativa y de contenido para generar aprendizaje en los alumnos.

“El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase” (Hernández et al., 2014).

## ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.

El alcance de la investigación será descriptivo, ya que el trabajo será describir tendencias de los docentes en cuanto a plataformas educativas y de generación de contenidos y materiales; y los alumnos también describir cuál plataforma es más accesible y cómoda para ejecutar tareas, así como qué contenido provee mayor aprendizaje o despierta el interés por aprender.

¿En qué consisten los estudios de alcance descriptivo?

“Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernández et al., 2014).

Algunas de las características de este enfoque analizadas por Hernández et al. (2014), son:

1. El investigador plantea un problema de estudio delimitado y específico sobre el fenómeno, aunque en evolución.
2. Una vez que se ha planteado el problema, el investigador revisa la literatura que se ha trabajado anteriormente sobre el tema.
3. Las hipótesis se generan antes de recolectar y analizar los datos, por ahora se pueden denominar “creencias”.
4. La recolección de datos se fundamenta en la medición, se miden las variables o conceptos incluidos en las hipótesis.
5. Los resultados se analizan con métodos estadísticos.
6. La investigación cuantitativa debe ser lo más objetiva posible.

## HIPÓTESIS PARA LA INVESTIGACIÓN

“Los alumnos de la UTNG Campus Victoria prefieren usar la plataforma educativa classroom por simplicidad y practicidad por el acceso al contenido desde móvil para la consulta y desarrollo de sus evidencias”

## DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

En la siguiente tabla se analizan las dimensiones y los posibles ítems que formarán el cuestionario tanto para el docente, como para el alumno. En letra normal se redacta el ítem para el alumno y en letra cursiva el ítem para el docente.

**Tabla 19.**

**Operacionalización de variables.**

Análisis de los modelos del diseño instruccional en la UTNG Campus Victoria en una modalidad b-learning			
Variable	Dimensión	Indicadores	Ítems
Modelos de diseño instruccional	Materiales de apoyo para el alumno	Disponibilidad de materiales	¿Los materiales utilizados en línea por su profesor en su curso son sencillos de utilizar?  <i>¿Proporciona a los alumnos diversidad de formatos como son videos, imágenes, textos y audios en modalidad virtual?</i>
		Calidad de los materiales	¿Los materiales proporcionados en plataforma por el docente le apoyan a entender mejor los temas?  <i>¿Los materiales generados por usted están adecuados a cumplir el objetivo de aprendizaje del tema o curso?</i>
		Satisfacción de los alumnos con los materiales	¿Le parecen relevantes y de atractivo visual los materiales proporcionados por el profesor?  <i>¿Indaga en sus alumnos sobre la coherencia de los materiales proporcionados para cumplir el objetivo de aprendizaje?</i>
	Objetivos de aprendizaje	Claridad de los objetivos	¿Al iniciar el curso conoce claramente el objetivo del curso?  <i>¿Se tiene una sesión o tiempo para dar a conocer el objetivo del curso?</i>
		Nivel de desempeño	¿Existe una retroalimentación para conocer su avance durante el curso?  <i>¿Evalúa y da a conocer el desempeño que tuvo el alumno del curso o en sus evidencias entregadas?</i>
	Evaluación	Pertinencia de la evaluación	¿La evaluación que aplica el profesor para las unidades parciales le ayuda a poner en práctica lo visto en clase?  <i>¿La evaluación que aplica a los alumnos los hace reflexionar sobre lo aprendido en clase?</i>
		Coherencia de la evaluación	¿La evaluación que le aplica el profesor es acorde a lo que le enseño previo a la evaluación?  <i>¿La evaluación aplicada tiene relación con el objetivo de aprendizaje del curso?</i>
		Retroalimentación	¿El profesor le retroalimenta sobre las evidencias realizadas en clase?  <i>¿Normalmente retroalimenta a los alumnos de sus evidencias o únicamente de la evaluación?</i>
	Retención y transferencia	Transferencia de conocimiento y habilidades	¿Las evidencias que le asigna el profesor lo hace que ponga en práctica el conocimiento en problemas reales?  <i>¿Las prácticas asignadas a los alumnos permiten aplicar el aprendizaje obtenido en otras áreas del conocimiento?</i>
		Contextualización	¿Las prácticas provistas por el profesor están de acuerdo al contexto en el que se encuentra usted?  <i>¿Analiza el contexto de los alumnos antes de poner ejercicios a resolver?</i>
	Interacción	Interacción estudiante-profesor	¿Usted participa en la plataforma para aclarar dudas o aprender más acerca de los temas analizados?  <i>¿Invita a los estudiantes a participar en clase motivando mediante preguntas detonadoras o inquietantes que despierten su interés?</i>
		Interacción estudiante-estudiante	¿El profesor asigna trabajos colaborativos para poder compartir aprendizajes entre los estudiantes?

### Análisis de los modelos del diseño instruccional en la UTNG Campus Victoria en una modalidad b-learning

Plataforma Educativa (AVA)	Funcionalidad	Interacción estudiante-contenido	¿El profesor proporciona variedad de recursos didácticos (texto, infografías vídeos, imágenes) para analizar algún tema?  <i>¿Usted considera utilizar variedad de recursos didácticos para enseñar los diferentes temas de un curso?</i>
		Disponibilidad de herramientas	¿la plataforma educativa que utiliza el profesor provee foros, chats y herramientas de colaboración?  <i>¿Al decidir utilizar una plataforma educativa pensó en las herramientas como foros, chats y herramientas de colaboración para beneficio del alumno?</i>
		Facilidad de uso	¿Al utilizar la plataforma educativa de su curso es fácil el navegar en el contenido?
	Usabilidad	Integración de herramientas externas	¿La plataforma educativa que utiliza normalmente le permite integrar herramientas externar de manera sencilla?  <i>¿Sabe si la plataforma educativa que utiliza actualmente puede integrar alguna herramienta externa?</i>
		Facilidad de navegación	¿Al usar la plataforma educativa tiene problemas para gestionar materiales y utilizar el contenido?
		Claridad de la interfaz	¿La interfaz de la plataforma educativa es intuitiva al momento de utilizarla?
	Flexibilidad	Capacidad de búsqueda	¿La plataforma educativa tiene opción de búsqueda por si no encuentra algún elemento?
		Personalización	¿la plataforma educativa utilizada tiene manera de personalizar algunos aspectos de color, letra, diseño?
		Interoperabilidad	¿El contenido lo puede descargar y ver en otro entorno de manera local?
	Calidad del contenido	Flexibilidad de dispositivos	¿La plataforma educativa que utiliza, se puede acceder desde un smartphone o tableta?
		Relevancia	¿Encuentra interesante y alineado a los objetivos de aprendizaje el contenido provisto por el profesor?  <i>¿Alimenta el curso con contenido alineados a cumplir los objetivos de aprendizaje para los estudiantes?</i>
		Profundidad	¿El contenido proporcionado por el profesor es suficiente para entender los temas analizados o por analizar?
	Soporte Técnico	Variedad	¿El profesor proporciona variedad de contenido en cuanto al formato hablando de vídeo, texto, audios, imágenes que ayuden a entender mejor los temas?
		Tiempo de respuesta	<i>¿Ha tenido algún problema con la plataforma que haya tenido que recurrir a soporte técnico?</i>
	Interacción	Nivel de satisfacción de usuario	<i>¿Cuándo le han atendido en soporte técnico, le han resuelto el problema que tenía?</i>
		Participación del estudiante	<i>¿En la plataforma utilizada usted sabe si puede conocer en qué asignaciones ha participado el estudiante?</i>
		Colaboración	<i>¿La plataforma educativa que utiliza le permite asignar trabajos de colaboración como Foros y Chats?</i>

### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Para los instrumentos de medición se utilizará una escala de Likert ya que permite obtener una sensibilidad de escala de medida para las variables que se están analizando, de acuerdo a la investigación de Bisquerra y Pérez (2015), donde analizan que si las escalas de Likert pueden aumentar la sensibilidad, y esto detonado de por qué la mayoría de las encuestas donde se utiliza una escala de Likert cuenta con 5 opciones de sensibilidad de respuesta y ellos ponen en el estudio que tan sensible o importante de acuerdo a la investigación puede ser utilizar una escala con 7 posibles respuestas, con 10 respuestas y hasta con 11 respuestas, ellos lo ejemplifican de la siguiente manera “Valore de 0 a 10 las siguientes afirmaciones (0 = Ausencia total de la competencia; 10 = Dominio total; 5 representa un dominio mediano)”. de manera neutral y ayuda a poder procesar los datos para obtener información relevante. Es interesante entender la importancia del número de opciones que se presentan en la encuesta y que permitirá describir el problema de investigación. También ellos haciendo una consulta de 116 artículos y en algunos de ellos se utilizan más de una, lo que da un total de 152 encuestas y esto para



obtener el número de escala de sensibilidad aplicadas en las encuestas y tener el dato que más se utiliza, el resultado es el siguiente: con 2 opciones se tienen 4 encuestas; con 3 opciones 8 encuestas; con 4 opciones 36 encuestas; con 5 opciones 72; con 6 opciones 11; con 7 opciones 11; con 8 opciones 2; con 9 opciones 1; con 10 opciones 5; con 11 opciones 1 y con 20 opciones 1. Por lo que con mayor número de aplicación es la encuesta con 5 opciones de respuesta con 72 encuestas, esto no quiere decir que es el número que se deba utilizar, esto va a depender de lo que queramos indagar, pero nos da una pauta de porque se utiliza este número de sensibilidad que es de 5 opciones como respuesta a las preguntas utilizadas en la encuesta.

Por tanto, una vez analizada la información anterior, la escala de Likert a utilizar será una de sensibilidad de 5 opciones y será de la siguiente manera, para poder describir de mejor manera el fenómeno de la plataforma educativa utilizada y de los contenidos proporcionados para el aprendizaje del alumno.

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Se tendrán dos instrumentos de medición, uno será para los alumnos y otro para los docentes, las preguntas algunas de ellas serán las mismas, pero con un enfoque diferente, esperando poder indagar más sobre las variables en cuestión. También las respuestas de opción múltiple pueden quedar con letra, pero al final se representa por números para darle un valor estadístico.

#### **POBLACIÓN DE ESTUDIO Y MUESTRA.**

La población para la investigación es de 63 alumnos de nivel TSU y 12 Docentes de los cuales se obtendrá la muestra de cada uno ellos. Las muestras se categorizan en dos grandes ramas: las muestras no probabilísticas y las muestras probabilísticas, en este caso se selecciona la segunda, ya que, en las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos por la muestra; en resumen, la muestra probabilística es un “subgrupo de la población en el que todos los elementos tienen la misma posibilidad de ser elegidos” (Hernández et al., 2014).

##### **Cálculo para la muestra de los alumnos**

Tamaño de la población: 67  
Error máximo aceptable: 5%  
Porcentaje estimados de la muestra  
(probabilidad de ocurrencia del fenómeno): 50%  
Nivel de confianza: 95%

El total de alumnos a realizar la encuesta es de 58, lo que permite tener datos para poder analizar las variables.

##### **Cálculo para la muestra de los docentes**

Tamaño de la población: 12  
Error máximo aceptable: 5%  
Porcentaje estimados de la muestra  
(probabilidad de ocurrencia del fenómeno): 50%  
Nivel de confianza: 95%

El total de alumnos a realizar la encuesta es del total de los 12 docentes.

Para la aplicación de los cuestionarios tanto para alumnos como para docentes será a través de formularios de Google, por practicidad y generación de gráficas que permiten una visualización de resultados óptima.

#### **RESULTADOS**

Al revisar los resultados para el enfoque del alumno y cómo se puede mejorar la implementación del diseño instruccional se obtuvieron los siguientes.

- 21% de los alumnos encuestados menciona que no es sencillo utilizar los materiales proporcionados por el profesor en la plataforma.
- Un 40% de los alumnos menciona que no tiene retroalimentación de su avance en el curso.
- Un 20% de los alumnos menciona que los problemas planteados no hacen que lo ponga en práctica en casos reales.
- Un 44% de los estudiantes menciona que no participa en la plataforma para aclarar dudas.
- Un 40% de los estudiantes no están convencidos que el profesor provea foros, chats y herramientas de colaboración.
- Un 82% de los alumnos encuentra variedad de contenido y recursos digitales, hablando de vídeos, texto, imágenes que ayuden a entender mejor los temas.
- 48.3% utiliza la plataforma de Google Classroom para acceder a sus cursos.

Los resultados analizados para las respuestas a los docentes fueron los siguientes.

- Un 80% de los docentes encuestados no conocen el diseño instruccional para la ejecución de sus materiales en plataforma.
- Los modelos conocidos por algunos docentes son Addie y Assure con un 11% del total de los encuestados respectivamente.

- La plataforma más utilizada con un 60% es Moodle (la plataforma institucional) y el otro 40%, emplea Google Classroom.
- Al preguntar sobre si se consideran algunas herramientas como foros, chats o algunas otras para elegir la plataforma, un 37% no tiene claro que haya seleccionado la plataforma tomando en cuenta estas herramientas.

## CONCLUSIÓN

La institución al tener una plataforma educativa, apuesta por recursos y una persona encargada del mantenimiento y dando soporte ante cualquier situación, aún, así como se estableció en la hipótesis los docentes utilizan en un 38.9% la plataforma de Google Classroom, por lo que la hipótesis no se cumple con el hecho de decir que por ser una herramienta más sencilla de utilizar y los docentes y alumnos prefieran utilizar la misma, en este caso el mayor porcentaje fue para el uso de la plataforma institucional. Otro de los resultados a tomar en cuenta y que se debe trabajar en una nueva investigación en un enfoque cualitativo para poder tener trabajo en equipo de docentes, es sobre el tema de diseño instruccional y que es aceptable hasta un punto no conocer del tema, ya que los profesores no tienen una formación pedagógica, es también interesante tener entrevistas para recoger información que permita profundizar sobre los modelos de diseño instruccional a aplicar. La investigación al momento permite tener resultados que ofrece a los docentes en que se puede trabajar desde el contenido de los cursos y la manera de gestionarlos; al momento de decidir cuál modelo implementar, será necesario trabajar en un enfoque cualitativo para tener datos que permitan tomar la mejor decisión. En esta investigación al tener un desconocimiento del diseño instruccional, ya que un porcentaje muy alto no conoce sobre el tema que requiere un curso para clases híbridas, se requiere profundizar con una investigación cualitativa y evaluar el modelo que mejor se adapte al Campus.

## DISCUSIÓN

Los profesores de la UTNG Campus Victoria al no tener una formación pedagógica, y el diseño instruccional ser un enfoque multidisciplinario para generar cursos de impacto, desde la persona que administra la plataforma, desde la persona que ayuda con la generación de contenido y posteriormente la persona que imparte el curso, es un trabajo que se vuelve complicado para que una sola persona en un momento pueda diseñar todo el curso y poder alimentar varios a la vez, ya que por lo general no es el único curso que imparte. ¿Deberían los profesores enfocar su esfuerzo en un curso únicamente por cuatrimestre o semestre e ir generando cursos para en un futuro sólo estar actualizando? Esto debido a que el profesor es el encargado de todo el proceso y no es algo sencillo poder gestionar varios cursos a la vez, además de tener que ir validando su contenido para ver el impacto de los estudiantes en el aprendizaje.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bisqueria Alzina, R., & Pérez Escoda, N. (2015). ¿Pueden las escalas Likert aumentar en sensibilidad?. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2015, vol. 8, num. 2, p. 129-147. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/110703/1/651238.pdf>
- Espinoza Freire, E. (2018). La hipótesis en la investigación. *Mendive. Revista de Educación*, 16(1), 122-139. Recuperado de <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/1197>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ta ed.)*. Mc Graw Hill Education.

## REFERENCIAS

- Acevedo Gamboa, F. E., Díaz Álvarez, J. C., Cajavilca Cepeda, R. A., & Cobo Gómez, J. C. (2019). Modelo de diseño instruccional aplicado a una guía virtual en simulación clínica. *Revista Universitas Medica*, 60(3), NA. <https://link-gale-com.ezproxy.uveg.edu.mx:2048/apps/doc/A625500519/IFME?u=uvegt&sid=summon&xid=ea0ecdcbf>
- Buitrago-Bohórquez, B., & Sánchez, H. (2021). Competencias pedagógicas y tecnológicas del docente para el diseño instruccional en educación virtual universitaria. *IPSA Scientia, Revista científica Multidisciplinaria*, 6(2), 82–100. <https://doi.org/10.25214/27114406.1054>
- Cárdenas Tapia, M., & Jiménez Vidal, S. (2009). Experiencias de B-learning en una IES en México. Caso instituto politécnico nacional, escuela superior de comercio y administración unidad Tepepan. *Revista Investigación Administrativa*, (103), 74+. <https://link-gale-com.ezproxy.uveg.edu.mx:2048/apps/doc/A405170838/IFME?u=uvegt&sid=summon&xid=76fc797a>
- Castellanos Altamirano, H. & Rocha Trejo, E. H. (2020). Aplicación de ADDIE en el proceso de construcción de una herramienta educativa distribuida b-learning. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (26), 10-19. Recuperado en 13 de abril de 2023, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-99592020000200002&lng=es&tlng=](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-99592020000200002&lng=es&tlng=)
- Chamilo.org., (s. f.). Why chamilo?. Recuperado 14 de abril de 2023, de [https://docs.chamilo.org/teacher-guide/getting-to-know-chamilo/why\\_chamilo](https://docs.chamilo.org/teacher-guide/getting-to-know-chamilo/why_chamilo)
- De la Sancha Villa, E. O., Meraz Meza, E., Cevera Delgado, C., & Martí Reyes, M. (2020). Planeación del curso “Psicología Evolutiva”: un ejemplo de diseño instruccional sustentado en el programa RECREA. *Revista Internacional de Aprendizaje en la Educación Superior*, 7(1), 1-14. <https://doi.org/10.37467/gka-revedusup.v7.2188>
- Di Giusto Valle C., Martín Palacio Ma. E., De la Fuente Anuncibay R. & Pamela Galleguillos S. (S. f.). Cuestionario de evaluación de la percepción del diseño instruccional en alumnos en contextos universitarios chilenos. *Unirioja.es*. Recuperado 16 de abril de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6211507>

- Espinoza-Guzmán, J., Rodríguez Granados, N., & Moreira-Mora, T. E. (2018). Relación entre diseño instruccional y rendimiento académico en un curso presencial y bimodal de Matemática: Un estudio cuasiexperimental. *Revista Educación*, 573-597. <https://doi.org/10.15517/revedu.v42i2.28763>
- Mansaray, S. (19 de febrero de 2021). Diseño instruccional: Todo lo que necesitas saber. Recuperado 11 de abril de 2023, de <https://www.ispring.es/blog/disenio-instruccional>
- Martín-Herrera, Inmaculada, Micaletto-Belda, Juan Pablo, & Polo Serrano, David. (2021). Google Workspace como plataforma b-learning. Análisis de las percepciones de los estudiantes universitarios de Comunicación. *Apertura* (Guadalajara, Jal.), 13(2), 106-123. Epub 14 de febrero de 2022. <https://doi.org/10.32870/ap.v13n2.2029>
- Martínez Rodríguez, A. D., (2009). El diseño instruccional en la educación a distancia. Un acercamiento a los Modelos. *Apertura*, 9(10), 104-119.
- Morales-González, B., Edel-Navarro, R., & Aguirre-Aguilar, G. (2014). Modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): Su aplicación en ambientes educativos. *Los modelos tecno-educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI*, 33-46.
- Obregon Lucero, O., & Flores Olvera, D. M. C. (2019). Diseño instruccional de una plataforma educativa para la formación de conceptos en la enseñanza-aprendizaje de la asignatura de estadística. *EDUTECH REVIEW. International Education Technologies Review / Revista Internacional De Tecnologías Educativas*, 6(1), 9–21. <https://doi.org/10.37467/gka-revedutech.v6.1683>
- Otero Escobar, A. D. (2018). Plataformas Virtuales de Aprendizaje en la Educación Superior. *Interconectando Saberes*, (4), 83–100. Recuperado a partir de <https://is.uv.mx/index.php/IS/article/view/2545>
- Ramírez Valdez, W., & Barajas Villarruel, J. I. (2017). Uso de las plataformas educativas y su impacto en la práctica pedagógica en instituciones de educación superior de San Luis Potosí. *Educec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (60), a360. <https://doi.org/10.21556/edutec.2017.60.798>
- Sharif, A. y Cho, S. (2015). Diseñadores instruccionales del siglo XXI: cruzando las brechas perceptuales entre la identidad, práctica, impacto y desarrollo profesional. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 12(3). págs. 72-86. doi <http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v12i3.2176>
- Ziegler D. M. M. (23 de marzo de 2017). Diseño instruccional: ¿Qué es el diseño instruccional y por qué es importante al crear tu curso en línea? Recuperado el 11 de abril de 2023 de Teachlr Blog. <https://blog.teachlr.com/que-es-diseno-instruccional/>

# Modelado y Tecnología aplicado en programación Matemática en el posgrado de TESCO

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.708

María del Consuelo Macías González<sup>1</sup>, Viridiana Jiménez Martínez<sup>2</sup>,  
Laura Rodríguez Maya<sup>3</sup>, Lorenzo Antonio Cruz Santiago<sup>4</sup> y Brenda Berenice Flores Cortés<sup>5</sup>

<sup>1</sup> TecNM /Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [maria.mg@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:maria.mg@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>2</sup> TecN /Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [viridiana.jm@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:viridiana.jm@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>3</sup> TecNM /Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [laura.rm@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:laura.rm@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>4</sup> TecNM /Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [lorenzo.cs@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:lorenzo.cs@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>5</sup> TecNM /Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [brenda.fc@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:brenda.fc@cuautitlan.tecnm.mx)

## Línea de investigación: Investigación Educativa

### Resumen

Actualmente los estudiantes consideran que las matemáticas son un reto que, muchas veces, es imposible de llevar de manera exitosa en el aula o resolver una actividad asociada con ellas en cualquier ámbito. Por lo que esto ha provocado desmotivación e inseguridad durante su proceso de aprendizaje, mostrando una negación hacia ellas y el índice de aprobación disminuye considerando así, la no adquisición de los conocimientos. A nivel de posgrado existen diversos factores que se suman a lo ya mencionado, por ejemplo, el tiempo que han tardado en regresar al aula de estudiante, el poco uso de las matemáticas en sus actividades laborales, entre otras.

Es por ello por lo que el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli se ha preocupado por realizar prácticas educativas que se permita integrar tecnología innovadora en el proceso de enseñanza aprendizaje dentro del aula, centrándonos así en el Posgrado de Tecnologías de Información donde se involucra el uso de un graficador que permita fortalecer el uso de la modelación y la tecnología durante la comprensión del tema de programación lineal.

*Palabras clave:* Enseñanza, Modelación, Posgrado, Programación Matemática, Tecnología.

### Abstract

Currently, students consider that mathematics is a challenge that, many times, is impossible to carry out successfully in the classroom or solve an activity associated with it in any area. Therefore, this has caused demotivation and insecurity during their learning process, showing a denial towards them and the approval rate decreases, thus considering the non-acquisition of knowledge. At the postgraduate level there are various factors that add to what has already been mentioned, for example, the time it has taken to return to the student classroom, the little use of mathematics in their work activities, among others.

This is why the Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli has been concerned with carrying out educational practices that allow innovative technology to be integrated into the teaching-learning process within the classroom, thus focusing on the Postgraduate Degree in Information Technologies where the use of a grapher that allows strengthening the use of modeling and technology during the understanding of the topic of linear programming.

*Keywords:* Teaching, Modeling, Postgraduate, Mathematical Programming, Technology.

## INTRODUCCIÓN

¿En qué medida la implementación de prácticas educativas en el aula contribuye de manera significativa a la mejora de la calidad del aprendizaje y la eficacia de la enseñanza? ¿Cuáles son las estrategias para promover una transición exitosa hacia la educación basada en la tecnología?

Este trabajo de investigación busca proporcionar respuestas a estas interrogantes con la finalidad de implementar modelación y tecnología en el ámbito de posgrado. La investigación se centrará en la implementación prácticas, la propuesta de soluciones y la promoción de un enfoque que integre la tecnología y el aprendizaje significativo de las matemáticas.

Una secuencia didáctica según Díaz-Barriga (2013) es una tarea importante para organizar situaciones de aprendizaje que se desarrollarán en el trabajo de los estudiantes, enfatizar que la responsabilidad del docente para proponer a sus alumnos actividades secuenciadas que permitan establecer un clima de aprendizaje. Es por ello por lo que ocupados por las vertientes que impactan en un aula de matemáticas, se pretende trabajar con el uso de una secuencia didáctica como estrategia de enseñanza aprendizaje en el aula de Programación Matemática en el posgrado de TESCOI.

El poder hablar de tecnopedagogía como parte de esta investigación, será considerado como el diseño como el conjunto de teorías, actividades y lineamientos, realizados por el docente y centrado y contextualizado en el estudiante, que permitirá tomar en cuenta intereses, características y necesidades del aprendizaje.

Es importante mencionar que uno de los elementos importantes en este trabajo es la modelación matemática, misma que ha ido ocupando un lugar importante en los planes y programas educativos. Sin embargo, se ha detectado la ruptura de las matemáticas teóricas y las aplicadas.

En la formación de futuros maestros en Tecnologías de la Información se sigue un modelo de formación, donde los cursos de matemáticas ocupan un lugar importante por ser el área generadora de herramientas útiles para la formación del pensamiento lógico matemático. Se han identificado distintas investigaciones que muestran las necesidades matemáticas han sido modificadas con el uso de la computadora, mismas que han reemplazado lo que antes se realizaba con lápiz y papel (Kent y Noss 2002; Kent, 2007; Alberti et. al. 2010; y Romo-Vázquez 2009 y 2010). También se identifican que hay dos tipos de necesidades matemáticas: avanzadas (requieren matemáticas avanzadas) y básicas (las que contienen técnicas y procedimientos básicos) para realizar las modelos matemáticas (Pollak 1988 y Bissell 2002).

## DESARROLLO

El principal tema que resaltar es el que el estudiante pueda utilizar la modelación y la tecnología en una actividad que requiere contexto matemático y extra matemático, realizando la vinculación de las matemáticas básicas con las aplicadas.

Para ello, el conocer algunas otras investigaciones y/o casos de éxito referentes a diseño de material didáctico basado en la tecnopedagogía, encontramos el caso del modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge, por sus siglas en inglés), el cual propone introducir las tecnologías en las aulas combinando tres elementos: las habilidades pedagógicas del profesor, los conocimientos que domina en cuanto a las asignaturas que imparte y, las competencias tecnológicas más recientes utilizadas en su quehacer docente (Koehler et al., 2013), este modelo tecnopedagógico consigue integrar la tecnología en un sentido sinérgico. Preocupados por que la tecnología avanza de manera exponencial, y que las generaciones que tenemos son parte de este proceso, es interesante, integrar en el aula el razonamiento, habilidades y tecnología ante una problemática que se plantee.

Por consiguiente e interesados en la formación de nuestros futuros maestrantes en tecnologías de la información se pretende realizar en base a una metodología propuestas donde se inserte la esencia de la tecnopedagogía, (habilidades pedagógicos, conocimientos y tecnología) para el desarrollo de una secuencia didáctica que permita que el estudiante detone el análisis y razonamiento (modelado, uso de tecnología y toma de decisión) que lo lleve a la adquisición del aprendizaje aplicado en la solución de problemas.

## OBJETO DE ESTUDIO

Trabajar con una secuencia didáctica, permite definir una serie de instrucciones que permita llegar a un objetivo teniendo como meta el aprendizaje significativo. Por lo que, mediante este trabajo de investigación se realiza el diseño de una secuencia didáctica que involucra la modelación y el uso de tecnología como herramientas en el impacto del aprendizaje de la materia de Programación Matemática que se imparte en el primer semestre de la maestría de Tecnologías de la Información y permita fomentar el pensamiento lógico matemático para futuras materias del programa educativo.

## METODOLOGÍA

Como parte del análisis apriori, se realiza un análisis de los temas de la materia de Programación Matemática que se imparte en el primer semestre de la maestría de Tecnologías de la Información, con el objetivo de identificar el tema con el cual se trabajará la secuencia didáctica y la inserción de la tecnología.

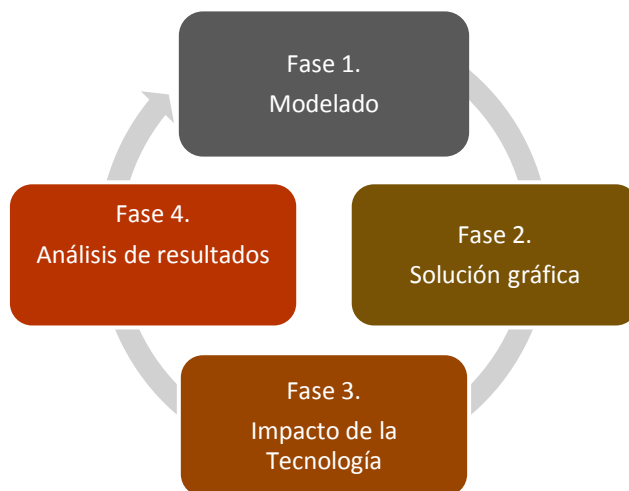


**Figura 1.**  
Análisis de Temario

PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA		
Bloque	Temas	Subtemas
1	Programación Lineal	1. Definición, desarrollo y tipos de modelos 2. Formulación de modelos. 3. Método gráfico 4. Fundamentos del método simplex. 5. Aplicaciones
2	Análisis de Redes	1. Problema de transporte. (uso del método simplex) 2. Problema de asignación. (uso del método simplex) 3. Problema de la ruta más corta. 4. Programación de proyectos (PERT-CPM). 5. Aplicaciones
3	Programación Heurística	1. Conceptos básicos 2. Algoritmos genéticos y su algoritmo. 3. Recocido simulado 4. Introducción a las Redes neuronales

Se determina que el tema es Programación Lineal, misma que permite el poder llevar al estudiante desde un pensamiento abstracto a una solución de una problemática planteada, utilizando la tecnología, en este caso un graficador para el tema de método gráfico. Por consiguiente, se propone diseñar las etapas de la secuencia didáctica que permita llevar al estudiante al aprendizaje significativo en relación con el tema de programación lineal (ver Figura 2)

**Figura 2.**  
Metodología para el Diseño de la Secuencia Didáctica.



### FASES DEL DESARROLLO

Por lo que a continuación describiremos diseño de la secuencia con las fases mencionadas:

1. Primera fase. Se elabora la actividad de modelado del tema de programación lineal, donde comienzan con el análisis y la identificación de variables de decisión, función objetivo y restricciones del problema.

En esta etapa se pretende fortalecer la ruptura que se ha tenido en relación con el vincular las matemáticas de aula en la solución de problemáticas reales. En el prefacio del estudio ICMI 14, dedicado al tema de la “Modelación y Aplicaciones en Matemática Educativa”, publicado en 2007, se señala que durante los últimos 30 años la modelación y las aplicaciones matemáticas para los campos extra matemáticos han sido importantes en la disciplina de las matemáticas.

Es por ello por lo que, en esta fase, el estudiante elabora la actividad de modelado del tema de programación lineal, donde comienzan con el análisis y la identificación de variables de decisión, función objetivo y restricciones del problema, se identificaron factores a los que se enfrentaron. Cabe mencionar que, previo a esta actividad se lleva a cabo la sesión de clase donde se muestra la importancia de la modelación en el tema de la programación lineal, y como él puede abordar el pasar de un enunciado teórico al modelo matemático que le permitirá manipular para poder trabajar con él.

Figura 3.  
Problema Por Modelizar.

### Ejemplo

1. Supongamos que se dispone de determinadas piezas para la elaboración de dos productos finales. Se dispone de 8 "piezas pequeñas" y 6 "piezas grandes", que son utilizadas para elaborar sillas (usando 2 piezas pequeñas y 1 pieza grande) y mesas (usando 2 piezas de cada tipo).

Interesa decidir cuántas sillas y mesas fabricar de modo de obtener la máxima utilidad, dado un beneficio neto de \$ 15 por cada silla y de \$20 por cada mesa fabricada.

Por ejemplo, el problema mostrado en la figura 2, se pone como parte de actividad de aula donde se le pide al estudiante, que por medio de figuras de papel pueda representar las piezas pequeñas y las grandes. Por lo que se le pide generar dichas piezas derivadas de una hora de papel reciclada. Ya que el estudiante las tiene (8 piezas pequeñas, 6 piezas grandes), se le indica que comience a generar mesas y sillas con las piezas (moviendo las piezas), realizando así diferentes combinaciones sabiendo que para poder general una silla se requieren 2 piezas pequeñas y 1 pieza grande y para generar una mesa, es usando 2 piezas de cada tipo.

Figura 4  
Combinaciones Posibles de las Piezas Armadas

Num. Mesas	Num. Sillas	Pzas. Sobrantes
3	0	2
0	4	2
2	2	0
2	3	1
1	?	?

Con esta información se le cuestiona el poder saber cuál de las opciones es la que obtendría mayor ganancia, por lo que asocian el costo que se proporciona en el ejemplo con la cantidad de cada una de ellas (\$15 por silla y \$20 por mesa), obteniendo así lo indicado en la figura 4.

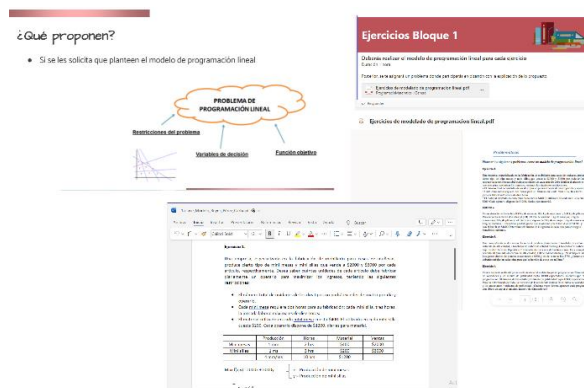
Figura 5  
Obtención de Beneficio Máximo en las Combinaciones

Num. Mesas	Num. Sillas	Pzas. Sobrantes	\$
3	0	2	→ 60
0	4	2	→ 60
2	2	0	→ 70
2	3	1	→
1	3	1	→
1	1	7	→

Con esta introducción al tema y con los elementos que caracteriza a la programación lineal, se le pide al estudiante que genere el modelo de programación lineal que consta de variables de decisión, función objetivo y restricciones, asociando con el ejercicio anterior, como parte del desarrollo lógico matemático.

**Figura 6.**

Asignación de Actividad de Modelación.



2. Segunda Fase. Solicitar la solución gráfica del modelado matemático planteado mediante lápiz y papel, así como insertando el uso de la herramienta tecnológica, misma que se le solicita identifique elementos que le ayudará a la toma de decisión. Se trabaja con el uso de la herramienta, GEOGEBRA, utilizando como herramienta de enseñanza para ilustrar la clase de matemática y experimentar con modelos significativos utilizando múltiples representaciones y herramientas de modelado. En este apartado el estudiante se familiariza con el graficador, y comienza a partir de su modelo de programación lineal realizado a generar su solución gráfica. Previo a esta actividad que se le solicita al estudiante, se realiza la práctica en el laboratorio de cómputo.

**Figura 7.**

Práctica del Uso de Geogebra.



Se le pide comparar lo realizado a mano y a lápiz con lo que obtiene con el graficador.

3. Tercera Fase. Realizar encuesta a los estudiantes para conocer ventajas y desventajas en el uso de las herramientas tecnológicas, así como el impacto que se tuvo al utilizarlas, comparando con lo obtenido al haberlo realizado a mano y papel.

Es por ello por lo que por un formulario con la herramienta de FORMS, se aplican 10 preguntas al grupo, teniendo información del modelado y del uso de la herramienta tecnológica en la solución de problemas de programación lineal. Con la información recabada, se permitirá fortalecer áreas de oportunidad en el diseño de la actividad que, permita que el estudiante pueda generar un aprendizaje significativo, aumentando sus habilidades de modelación y uso de tecnología.

4. Cuarta Fase. Recolectar y analizar los índices de evaluación en la materia con el fin de medir el impacto obtenido con el uso y no uso de la herramienta tecnológica. Cabe mencionar que la última fase arroja datos interesantes relacionados con el impacto de comprensión en el resultado obtenido de la actividad.

Pretendemos que el estudiante mediante el uso de las herramientas tecnológicas en el aula de matemáticas pueda tener un aprendizaje significativo desarrollando el análisis, comprensión, modelado, uso de tecnología y toma de decisión.

En este apartado, y empleando las fases de la metodología se realizará la comparativa con dos periodos de impartición de la materia (periodos 2022-2 y 2023-1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### (MENCIONE LOS RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS Y VALIDE LOS MISMOS)

El uso una secuencia didáctica ayudo a reforzar y desarrollar mayor interés, así como conocimiento en los estudiantes de la materia de la maestría en Tecnologías de la Información del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI) teniendo un impacto en el uso de herramienta tecnológica impactando en la ayuda de análisis ante problemáticas planteadas.

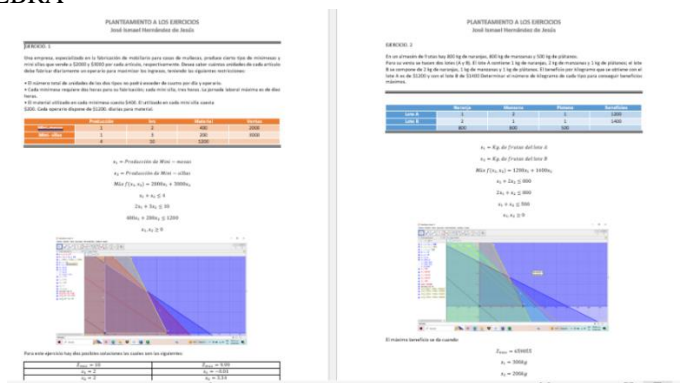
Se identificaron factores a los que se enfrentaron

1. El análisis de los datos para comenzar el modelado fue una tarea de reto, ya que, no es común que realicen un modelado matemático de una problemática empleada.
2. La forma del planteamiento del modelado, permitieron al estudiante el emplear habilidades de razonamiento, análisis y toma de decisión.

Mientras que en la fase 2, el estudiante con el uso de la herramienta tecnológica realiza la solución del planteamiento de la fase anterior (modelado) permitiendo identificar tantos elementos matemáticos como no matemáticos en el comportamiento de los resultados obtenidos.

### Figura 8

Método Gráfico mediante GEOGEBRA



En esta misma etapa, se le solicite realice la toma de decisión de acuerdo en lo obtenido en el método gráfico considerando el contexto del problema planteado. Resaltando que el estudiante desarrolla habilidades para la toma de decisión y realiza su argumento solución.

### Figura 9

Toma de Decisión en el Método Gráfico.

Para este ejercicio hay dos posibles soluciones las cuales son las siguientes:

$Z_{max} = 10$	$Z_{max} = 9.99$
$x_1 = 2$	$x_1 = -0.01$
$x_2 = 2$	$x_2 = 3.34$

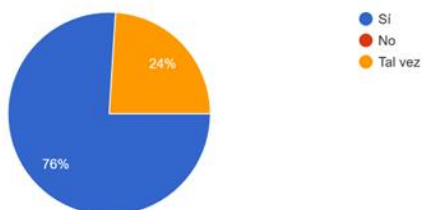
De acuerdo con esto se decide la opción de generar tanto dos mini-sillas como dos mini-mesas para obtener un máximo beneficio de 10

Dentro de una de las encuestas que se emplearon, en la tercera fase, una de las preguntas que causó mayor impacto fue en relación si ha sido funcional el uso de las herramientas tecnológicas utilizadas en el aula, observando que el 76% de los estudiantes consideran que si le han ayudado a mejorar su nivel.

### Figura 10

Resultado Grafico de Pregunta de la Encuesta.

15.- En general, estoy satisfecho(a) con la estructura de la Herramienta Tecnológica



Con relación a la cuarta fase, se realiza un comparativo en relación con los resultados obtenidos con el grupo que tomo el tema sin el uso de la herramienta tecnológica con el que, si lo realizo, es decir, en el periodo 2022-2 no sé aplico la secuencia didáctica, dando con otras estrategias el tema, incluso se ocupó papel y lápiz para el método gráfico, obteniendo así:

**Tabla 1**  
Comparativo de resultados obtenidos

Periodo	# de estudiantes	Promedio actividad evaluativa	Herramienta evaluativa
2022-2	14	71.3%	Solución método gráfico de 2 problemas de aplicación y 2 preguntas de análisis
2023-1	13	82%	

Cabe mencionar que dentro de la herramienta evaluativa se le solicita al estudiante realizar análisis de acuerdo con lo obtenido, donde pueda comprender al realizar dicha representación gráfica.

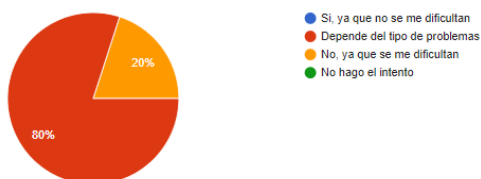
Dentro de las recomendaciones que podemos concluir es el seguir utilizando las herramientas tecnológicas en el diseño de actividades de aula, y que tanto docentes y estudiantes se capaciten en nuevas para la actualización y el uso de nuevas herramientas y no usar las mismas ya que la tecnología va cambiando de una manera exponencial y puede ser obsoleta en muchos de los casos.

Se realiza como parte de cierre una encuesta donde podemos destacar la satisfacción del estudiante ante la implementación de la secuencia didáctica. Se arroja

**Figura 11**

Resultado Grafico de Pregunta de la Encuesta.

9.- ¿Puedes resolver problemas matemáticos con rapidez y facilidad de acuerdo a lo planteado en la secuencia didáctica?



## CONCLUSIÓN

El uso de las herramientas necesarias ayudo a reforzar y desarrollar mayor interés, así como simplificar el desarrollo de un gráfico, pero dando más énfasis a la interpretación de los resultados y la toma de decisiones. De esta manera podemos considerar que el trabajar con tecnología en el aula se potencien habilidades de matemáticas aplicadas, provocando en el estudiante la confianza de poder ir construyendo su conocimiento y reflejarlo en las actividades evaluativas.

Los resultados demuestran la necesidad de innovar en el diseño de las actividades de aula, permitiendo sumar la tecnopedagogía como parte de la metodología (uso de habilidades pedagógicas del docente, los conocimientos que domina y, las competencias tecnológicas). Es interesante que la tecnología sea parte medular en el aula, pero también debemos considerar que existen factores que intervienen que podrían no favorecer dicha propuesta, como es la falta de equipamiento de ella en las instituciones (equipos de cómputo, internet, etc.)

### Limitaciones

Lo que podría hacer diferente al emplear nuestra investigación en otra institución, por ejemplo, es la infraestructura con la que cuenta, así como la preparación del docente en donde se imparte la materia, incluso le programa educativo donde se esté perfilando el tema de programación matemática.

### Recomendaciones

Consideramos que este trabajo sienta las bases para desarrollar actividades didácticas basadas en la inserción de tecnología, ofreciendo pistas interesantes como son el análisis y la toma de decisiones de modelos matemáticos en uso, la metodología para el diseño de actividades, el involucramiento de profesores de matemática en el diseño y el desarrollo de secuencias didácticas en el marco de una investigación futura.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Alberti, M. (2010). Mathematics for Engineering and Engineering for Mathematics. En M.Alberti, S. Amat, S. Busquier, P. Romero y J. Tejada (Eds). ICMi 20: Educational Interfaces between Mathematics and Industry. <http://col122w.col122.mail.live.com/default.aspx?wa=wsignin1.0>
- Bissell, C.C. (2002). Histoires, héritages et herméneutique (la vie quotidienne des mathématiques de l'ingénieur, Annales des Ponts et Chaussées, 107-8, 4-9
- Brousseau, G (2007) Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas. Buenos Aires, Libros Zorzal
- Castellanos Sánchez, A., Sánchez Romero, C., & Calderero Hernández, J. F. (2017). Nuevos modelos tecnopedagógicos. Competencia digital de los alumnos universitarios. Revista electrónica de investigación educativa, 19(1), 1-9.
- Díaz-Barriga, A (1984) Didáctica y Curriculum. Articulaciones en los programas de estudios. México,Nuevomar. (Hay edición en Paidós corregida y aumentada desde 1996)



- Díaz-Barriga, A. (2006) El docente y los programas de estudio. México, IISUE-UNAM-Bonilla.
- Díaz-Barriga, Arceo, F (2004) Enseñanza situada. México, McGraw Hill
- Díaz-Barriga Arceo, F., Romero, E. y Heredia, A. (2012). "Diseño tecnopedagógico de portafolios electrónicos de aprendizaje: una experiencia con estudiantes universitarios" Revista Electrónica de Investigación Educativa, 14 (2), 103 [<http://redie.uabc.mx/vol14no2/contenidodiazbarrigaetal.html>]
- Kent, P. (2007). Learning Advanced Mathematics: The case of Engineering courses. contribution to the NCTM Handbook chapter: Mathematics thinking and learning at postsecondary level. In Lester, K., F. (Ed.), Second handbook of research on 88 mathematics teaching and learning: a project of the National Council of Teachers of Mathematics. (pp. 1042-1051). Charlotte, NC: Information Age Pub
- Kent, P., & Noss, R. (2002). The mathematical components of engineering expertise : The relationship between doing and understanding mathematics. Proceedings of the IEE Second Annual Symposium on Engineering Education: Professional Engineering Scenarios 2 (pp.39/1 -39/7). London U.K.
- Macías, C. (2012). Uso de las nuevas tecnologías en la formación matemática de ingenieros (Tesis de maestría no publicada). Cicata-IPN, México.
- Pollak H. O. (1988). Mathematics as a service subject- why? In A. G. Howson et al. (Eds), Mathematics as a service subject. pp.28-34. Cambridge: Cambridge University Press (Series : ICMI study).
- Romo-Vázquez, R., Velez-Perez, H., Ranta, R., Louis-Dorr, V., Maquin, D. & Maillard, L. (2012). Blind source separation, wavelet denoising and discriminant analysis for EEG artefacts and noise cancelling, Biomedical Signal Processing and Control, 7(4). 389-400.
- Teliz, E. G. (2017). Idea: transformaciones de un modelo para la gestión tecnopedagógica. Revista Panamericana de Pedagogía, (24).

# Desarrollo de un recolector de humedad con Arduino Uno

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.681

Raúl Zambrano Sandoval<sup>1</sup>, Jesús Arturo Hernández Soberón<sup>2</sup>, Miriam Zulema González Medrano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, e-mail: [rsandoval@utnc.edu.mx](mailto:rsandoval@utnc.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, e-mail: [jsoberon@utnc.edu.mx](mailto:jsoberon@utnc.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, e-mail: [mgonzalez@utnc.edu.mx](mailto:mgonzalez@utnc.edu.mx)

**Línea de investigación:** Sistemas Mecatrónicos y Control de Procesos Industriales

## Resumen

Este proyecto surge como una respuesta innovadora y crucial para abordar de manera efectiva el persistente problema de la escasez de agua en ciertas zonas urbanas. La propuesta central consiste en la creación de un dispositivo avanzado basado en la condensación de la humedad ambiental, buscando aprovechar un recurso disponible pero subutilizado en la actualidad. La implementación de este concepto se lleva a cabo mediante el uso de Arduino Uno, una plataforma de desarrollo que posibilita la creación de un prototipo funcional y adaptable a diversas condiciones. El prototipo desarrollado demuestra de manera convincente la factibilidad de separar el agua del aire mediante procesos de condensación altamente eficientes. La efectividad del dispositivo se valida, especialmente en tareas domésticas, abriendo la posibilidad de integrar este sistema en entornos cotidianos para satisfacer las necesidades básicas de agua de manera sostenible. Los resultados obtenidos de las pruebas experimentales revelan la viabilidad y eficacia de este avanzado recolector de humedad. Esto sugiere que el dispositivo podría ofrecer una solución significativa para comunidades que enfrentan dificultades en el acceso al agua, sobre todo en entornos urbanos afectados por la escasez hídrica. La utilidad potencial de esta tecnología reside en su capacidad para atender las demandas locales de agua, proveyendo una alternativa sostenible y eficiente en aras de mejorar la calidad de vida en comunidades afectadas por la falta de recursos hídricos. Este enfoque novedoso demuestra ser prometedor en la lucha contra la escasez de agua, destacando la importancia de la innovación tecnológica en la resolución de problemas ambientales críticos.

*Palabras clave:* Agua, Aire, Arduino Uno, Escasez

## Abstract

This project emerges as an innovative and crucial response to effectively address the persistent problem of water scarcity in certain urban areas. The central proposal consists of the creation of an advanced device based on the condensation of environmental humidity, seeking to take advantage of an available but currently underused resource. The implementation of this concept is carried out through the use of Arduino Uno, a development platform that enables the creation of a functional prototype adaptable to various conditions. The developed prototype convincingly demonstrates the feasibility of separating water from air through highly efficient condensation processes. The effectiveness of the device is validated, especially in domestic tasks, opening the possibility of integrating this system into everyday environments to meet basic water needs in a sustainable manner. The results obtained from the experimental tests reveal the feasibility and effectiveness of this advanced moisture collector. This suggests that the device could offer a significant solution for communities facing difficulties in accessing water, especially in urban environments affected by water scarcity. The potential usefulness of this technology lies in its ability to meet local water demands, providing a sustainable and efficient alternative to improve the quality of life in communities affected by the lack of water resources. This novel approach proves promising in the fight against water scarcity, highlighting the importance of technological innovation in solving critical environmental problems.

*Keywords:* Water, Air, Arduino Uno, Scarcity

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto nació a partir del principio fundamental de sostenibilidad centrado en "Agua limpia y saneamiento". A partir de esta premisa, se ideó un dispositivo innovador capaz de generar agua a partir de la humedad presente en el entorno. Esta solución se presenta como una invaluable ayuda en entornos urbanos o comunidades rurales donde el suministro de agua no es tan accesible.

La relevancia de este dispositivo se hace evidente al considerar su impacto potencial en la vida diaria de las personas. La obtención de agua se simplifica considerablemente, ofreciendo una solución fácilmente aplicable para usos domésticos.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar un dispositivo innovador destinado a la captura de humedad ambiental. A través de diversas fases, se busca condensar esta humedad para convertirla en agua utilizable en una variedad de aplicaciones prácticas.

Objetivos específicos:

- Diseñar e implementar un proceso eficiente de separación de la humedad ambiental, con el objetivo de conferirle utilidad práctica.
- Calcular el agua que se puede obtener por medio de la humedad del ambiente.
- Identificar el porcentaje de la humedad del ambiente y mostrar en una pantalla.

### OBJETO DE ESTUDIO

El propósito central de este proyecto es concebir un dispositivo capaz de capturar la humedad del entorno, a través de diversas etapas donde dicha humedad se filtrará, condensará y transformará en agua con aplicaciones versátiles. Este proyecto se alinea con el objetivo de desarrollo sostenible "Agua limpia y saneamiento", que busca recolectar agua para diversos usos. Está especialmente diseñado considerando las ciudades que enfrentan limitaciones en recursos hídricos, proponiendo aprovechar la humedad ambiental como una solución viable para mitigar la escasez de agua.

## METODOLOGÍA

**Arduino:** Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont).

Una placa electrónica es una PCB ("Printed Circuit Board", "Placa de Circuito Impreso" en español). Las PCBs superficies planas fabricadas en un material no conductor, la cual costa de distintas capas de material conductor. Una PCB es la forma más compacta y estable de construir un circuito electrónico. Por lo tanto, la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna. De esta forma el usuario final no se debe preocupar por las conexiones eléctricas que necesita el microcontrolador para funcionar, y puede empezar directamente a desarrollar las diferentes aplicaciones electrónicas que necesite. (Aguayo, 2023)

**DHT-11:** El sensor de DHT11 es un sensor de temperatura y humedad digital de bajo costo. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no hay pines de entrada analógica). Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar datos. El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos, así que las lecturas que se pueden realizar serán mínimo cada 2 segundos. Además, lo podemos encontrar de dos maneras, de forma individual donde solo tenemos el sensor DHT11, o insertado en una PCB.

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones académicas relacionadas al control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más. (Palma, 2023)

### Especificaciones técnicas

- Voltaje de Operación: 3V - 5V DC
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura:  $\pm 2.0$  °C
- Resolución Temperatura: 0.1 °C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 5% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de sensado: 1 seg.
- Interface digital: Single-bus (bidireccional)
- Modelo: DHT11
- Dimensiones: 16\*12\*5 mm
- Peso: 1 gr.

- Carcasa de plástico celeste (Pablo, 2023)

**Celdas Peltier:** Es un dispositivo electrónico que permite generar frío a partir de la corriente eléctrica. Esta actúa como una bomba de calor de estado sólido, o lo que es lo mismo, permite transferir el calor de un foco frío a uno caliente, generando una oposición al gradiente de la temperatura.

**Figura 1**  
*Celda Peltier*



Fuente: Gomar, J. (s.f.). *Profesional review*. Obtenido de <https://www.profesionalreview.com/2018/10/16/que-celula-peltier/>

Cuando la celda Peltier funciona, uno de los lados empieza a calentarse mientras que el otro lado se enfría. Una **célula Peltier es un dispositivo que mediante el paso de corriente a través de su circuito es capaz de refrigerar por un lado y calentar por el otro**. La célula Peltier también es llamada dispositivo Peltier, diodo Peltier, bomba de calor Peltier, entre otros. Aunque una célula Peltier puede generar frío y calor, **para calentar se suelen usar otros dispositivos que pueden resultar mucho más eficientes** que una célula Peltier. Su principio consiste en el efecto Peltier que consiste en el enfriamiento y calentamiento de dos puntos de contacto que están entre dos conductores de distintos metales al hacerles pasar una corriente continua entre estos. (Moranguez, 2023)

**Sensor de nivel de agua con Arduino:** El sensor de nivel de agua es un sensor de reconocimiento de fácil uso y rentable, con el cual puede medir y determinar el nivel de agua a través de gotas/volumen de la misma. Los valores analógicos de conversión de salida de agua a señal analógica fáciles de completar se pueden leer directamente en la placa de desarrollo o tarjeta de control como Arduino para lograr el efecto de alarma de nivel. (Xukyo, 2022)

### **FASES DEL DESARROLLO**

El presente proyecto se centra en la concepción y ejecución de un prototipo innovador, respaldado por una exhaustiva investigación, con el propósito de abordar la problemática de la escasez de agua. La iniciativa capitaliza las condiciones ambientales, específicamente la humedad del aire, como un recurso aprovechable. El prototipo, diseñado para generar agua mediante la captación de humedad atmosférica mediante la condensación, se fundamenta en la aplicación de celdas de Peltier. Esta solución se erige como respuesta a la recurrente escasez de agua en ciudades, brindando un enfoque práctico y beneficioso para aquellas comunidades que enfrentan este desafío, facilitando así las actividades cotidianas de quienes requieren acceso a este recurso vital.

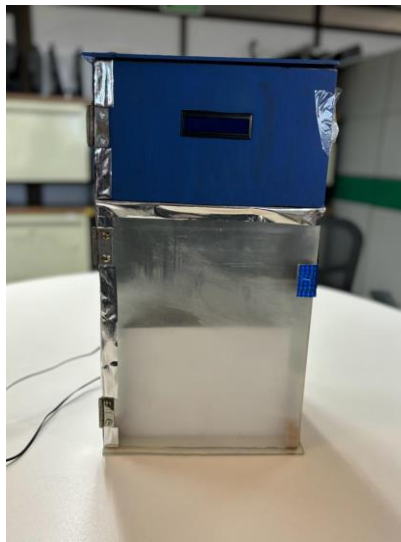
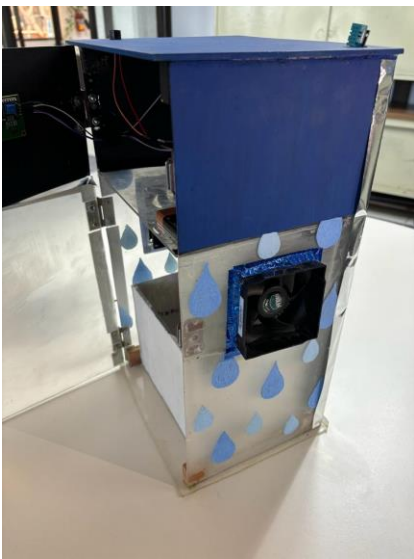
En la Figura 2 se presenta el diseño del prototipo, el cual se estructura en tres componentes principales. La primera parte consiste en una base fabricada en acrílico que cuenta con una puerta magnética con cerradura. En esta base, se ubican dos perforaciones destinadas para la colocación de ventiladores. La segunda parte destaca como la caja central y fundamental del prototipo, conocida como la "caja de control". En su interior alberga los componentes eléctricos necesarios para la alimentación del proyecto. Finalmente, se incluye un tanque de acrílico diseñado para ser removible, facilitando su vaciado. Este tanque sirve como receptáculo para el agua recolectada, la cual posteriormente será utilizada en el proyecto.

**Figura 2**  
*Diseño del proyecto*



*Fuente propia*

**Figuras 3 y 4**  
*Fotografías del prototipo*



*Fuente propia*

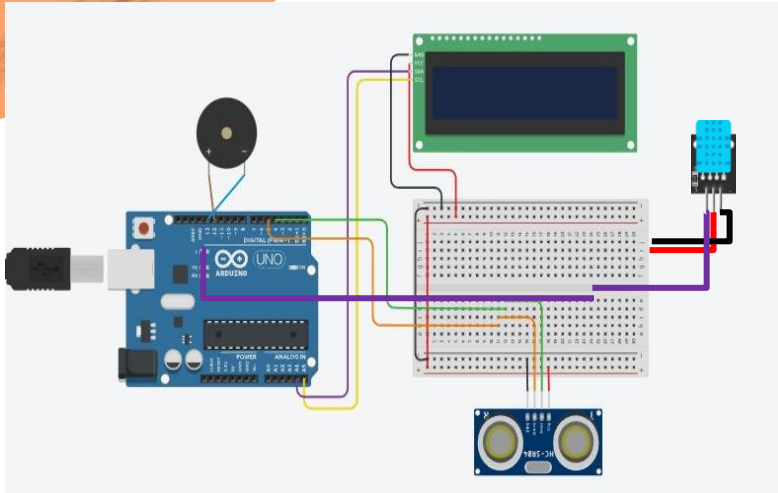
#### **Diagrama eléctrico – electrónico**

Conexión de pantalla LCD con sensor de humedad y sensor ultrasónico zumbador.

El circuito fue diseñado con el propósito de supervisar las condiciones ambientales esenciales para el correcto funcionamiento del proyecto. Su función principal consiste en monitorear la temperatura y la humedad del entorno en el cual estará ubicado el prototipo, así como verificar los niveles de agua en el tanque, emitiendo una alerta en caso de que esté lleno. Las conexiones correspondientes se detallan en la Figura 5.



**Figura 5**  
*Diagrama eléctrico – electrónico*



*Fuente propia.*

### Programación

Este código ha sido elaborado para asegurar el rendimiento óptimo del circuito. Su principal propósito es supervisar la pantalla LCD, asegurando una representación precisa de la temperatura y la humedad del entorno. La otra sección del código se dedica al sensor ultrasónico, el cual mide los niveles de agua y activa una alerta a través de un zumbador cuando alcanzan su límite predefinido. Consulte la Figura 6 para obtener más detalles.

**Figura 6**

```
//PANTALLA//
#include <Wire.h> // libreria necesaria para bus I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // libreria necesaria para display I2C
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // configuramos el LCD en la direccion de bus I2C que es
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 9 //Conectamos el Sensor al pin digital 9
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
//////////////////////////////////////
//SENSOR//
#define TRIGGER 5
#define ECHO 6
#define BUZZER 13
// Constantes
const float umbral3 = 10.0;
void setup() {
//PANTALLA
  lcd.init(); // inicializa el lcd
  lcd.backlight(); // enciende la luz de fondo del display
  lcd.setCursor(0,0); // apuntamos el cursor a la primera fila y primer caracter e
  //lcd.print("hola mundo"); // imprimimos el texto entre ""
//lcd.begin(16,2); // Indicamos medidas de LCD
dht.begin();
//SENSOR
// Iniciamos el monitor serie
  Serial.begin(9600);

  // Modo entrada/salida de los pines
  pinMode(ECHO, INPUT);
  pinMode(TRIGGER, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);
}

void loop() {
//PANTALLA
{
  int h = dht.readHumidity(); // Lee la humedad
  int t= dht.readTemperature();
  ////////////////////////////////////////
  lcd.clear(); //Elimina todos los simbolos del LCD
  lcd.setCursor(0,0); //Posiciona la primera letra despues del segmento 5 en linea 1
```

```

{
    // Lanzamos alertas
    alertas(distancia);
}
void alertas(float distancia)
{
    if (distancia < umbral1 && distancia >= umbral2)
    {
        tone(BUZZER, 2000, 200);
    }
    else if (distancia < umbral2 && distancia > umbral3)
    {
        tone(BUZZER, 2500, 200);
    }
    else if (distancia <= umbral3)
    {
        tone(BUZZER, 3000, 200);
    }
}

// Método que calcula la distancia a la que se encuentra un objeto.
// Devuelve una variable tipo float que contiene la distancia
float calcularDistancia()
{
    // La función pulseIn obtiene el tiempo que tarda en cambiar entre estados, en este caso a HIGH
    unsigned long tiempo = pulseIn(ECHO, HIGH);

    // Obtenemos la distancia en cm, hay que convertir el tiempo en segundos ya que está en microsegundos
    // por eso se multiplica por 0.000001
    float distancia = tiempo * 0.000001 * sonido / 2.0;
    Serial.print(distancia);
    Serial.print("cm");
    Serial.println();
    delay(500);

    return distancia;
}
lcd.print("Temperatura ");
lcd.setCursor(6,1);
lcd.print(t); //Escribe la temperatura
lcd.print(" C'");
delay (2500);

}

//SENSOR
// Preparamos el sensor de ultrasonidos
    iniciarTrigger();

// Obtenemos la distancia
float distancia = calcularDistancia();

// Lanzamos alerta si estamos dentro del rango de peligro
if (distancia < umbral1)
{

```

```

}

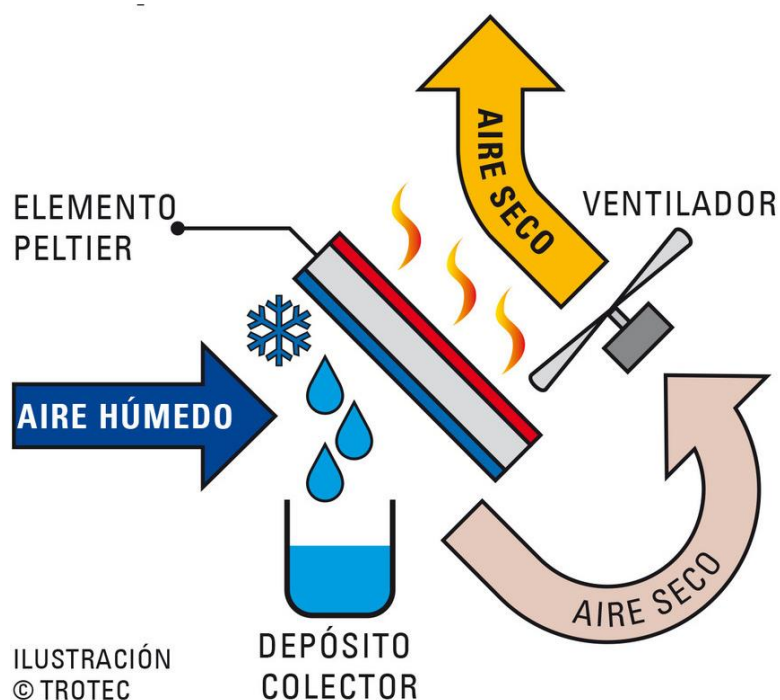
// Método que inicia la secuencia del Trigger para comenzar a medir
void iniciarTrigger()
{
    // Ponemos el Triiger en estado bajo y esperamos 2 ms
    digitalWrite(TRIGGER, LOW);
    delayMicroseconds(2);

    // Ponemos el pin Trigger a estado alto y esperamos 10 ms
    digitalWrite(TRIGGER, HIGH);
    delayMicroseconds(10);

    // Comenzamos poniendo el pin Trigger en estado bajo
    digitalWrite(TRIGGER, LOW);
}

```

**Diagrama de principio de funcionamiento**  
**Figura 7**



*Fuente: TROTEC. (s.f.). Obtenido de <https://es.trotec.com/productos-y-servicios/maquinas-homecomfort/deshumidificadores/conocimientos-practicos-sobre-deshumidificadores/resumen-de-los-procesos-de-deshumidificacion/secadores-por-condensacion-con-tecnologia-peltier/>*

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo central de este proyecto es la generación de agua a partir de la humedad presente en el entorno. El prototipo demostró un funcionamiento satisfactorio, alcanzando un rendimiento del 90%. Aunque la captación de agua opera correctamente, aún se requiere optimizar para incrementar la eficiencia y obtener mayores cantidades en un lapso reducido. Los sensores integrados en el prototipo mostraron un rendimiento del 100%, cumpliendo con precisión las expectativas al indicar en la pantalla la temperatura y humedad ambiente, así como el estado del tanque (lleno o vacío).

## CONCLUSIÓN

Se han alcanzado satisfactoriamente los objetivos establecidos al inicio de este proyecto. La función principal de generar agua se ejecuta con un rendimiento del 90%. Aunque el prototipo efectivamente produce agua sin inconvenientes, no logró alcanzar la cantidad estimada inicialmente. Durante la ejecución de este proyecto, se implementaron diversas modificaciones a la idea original, incluyendo la adición de componentes adicionales para el funcionamiento de los sensores, los cuales no se habían contemplado inicialmente. Asimismo, el diseño final experimentó múltiples ajustes con el fin de mejorar tanto su rendimiento como su estética, transformándolo en un dispositivo apto para su uso en entornos domésticos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos sinceramente a las alumnas Itzel Denisse Ibarra Tovar, Danna Paola Vega Montemayor, Juan Alexis Flores Rangel, Carlos Ariel Avilés Viruete, y Gabriel Eduardo Almendariz Guerrero por su valiosa contribución en la elaboración del prototipo. Su dedicación y esfuerzo desempeñaron un papel fundamental en el éxito de este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, P. (2023). *Arduino.cl*. Obtenido de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Gomar, J. (s.f.). *Profesional review*. Obtenido de <https://www.profesionalreview.com/2018/10/16/que-celula-peltier/>
- Moranguez, E. R. (2023). *LovTechnology*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>
- Pablo. (2023). *mechatronic STORE.CL*. Obtenido de : <https://www.mechatronicstore.cl/como-utilizar-el-modulo-dht-11/>
- Palma, J. (20 de Febrero de 2023). *MechatronicStore*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>
- TROTEC. (s.f.). Obtenido de <https://es.trotec.com/productos-y-servicios/maquinas-homecomfort/deshumidificadores/conocimientos-practicos-sobre-deshumidificadores/resumen-de-los-procesos-de-deshumidificacion/secadores-por-condensacion-con-tecnologia-peltier/>
- Xukyo. (2022). *AranaCorp*. Obtenido de <https://www.aranacorp.com/es/uso-de-un-sensor-de-nivel-de-agua-con-arduino/>

# Monitoreo remoto de temperatura corporal mediante IoT

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.691

Gonzalo Soberanes Flores<sup>1</sup>, Juan Jaime Fuentes Uriarte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica del Valle del Évora, e-mail: [gonzalo.soberanes@upve.edu.mx](mailto:gonzalo.soberanes@upve.edu.mx)

<sup>2</sup> Universidad Politécnica del Valle del Évora, e-mail: [juanjaime.fuentes@upve.edu.mx](mailto:juanjaime.fuentes@upve.edu.mx)

## Línea de investigación: Internet de las cosas

### Resumen

La temperatura corporal es un parámetro importante que se utiliza para evaluar el estado de salud de la persona y existen diferentes tipos de termómetros. Como una alternativa a los termómetros axiales convencionales, en este proyecto se describe el desarrollo de un sistema de monitoreo remoto de temperatura corporal, el cual utiliza el sensor de temperatura LM35, la placa de desarrollo Arduino UNO R3 y el módulo Bluetooth HC-06 para la comunicación con una aplicación móvil que estará mostrando la temperatura en tiempo real y nos dará una alerta en caso de que la temperatura sea muy alta. El dispositivo es alimentado con una batería recargable y se sujeta en la parte externa del brazo, mientras el sensor queda en la parte interna a la altura de la axila. Para el desarrollo de la aplicación se utilizó la plataforma MIT App Inventor.

*Palabras clave: Arduino, HC-06, IoT, LM35, Temperatura.*

### Abstract

Body temperature is an important parameter for assessing a person's health, and there are many different types of thermometers. This project describes the development of a remote body temperature monitoring system that is an alternative to conventional axial thermometers. The system uses an LM35 temperature sensor, an Arduino UNO R3 development board, and an HC-06 Bluetooth module to communicate with a mobile application. The application displays the temperature in real time and provides an alert if the temperature is too high. The device is powered by a rechargeable battery and is attached to the outside of the arm, with the sensor placed on the inside at the level of the armpit. The MIT App Inventor platform was used to develop the application.

*Keywords: Arduino, HC-06, IoT, Temperature.*



## INTRODUCCIÓN

La temperatura corporal es un parámetro fisiológico importante que puede utilizarse para evaluar el estado de salud de una persona. Los cambios en la temperatura corporal pueden ser un signo de infección, inflamación o incluso de enfermedades más graves. Debido a su importancia se han desarrollado diferentes tipos de termómetros corporales desde los de mercurio, los digitales orales, axilares, los infrarrojos de pistola, entre otros.

Existen enfermedades que requieren un monitoreo constante de la temperatura del paciente, para evitar que aumente demasiado y el paciente pueda sufrir algún daño, este monitoreo constante es muy cansado, especialmente durante la noche, tanto para el paciente como para el cuidador.

Con el desarrollo del Internet de las cosas (IoT) podemos agregar el monitoreo remoto de la temperatura corporal como una herramienta valiosa para el seguimiento de la salud, especialmente de aquellas personas con enfermedades graves. Esto tiene la ventaja de que no se tiene que molestar constantemente al paciente para realizar la toma de temperatura, si se trata de una enfermedad contagiosa no se requiere contacto físico constante y al agregar alertas automatizadas se puede conocer rápidamente cuando la temperatura sobrepasa algún límite establecido.

En este proyecto se desarrolla un sistema de monitoreo remoto de la temperatura corporal mediante IoT. El sistema utilizará un sensor de temperatura para medir la temperatura corporal de una persona y enviar los datos a un dispositivo móvil, mediante el cual se puede monitorear en tiempo real la temperatura y agregar algunas alertas.

## DESARROLLO

Para este proyecto se decide utilizar la placa Arduino UNO R3 por ya contar con algunas de ellas, además esta placa es una de las más populares para el IoT en instituciones educativas (Barber, Horra y Crespo, 2013), ya que es de bajo costo, multiplataforma, con un entorno de programación simple y claro, de código abierto y software extensible, Hardware abierto y extensible (Monteavaro y Montejo, 2019). Como sensor de temperatura se emplea el circuito integrado (CI) LM35, para realizar la conexión Bluetooth entre la placa Arduino y el dispositivo móvil se usa el módulo HC-06 y para realizar la aplicación móvil se utiliza la plataforma MIT App Inventor.

## OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de monitoreo remoto de la temperatura corporal mediante el IoT para permitir a los cuidadores y pacientes supervisar de manera efectiva y continua la temperatura de una persona en un dispositivo móvil.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema portátil que cense la temperatura corporal axilar.
- Programar una aplicación móvil que nos muestre la temperatura y nos mande alertas en casos críticos.
- Realizar un enlace Bluetooth entre el sistema de censado y la aplicación móvil que nos muestra la temperatura.

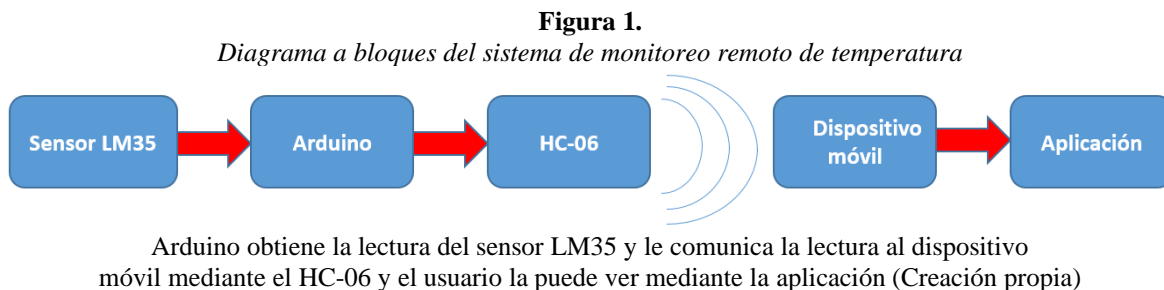
## OBJETO DE ESTUDIO

El término Internet de las cosas se refiere a escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad informática se extienden a objetos, sensores y elementos cotidianos que normalmente no se consideran computadoras, lo que permite que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana (Rose, Chapin, 2015).

Existen muchos dispositivos de IoT que se pueden utilizar para recibir y procesar la señal de temperatura corporal obtenida del sensor, según (Alarcón, Vargas, Llanos, 2018) la plataforma más utilizada es Arduino, por su confiabilidad y bajo costo.

## METODOLOGÍA

La representación del sistema en un diagrama de bloque se puede observar en la Figura 1.



La salida del sensor de temperatura LM35 es lineal con respecto a la temperatura, incrementando 10mV por cada grado Centígrado de temperatura. El rango de medición es de -55°C a 150°C, por lo cual es perfecto para la temperatura corporal (30°C – 42°C) y su precisión a temperatura ambiente es de 0.5°C (Llamas, 2015).

**Figura 2.**  
*Sensor LM35*



Uso de los pines del CI LM35. Tomado de (Llamas, 2015)

Debido a que la salida del sensor LM35 es analógica, como se observa en la Figura 2, se decide conectar su salida a la entrada A0 del Arduino UNO.

La placa Arduino UNO cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida (I/O) marcados del 0 al 13, y tiene 5 entradas analógicas marcadas de A0 a A4, que se pueden observar en la parte superior e inferior de la Figura 3.

**Figura 3.**  
*Arduino UNO*

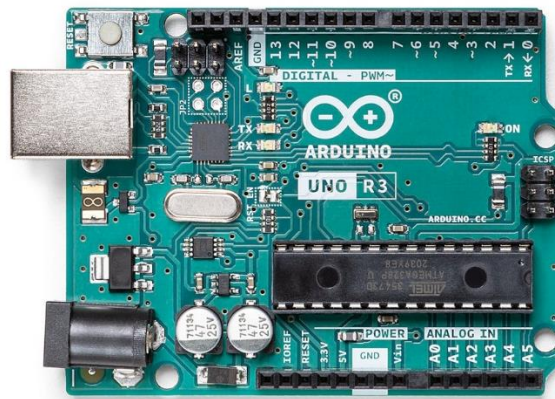
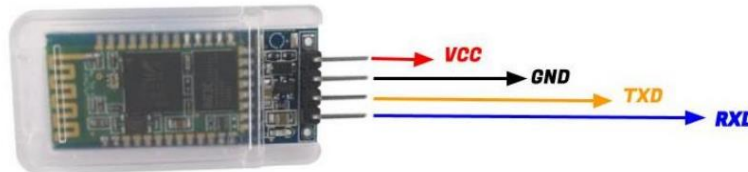


Imagen tomada de la página web oficial *arduino.cc*

El módulo HC-06 está diseñado para establecer conexiones inalámbricas a través del puerto serial del dispositivo al que lo conectemos y con ello poder hacerlo capaz de comunicarse mediante Bluetooth. En este proyecto es utilizado para poder conectar el Arduino con el dispositivo móvil mediante bluetooth. Este módulo dispone de 4 pines de conexión, dos de alimentación y dos de comunicación (TxD y RxD) (Mucientes, 2021), como se observa en la Figura 4.

**Figura 4.**  
*Módulo HC-06*



Disposición de pines del módulo HC-06. Tomado de (Mucientes, 2021)

La conexión del módulo HC-06 se realizó conectando el pin RXD del HC-06 al pin 2 de Arduino y el pin TXD al pin 4 de Arduino

## FASES DEL DESARROLLO

### Lectura del sensor de temperatura

En la placa Arduino Uno cada entrada analógica tiene internamente un convertidor de analógico a digital (ADC) con 10 bits de resolución, de esta forma, al leer una entrada analógica (normalmente entre 0V y 5V) la convierte a un valor entre 0 y 1023 (Soberanes y Fuentes, 2022), así que para obtener el nivel de miliVolts otorgado por el sensor LM35 en la entrada analógica A0 de Arduino, se aplica la fórmula (1). El sensor LM35 otorga 10mV por cada grado Centígrado, por lo tanto, para obtener los grados Centígrados se aplica la fórmula (2).

$$\text{miliVolts} = (\text{valorLeido}/1023)5000 \quad (1)$$

$$\text{gradosCentígrados} = \text{miliVolts}/10 \quad (2)$$

Si se quiere obtener directamente los grados Centígrados, se puede unir (1) y (2) para obtener (3) y simplificarla como en (4).

$$\text{gradosCentígrados} = ((\text{valorLeido}/1023)5000)/10 \quad (3)$$

$$\text{gradosCentígrados} = (\text{valorLeido}/1023)500 \quad (4)$$

### Conexión bluetooth de Arduino con el dispositivo móvil

Para manejar el módulo bluetooth HC-06 en Arduino, se importa la biblioteca SoftwareSerial, y para utilizar esta biblioteca se le proporcionan como parámetros iniciales los pines donde están conectadas las líneas Rx y Tx (recepción y transmisión de datos) y la velocidad de comunicación (baudios). Después, es posible comunicarse con el módulo mediante comandos AT o con algunas funciones establecidos como read() y print(). Para este proyecto se utilizan los pines 4 y 2, la velocidad se establece en 9600 baudios y solo se utiliza la función print() para enviar la temperatura al dispositivo móvil, la actualización de la temperatura y el envío del nuevo valor se realiza cada 500 ms (0.5 segundos). En el dispositivo móvil inicialmente se tiene que realizar el emparejamiento con el módulo bluetooth. Al estar en funcionamiento el módulo HC-06, se detectó que introduce ruido en las mediciones del sensor LM35, para lo cual se colocó un capacitor de 470  $\mu$ F entre la terminal positiva y negativa de la alimentación del LM35, logrando una disminución considerable en el ruido.

En la Figura 5 se tiene el código utilizado en Arduino para tomar la lectura del sensor, convertirla en grados Centígrados y enviarla por bluetooth al dispositivo móvil.

**Figura 5.**  
**Código de Arduino**

```
1  #include <SoftwareSerial.h> //biblioteca para el sensor HC-06
2
3  SoftwareSerial Bth(4, 2);
4  const int sensorPin = A0;
5  int valSensor;
6  float temp;
7
8  void setup() {
9      Bth.begin(9600);
10 }
11
12 void loop() {
13     valSensor = analogRead(sensorPin);
14     temp = ((valSensor / 1023.0) * 500.0);
15     Bth.print(temp);
16     delay(500);
17 }
```

Código para leer el sensor, convertir la lectura en °C y enviarla por Bluetooth

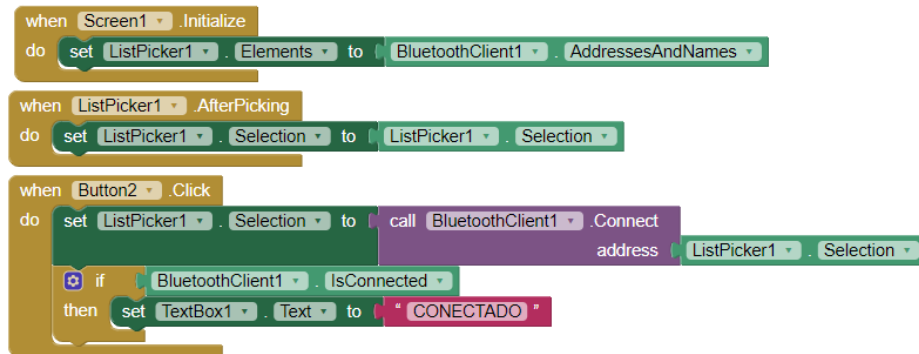
### Diseño de la aplicación móvil

Para el diseño de la aplicación móvil se utiliza la plataforma en línea MIT App Inventor, por su facilidad de uso y la rapidez para la creación de la aplicación, además de que su uso es gratuito. En esta plataforma la programación se realiza por medio de la conexión de bloques.

Primero se realiza el emparejamiento de la aplicación con el módulo bluetooth HC-06 conectado a la placa Arduino. Para esto, la aplicación muestra un listado de los dispositivos bluetooth reconocidos por el móvil, se selecciona el correspondiente al módulo HC-06 y se presiona el botón *Conectar* para realizar el emparejamiento. La programación por bloques correspondiente a esta sección se muestra en la Figura 6.

**Figura 6.**

*Código de bloques para el emparejamiento bluetooth*

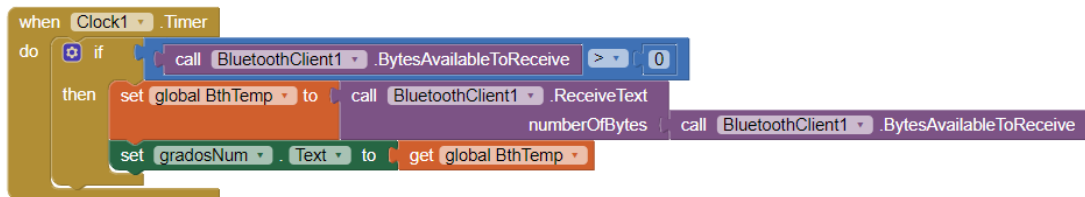


Bloques utilizados para realizar el emparejamiento con el módulo bluetooth de Arduino

Una vez realizado con éxito el emparejamiento bluetooth, se revisa constantemente (cada 500 mili-Segundos) si se han recibido bytes de datos del módulo de Arduino, de ser así, se leen los bytes y se convierten a texto para desplegarlos en la aplicación como la temperatura corporal actual. Dicho procedimiento se muestra en la Figura 7.

**Figura 7.**

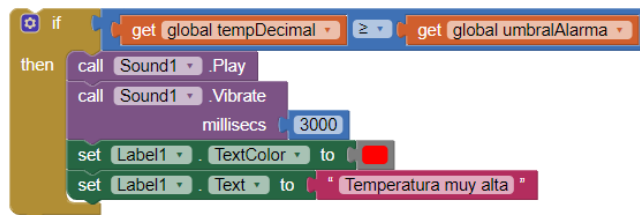
*Lectura de datos del módulo Bluetooth*



Se tiene establecido un umbral para activar la alerta. El valor predeterminado es de 39.5 °C, pero se puede ajustar a un valor diferente. En caso de que la temperatura sea mayor o igual que el valor de umbral, se activa la alerta, la cual consiste en reproducir un sonido, poner al móvil a vibrar durante 3 segundos y mostrar un mensaje con texto en color rojo indicando que se tiene una temperatura muy alta. Los bloques correspondientes a dicha operación se muestran en la Figura 8.

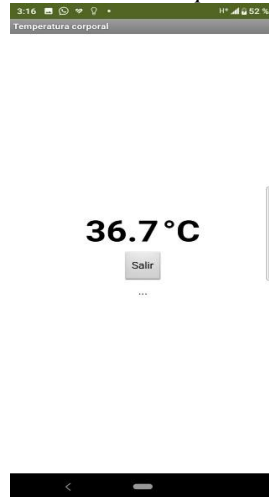
**Figura 8.**

*Funcionamiento de la alerta por temperatura elevada*



La aplicación se instaló en un celular con sistema operativo Android 9. La aplicación funcionando en el dispositivo móvil, se puede observar en la Figura 9, donde se despliega una temperatura de 36.7 °C, la cual está dentro del rango normal de temperatura para una persona.

**Figura 9.**  
*Aplicación móvil mostrando la temperatura corporal actual*



### **Montaje del prototipo**

Para la alimentación del prototipo se utilizó una batería recargable externa (Power Bank) de 10000 mAh, mostrada en la Figura 10, con la cual el prototipo puede funcionar por más de 20 horas continuas. Todo el prototipo, incluyendo Arduino, módulo HC-06, sensor de temperatura y batería, se colocó dentro de una funda deportiva tipo brazalete para celular.

**Figura 10.**  
*Batería recargable y funda utilizada en el prototipo*



La funda junto con el prototipo se coloca en la parte externa del brazo del paciente, justo debajo del hombro, como se muestra en la Figura 11, quedando el sensor de temperatura en la parte interna el brazo tocando ligeramente la axila.



**Figura 11.**  
*Prototipo colocado en el brazo del paciente*



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Con el prototipo desarrollado se obtuvieron buenas mediciones de temperatura corporal, las cuales se compararon con las del termómetro digital de la marca Neutek modelo MT201C, obteniéndose diferencias de  $\pm 0.5$  °C, con lo cual se pudo comprobar que el sensor LM35 es confiable ya que tiene buena precisión. Las pruebas se realizaron con personas adultas sanas y no se han realizado pruebas con pacientes con fiebre o alta temperatura.

El prototipo desarrollado fue solamente experimental, pero para obtener uno más funcional se puede utilizar en lugar de la tarjeta Arduino UNO R3, la tarjeta Arduino UNO WiFi, para evitar el uso del módulo HC-06 o una mejor alternativa, sería utilizar la tarjeta Arduino MKR WiFi 1010 que tiene un tamaño más compacto, no se requiere el módulo HC-06 y cuenta con un conector para una batería Li-Po, así se obtendría un dispositivo pequeño, cómodo y fácil de colocar en el brazo.

## **CONCLUSIÓN**

Se concluyó con el desarrollo de un sistema de monitoreo remoto de temperatura corporal mediante Arduino. El sistema ha sido desarrollado según los objetivos previstos y ha cumplido con las especificaciones técnicas.

El sistema es fácil de usar y permite tanto al paciente como al cuidador monitorear la temperatura corporal de forma rápida, precisa y sin tanta molestia. La aplicación advierte rápidamente mediante una alerta cuando la temperatura es muy elevada.

El sistema está enfocado en personas adultas, para su uso en niños o bebés tendría que sufrir algunas modificaciones.

El sistema puede ser utilizado para: Monitorear la temperatura corporal de personas con enfermedades, como el dengue o la fiebre reumática.

El proyecto ha demostrado que Arduino es una plataforma ideal para el desarrollo de sistemas de monitoreo remoto de la temperatura corporal. El sistema desarrollado en este proyecto es un ejemplo de cómo Arduino puede utilizarse para crear dispositivos electrónicos personalizados que pueden mejorar la vida de las personas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Alarcón López, A., Vargas, G., Llanos Mosquera, J. (2018). Sistema de medición de temperatura corporal a través de dispositivos móviles para monitorear niveles de fiebre en niños entre los 0 y 5 años en la ciudad de Neiva. Memorias De Congresos UTP, 1(1), 21-27. Recuperado a partir de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1838>

Barber, R.; Horra, M.; Crespo, J. (2013). Control practices using Simulink with Arduino as Low Cost Hardware. 10th IFAC Symposium Advances in Control Education, The International Federation of Automatic Control. Sheffield, UK

Llamas, L. (2015). Medir temperatura con Arduino y sensor LM35. Recuperado de <https://www.luisllamas.es/medir-temperatura-con-arduino-y-sensor-lm35/>

Monteavaro G., N., y Montejó V., P. (2019) Evaluación por simulación en Proteus de salidas PWM de Arduino

UNO, Revista Telemática. Vol. 18, No. 3

Mucientes San José, D. (2021). Implementación de un entorno de comunicación Bluetooth basado en el módulo HC-06, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID, ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/48095>

Rose, K., Eldridge, S., Chapin, L. (2015). The Internet of Things: An Overview. The Internet Society (ISOC) Disponible en: [https://www.academia.edu/download/48790442/ISOC-IoT-Overview-20151014\\_0.pdf](https://www.academia.edu/download/48790442/ISOC-IoT-Overview-20151014_0.pdf)

Soberanes F. G.; Fuentes U. J.J. (2021) Caracterización de diodos comerciales mediante Arduino Uno. Investigación aplicada, un enfoque en la tecnología. Año 7, No. 14: 195-201

## **REFERENCIAS**

Padilla-Raygoza N., M. Ruiz-Paloalto L., Díaz-Guerrero R., Olvera-Villanueva G., Maldonado A., Raygoza-Mendoza M., (2014). Correlación de mediciones de temperatura corporal con 3 termómetros: óptico, cutáneo y digital, en niños mexicanos, Enfermería Clínica, Volume 24, Issue 3, Pages 175-182, ISSN 1130-8621, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130862114000308>

# Caracterización físico-mecánica de bloques de concreto en la localidad de Metztitlán Hidalgo.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.704

Arturo Arellano Hernández<sup>1</sup>, José Antonio Cortés Benítez<sup>2</sup> y Héctor Iván Montoya Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: [aarellano@upfim.com](mailto:aarellano@upfim.com)

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: [jacortes@upfim.com](mailto:jacortes@upfim.com)

<sup>3</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: [hmontoya@upfim.com](mailto:hmontoya@upfim.com)

**Línea de investigación: caracterización físico-mecánica de materiales utilizados en la construcción.**

## RESUMEN

Se investigó el comportamiento físico-mecánico de bloques de concreto macizo provenientes de tres diferentes fabricas comercializadoras; las cuales suministran estas piezas de mampostería a la región de Metztitlán, Hidalgo. Los ensayos a los bloques de concreto macizo se efectuaron de acuerdo al Organismo Nacional De Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (NMX-C-404-ONNCCE-2012). Se realizaron estudios de masa volumétrica seca, absorción inicial, absorción total y resistencia a la compresión para la caracterización de estos. De acuerdo con los valores que establece la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 y las Normas Técnicas para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTCM-2020), se puede concluir que ninguno de los bloques cumple con lo establecido en estas normas, sin embargo, se puede destacar que los bloques que presentaron un mejor comportamiento físico-mecánico fueron los bloques provenientes de Perote, Veracruz con una resistencia promedio de 75.4 kg/cm<sup>2</sup>.

Palabras clave: Bloque, absorción inicial, absorción total, resistencia a la compresión, módulo de ruptura.

## ABSTRACT

The physical-mechanical behavior of solid concrete blocks from three different marketing factories which supply these pieces of masonry to the region of Metztitlán, Hidalgo was investigated. The tests on the solid concrete blocks were carried out in accordance with the National Organization for Standardization and Certification of Construction and Building, S.C. (NMX-C-404-ONNCCE-2012 by its acronym in Spanish). Studies of dry volumetric mass, initial absorption, total absorption and compressive strength were carried out for their characterization. According to the values established by the Technical Standards for Design and Construction of Masonry Structures (NTCM-2020 by its acronym in Spanish), it can be concluded that none of the blocks comply with the provisions of these standards. However, it can be highlighted that the blocks that presented the best physical-mechanical behavior were the blocks from Perote, Veracruz with an average resistance of 75.4 kg/cm<sup>2</sup>.

Keywords: Block, initial absorption, total absorption, compression resistance. modulus of rupture

## INTRODUCCIÓN

La mampostería son múltiples piezas de distintos materiales, tamaños y formas, que apiladas una sobre otra unidas con algún aglomerante, constituye un elemento vertical. La mampostería puede ser construida con piezas naturales y artificiales. Existe una gran variedad de piezas de mampostería (piezas artificiales) que se utilizan en la construcción. Estas difieren entre sí tanto por la materia prima utilizada, como por las características geométricas de las piezas y por los procedimientos de fabricación empleados. Las materias primas más comunes son el barro, el concreto, con agregados normales o ligeros, y la arena con cal. Los procedimientos de construcción son muy variados: desde los artesanales como el cocido en horno para los tabiques comunes, hasta los industrializados (vibro-compactación, para los bloques de concreto, y extrusión para el bloque hueco de barro). La forma es prismática, pero con distintas relaciones entre dimensiones (Edificaciones de mampostería para vivienda, 2008).

Los bloques de concreto son usados con mayor frecuencia en la mampostería confinada, esto debido a su resistencia y propiedades aislantes de sonido y temperatura. Desde el punto de vista del comportamiento de las piezas, se clasifican en macizas y huecas. Las piezas macizas son aquellas que tienen en su sección transversal más desfavorable un área neta de por lo menos 75% del área bruta, y cuyas paredes exteriores no tienen espesores menores de 20 mm, en cambio, las piezas huecas son las que tienen en su sección transversal más desfavorable, un área neta de por lo menos 50% del área bruta; además, el espesor de sus paredes exteriores no es menor que 15 mm. Las piezas huecas proveen la ventaja de permitir que se alojen tanto castillos como instalaciones sin la necesidad de ranurar, también permiten la posibilidad de una mayor velocidad de colocación al emplear menor cantidad de mortero, sin embargo, es menor su resistencia y presentan un comportamiento con menor capacidad de deformación que las piezas macizas, por lo que suelen combinarse con mayor cantidad de elementos de concreto. La selección de una pieza no sólo impacta el costo, sino también el comportamiento estructural y la velocidad de construcción. (Edificaciones de mampostería, 2021).

La mampostería confinada es el sistema constructivo que se emplea con una mayor frecuencia en la región de Metztitlán, Hidalgo, siendo los bloques de concreto macizo las piezas más usadas; las medidas de bloques de concretos empleados en la región son 14 x 20 x 40 cm y 12 x 20 x 40 cm. En el caso de mampostería con piezas de tabique recocido, únicamente son usadas para fachadas. Ante la presencia de los últimos sismos (2017 y 2022) se requiere estudiar el comportamiento de las piezas de la mampostería con que se construyen las edificaciones en la región. En este trabajo se estudiarán los bloques de concreto macizo de 14 x 20 x 40 cm que se utilizan en el municipio de Metztitlán, Hidalgo. Los principales proveedores de dichas piezas son:

1. Fábrica de bloques 1.
2. Fábrica de bloques 2
3. Fábrica de bloques 3.

En este trabajo identificaremos a los bloques producidos por la fábrica 1 como el lote A (Figura 1), y nos referimos al lote B como aquellos bloques provenientes la fábrica 2, y cuando se refiera al lote C, se trata de los bloques producidos por la fábrica 3 (Figura 2). Cabe mencionar que los bloques de lote A y C, son fabricados localmente y los bloques del lote B provienen del estado de Veracruz.

Los bloques del lote A y lote C se obtuvieron directamente de las fábricas, tomando una muestra de 15 especímenes de la producción de un día. En el caso de los bloques del lote B, los 15 especímenes se tomaron de un pedido de bloques que llegaron a la casa de materiales ubicada en la cabecera municipal de Metztitlán. La ubicación de la fábrica de bloques del lote B no se conoce con exactitud, ya que la única información proporcionada por la casa de materiales fue que provenían del estado de Veracruz.

**Figura 1**  
*Fábrica de bloques 1*



**Figura 2**  
*Fábrica de bloques 3*



### **OBJETIVO GENERAL**

La caracterización físico-mecánica de bloques de concreto macizo en el municipio de Metztitlán Hidalgo, se realizó para identificar que piezas de bloque cumplen con las normas oficiales (NMX-C-404-ONNCCE-2012 y NTCM-2020), así como identificar que fábrica produce bloques de concreto macizo de mejor calidad.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Medir las dimensiones de los especímenes.
2. Calcular la masa volumétrica seca de los especímenes.
3. Obtener la absorción inicial y total.
4. Determinar la resistencia a compresión de las piezas.
5. Determinar módulo de rotura.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

El municipio de Metztitlán es uno de los ochenta y cuatro municipios de conforman el estado de Hidalgo. La cabecera municipal y la localidad más poblada es Metztitlán. El municipio tiene la siguiente ubicación, se encuentra entre los paralelos 20° 23' y 20° 45' de latitud norte; los meridianos 98° 39' y 98° 58' de longitud oeste; con una altitud entre 900 y 2700 msnm. La cabecera municipal se encuentra a 81 km de distancia de la ciudad de Pachuca de Soto y a 175 km de la Ciudad de México. La mayoría de los bloques de concreto usados en edificaciones del municipio de Metztitlán, Hidalgo, provienen de las fábricas de bloques 1, 2 y 3. Sin embargo, no existe una autoridad oficial que regule la fabricación o comercialización de bloques de concreto en el municipio, para que cumplan con lo que establecen las normas oficiales de México. Ni siquiera existe un control periódico del control de calidad en la fabricación de los bloques de concreto por parte de los funcionarios y/o propietarios de las fábricas bloqueras.

En este estudio, se inspeccionarán y evaluarán tres fábricas de bloques de concreto macizo, las cuales distribuyen estas piezas de mampostería en el municipio de Metztitlán, Hidalgo.

### **METODOLOGÍA**

En esta investigación se emplea una metodología cuantitativa para la experimentación y pruebas en los especímenes. Los ensayos se realizaron de acuerdo al Organismo Nacional De Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.

El proceso de fabricación del bloque de concreto consiste en hacer una mezcla de cemento, agua, arena y grava pómez, esta mezcla se realiza de forma manual o mecánica mediante una revolvedora; posteriormente se vierte el material mezclado en los moldes de la maquina vibro compactadora. El tiempo de vibrado va depender del número de bloques y de la potencia del motor. Una vez vibrocompactados los bloques, son extraídos de la máquina y llevados al área de secado, estos bloques no reciben ningún tipo de curado durante este proceso, simplemente son expuestos a la intemperie y después de 8 horas aproximadamente son apilados en estibas. Para



poder ser transportados los bloques debe de transcurrir un tiempo mínimo de 24 horas a partir de su fabricación. La arena y grava pómez utilizada en los bloques del lote A y lote C, proviene de dos diferentes bancos, el primer banco está localizado en Tulancingo, Hidalgo y el segundo en Perote, Veracruz. De acuerdo a la información proporcionada por los propietarios de las fábricas de bloques 1 y 3, realizan una mezcla de arena y grava del banco de Tulancingo y de Perote en un 60% y 40% respectivamente. Para el caso de los bloques del lote B, no se cuenta con información si hay una mezcla de arena o únicamente utilizan la arena de Perote-Veracruz. En este estudio se realizaron cinco ensayos, los cuales se mencionan a continuación:

- 1.-Medición de dimensiones. NMX-C-038-ONNCCE-2013.
- 2.- Obtención de peso volumétrico seco. NMX-C-404-ONNCCE-2012.
- 3.-Determinación de absorción total y absorción inicial. NMX-C-037-ONNCCE-2013.
- 4.-Determinación de la resistencia a la compresión. NMX-C-036-ONNCCE-2013
- 5.-Obtención del módulo de Ruptura. ASTM C67-05

### **FASES DE DESARROLLO**

#### **Obtención de muestras de bloques de concreto macizo.**

El procedimiento para obtener las muestras del lote A y lote C fue el siguiente: se tomaron 15 piezas de bloques de concreto de medidas 14 x 20 x 40 cm de manera aleatoria, de una producción de 1000 piezas, que es la producción promedio diaria de las fábricas de bloques (Figura 3 y 4). En el caso del lote B, se tomaron 15 piezas de un total de 4000 piezas que llegaron a una casa de materiales.

**Figura 3**

*Piezas de bloques de concreto macizo producidas por Fabrica de Bloques 1*



**Figura 4**

*Piezas de bloques de concreto macizo producidas por Fabrica de Bloques 3*



#### **Almacenamiento de las muestras.**

Las muestras fueron almacenadas en el laboratorio a temperatura ambiente (Figura 5a). A cada bloque de concreto se le asignó una letra y un número, la letra representa el lote y el número la pieza de dicho lote, como se aprecia en la figura 5b. (Ejemplo: **A1** es el primer espécimen del lote A). Para poder iniciar con las pruebas, transcurrió un tiempo de 28 días desde su fabricación para asegurar el fraguado de las piezas, esto aplica para el lote A y lote C, en el caso del lote B, el tiempo de 28 días es a partir de la adquisición de las piezas en la casa de materiales.



**Figura 5**  
Muestras de boques de concreto macizo

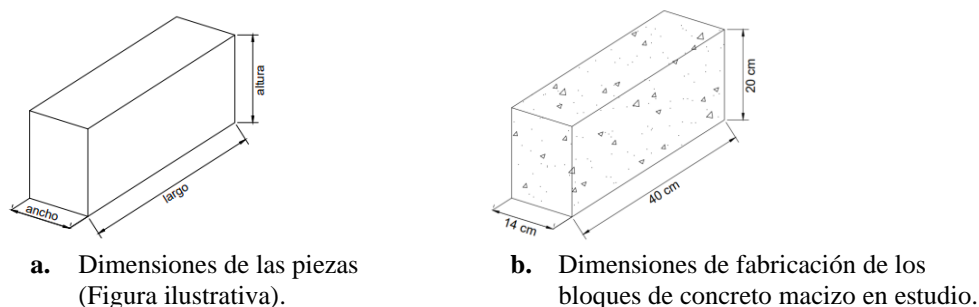


#### Determinación de dimensiones.

Se obtuvieron las medidas de las piezas en sus tres direcciones: ancho, altura y largo (Figura 6 y 7), de acuerdo a la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013. La dimensión nominal de los especímenes en estudio es: 140 mm x 200 mm x 400 mm. De acuerdo a la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2012, las dimensiones reales no deben diferir en más de  $\pm 3$  mm en la altura y  $\pm 2$  mm en el largo y en el ancho respecto a las medidas de fabricación. Los valores obtenidos en esta prueba de los lotes en estudio se muestran en la tabla 1.

**Figura 6**

Piezas de bloques de concreto macizo



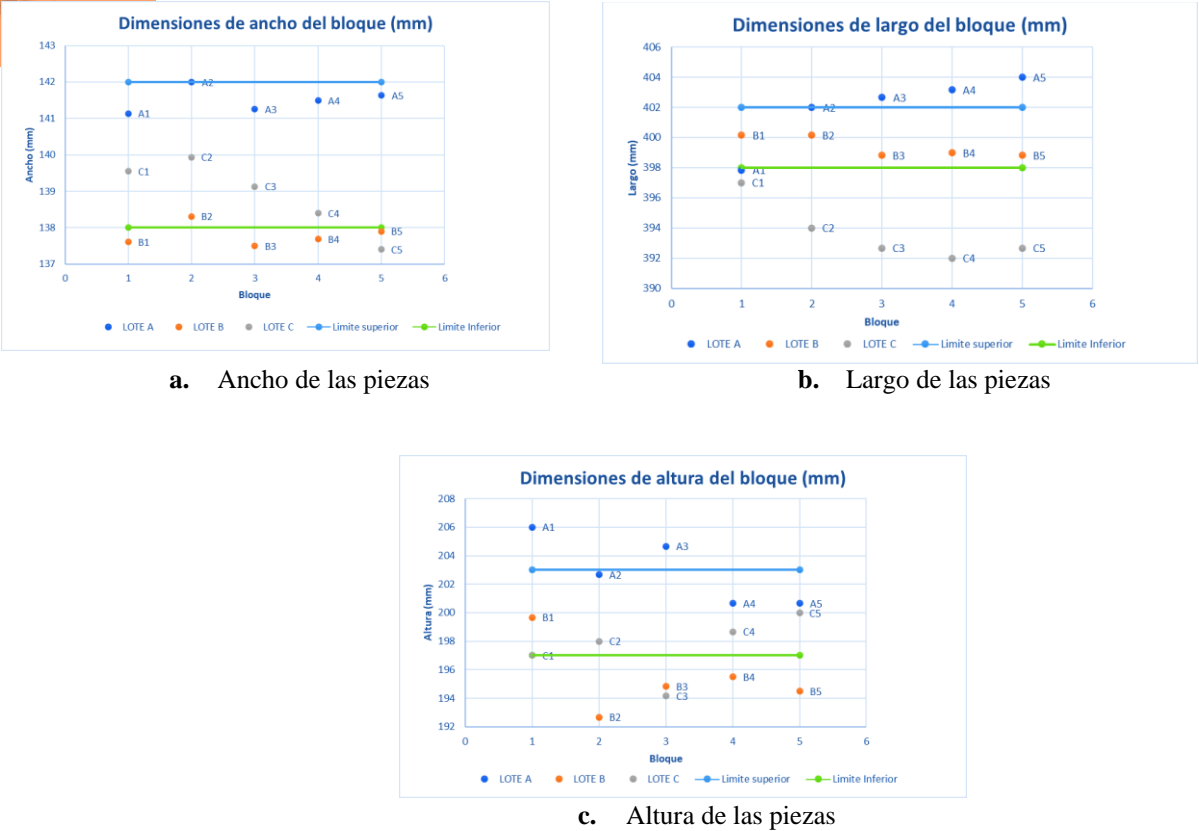
**Tabla 1.**

Dimensiones de bloques de concreto macizo de los tres diferentes lotes

		Dimensiones en mm														
		LOTE A					LOTE B					LOTE C				
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
<b>Largo</b>		398	402	403	403	404	400	400	399	399	399	397	394	393	392	393
<b>Ancho</b>		141	142	141	141	142	138	138	138	138	138	140	140	139	138	137
<b>Altura</b>		206	203	205	201	201	200	193	195	196	195	197	198	194	199	200

De acuerdo a la figura 7, las piezas de bloque de concreto del lote A y lote C cumplen con las dimensiones respecto al ancho de la pieza (Figura 7a); en el caso del largo de las piezas el lote B fue quien cumplió con las dimensiones (Figura 7b) y con lo que respecta a la altura, ningún lote cumple en su totalidad con las especificaciones (Figura 7c).

**Figura 7**  
*Comparación de las dimensiones de las piezas con la tolerancia permitida*



**Obtención de peso volumétrico seco.**  
 El peso volumétrico en las piezas de mampostería está directamente relacionado con su resistencia a compresión, así como la permeabilidad, durabilidad y estabilidad volumétrica ante cambios de humedad (NTC-MAM-2.1.1). De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería-2020, el peso volumétrico neto mínimo para bloques de concreto es de 17 kN/m³(1700 kg/m³), ver tabla 2.

**Tabla 2**  
*Peso volumétrico neto mínimo de las piezas en estado seco (NTCM-2020)*

Tipo de pieza	Valores en KN/m³ (kg/m³)
Tabiques macizos de arcilla artesanal	13 (1300)
Tabique hueco de arcilla extruida o prensada	17 (1700)
Bloque de concreto	17 (1700)
Tabique macizo de concreto (tabicón)	15 (1500)

Para obtener el peso volumétrico es necesario tener los valores de la masa seca de cada uno de los bloques en estudio (Figura 8), para ello deben de ser secados en un horno a una temperatura de 105 °C ± 5°C durante 24 horas. Con las dimensiones de los bloques se obtiene el volumen de cada uno. El peso volumétrico seco resulta de dividir la masa seca entre el volumen. Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012.

**Figura 8**  
Obtención de la masa seca del bloque B2

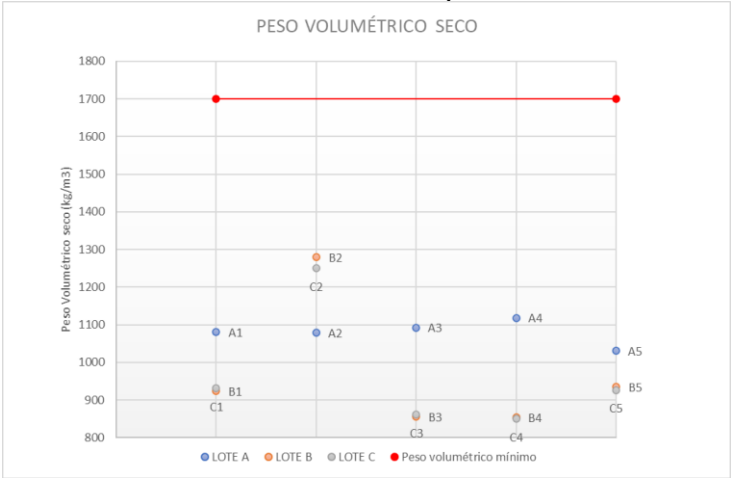


El peso volumétrico seco de los especímenes de los diferentes lotes en estudio se muestra en la tabla 3. La gráfica de la figura 9 muestra que ningún espécimen cumple con lo que indica la normativa, ya que se encuentran por debajo del valor mínimo de 1700 kg/m³.

**Tabla 3.**  
*Peso volumétrico seco de bloques de concreto macizo en estudio*

LOTE	Peso volumétrico seco		
	Mínimo	Máximo	Promedio
	kN/m³ (kg/m³)	kN/m³ (kg/m³)	kN/m³ (kg/m³)
Lote A	1031.2 (10.32)	1119 (10.32)	1031.2 (10.32)
Lote B	853.3 (8.53)	853.3 (8.53)	853.3 (8.53)
Lote C	850.3 (8.50)	850.3 (8.50)	850.3 (8.50)

**Figura 9**  
*Peso volumétrico en estado seco de los especímenes*



**Determinación de la absorción inicial y la absorción total.**

La absorción volumétrica es la cantidad de agua absorbida en litros por unidad de volumen aparente de la pieza en m³ y la absorción inicial se define como la cantidad de agua que absorbe un espécimen por capilaridad en una de sus caras durante 10 min de inmersión en agua potable donde esta lo cubra 5 mm. Es de suma importancia tener los menores niveles de absorción en las piezas, ya que esto

ayuda a tener un mayor durabilidad y comportamiento estructural en la mampostería y si se presentan altos niveles de absorción en las piezas implica una reducción en la hidratación en el mortero, teniendo una perdida en la adherencia. (Edificaciones de mampostería, 2021). Para la prueba de absorción inicial se prepara el recipiente con agua donde se sumerge la pieza, cabe mencionar que el agua empleada será agua potable. Posteriormente se coloca en el recipiente la pieza de bloque y se sumerge durante 10 minutos en el agua donde esta lo cubra 5 mm en una de sus caras (Figura 10). Durante este tiempo se deberá de mantener el nivel de agua establecido agregando agua al recipiente. Una vez transcurridos los 10 minutos la pieza se saca del recipiente y se remueve el exceso de agua de las superficies expuestas, posteriormente se pesa la pieza; la absorción inicial se expresa por un coeficiente de absorción (ecuación 1). Con respecto a la absorción total, en esta prueba las piezas de bloques de concreto son sumergidas en su totalidad en agua durante 24 horas, después de dicho tiempo son pesados, registrando la masa de cada pieza, en el caso de la absorción total se expresa en porcentaje. Se ensayaron 5 bloques de concreto de cada lote, dichos bloques fueron secados previamente antes de la prueba. El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NMX-C-037-ONNCCE-2013.

**Figura 10**

*Prueba de absorción inicial a bloque A1*

$$\frac{100(M_1-M_s)}{S\sqrt{t}}$$

*Ecuación 1*



$$Cb = \frac{100\ M}{S\sqrt{t}} =$$

Donde:

M<sub>s</sub>=Masa seca en g

M<sub>1</sub>= Masa húmeda en g

S= Superficie de la cara sumergida en cm<sup>2</sup>

t=tiempo de inmersión (t=10 min)

La norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2012 establece que la absorción total máxima es de 12% en bloques de concreto (Figura 11). La tabla 4 presenta los valores de absorción inicial y absorción total de las piezas de los tres diferentes lotes en estudio. En la figura 11 se muestra el comportamiento de la absorción inicial, en donde la línea roja representa la absorción máxima para muros expuestos al exterior y la línea azul representa la absorción inicial máxima en muros interiores.

**Figura 11**

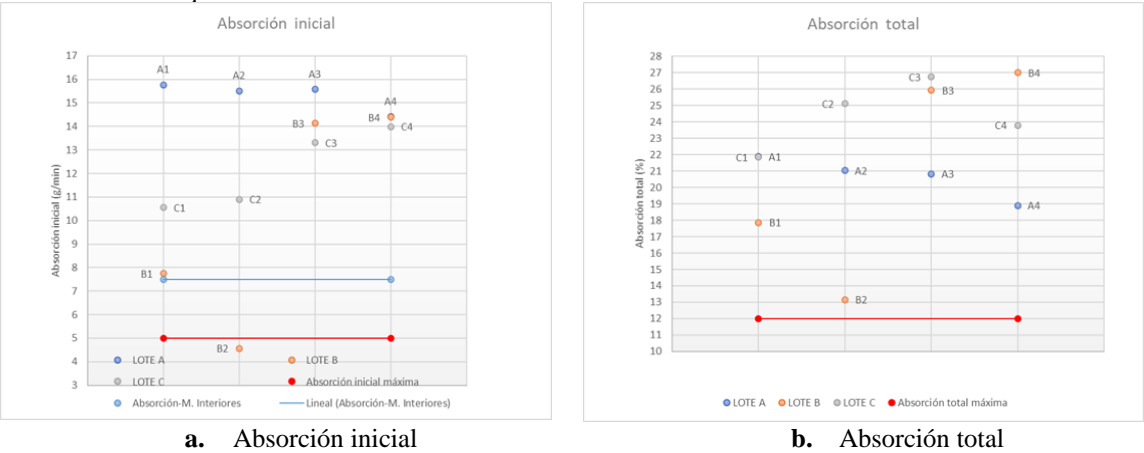
*Valores máximos de absorción inicial y absorción total de agua en 24 h (NMX-C-404-ONNCCE-2012)*

Tipo de material	Absorción inicial para muros expuestos al exterior (g/min)	Absorción inicial para muros interiores o con recubrimiento (g/min)	Absorción total en 24 h en porcentaje
Concreto	5	7,5	12
Arcilla artesanal	-	-	23
Arcilla extruida o prensada	5	7,5	19

**Tabla 4.**  
Absorción inicial y absorción total de los especímenes en estudio

Pieza	Absorción											
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
Absorción inicial (g/min)	15.8	15.5	15.6	14.4	7.8	4.6	14.1	14.4	10.6	10.9	13.3	14.0
Absorción total (%)	21.9	21.0	20.8	18.9	17.9	13.2	25.9	27.0	21.9	25.1	26.7	23.8

**Figura 12**  
Absorción en los especímenes



**Resistencia a compresión de los especímenes**

La resistencia a compresión es la principal característica mecánica de las piezas de mampostería, debido a que con ello se obtiene la resistencia de diseño de elementos estructurales de mampostería. Para determinar la resistencia a la compresión se ensayaron cinco piezas de cada lote de acuerdo a la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013, esta prueba se realizó 28 días después haber obtenido las piezas. Para someter las piezas de bloques de concreto a compresión fue necesario cabecear cada una de ellas con mortero de azufre (Figura 13); Una vez cabeceadas las piezas, transcurrieron 24 horas antes de someterlos a la carga de compresión, para asegurar que el material del cabeceo alcance su máxima resistencia de 632.7 kg/cm<sup>2</sup>.

El ensayo a compresión se realizó en el laboratorio de pesados de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (Figura 14) y se utilizó una maquina universal marca SERVO PLUS EVOLUTION, la cual tiene una capacidad a compresión de 1500 kN (152.96 ton). La máquina se programó para que aplicará la carga con una velocidad uniforme de 24.4 kPa/s, que es el límite inferior de lo definido en la norma NMX-C-464-ONNCCE. La norma NMX-C-404-ONNCCE-2013 indica que la resistencia media para bloques de concreto macizo es de 150 kg/cm<sup>2</sup>, y la resistencia mínima individual es de 120 kg/cm<sup>2</sup> (figura 15).



**Figura 14**  
Preparación del espécimen para la prueba de compresión





**Figura 15**

Resistencia a compresión mínimas de acuerdo a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2013

Tipo de pieza	Configuración	Resistencia media $f_p$ MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia mínima individual $f_{pMn}$ MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
Bloque	Macizo	15 (150)	12 (120)
	Hueco	9(90)	7 (70)
	Multiperforado	15 (150)	12 (120)
Tabique (largo >300 mm)	Hueco	9(90)	7 (70)
	Multiperforado	9(90)	7 (70)
Tabique (largo <300 mm)	Macizo	11 (110)	7 (70)
	Hueco	9(90)	7 (70)
	Multiperforado	15 (150)	12 (120)

En la gráfica de la figura 16 se muestra el comportamiento de las piezas de concreto macizo sometidas a compresión de los tres lotes en estudio, la línea de color rojo indica resistencia mínima individual con un valor de 120 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 16**

Resistencia a compresión de bloques de concreto macizo del lote A



#### Resistencia de diseño a compresión de los especímenes.

La resistencia de diseño a compresión se obtuvo a partir de la ecuación (2), como lo indica la NMX-C-404-ONNCCE-2012, considerando un coeficiente de variación  $c_p=0.3$ , ya que se trata de una fabricación mecanizada, pero sin un sistema de control de calidad. De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería 2020, la resistencia mínima de diseño a compresión en bloques de concreto es de 60 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, ningún bloque en estudio cumple. Los valores de las resistencias de diseño a compresión de los lotes estudiados se muestran en la tabla 6.

$$f'_p = \frac{f_p}{1+2.5c_p} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- $f'_p$  resistencia de diseño a compresión
- $f_p$  resistencia media a compresión de las piezas, referida al área bruta
- $c_p$  coeficiente de variación de la resistencia a compresión

### Módulo de ruptura

El módulo de ruptura se obtuvo al ensayar 5 bloques de cada lote en estudio, de acuerdo a la norma ASTM C67-05. Para este ensayo, los apoyos de bloque son colocados a una distancia de 25.4 mm menos que su longitud, y la carga es aplicada en la superficie del espécimen a través de una placa de acero de 38.10 mm de ancho y un espesor de 6.35 mm, la carga se aplicó a una velocidad de 8896 N/min. El ensayo se realizó en el laboratorio de pesados de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (Figura 17) y se utilizó una maquina universal marca SERVO PLUS EVOLUTION, la cual tiene una capacidad a compresión de 1500 kN (152.96 ton). Los valores del módulo de ruptura se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.**

*Valores de módulo de ruptura de los especímenes en estudio*

Lote	Módulo de ruptura S (MPa)
Lote A	0.25
Lote B	1.09
Lote C	1.20

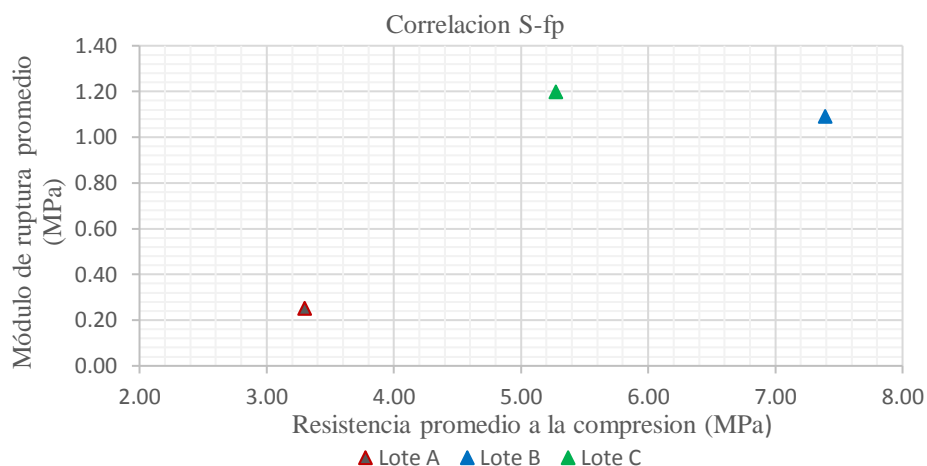
**Figura 17**

*Preparación del espécimen para la prueba de ruptura*



**Figura 18**

*Grafica Resistencia a compresión v/s Modulo de ruptura*



## RESULTADOS

En este trabajo no se mencionan las ubicaciones de la fabricas de bloques de concreto macizo para evitar conflictos de interés, por lo que solo hablaremos de los diferentes lotes de cada fábrica de bloques.

**Dimensiones:** Con respecto a las dimensiones, ningún lote pasa esta prueba; en el caso del ancho, los bloques del lote A y B están dentro de la tolerancia (figura 7a), el lote C cumple con los limites en las dimensiones de largo (figura 7b) y el lote B es el único lote que está dentro de los límites de la altura (figura 7c). Teniendo como resultado que los lotes del bloque B presentan mayor uniformidad en sus dimensiones en comparación al lote A y C.

**Peso volumétrico seco:** El valor mínimo de peso volumétrico seco para bloques de concreto macizo es de 17 KN/m<sup>3</sup> (1700 kg/m<sup>3</sup>) y cómo podemos observar en la tabla 3, ningún lote cumple con esto, mas, sin embargo, los bloques del lote A son los que presentan un mayor peso volumétrico seco.

**Absorción inicial y absorción total:** En general, ningún lote cumple con la absorción inicial, y esto incide en problemas con las juntas de mortero, debido a que los bloques de concreto absorberán una gran cantidad de agua en la junta, deshidratando la mezcla y ocasionando problemas de adherencia, aunado a esto, se debe considerar el clima árido en la región de Metztlán, el cual llega a los 49 °C en el mes de Mayo (Servicio Meteorológico Nacional) con una humedad baja, esto implica una mayor pérdida de humedad en la junta. En relación a la absorción total, ningún bloque de los lotes en estudio cumple esta condición. En la gráfica de la figura 12 se observa que ningún espécimen del lote A cumplen con este requisito y solamente un espécimen del lote B y uno del lote C cumplen con la absorción inicial máxima en muros interiores y exteriores. Los bloques del lote A presentan el comportamiento más desfavorable, ya que se encuentran por encima del límite de la absorción inicial en un 300 % aproximadamente. Al ser una región donde el clima es árido,

los bloques de concreto no se ven afectados por problemas de filtraciones, aumento de masa en la estructura por la absorción de agua o la presencia de moho por exceso de humedad.

**Resistencia a compresión.** De acuerdo a los valores obtenidos, ningún lote cumple con esta especificación, la cual establece que la resistencia mínima individual es de 120 kg/cm<sup>2</sup>, asimismo no cumplen con la resistencia media a la compresión que es de 150 kg/cm<sup>2</sup> y de acuerdo a la gráfica de la figura 16, los tres lotes en estudio se encuentran por debajo de dicho valor. Los especímenes del lote **A** ensayados a compresión presentan una resistencia promedio de 33.6 kg/cm<sup>2</sup> (3.29 MPa), por lo tanto, el lote **A** no cumple con la resistencia a compresión mínima y solo resiste el 22.4 % de la resistencia solicitada por la norma NMX-C-404-ONNCCE-2013. El comportamiento de los bloques de concreto del lote **B** no es favorable ya que ninguna de estas piezas ensayadas cumple con la resistencia mínima individual ni la resistencia media. La resistencia promedio del lote **B** es de 75.4 kg/cm<sup>2</sup> (7.39 MPa), el 50 % de la resistencia que indica la normatividad. Los bloques del lote **C** presentaron una resistencia promedio a compresión de 53.8 kg/cm<sup>2</sup> (5.28 MPa), de tal manera que solo presenta el 35.8 % de la resistencia mínima. De los tres lotes ensayados a compresión, el lote **B** presento un mejor comportamiento en comparación al lote A y lote C.

**Módulo de ruptura.** Con respecto al módulo de ruptura, no se tiene un parámetro de comparación con alguna normatividad. Se realizó una gráfica de resistencia a la compresión v/s módulo de ruptura para encontrar una correlación entre estas dos propiedades mecánicas, con el propósito de poder conocer la resistencia media a compresión a partir del módulo de ruptura, ya que esta última prueba es más rápida y económica, sin embargo, no se encontró correlación alguna entre estas dos propiedades mecánicas como se puede observar en la figura 18.

**Tabla 6.**

*Resultados de los tres lotes de bloque macizo de concreto*

LOTE	Dimensiones (mm)			Masa volumétrica seca		Absorción inicial	Absorción total	Resistencia promedio a la compresión ( $\bar{f}_p$ )		Resistencia de diseño a compresión ( $f'_p$ )		Módulo de ruptura (S)
	Largo	Ancho	Altura	kg/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	g/min	%	MN/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
LOTE A	401.87	141.28	202.80	1082.91	10.83	15.32	20.66	3.30	33.63	1.88	19.22	0.25
LOTE B	399.40	137.80	195.43	969.42	9.69	10.21	20.99	7.39	75.39	4.22	43.08	1.09
LOTE C	393.67	138.88	197.57	963.89	9.64	12.19	24.37	5.28	53.80	3.02	30.74	1.20

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, los bloques de concreto macizo del lote B, presentaron un mejor comportamiento ante la absorción inicial, absorción total y resistencia a compresión, más sin embargo no cumplen con las especificaciones que indica la normatividad. Por lo tanto, se recomienda tener un mejor control de calidad en los bloques para la construcción, esto implica trabajar en conjunto con las fábricas de bloques con la finalidad de mejorar las características tanto físicas como mecánicas de los bloques de concreto macizo en la región. Se recomienda supervisar la calidad de los bloques de concreto por las instancias correspondientes, con la finalidad de evitar fallas estructurales en las construcciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bernardo Gómez, Raúl Jean, José Álvaro Pérez, Ernesto Leopoldo. "Edificaciones de mampostería". Sociedad mexicana de ingeniería industrial, A.C. 1<sup>ra</sup> edición, Limusa, México D.F., 2008.
- [2] Braja M. Das. "EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA PARA VIVIENDA", 2<sup>a</sup> edición, SMIE-ICA, México D.F., 2002.
- [3] R. Meli Piralla. "Diseño Estructural", 2<sup>a</sup> edición, Limusa, México D.F., 2008.
- [4] R. Meli, O. Hernández, M. Padilla, E. Valencia (1981). Refuerzo de Vivienda Rural en Zonas Sísmicas, Informe 441, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [5] Norma Mexicana NMX-C-036-ONNCCE-2013. Industria de la Construcción – Bloques, Tabiques o Ladrillos, Tabicones y Adoquines, ONNCCE.
- [6] Norma Mexicana NMX-C-037-ONNCCE-2005. Industria de la Construcción – Bloques, Tabiques o Ladrillos, Tabicones y Adoquines, ONNCCE.
- [7] Norma Mexicana NMX-C-038-ONNCCE-2013. Industria de la Construcción – Bloques, Tabiques o Ladrillos, Tabicones y Adoquines, ONNCCE.
- [8] Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2012. Industria de la Construcción – Bloques, Tabiques o Ladrillos, Tabicones y Adoquines, ONNCCE.
- [9] "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería", Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal, México. 2004.
- [10] ASTM C67-05, Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile.

# Sistema de medición de peso aplicando instrumentación virtual.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.705

Victoriano De Luna Flores<sup>1</sup>, Elsa Lucila Pérez Castro<sup>2</sup>, Victoriano Edgardo Carielo Chávez<sup>3</sup>, Axel Eduardo Ríos García<sup>4</sup>,  
Esteban Treviño López<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera,  
[9918@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:9918@rcarbonifera.tecnm.mx)

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera,  
[2910@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:2910@rcarbonifera.tecnm.mx)

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera,  
[191t0161@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:191t0161@rcarbonifera.tecnm.mx)

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera,  
[191t0212@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:191t0212@rcarbonifera.tecnm.mx)

<sup>5</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera,  
[191t0220@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:191t0220@rcarbonifera.tecnm.mx)

## Línea de investigación: Automatización y Control

### Resumen

Este trabajo describe las etapas de diseño de un sistema de medición de peso que puede usarse en diversas aplicaciones, como producción, empaque, distribución y almacenamiento de productos.

Como sistema de medición se desarrolló una aplicación utilizando el software LabVIEW y una placa Arduino UNO para recolectar datos a través de una celda de carga y así monitorear y controlar el proceso de pesaje en tiempo real. La aplicación permite al operador monitorear, visualizar y controlar el proceso de llenado de contenedores.

**Palabras clave:** celda de carga, medición de peso, sistema de medición

### Abstract

This paper describes the design steps of a weight measurement system that can be used in various applications, such as manufacturing, packaging, distribution and storage of products.

As a measurement system, an application was developed using LabVIEW software and an Arduino UNO board to collect data through a load cell to monitor and control the weighing process in real time. The application allows the operator to monitor, visualize and control the container filling process.

**Keywords:** load cell, measuring system, weight measurement

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de medición de peso son importantes en los procesos industriales, ya que permiten medir y controlar la cantidad de producto que se procesa en cada momento. Los sistemas de medición de peso se utilizan en una variedad de aplicaciones, como procesos de fabricación, embalaje, distribución y almacenamiento de productos.

La instrumentación virtual es un sistema que utiliza instrumentos virtuales para medir, analizar y controlar señales físicas en una computadora. El software utilizado para diseñar los instrumentos utiliza técnicas de programación gráfica, a diferencia de los lenguajes de programación tradicionales. Su código se ejecuta en un formato gráfico similar a un diagrama de flujo, en lugar de una secuencia de texto.

Los instrumentos virtuales son módulos de software diseñados gráficamente para parecerse a instrumentos físicos. Cuenta con un panel frontal que sirve como interfaz interactiva para entradas y salidas, y un diagrama de bloques que determina la funcionalidad del instrumento.

El propósito de esta investigación es diseñar un sistema de medición de peso utilizando instrumentos virtuales que puedan ser utilizados en procesos industriales.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar una interfaz gráfica para un sistema de medición de peso aplicando una placa de Arduino y LabVIEW.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar los requerimientos de funcionalidad del sistema de medición virtual.

Desarrollar la programación de una aplicación en LabVIEW para monitorear y controlar automáticamente el proceso de medición de peso.

Implementar el sistema de medición virtual, realizar pruebas de funcionamiento e interpretar los datos recabados.

### OBJETO DE ESTUDIO

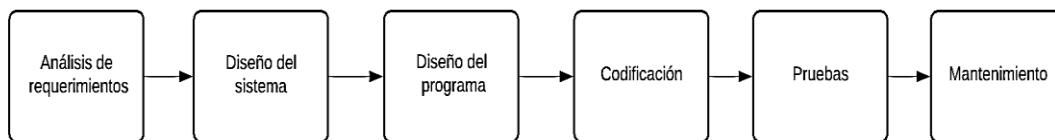
Diseño de un sistema de medición aplicando instrumentación virtual que permita mejorar el proceso de medición de peso en aplicaciones industriales.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto, se empleó la metodología de cascada, las diversas fases se presentan en la figura siguiente.

### Figura 1

*Modelo en Cascada*



Fuente: Elaboración propia.

## FASES DEL DESARROLLO

### Descripción del proceso

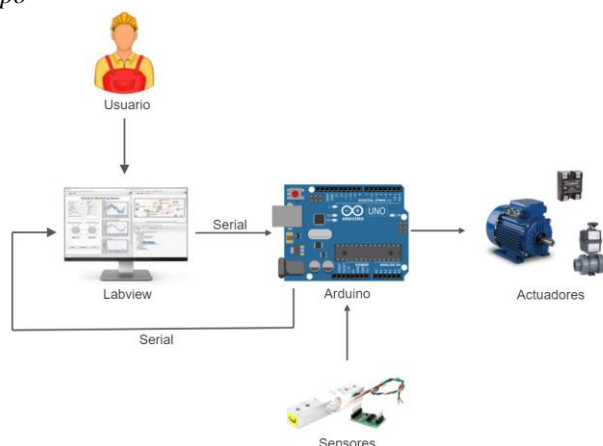
El proceso a controlar consiste en recargar o llenar un envase o recipiente. Primero se coloca un envase vacío en la báscula calibrada, después de poner en cero la báscula, se establece la cantidad de recarga en kg de acuerdo con la capacidad del envase, posteriormente se inicia el ciclo de llenado, por medio de la señal de salida de la celda de carga junto con la placa de Arduino y la aplicación desarrollada en LabVIEW, se mide y controla la variable de proceso permitiendo gobernar el estado de los actuadores, llenando el recipiente de forma automática.

### Estructura del prototipo

El prototipo, figura 2, utiliza un ordenador donde el operador monitorea y controla el proceso utilizando la interfaz gráfica de la aplicación desarrollada en LabVIEW, la comunicación entre la placa de Arduino y el ordenador se hace mediante el estándar VISA, se utiliza una celda de carga y un transmisor XH711 para medir el peso durante el proceso de recarga. Por último, un relevador que accionara los actuadores según lo establecido en la secuencia de operación del proceso.



**Figura 2**  
Diagrama de la Estructura del Prototipo



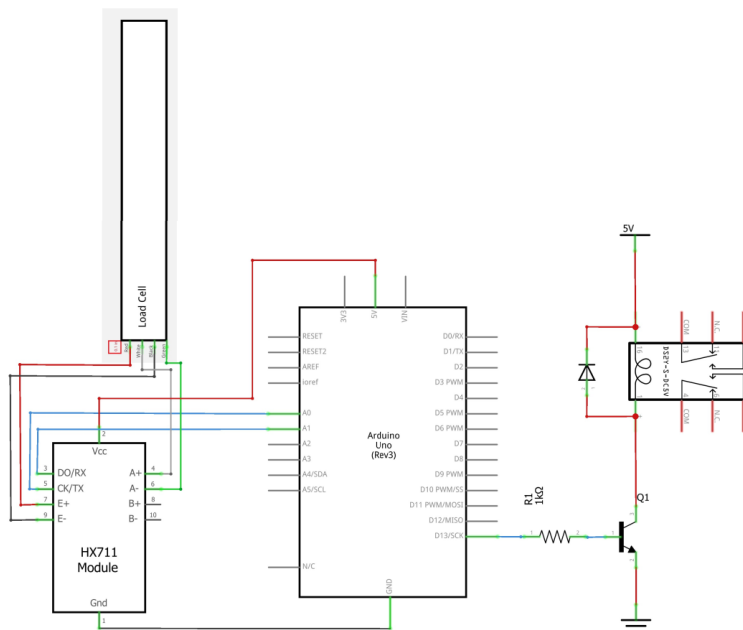
Fuente: Elaboración propia.

### Diagrama de conexión

La figura 3 muestra el diagrama de conexión del circuito de medición de peso, la señal de los valores medidos por la celda de carga es amplificada por el módulo HX711 y transmitidos hasta la placa de Arduino. El relevador, que controla el estado de los actuadores, se acciona al energizar su bobina mediante un transistor NPN cuya base recibe una señal procedente del pin 13 a través de una resistencia de 1 k $\Omega$ .

**Figura 3**

Esquema de Conexiones del Sistema de Medición de Peso

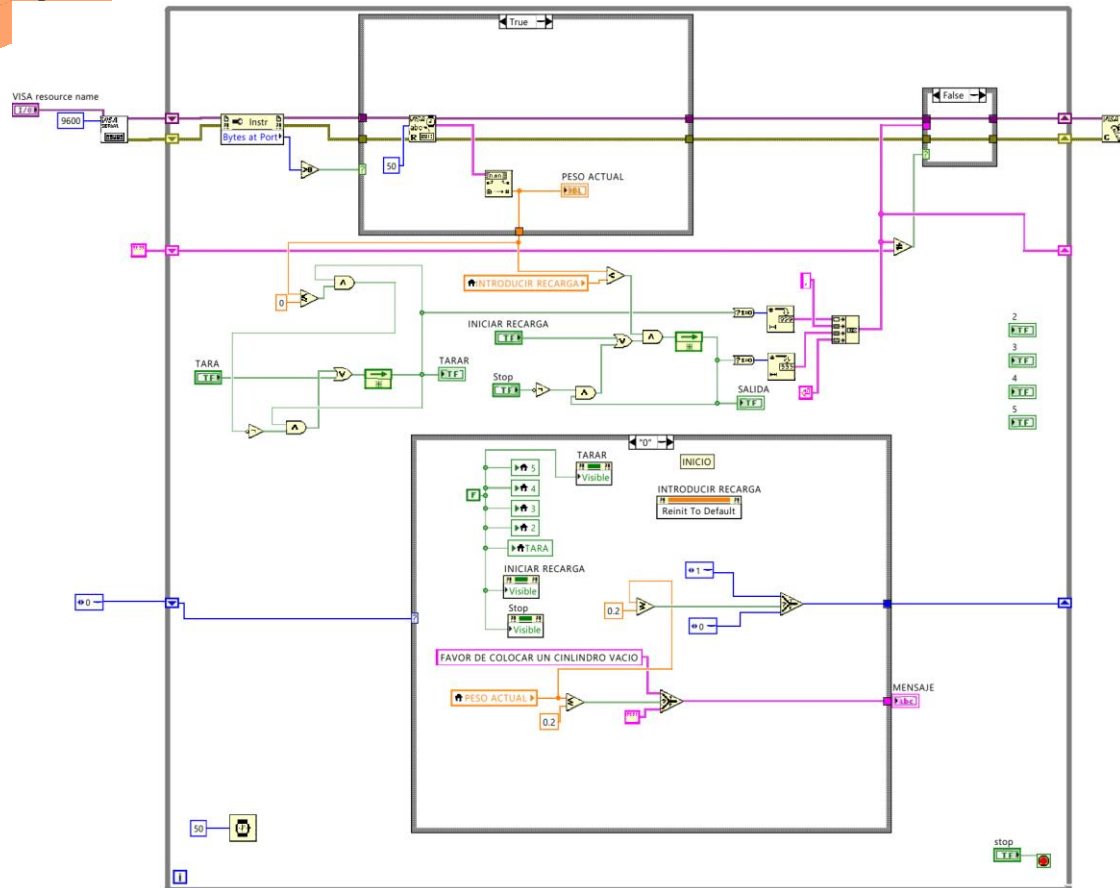


Fuente: Elaboración propia.

### Diseño del diagrama de bloques

En el diagrama de bloques encontramos el conjunto de instrucciones que interpretan los parámetros seleccionados por el usuario desde el panel frontal. Para medir y controlar el proceso de pesaje es necesario enviar y recibir datos entre Arduino y LabVIEW mediante el puerto USB, para lo cual se utilizó el estándar VISA. En la parte superior del diagrama de bloques, figura 4, se aprecia la aplicación para configurar la comunicación con la placa de Arduino, para realizar la escritura y lectura al instrumento se emplearon las funciones VISA Write y VISA Read respectivamente. En la parte baja del diagrama se encuentra una estructura Case que contiene cinco subrutinas, las cuales se ejecutan secuencialmente de acuerdo con las etapas que conforman el proceso de pesaje. La estructura While Loop ejecutará repetidamente el código, que se encuentre dentro de ella, hasta que se presione el botón stop.

**Figura 4**  
Diagrama de Bloques en LabVIEW



Fuente: Elaboración propia.

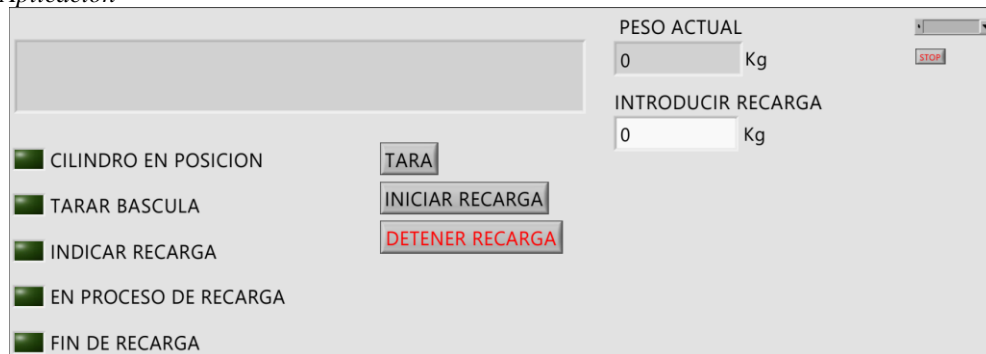
### Panel frontal

La ventana del panel frontal, figura 5, es la interfaz del usuario, está integrado por controles e indicadores, que son las terminales interactivas de entrada y salida respectivamente del proceso. La interfaz tiene un indicador string por medio del cual el usuario lee los mensajes relacionados con la evolución de las etapas de la secuencia del proceso.

A través del indicador numérico, el operador visualiza los cambios en la variable de proceso. Por medio de un control numérico, el usuario introduce la cantidad de recarga en kg dependiendo de la capacidad del envase. La interfaz incluye tres botones pulsadores, el botón de tara permite poner la báscula en cero, de los botones restantes uno se utiliza para iniciar y otro para detener el ciclo de recarga. Por último, cinco indicadores led que se encienden conforme se van cumpliendo o efectuando las etapas del proceso.

**Figura 5**

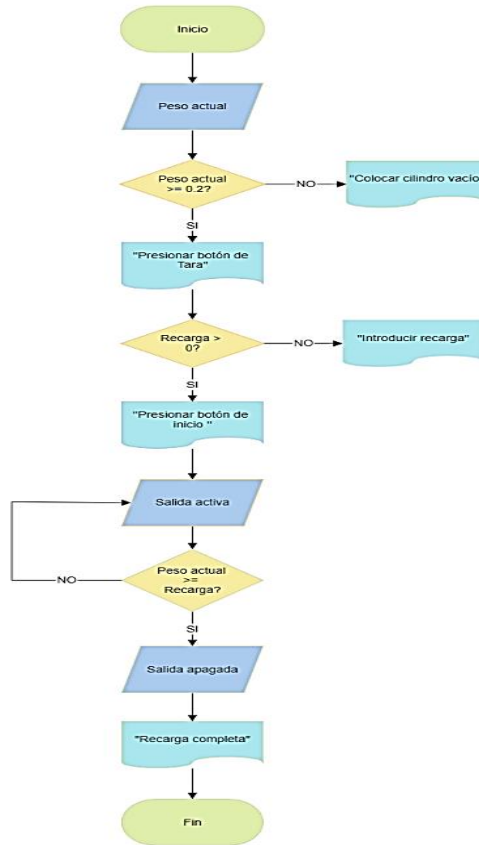
Panel Frontal de la Aplicación



Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de flujo de la aplicación con la secuencia de operación del proceso se muestra en la figura 6.

**Figura 6**  
Diagrama de Flujo



Fuente: Elaboración propia.

### Estructura del programa en Arduino

En la figura 7 se muestra el programa en Arduino. En la primera sección se incluye la librería del módulo HX711 y se definen las variables a utilizadas en el programa.

En la sección de void setup(), por medio de Serial.begin(), se inicializa la comunicación serial con la computadora con una velocidad de 9600 baudios. La función balanza.begin() inicializa el módulo HX711. Para establecer el valor de la escala se utiliza la función balanza.set\_scale(), en la cual se indica el factor de conversión para convertir el valor de lectura en un valor con unidades de peso. Mediante balanza.tare() se establece el peso actual como el peso de tara, indicando el número de lecturas que se realizan para obtener la tara. Por último, pinMode() configura el pin 13 como salida digital.

En la parte de void loop(), cada 50 ms al utilizar Serial.println() se enviarán a LabVIEW los datos de medición de la celda de carga vía comunicación serial. Por último, se utiliza void serialEvent() para recibir desde LabVIEW datos seriales de forma asíncrona. En cada iteración del void loop() se leen los datos seriales, uno de estos datos se utiliza para tarar la báscula, mientras que otro se encargara de encender el pin trece para accionar un relevador.

**Figura 7**  
*Código en Arduino*

```
#include "HX711.h"
const int DOUT=A1;
const int CLK=A0;
unsigned long msegf=0;
int pinrelay=13;
int var1;
int var2;
HX711 balanza;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  balanza.begin(DOUT, CLK);
  balanza.set_scale(105441.061); // Establecemos la escala
  balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.
  pinMode(pinrelay, OUTPUT);
}

void loop() {
  unsigned long msegf=millis();
  if(msegf-msegf>=50)
  {
    msegf=msegf;
    Serial.println(balanza.get_units(20),3);
  }
}

void serialEvent()
{ if(Serial.available())
  {
    var1=Serial.parseInt();
    var2=Serial.parseInt();
    if(Serial.read()==char(13))
    {
      if(var1==1)
      {
        balanza.tare(20); }
      digitalWrite(pinrelay,var2); }
    }
  }
```

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

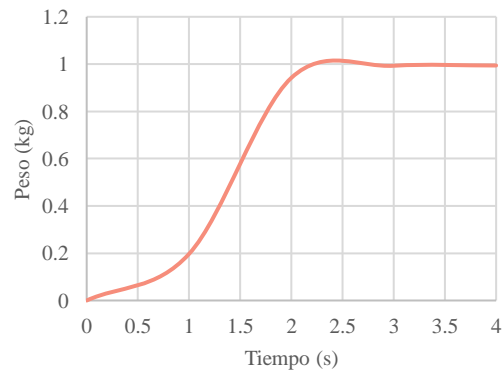
Para calcular el factor de escala, se utilizó la ecuación (1), primero se promediaron 10 lecturas obtenidas del sistema de medición, aplicando un peso de referencia de 509 g, el promedio de las lecturas se dividió entre el peso de referencia, obteniendo un factor de escala de 105441.061,

$$\text{Escala} = \frac{\text{promedio de lecturas}}{\text{peso de referencia}} = \frac{53669.5}{509} = 105441.061 \quad (1)$$

Se verificó el comportamiento temporal del sistema de medición aplicando un peso que incrementa con el tiempo, la evolución temporal de la lectura proporcionada por el sistema se muestra en la figura 8.

**Figura 8**

*Comportamiento Temporal del Sistema de Medición*



Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Este trabajo contribuyó al desarrollo de un sistema de medición de peso mediante instrumentación virtual. Para el sistema de medición de peso, se ha elaborado un prototipo mediante la utilización de una celda de carga como transductor, un transmisor XH711 para el acondicionamiento de señales y un Arduino Uno como placa de adquisición de datos. Se ha elaborado una interfaz de usuario mediante LabVIEW, la cual, junto con el prototipo y un ordenador, permite al operador monitorear y controlar el proceso a través del panel frontal de la aplicación. El sistema es confiable y se puede utilizar en procesos industriales que requieran un sistema de pesaje automático.

## BIBLIOGRAFÍA

- Angamarca Balla, E. S. (2019). Máquina de pesaje de granos para pequeños negocios (Bachelor's thesis).
- Beltramini, P., Aranda, M. A., Cano, E., D'amore, M., Alaniz, M., Herrera, A., & Foresi, P. (2021). Desarrollo de instrumentación virtual para uso en carreras de ingeniería. In XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja).
- Espinoza Astuhuaman, S. M. (2020). Sistema de control de pesaje, recepción y despacho de existencias (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello).
- Gallardo, C., Damián, R., Meneses García, E. W., & Alexander, I. J. O. Diseño y construcción de un sistema automático de pesaje “checkweigher” por bandas transportadoras con adquisición de datos para la empresa Precisión Ingeniería Industrial.
- Velandia, J. E. G., López, K. C. P., Velandia, L. N. G., & Mateus, J. J. R. (2022). Análisis del diseño de interfaces gráficas de usuario para el control y monitorización de sistemas optoelectrónicos aplicados a telecomunicaciones e instrumentación electrónica. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 16(31), 33-42.



# Medición de variables ambientales en incubadora de huevos de avestruz

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.706

Yuridia Ramírez Chicolatl<sup>1</sup>, Raúl Alanis Teutle<sup>2</sup>, Julieta Santander Castillo<sup>3</sup>, Jonathan David López García<sup>4</sup>, Pablo Everardo Aguilar Martínez<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: [yuridia.ramirez@itsatlixco.edu.mx](mailto:yuridia.ramirez@itsatlixco.edu.mx)

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: [raul.alanis@itsatlixco.edu.mx](mailto:raul.alanis@itsatlixco.edu.mx)

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: [julieta.santander@itsatlixco.edu.mx](mailto:julieta.santander@itsatlixco.edu.mx)

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: [isc191808@itsatlixco.edu.mx](mailto:isc191808@itsatlixco.edu.mx)

<sup>5</sup>Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: [isc191812@itsatlixco.edu.mx](mailto:isc191812@itsatlixco.edu.mx)

## Línea de investigación: Software

### Resumen

En este artículo, se presentan los resultados del diseño de una interfaz de hardware y software que emplea la tecnología de cómputo en la niebla, extendiendo la arquitectura de cómputo en la nube de manera híbrida. Se implementa un modelo de tres capas basado en la arquitectura del Internet de las cosas (IoT) para monitorear variables ambientales en una incubadora de huevos de avestruz perteneciente a la empresa Evia. Este proyecto fue desarrollado por docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

La interfaz de hardware posibilita la recolección y visualización de datos relacionados con temperatura, humedad, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y partículas orgánicas volátiles. Esto se logra mediante sensores inteligentes conectados a la tarjeta Arduino, los cuales transmiten los datos mediante un módulo Bluetooth a la interfaz de software.

La metodología ágil SCRUM se implementó en el desarrollo del proyecto, permitiendo múltiples iteraciones. Como resultado de estas iteraciones, se logró ensamblar un prototipo funcional con cuatro variables independientes que se vinculan en tiempo real con la aplicación móvil. Además, se logra el almacenamiento eficiente de los datos en la plataforma de Firebase, utilizando el paradigma de Internet de las cosas (IoT).

*Palabras clave: Cómputo en la niebla, Internet de las cosas, Bluetooth, Sensores inteligentes, SCRUM.*

### Abstract

In this article, the results of the design of a hardware and software interface that employs fog computing technology are presented, extending the cloud computing architecture in a hybrid manner. A three-layer model based on the Internet of Things (IoT) architecture is implemented to monitor environmental variables in an ostrich egg incubator belonging to the Evia company. This project was developed by teachers and students of the Computer Systems Engineering degree at the Higher Technological Institute of Atlixco.

The hardware interface enables the collection and display of data related to temperature, humidity, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and volatile organic particles. This is achieved through smart sensors connected to the Arduino board, which transmit data via a Bluetooth module to the software interface.

The agile SCRUM methodology was implemented in the development of the project, allowing multiple iterations. As a result of these iterations, a functional prototype was assembled with four independent variables that are linked in real time to the mobile application. Additionally, efficient data storage is achieved on the Firebase platform, using the Internet of Things (IoT) paradigm.

*Keywords: Fog computing, Internet of Things, Bluetooth, Smart Sensors, SCRUM.*

## INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico de la nueva era ha dado pie a la comunicación de dispositivos, aplicaciones, personas y datos, dando paso a la generación del Internet de las Cosas (IoT) (Álvarez, 2021). Esta tecnología permite una interconexión digital entre diferentes objetos cotidianos mediante Internet, el objetivo del IoT es crear un medio donde diferentes objetos o dispositivos se encuentren conectados e interactuando entre sí, gracias a esta tecnología se puede trabajar con medios donde un objeto puede dar retroalimentación a otro (Camacho Castillo, 2017).

El Internet de las cosas (IoT) puede verse como la conexión de objetos cotidianos a la red, permitiéndoles intercambiar, agregar y procesar información sobre su entorno físico, esta interconexión posibilita la oferta de servicios de valor añadido a los usuarios finales, abriendo un abanico de oportunidades en diversos sectores industriales (Gerber, 2017). La nube desempeña un papel central en el IoT, ya que actividades como el almacenamiento y procesamiento de datos se realizan en ella en lugar de en los dispositivos individuales.

La mayoría de los sistemas IoT utilizan numerosos sensores para recopilar datos y toman decisiones inteligentes en la nube lo que facilita la recopilación automática y compilación de datos, brindando una potencia informática significativamente mayor que la disponible en los dispositivos objetivo o incluso en los teléfonos inteligentes, la conectividad entre estas entidades es crucial en un sistema integral de IoT, que debe garantizar la operación confiable de sus componentes, estableciendo así la confiabilidad como el factor de diseño más importante.

En este artículo, se detalla la implementación de la arquitectura del Internet de las cosas (IoT) en tres capas distintas: la capa de percepción, la capa de red y la capa de aplicación. Los datos digitalizados provenientes de los sensores inteligentes son transportados hacia la nube mediante la plataforma de Firebase, donde se almacenan y se conectan a una aplicación móvil desarrollada en Android Studio.

Además, se emplea la tecnología de cómputo en la niebla, abarcando tanto los aspectos físicos, como las entidades materiales, como los aspectos virtuales, que engloban servicios y protocolos de comunicación. Este enfoque integral contribuye a una implementación más robusta y completa de la infraestructura IoT.

## DESARROLLO

En el desarrollo del proyecto fundamentado en el Internet de las cosas, se optó por la metodología Scrum. Ken Schwaber y Jeff Sutherland definen Scrum como un marco ligero que facilita a individuos, equipos y organizaciones la generación de valor mediante soluciones adaptables para problemas complejos (2019, p. 3). La aplicación de esta metodología posibilitó la entrega incremental de partes del proyecto, mejorando la comunicación tanto con el cliente como con el equipo de desarrollo.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general

Diseñar una interfaz de hardware y software para el monitoreo de variables ambientales (temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y partículas orgánicas volátiles) utilizando sensores inteligentes en una incubadora de huevos de avestruz.

Objetivos específicos

- ✓ Analizar los requerimientos de hardware y software.
- ✓ Codificar la placa embebida.
- ✓ Diseñar la interfaz de usuario.
- ✓ Enviar la información recabada por los sensores a la interfaz de usuario.
- ✓ Mostrar la información recabada en un LCD.

## OBJETO DE ESTUDIO

La empresa Incubadoras Automáticas Evia se especializa en la incubación de huevos de avestruz y dispone de una incubadora con capacidad para 36 huevos. Sin embargo, el monitoreo de la temperatura requiere que el usuario conecte un sensor Ds18b20 a una computadora durante 48 horas ininterrumpidas dentro de la incubadora para obtener registros de temperatura. Este proceso impide que el usuario utilice la computadora para otras actividades. Los datos solo están disponibles en un archivo Excel y la información se muestra exclusivamente en la pantalla LCD del dispositivo. Como resultado, cualquier cambio en los valores de humedad y temperatura pasa desapercibido hasta que el usuario visualiza la información por sí mismo. Esta situación podría tener un impacto negativo en la viabilidad de los huevos y el éxito de la eclosión, especialmente si la temperatura es demasiado alta o baja.

Además, la carencia de otros sensores para medir la humedad, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y las partículas orgánicas volátiles en la incubadora es un inconveniente significativo. Por estas razones, se propone el diseño de una interfaz de hardware y software que permita el monitoreo en tiempo real de variables ambientales como la temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y partículas orgánicas volátiles en la incubadora de huevos de avestruz (Ver figura 1). Este enfoque busca mejorar la eficiencia y la precisión del monitoreo, proporcionando información instantánea y reduciendo los riesgos potenciales para el proceso de incubación.

**Figura 44 Incubadora de huevos de avestruz**

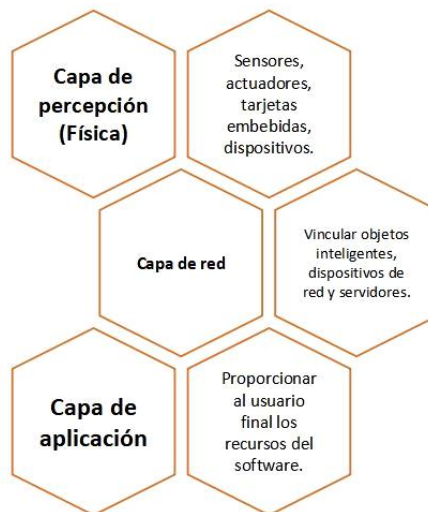


Nota: Fuente propia

### **METODOLOGÍA**

La metodología ágil implementada en este proyecto se fundamenta en las técnicas de SCRUM y en la arquitectura de tres capas del Internet de las cosas, organizada en tres fases distintas: la capa de percepción, la capa de comunicaciones (red), y la capa de aplicación de interfaz de hardware y software (Ver figura 2).

**Figura 45 Arquitectura de IoT**



Nota: Fuente propia

### **Capa de percepción**

En la capa de percepción, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las historias de usuario, del lenguaje de programación a utilizar, así como de los dispositivos electrónicos y el material necesario para la creación de la interfaz de hardware y software.

Para la definición de las historias de usuario, se llevaron a cabo cinco reuniones de trabajo con el Maestro Hugo Evia del Puerto Camarillo, propietario de la empresa EVIA. Estas reuniones fueron esenciales para recopilar los requisitos clave de la interfaz de hardware y software. Como resultado de estas interacciones, se redactaron siete historias de usuario que delinearon los objetivos y funcionalidades necesarios para el desarrollo de la aplicación móvil, estableciendo una conexión Bluetooth con la tarjeta de Arduino y los sensores inteligentes (Ver figura 3).

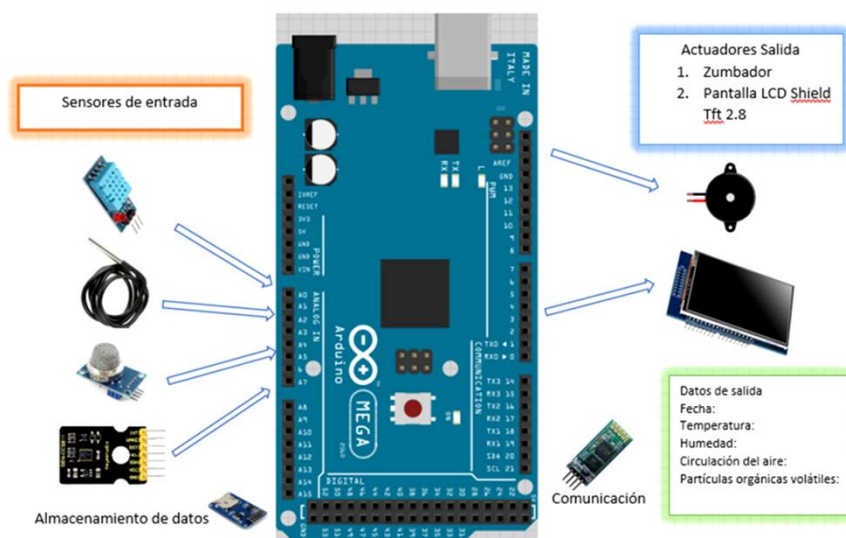
**Figura 3 Historias de usuario**

Identificador (ID) de la Historia	Enunciado de la Historia	Alias
HU01	Como usuario quiero monitorear la temperatura que afecte los huevos de avestruz para regular la temperatura según sea necesario	Monitoreo de temperatura
HU02	Como usuario quiero monitorear la humedad que afecta a los huevos de avestruz para regular la humedad según sea necesario	Monitoreo de humedad
HU03	Como usuario quiero monitorear el nivel de compuestos orgánicos volátiles (COV) que afectan a los huevos de avestruz para regular la ventilación según sea necesario	Monitoreo de CO2
HU04	Como usuario quiero monitorear el nivel de dióxido de carbono (CO2) que afecta a los huevos de avestruz para regular la ventilación según sea necesario	Monitoreo de POV
HU05	Como usuario quiero que, el sistema emita una alerta cuando alguna de las mediciones se encuentre fuera del rango para cuidar los huevos de avestruz de maneja eficiente que si se tuviese que revisar constantemente	Alerta de anomalías
HU06	Como usuario quiero que la información recabada por los sensores se almacene para así obtener graficas sobre dicha información	Lectura de información almacenada
HU07	Como usuario quiero que la información recabada por los sensores sea visible en una aplicación móvil para así monitorear dicha información desde un dispositivo	Monitorio por medio de aplicación móvil

Nota: Fuente propia

En el diseño de la interfaz de hardware, se optó por utilizar el siguiente conjunto de componentes: una tarjeta Arduino Mega, un zumbador, una pantalla LCD y sensores inteligentes que miden la temperatura, humedad, dióxido de carbono (CO2) y partículas orgánicas volátiles. La información recopilada se almacena en una memoria microSD y, posteriormente, se transmite a través de Bluetooth a la plataforma Firebase. Este enfoque facilita el monitoreo en tiempo real de las variables ambientales en la aplicación móvil. (Ver figura 4).

**Figura 4 Hardware**



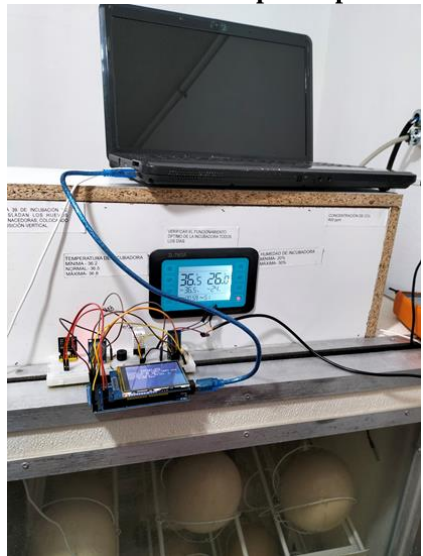
Nota: Fuente propia

### Capa de comunicación

La capa de comunicaciones respalda la conectividad de los dispositivos a través del módulo de Bluetooth HC-05, conectado a las terminales RX-0 y TX-1D de la tarjeta Arduino Mega para enviar los datos recopilados por los sensores inteligentes y visualizarlos en la aplicación móvil. La información se almacena de dos maneras: primero, en una tarjeta microSD en un archivo de Excel, donde se archivan todos los datos de los sensores; y segundo, en la base de datos de Firebase conectada a Android Studio. En esta última, solo se almacenan los datos que cumplen con los parámetros específicos requeridos para la incubadora de huevos de avestruz. Esto ha permitido la implementación efectiva de los paradigmas de cómputo en la niebla y cómputo en la nube, al responder de manera óptima al filtrar y comprimir la cantidad de datos enviados a la nube, así como visualizar los datos en tiempo real desde la aplicación móvil. La adopción de esta arquitectura ha agilizado el desarrollo, utilizando herramientas y tecnologías basadas en el Internet de las cosas.

En la Figura 5 se presenta una prueba de conectividad del prototipo funcional, que incluye la tarjeta Arduino, sensores, actuadores, pantalla LCD y la memoria microSD. Los resultados de la prueba al medir las variables ambientales mostraron parámetros normales de temperatura a 36.5 °C, humedad al 26%, y CO2 a 300 ppm.

**Figura 5 Conectividad del prototipo funcional**

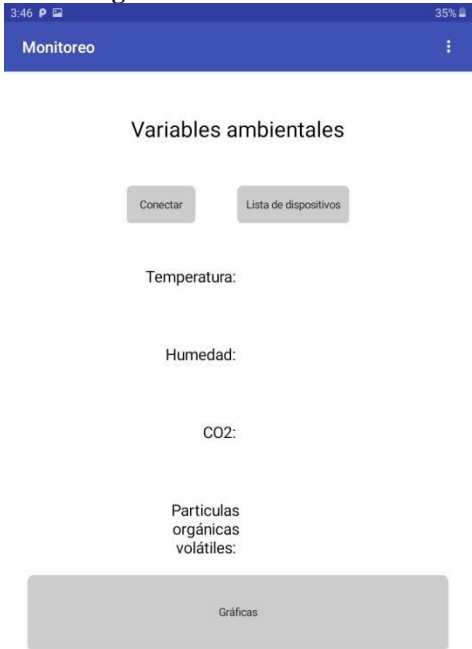


Nota: Fuente propia

**Capa de aplicación**

En la figura 6 se observa la pantalla de inicio de la aplicación móvil, desarrolla en Android Studio, muestra que cuando no está conectada al módulo Bluetooth, los datos de las variables no se visualizan hasta que el usuario accede a la lista de los dispositivos y seleccione el nombre del hardware System MTA (Ver figura 7).

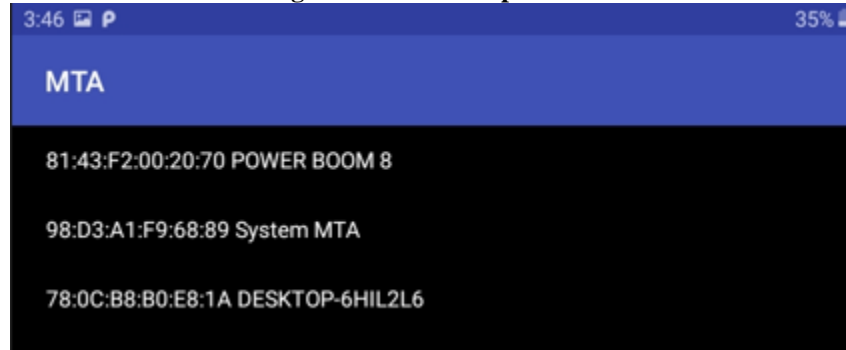
**Figura 6 Pantalla de inicio**



Nota: Fuente propia



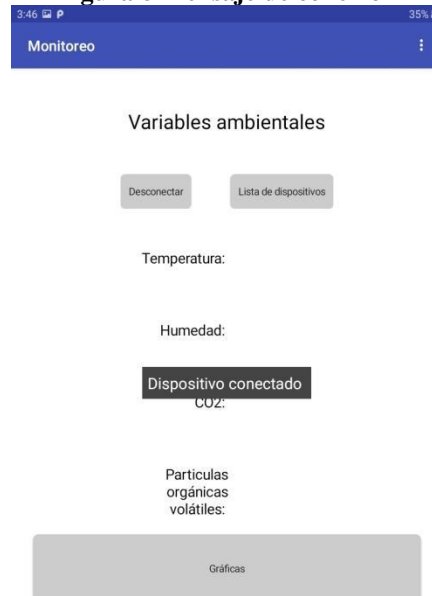
**Figura 7 Lista de dispositivos**



Nota: Fuente propia

Una vez que se ha seleccionado el dispositivo, se procede a vincular el accesorio Bluetooth de la interfaz de hardware con la aplicación. Al hacer clic en el botón "Conectar", se despliega un mensaje indicando que el dispositivo ha sido exitosamente conectado. (Ver figura 8).

**Figura 8 Mensaje de conexión**



Nota: Fuente propia

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como resultado, se presenta en la figura 9 el prototipo funcional de la interfaz de hardware y software, implementado en una incubadora provisional con un huevo de avestruz. Este dispositivo está equipado con sensores de temperatura, humedad, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y partículas orgánicas volátiles. Los datos recopilados se visualizan en la pantalla LCD, se almacenan en una memoria microSD y se transmiten mediante un módulo Bluetooth a la aplicación móvil para el monitoreo de las variables, permitiendo la generación de gráficos con los datos almacenados en la nube.

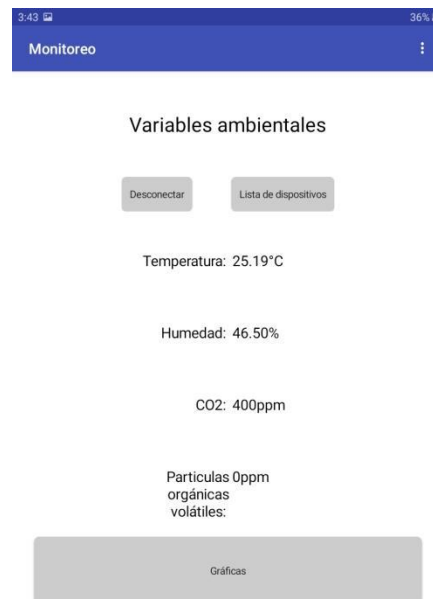
**Figura 9** Prototipo funcional de la interfaz de hardware y software



Nota: Fuente propia

Como muestra del resultado, la figura 10 presenta las variables ambientales en tiempo real. La temperatura registra un valor de 25.19 °C, la humedad se sitúa en 46.50%, y la concentración de CO2 alcanza los 400 partículas por minuto. Cabe destacar que estos valores se encuentran fuera de los rangos ideales, dado que la prueba se llevó a cabo en una maqueta provisional.

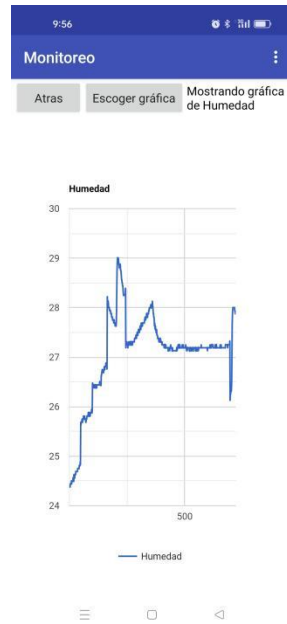
**Figura 10** Monitoreo de variables ambientales



Nota: Fuente propia

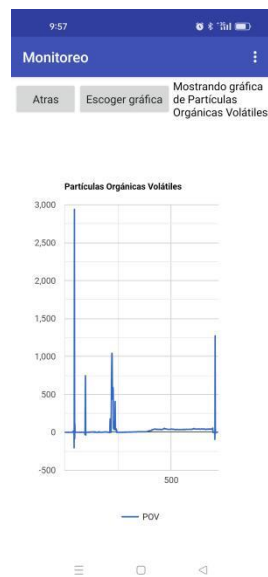
En las figuras 11 y 12, se presenta la representación gráfica de los datos recopilados por los sensores inteligentes y almacenados en la base de datos de Firebase. Estos datos proporcionan al usuario una herramienta eficaz para analizar el comportamiento de las variables ambientales, facilitando así la toma de decisiones informadas.

**Figura 11** Gráfica de humedad



Nota: Fuente propia

**Figura 12** Gráfica de partículas orgánicas volátiles



Nota: Fuente propia

## CONCLUSIÓN

En conclusión, el Internet de las cosas (IoT) ha transformado significativamente nuestra interacción con el entorno al conectar objetos cotidianos a la red, facilitando el intercambio de datos y ofreciendo servicios valiosos en diversos sectores. Los elementos fundamentales del IoT, como dispositivos sensoriales, servicios remotos y redes de comunicación, convergen para crear una red integrada de objetos inteligentes y seres humanos, estableciendo una comunicación ubicua. La confiabilidad se destaca como un componente crucial en el diseño integral del IoT, abordando la adaptabilidad y escalabilidad para gestionar las interacciones humanas en este ecosistema digital en constante evolución.

En este contexto de transformación digital, presentamos los resultados del diseño de una interfaz de hardware y software que integra la tecnología de cómputo en la niebla, ampliando la arquitectura de cómputo en la nube de manera híbrida. La implementación de la metodología ágil SCRUM ha sido esencial en el desarrollo del proyecto, posibilitando múltiples iteraciones que culminaron en la creación de un prototipo funcional. Este prototipo, con cuatro variables independientes, se vincula en tiempo real con la aplicación móvil, asegurando un monitoreo efectivo.

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Maestro Hugo Evia del Puerto Camarillo, propietario de la empresa EVIA, al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico Superior de Atlixco. Un reconocimiento especial se extiende a los estudiantes y a la academia de la Ingeniería en Sistemas Computacionales por el invaluable respaldo proporcionado durante el desarrollo de este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, Y., Leguizamón-Páez, M. A., & Londoño, T. J. (2021). Risks and security solutions existing in the Internet of things (IoT) in relation to Big Data. *Ingeniería y Competitividad*, 23(1), 1-13. [fecha de consulta 7 de Diciembre de 2023]. ISSN: 0123-3033. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291368645008>

Camacho Castillo, J. D., Oropeza Oropeza, E., & Lozoya Rodríguez, O. I. (2017). Internet de las cosas y Realidad Aumentada: Una fusión del mundo con la tecnología. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 6(1), 139-150. [fecha de Consulta 13 de Diciembre de 2023]. ISSN: Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=512253717009>

Gerber, A. (04 de Octubre de 2017). Simplifique el desarrollo de sus soluciones de IoT con arquitecturas de IoT. Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-lp201-iot-architectures/index.html>

Sutherland, J., Coplien, J. O., Heasman, L., Hollander, M. den, & Oliveira RamosC. (2019). *A Scrum book: the spirit of the game*. The Pragmatic Bookshelf.

# Red neuronal convolucional (CNN) de reconocimiento de plantas de maíz para un sistema de visión artificial.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.735

Raúl Eusebio Grande<sup>1</sup>, Mariana Natalia Ibarra Bonilla<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-ITS de Atlixco, e-mail: [raul.eusebio@itsatlixco.edu.mx](mailto:raul.eusebio@itsatlixco.edu.mx).

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México-ITS de Atlixco, e-mail: [mariana.ibarra@itsatlixco.edu.mx](mailto:mariana.ibarra@itsatlixco.edu.mx).

**Línea de investigación:** Mecatrónica

## Resumen

El objetivo de la agricultura de precisión es maximizar la eficiencia en el uso de recursos como agua, fertilizantes y pesticidas, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, al tiempo que se mejora la productividad y la rentabilidad para los agricultores. La integración de la robótica y la inteligencia artificial (IA) en la agricultura de precisión representa una innovación significativa con el potencial de transformar la gestión de cultivos, pues realizan actividades eficientes y personalizadas. En específico, la visión artificial y las redes neuronales (NN) permiten ofrecer soluciones automáticas a tareas como monitoreo de cultivos, la gestión del riego, la detección de plagas y enfermedades, y en la toma de decisiones. El presente artículo describe el proceso de entrenamiento de una red neuronal convolucional (CNN) aplicada a la identificación de plantas de maíz, con la finalidad de detectar aquellas plantas que dañan el crecimiento del mismo, y de esta manera ofrecer un sistema que permita mejorar la producción de los agricultores. El entrenamiento de la CNN se realizó con 2040 imágenes capturadas con una cámara LogiTech C90, las cuales corresponden a plantas de maíz y otras dos especies diferentes (frijol y verdolaga). La prueba de evaluación se realizó off-line, con fines didácticos, utilizando un total de 523 imágenes diferentes a las de entrenamiento, donde la CNN obtuvo un porcentaje general de presión de 93.69%. Este trabajo responde a las aplicaciones de visión e inteligencia artificial realizadas para su aplicación en un robot móvil fumigador.

*Palabras clave:* reconocimiento, plantas, red neuronal convolucional, visión.

## Abstract

The precision agriculture objective is to maximize efficiency in the use of resources such as water, fertilizers and pesticides, reduce costs and minimize environmental impact, while improving productivity and profitability for farmers. The integration of robotics and artificial intelligence (AI) in precision agriculture represents a significant innovation with the potential to transform crop management, as they carry out efficient and personalized activities. Specifically, artificial vision and neural networks (NN) allow to offer automatic solutions to tasks such as crop monitoring, irrigation management, pest and disease detection, and decision making. This article describes the training process of a convolutional neural network (CNN) applied to the identification of corn plants, with the purpose of detecting those plants that damage its growth, and in this way offer a system that allows improving the farmers production. The training of the CNN was carried out using images captured with an LogiTech C90 camera, which correspond to corn plants and plants of different species using a set of 1569 images. The validation test was carried out offline, for educational purposes, using a total of 523 images, of which 65% correspond to plants of a different species and 35% to corn plants, where the CNN obtained an accuracy general of 0.9369. This work responds to the vision and artificial intelligence applications carried out for application in a mobile fumigating robot.

*Keywords:* recognition, plants, convolutional neural network, vision.



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la agricultura ha captado la atención del mundo entero por el desarrollo de avances tecnológicos y nuevos métodos estratégicos empleados en las prácticas agrícolas, sin dejar de lado la experiencia humana. La agricultura en México es considerada el sector productivo más importante desde un punto de vista económico, social y ambiental, ya que de ésta depende la alimentación primaria de millones de personas, el incremento de la población productiva y la preservación y cuidado del entorno. Por lo anterior, las enfermedades y plagas en los cultivos son problemas importantes de los cuales se derivan medidas para evitar riesgos en la producción. Por ejemplo, tan solo para los cultivos de maíz, de acuerdo con un artículo publicado por la revista Forbes (Shelton, 2015), desde el año 2015 se estima que el 10% de la producción del maíz en México es destruido por las plagas de insectos. Para tratar con este problema, los agricultores aplican cantidades enormes no reguladas de pesticida sobre los cultivos. Esto último, por consecuencia, causa efectos en la salud humana y de la vida de miles de insectos indispensables para el ecosistema. Durante los últimos años han surgido empresas y proyectos con soluciones alternativas que hacen uso de la tecnología para reducir e incluso en algunos casos eliminar por completo el uso de pesticidas, como, por ejemplo, Rippa, un robot desarrollado por la universidad de Sidney, utiliza un sistema de visión para detectar las malas hierbas y eliminarlas vía química o mecánica (Bogue, 2016). El Blue River Technology, subsidiaria de John Deere, es un robot que detecta las malas hierbas por medio de visión artificial para la aplicación directa de químicos (BlueRiver Technology, 2018). Otras investigaciones como la de Lu, et al. (2021) presentan una revisión del uso de redes neuronales para la detección enfermedades en las plantas.

De acuerdo con lo anterior, se detecta un área de oportunidad para el desarrollo e implementación de la inteligencia artificial (IA) para el campo mexicano, principalmente en cultivos de maíz, producto de mayor consumo en México. De acuerdo con la revisión de la literatura, las redes neuronales convolucionales, conocidas como CNN del inglés *convolutional neural networks*, representan una alternativa de solución favorable en la identificación automática de diferentes especies de plantas. Ghazi, et al. (2017) usaron las CNN profundas para identificar las especies de plantas capturadas en una fotografía y evaluar diferentes factores que afectan el rendimiento de estas redes. En este trabajo se evaluaron tres arquitecturas de CNN's: GoogleNet, AlexNet y VGGNet. Esta investigación destaca que la red AlexNet, si se entrena desde cero, supera a las otras dos arquitecturas debido a que está conformada por una arquitectura más simple. Kuma, et al. (2012) presentan el desarrollo de un sistema de aprendizaje profundo para aprender las características taxonómicas de las imágenes de las hojas, junto con un clasificador para la identificación de las especies de las plantas llamado LeafNet. Lee, et al. (2016) describen una nueva arquitectura para el sistema de clasificación de plantas, cuyo objetivo fue identificar 1000 especies de imágenes de plantas correspondientes a siete diferentes órganos de la planta aplicando filtros convolucionales de bajo nivel para posteriormente pasar por la extracción de características de estructura orgánica.

De acuerdo con lo anterior, la capacidad de las CNN para aprender patrones visuales complejos permite una identificación precisa de diferentes tipos de plantas, lo que puede mejorar la toma de decisiones en la gestión agrícola. Además, la implementación de este sistema puede contribuir a la optimización de recursos, reduciendo el uso de insumos y mejorando la sostenibilidad ambiental.

## DESARROLLO

Con el objetivo de contribuir a la aplicación de las CNN en el reconocimiento de plantas, en el presente artículo se describe el proceso de entrenamiento de una CNN capaz de reconocer las plantas de maíz e identificar otras plantas, tales como frijol y verdolaga. Para esto, se aplicaron herramientas y librerías de Python, TensorFlow y Keras. La arquitectura de la CNN se propone con la aplicación de filtros convolucionales 2D con activación ReLU, maxpooling, rescaling que operen con valores en escala de grises de 0 a 1, flatten, dropout y una capa densa de 256 neuronas.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Entrenar una red neuronal convolucional, CNN, capaz de reconocer plantas de maíz usando las herramientas y librerías de Python, TensorFlow y Keras para el sistema de visión artificial de un robot fumigador.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Generar una base de datos con imágenes de plantas de maíz en etapa temprana y otras dos especies: frijol y verdolaga, para el entrenamiento-validación de la CNN.
- Realizar el procesamiento de las imágenes, como segmentación y filtrado para mejorar y disminuir el ruido en las imágenes.
- Realizar el entrenamiento-validación off-line de la CNN usando las herramientas y librerías de Python, TensorFlow y Keras de Google Colab.
- Realizar la validación de la CNN calculando la precisión y la función de pérdida para evaluar el desempeño del reconocimiento.

## OBJETO DE ESTUDIO

El maíz es un cultivo representativo de México siendo un alimento básico en la dieta mexicana (Ortega, 2023). La mejora de la calidad de los cultivos de maíz en México no solo aborda las necesidades básicas de alimentación de la población, sino que también tiene implicaciones económicas, ambientales y sociales. El maíz es un componente esencial para el desarrollo sostenible de la agricultura mexicana en el contexto nacional e internacional, por lo que brindar soluciones tecnológicas que contribuyan a mejorar la calidad de este cultivo implica un uso más eficiente de recursos como agua, fertilizantes y pesticidas. Esto no solo beneficia la salud del suelo y del ecosistema, sino que también contribuye a prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente.

## METODOLOGÍA

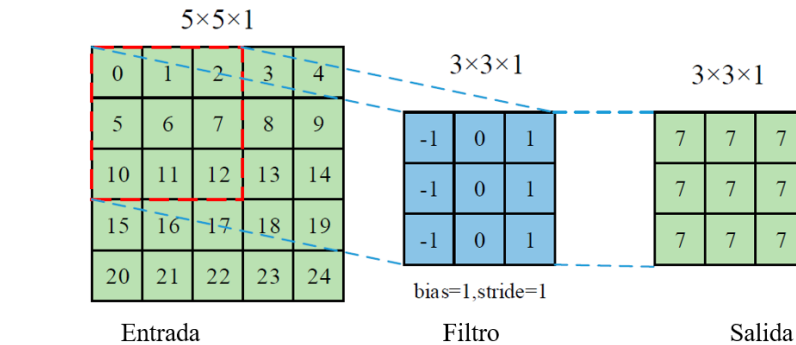
La metodología de esta investigación tiene un enfoque cuantitativo con diseño experimental para el desarrollo tecnológico del prototipo de un robot fumigador. Los métodos aplicados en la investigación se centran en las redes neuronales convolucionales (CNN) y procesamiento digital de imágenes.

La estructura de una red neuronal convolucional (CNN) comprende múltiples capas, principalmente conformadas por un conjunto de filtros conocidos como kernels, una capa de convolución, una función de activación no lineal y una capa de agrupación o submuestreo (pooling). Cada fase tiene como propósito representar las características mediante conjuntos de matrices denominadas mapas de características. La operación de convolución, que se encuentra en al menos una de las capas de una CNN, se puede observar en la Figura 1 (Lu, et al., 2016, p. 4).

Un kernel se coloca inicialmente en la esquina superior izquierda de la imagen, y los valores de los píxeles abarcados se multiplican por los valores correspondientes del kernel. Posteriormente, se suman los productos y se añade el bias al resultado. El kernel se desplaza un píxel y el proceso se repite hasta que se hayan filtrado todas las posibles posiciones en la imagen.

**Figura 1**

*Proceso de la Operación de la Convolución.*



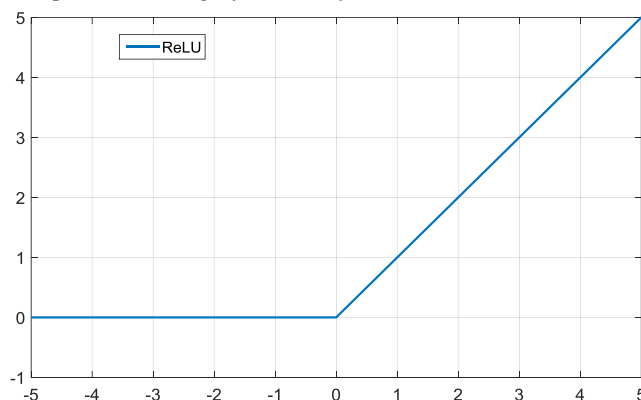
Fuente: (Lu, et al., 2016, p. 4).

Después de que el banco de filtros genere la salida, se emplea una función de activación para generar los mapas de activación, donde solo las características activadas se transmiten a la siguiente capa. La función de activación más comúnmente utilizada para la capa de convolución es ReLU, que es una abreviatura de Rectified Linear Unit en inglés. Se trata de una función semirectificada cuya curva característica se muestra en la Figura 2 y se define matemáticamente de la siguiente manera:

$$f(x) = \max(0, x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < 0 \\ x & \text{if } x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

**Figura 2**

*Representación gráfica de la función de activación ReLU.*

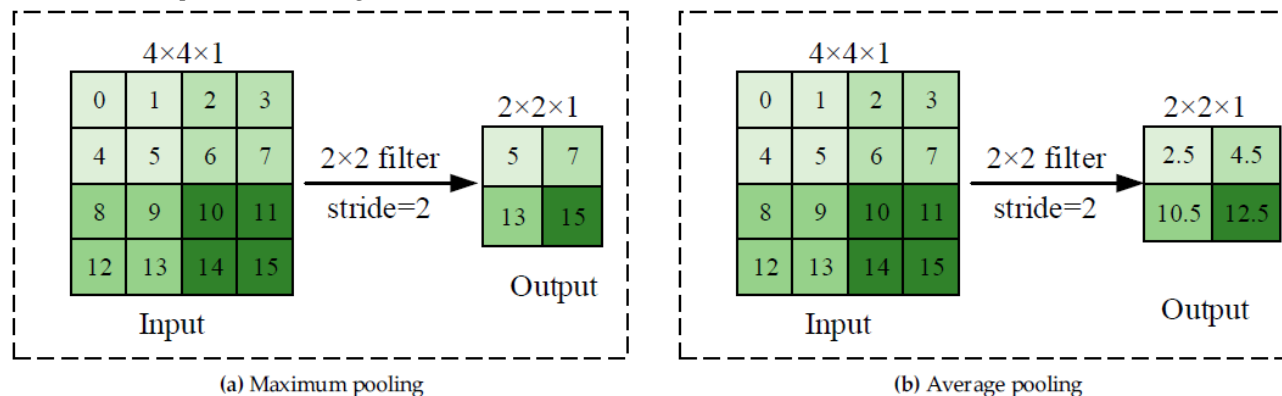


Fuente: Elaboración propia.

La capa de agrupación (pooling) se emplea para reducir las dimensiones con el objetivo de agilizar los tiempos de procesamiento computacional, al mismo tiempo que conserva la información más relevante. La técnica más utilizada es el máximo pooling (max-pooling) o el average pooling. En el max-pooling, se divide la imagen de entrada en varias regiones rectangulares, de acuerdo con el tamaño del filtro, y se genera el valor máximo para cada región. Por otro lado, el average pooling sigue un proceso similar, pero la salida es el promedio de cada región. El procedimiento de la operación de pooling se ilustra en la Figura 3 (Lu, et al., 2016, p. 4).

**Figura 3**

*Proceso de la Operación Pooling.*



Fuente: (Lu, et al., 2016, p. 4).

Las fases que se llevaron a cabo fueron: adquisición y preprocesamiento de las imágenes de entrenamiento, definición de la arquitectura de la CNN, entrenamiento y validación de la CNN.

### FASES DE DESARROLLO

**Fase de Adquisición y preprocesamiento de las imágenes de entrenamiento:** las imágenes que forman parte de la base de datos para el entrenamiento y validación de la red neuronal convolucional fueron tomadas de un sembradío de maíz en la región de Atlixco, Puebla usando una cámara Logitech C90 de 1920×1080 píxeles. Las imágenes fueron tomadas de forma aérea con un sistema mecánico como el que se muestra en el esquema la Figura 4a. La cámara está posicionada a una altura promedio de 60 centímetros desde el suelo, dando como resultado imágenes como las que se muestran en la Figura 4b. En la Figura 4c se observan imágenes de los tres diferentes tipos de plantas capturadas: maíz, frijol y verdolaga, todos en una etapa de crecimiento temprano. De las imágenes adquiridas se seleccionaron manualmente aquellas con menos ruido y mayor calidad, dando como resultado un total de 2550 imágenes, de las cuales 680 pertenecen a plantas de maíz, 680 a plantas de frijol y 680 a plantas de verdolaga. Con la finalidad de reducir el tiempo de procesamiento de las imágenes, estas fueron recortadas manualmente a imágenes de tamaño de 180×180 píxeles y se convirtieron de RGB a imágenes en escala de grises, donde cada pixel va de 0 a 255.

**Figura 4**

*Sistema Mecánico para Captura de Imágenes y Ejemplos de Capturas de Plantas.*

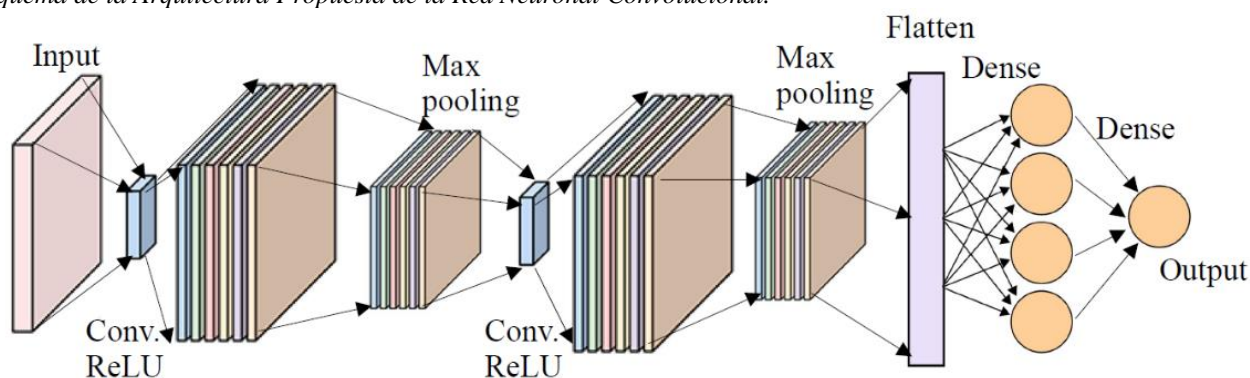


Fuente: Elaboración propia.

**Arquitectura de la Red Neuronal Convolucional:** se propone una CNN debido a su capacidad para aprender características de las imágenes permitiendo una identificación precisa de los diferentes tipos de plantas. En la Figura 5 se observa la arquitectura propuesta de la CNN, donde las dimensiones de la imagen de entrada son de  $180 \times 180 \times 3$  píxeles. La primera capa consiste en una convolución con kernels de  $3 \times 3 \times 3$ , aplicados 32 veces, esto con el objetivo de extraer 32 características representadas en matrices bidimensionales de  $178 \times 178$  con los elementos más simples de la imagen de entrada. Posteriormente se aplica una función de activación ReLU o de no-linealidad para eliminar la relación proporcional entre la entrada y la salida. Por último, se aplica una capa max-pooling para reducir a la mitad las 32 representaciones obtenidas ( $178 \times 178$ ), esto tiene como objetivo de reducir la cantidad de datos al momento del procesamiento en las siguientes etapas de entrenamiento. En la segunda etapa se aplica una convolución, nuevamente con un kernel de  $3 \times 3 \times 3$ , pero en esta ocasión se extraen 64 características, se vuelve a aplicar la función de activación ReLU y por último la capa max-pooling, con esto se reduce la matriz a una dimensión de  $43 \times 43$ . En la siguiente capa se aplanan los datos de la matriz (*flatten*) para obtener un arreglo unidimensional con 118,336 neuronas. Después de esto, se aplica la técnica de *dropout*, la cual consiste en “apagar” de manera aleatoria un número de neuronas en cada *batch*, en este caso fue el 25% de las neuronas. De esta manera se impide que la red neuronal memorice resultados, y en su lugar se obliga a la CNN a aprender nuevas formas de correlacionar las características. Las últimas dos capas de la CNN son completamente conectadas (*fully connected*), la primera de 256 neuronas con función de activación lineal y la última capa es de 1 neurona con función de activación sigmoide.

**Figura 5**

*Esquema de la Arquitectura Propuesta de la Red Neuronal Convolucional.*



Fuente: Elaboración propia.

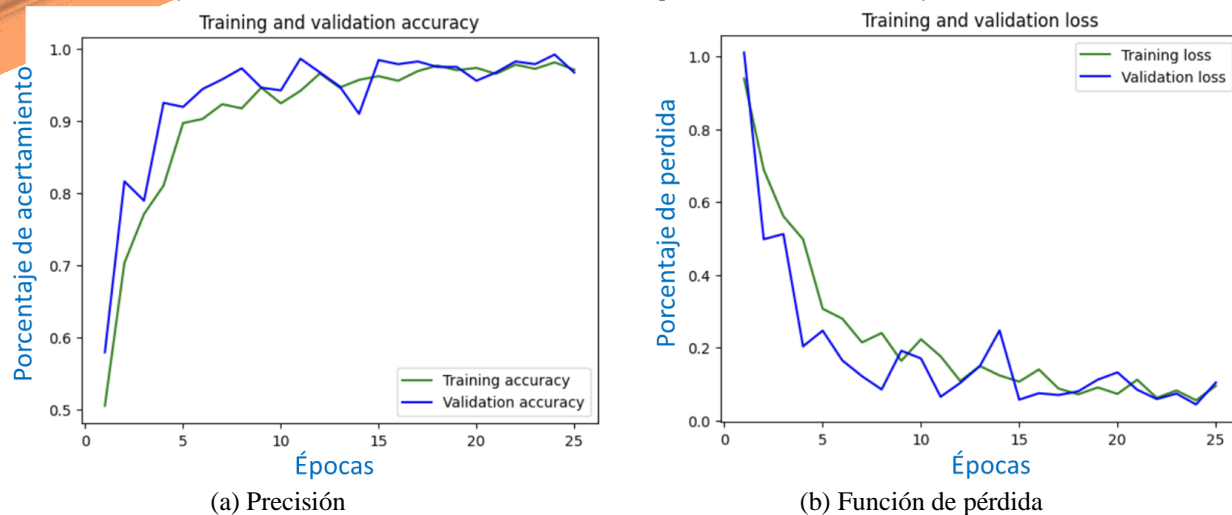
**Entrenamiento de la Red Neuronal Convolucional:** una vez definida la arquitectura de la CNN, el siguiente paso es el entrenamiento, el cual se realizó utilizando Python y Tensor Flow a través de la herramienta Google Colab. Durante el entrenamiento el total de las 2040 imágenes se dividió en el 80% para el entrenamiento y 20% para las pruebas de evaluación de la CNN, adicionalmente se configuró el entrenamiento para 25 épocas. En la Figura 6 se muestran las gráficas de la precisión y de la función de pérdida en cada época obtenidas durante el entrenamiento y la validación, respectivamente, dichos resultados representan los aciertos de la red neuronal con cada época y con ello decidir hasta que época una red neuronal alcanza cierto nivel de precisión, sin llegar a *overfitting* o la memorización de los objetos por parte de la red neuronal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la capacidad que tiene la CNN para identificar las plantas de maíz se utilizó un conjunto de 523 imágenes que pertenecen a las tres clases, las cuales son diferentes a las utilizadas durante el entrenamiento de la CNN. Del total de las 523 imágenes, 183 corresponden a plantas de maíz, 170 a una especie de verdolaga y 170 a plantas de frijol. Los resultados de la clasificación se presentan en la matriz de confusión de la Tabla 1. De acuerdo con esto, se demuestra que la CNN fue capaz de identificar correctamente 163 imágenes de las 183 plantas de maíz, 158 imágenes de las 170 plantas de frijol y 169 imágenes de las 170 de verdolaga, dando como resultado una precisión general de 0.938. Esta precisión en la identificación de las plantas de maíz puede tener aplicaciones significativas en la agricultura de precisión, permitiendo a los agricultores tomar decisiones informadas y mejorar la gestión de cultivos para optimizar el rendimiento y la eficiencia. En este caso específico, esta investigación corresponde a una etapa preliminar de desarrollo de un proyecto de visión artificial, pues el objetivo final es obtener un sistema de visión robusto ante los retos del entorno real, tales como la iluminación, la ejecución del sistema en tiempo real y la aplicación de pesticidas directamente sobre la planta.

**Figura 6**

Gráficas de la Precisión y Función de Pérdida obtenidas durante 25 épocas de entrenamiento y validación.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 1**

Matriz de Confusión para Evaluación de los Resultados de la Clasificación.

Clase	Frijol	Maíz	Verdolaga	%Precisión
Frijol	158	4	8	92.94%
Maíz	2	163	18	89.07%
Verdolaga	1	0	169	99.41%
<b>Precisión General 93.8%</b>				

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIÓN

Se presentó el entrenamiento y validación de una red neuronal convolucional para la clasificación de plantas de maíz utilizando herramientas y librería como Python, TensorFlow y Keras. La base de datos de las imágenes se obtuvo a través de capturas en el campo abierto de la región de Atlixco, Puebla en México.

Para el entrenamiento se utilizó una base de datos con 2040 imágenes correspondientes a plantas de maíz, frijol y verdolaga en etapa de crecimiento temprana, divididas en 680 imágenes cada una. La red neuronal propuesta recibe la imagen de entrada previamente redimensionada a 180×80 píxeles en escala de grises y posteriormente se aplican dos capas de convolución, en cada una de ellas se reducen los datos mediante la función max-pooling, logrando que la red neuronal sea tratable computacionalmente. También se aplicó una capa de aplanado y dos capas completamente conectadas para obtener la salida final. Por último, validamos la red neuronal con 523 imágenes adicionales a las utilizadas en la base de datos de entrenamiento y con este último lote de imágenes se obtuvo una precisión de 0.938. Estos resultados destacan la capacidad de la CNN para identificar entre las características distintivas de ambas plantas, subrayando su utilidad en la clasificación precisa de las plantas de maíz, la cual será de utilidad para aplicaciones en la agricultura de precisión.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- BlueRiver Technology (2018). See & Spray. Recuperado de: <https://www.bluerivertechnology.com/>.
  - Bogue, R. (2016). Robots poised to revolutionise agriculture. *Industrial Robot: An International Journal*, 43(5), 450-456.
  - Ghazi, M. M.; Yanikoglu, B.; Aptoula, E. (2017). Plant identification using deep neural networks via optimization of transfer learning parameters. *Neurocomputing*, 235, 228-235.
  - Kumar, N.; Belhumeur, P. N.; Biswas, A.; Jacobs, D. W.; Kress, W. J.; Lopez, I. C.; Soares, J. V. (2012). Leafsnap: A computer vision system for automatic plant species identification. In *Computer Vision—ECCV 2012: 12th European Conference on Computer Vision*, Florence, Italy, October 7-13, 2012, Proceedings, Part II 12 (pp. 502-516). Springer Berlin Heidelberg.
  - Lee, S. H.; Chang, Y. L.; Chan, C. S.; Remagnino, P. (2016). Plant Identification System based on a Convolutional Neural Network for the LifeClef 2016 Plant Classification Task. *CLEF (Working Notes)*, 1, 502-510.
  - Lu, J.; Tan, L.; Jiang, H. (2021). Review on convolutional neural network (CNN) applied to plant leaf disease classification. *Agriculture*, 11(8), 707.
  - Ortega, L. O. P. (2023). Alimento ancestral y de subsistencia: discurso y control del cultivo y consumo de maíz en México, 1937-1961. *Historia y Memoria*, (27), 135-175.
- Shelton, A. (2015). ¿Por qué México está rezagado en la producción del maíz? *Forbes México*. Recuperado de: <https://www.forbes.com.mx/por-que-mexico-esta-rezagado-en-la-produccion-de-maiz/>

# Detección y prevención mejorada de ataques de Ransomware en Redes Empresariales

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.737

Juan Jesús Ruiz Lagunas<sup>1</sup>, Anastacio Antolino Hernández<sup>2\*</sup>, Heberto Ferreira Medina<sup>3\*</sup>, Juan Carlos López Aguilar<sup>4</sup>, J. Guadalupe Ramos Díaz<sup>5</sup>, Juan Carlos Olivares Rojas<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México campus Morelia, MSC: [juan.rl@morelia.tecnm.mx](mailto:juan.rl@morelia.tecnm.mx)

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México campus Morelia, MSC: [anastacio.ah@morelia.tecnm.mx](mailto:anastacio.ah@morelia.tecnm.mx)

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad,

UNAM / TECNM campus Morelia DSC: [hferreira@iies.unam.mx](mailto:hferreira@iies.unam.mx)

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México campus Morelia, MSC: [m13120445@morelia.tecnm.mx](mailto:m13120445@morelia.tecnm.mx)

<sup>5</sup>Tecnológico Nacional de México campus Morelia, DSC: [jose.rd@morelia.tecnm.mx](mailto:jose.rd@morelia.tecnm.mx)

<sup>6</sup>Tecnológico Nacional de México campus Morelia, DIE: [juan.or@morelia.tecnm.mx](mailto:juan.or@morelia.tecnm.mx)

## Línea de investigación: Seguridad de la información

### Resumen

La falta de seguridad, y las actividades de la delincuencia conocidos como Ciberterroristas (grupos de personas que sus actividades son el atacar sistemas de información), son de los problemas más importantes que afronta México en la post pandemia del virus COVID-19, y el mundo digital. Los sistemas de vigilancia y monitoreo automatizados, al igual que los sistemas de detección, prevención y contención de ataques de Malware (software malicioso), son una solución que presentan muchas ventajas para garantizar la seguridad de la información en las empresas e instituciones. La intención de este trabajo es la de proveer a las empresas mexicanas (PyMEs, Pequeñas y Medianas Empresas) de las herramientas necesarias para prevenir y detectar ataques ransomware (guía), principalmente al personal técnico no especializado en seguridad informática. Se pretende proporcionar un conjunto de recomendaciones o buenas prácticas (actividades enfocadas a la seguridad de la información), ofrecidas a través de una aplicación Web, y que pueden ser aplicadas a las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs), a diferentes niveles organizacionales, con la finalidad de poder apoyar a cualquier tipo de PyMEs sin importar su rubro o giro, ni depender de las características de su red (software o equipos especializados). Es decir, proporcionar una guía de buenas prácticas para que cualquier usuario pueda seguir como medida de mitigación y contención de la nueva variante conocida como RaaS (Ransomware as a Service) y con el fin de prevenir y evitar problemas o incidentes de seguridad en su empresa.

*Palabras clave: Buenas Prácticas, Ciberseguridad, Detección, Malware, Prevención y Ransomware.*

### Abstract

The lack of security, and the criminal activities known as Cyberterrorists (groups of people whose main activities are to attack information systems), are one of the most important problems that Mexico faces in the post-pandemic of the COVID-19 virus, and the digital world. Automated surveillance and monitoring systems, as well as systems for detecting, preventing and containing Malware attacks, are a solution that has many advantages to guarantee the security of information in companies and institutions. The intention of this work is to provide Mexican companies (PyMEs, Small and Medium Enterprises) with the necessary tools to prevent and detect Ransomware attacks (guide), mainly technical personnel not specialized in computer security. The aim is to provide a set of recommendations or good practices (activities focused on information security), offered through a Web Application, and that can be applied to Information and Communications Technologies (ICTs), at different organizational levels, with the aim of being able to support any type of PyMEs regardless of their sector or line of business, nor depending on the characteristics of their network (software or specialized equipment). That is, provide a guide of good practices so that any user can follow as a mitigation and containment measure of the new variant known as RaaS (Ransomware as a Service) and in order to prevent and avoid security problems or incidents in your company.

*Keywords: Best Practices, Cybersecurity, Detection, Malware, Prevention and Ransomware.*

---

\* Autor de correspondencia.

## INTRODUCCIÓN

“Malware es un término amplio que describe cualquier programa o código malicioso que es dañino para los sistemas” (Malwarebytes, 2023). Existe una gran variedad de malware en la actualidad, pero un tipo en particular resulta ser sumamente peligroso para las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) y los usuarios, es el llamado “ransomware” que es muy dañino, porque puede afectar a nivel dispositivo y organizacional impidiendo el correcto trabajo en estos, también menoscaba la reputación de la empresa ante sus usuarios.

Es conocido como el malware secuestrador, “es el que impide a los usuarios acceder a su sistema o a sus archivos personales y que exige el pago de un rescate para poder acceder de nuevo a ellos...” (Malwarebytes, 2023), (Interbel, 2023). Este software malicioso impide a los usuarios acceder a su dispositivo o a sus datos personales y solicita el pago de un rescate para obtener acceso a su dispositivo y/o datos. Desde la primera aparición a finales de 1980 hasta ahora, es una herramienta importante que permite a los ciberdelincuentes realizar secuestro virtual (o chantaje).

El ransomware no es un tipo de malware moderno, tiene una historia detrás de él, así como una variedad de ataques, de los cuales se destacan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Historia de los ataques de ransomware

Ransomware	Descripción
<b>AIDS</b>	Se creó a finales de los años 80s. Fue el primer caso documentado y su principal medio de distribución fue a través de los discos flexibles, se consideró ransomware debido a que cifraba todos los archivos del directorio “C:\” y exigía un rescate de \$189 dólares vía correo postal a PC Cyborg Corp. El cifrado era muy simple por lo que no resultaba una gran amenaza para los expertos de la época.
<b>GpCode</b>	Detectado en el año 2006, empleaba un cifrado RSA de llave pública débil. El medio de propagación fue a través de estafas o suplantación (phishing por email). Consistía en usar una llave pública de 660 bits para encriptar el directorio “My Documents”, extorsionando a las víctimas para que realizaran un pago de \$120 dólares vía transferencia bancaria.
<b>WinLock</b>	Fue liberado en el año de 2006, en equipos personales, este ataque consistía en desplegar imágenes pornográficas en la pantalla de las víctimas y para poder eliminarlas debían de enviar un mensaje de texto con una tarifa de \$10 dólares.
<b>Reveton family</b>	Fue un grupo de malware que sentó el precedente de una nueva variante que utilizaba instituciones “oficiales” para extorsionar a las víctimas, surgieron en el año 2012. Consistía en desplegar un mensaje de una aparente institución oficial, usualmente la policía, en la cual se acusaba a la víctima de haber cometido un crimen. Fusiónaba 2 enfoques de malware: 1) la parte que pedía un rescate y 2) incluía un gusano, el cual tomaba el control de la cámara para hacer creer a la víctima que estaba siendo grabada. Algunas de sus variantes usaban javascript para desplegar varias ventanas. El rescate consistía en una tarjeta prepagada con un valor que iba desde los \$100 hasta los \$3,000 dólares.
<b>CryptoLocker</b>	Utilizó llaves con cifrado RSA (grado militar), se extendió en el año de 2013, encriptaba documentos con ciertas extensiones y eliminaba el original. Para liberar los archivos se exigía en un periodo de 3 días el pago, o se borraría la llave privada que se almacenaba en servidores de malware y sin la cual era imposible recuperar los documentos originales. Se documentó que si las víctimas no pagaban se les daba otra oportunidad para realizar un pago aún mayor. El pago se debía hacer a través de cripto divisas siendo la más famosa los bitcoins o a través de bauchers prepagados, el precio del rescate era muy variado.
<b>WannaCry</b>	Fue detectado en mayo del 2017 y se dispersó aprovechando un ataque masivo hacia equipos vulnerables en los servicios SMB (Server Message Block) que utilizaba el puerto 445 en equipos con SO Windows en su mayoría Windows 7 y recientes. Este ransomware infectó alrededor de 300,000 computadoras en aproximadamente 150 países; es el ransomware con la mayor infección en la historia. Y esto puso en un reflector el peligro que provoca este tipo de malware, el rescate consistía en una transferencia de criptodivisas.
<b>Petya</b>	Surgió en mayo del 2017, además de encriptar documentos, sobrescribía el MBR (Master Boot Record) y encriptaba la MFT (Master Files Table) del dispositivo. Los objetivos principales de este ransomware eran negocios, a los cuales llegaba a través de correos de phishing dirigidos al personal de recursos humanos de las empresas, la única forma de recuperar la información consiste en realizar un pago de alrededor de \$400 dólares.
<b>LockBit “ABCD”</b>	Apareció en septiembre de 2019, tiene el enfoque de los criptovirus. Sus objetivos principales son las empresas o las organizaciones gubernamentales, tiene 3 etapas de despliegue las cuales consisten en: la explotación de una vulnerabilidad en la red de trabajo; la infiltración en los equipos de la red, y la ejecución del payload de encriptamiento en los equipos.
<b>RaaS</b>	Surge a finales del año 2021 como un servicio que ofrecen grupos de hackers para ayudar a otros a realizar ataques de ransomware dirigido, tiene muchas variantes y se está convirtiendo en un gran amenaza en la actualidad.

Nota: Fuentes (Malwarebytes, 2023), (Interbel, 2023), (Harley, 2013), (Krebs, 2017).

Como se puede observar, los ataques de ransomware han evolucionado y aumentado drásticamente como consecuencia de la pandemia del COVID-19, que ha hecho que las personas dependan más de las computadoras y los negocios estén más en línea. Por ejemplo el ataque contra la empresa Colonial Pipelines que tuvo lugar en mayo de 2021 fue un incidente que interrumpió las operaciones de la principal cadena de suministro de combustible en 17 estados de EE.UU. La empresa no tuvo más remedio que pagar alrededor de \$4,4 millones de dólares. En el mismo período, otro ataque tuvo como objetivo la empresa JBS, el procesador de carne más grande del mundo. Estos ataques también han afectado a industrias de atención médica, al gobierno y la educación. En consecuencia, estos incidentes elevaron el ransomware al nivel de una preocupación de seguridad nacional que llevó al Departamento de Justicia de EE. UU. a categorizar tales ataques como “terroristas” (Alqahtani, 2022).

De acuerdo con Kaspersky Security Bulletin (KSB) en 2022, los ciberdelincuentes atacaron a los usuarios con más de 400,000 nuevos archivos encriptados diariamente (un crecimiento del 5% en comparación con 2021). También descubrieron que la proporción de software ransomware encontrada diariamente aumentó en un 181%, alcanzando 9500 archivos cifrados por día. También existió un aumento del 10% de ataques a la plataforma Android para dispositivos móviles cada día.

Estos ataques han tenido éxito por el crecimiento de las redes de telecomunicaciones y el Internet, han revolucionado la forma en que las organizaciones llevan a cabo sus actividades. De hecho, la evolución de la tecnología, la digitalización, la computación en la nube, la computación cuántica, la inteligencia artificial y el despliegue de una cantidad de objetos conectados han dado lugar a actividades ciberdelictivas sin precedentes. Las crecientes amenazas de ciberataques sigilosos a infraestructuras críticas, centros de datos, organizaciones gubernamentales y sectores financieros representan desafíos importantes (Djenna, 2023).

El detectar este tipo de software malicioso es más difícil que el malware en general, debido al incremento cada vez mayor de firmas (código de ejecución o payload), lo que hace que las tradicionales técnicas de detección se vean impotentes ante las variantes. Las técnicas actuales de detección suelen construir un modelo complejo que incorpora las características de comportamiento en la infección y el rescate. Estas incluyen actividades de detección de documentos sospechosos, patrón o frecuencia de llamadas a una API (aplicación o servicio), claves de registro del sistema, cambio o variante de extensiones de archivos, etc. Sin embargo, la detección tradicional basada en firmas ya no es eficaz (Hwang, 2020), (Habtör, 2021).

Los ciberdelincuentes intentarán aprovechar vulnerabilidades conocidas y aún desconocidas para tratar de desarrollar infecciones exitosas. Esto se convierte en un gran reto y desafío que debe ser tratado manera colectiva para buscar soluciones de prevención y detección.

A finales del año 2021 surge el RaaS, que es un modelo de negocio desarrollado por el cibercrimen y que consiste en que un grupo de ciberdelincuentes venden su código a otros hackers, que luego lo utilizan para realizar sus propios ataques. Según el X-Force Threat Intelligence Index de la empresa IBM (2023), el auge del RaaS ha contribuido a que el ransomware siga siendo tan frecuente y ahora dirigido a empresa y usuarios en particular. Un informe en el año de 2022 de Zscaler encontró que 8 de las 11 variantes de ransomware más activas eran variantes que se utilizaron de un RaaS. Es fácil entender por qué este modelo es muy popular con los delincuentes cibernéticos. Además, el RaaS es mutuamente beneficioso: los hackers pueden beneficiarse de la extorsión sin desarrollar su propio malware, y los desarrolladores pueden aumentar sus ganancias sin atacar directamente a las redes (IBM-ransomware, 2023).

## DESARROLLO

El objetivo de este proyecto es proveer a las empresas mexicanas de una herramienta para prevenir y detectar ataques ransomware (guía de detección y contención), principalmente para el personal técnico no especializado. Esta ofrece un conjunto de recomendaciones o buenas prácticas (actividades enfocadas a la seguridad de la información), ofrecidas a través de una aplicación Web, y que pueden ser aplicadas a las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) de una empresa, y a diferentes niveles de la organización, con la finalidad de poder apoyar a cualquier tipo de PyMEs sin importar su rubro o giro, ni depender de las características de su red (software o equipos especializados). Esta guía provee de un conocimiento acorde a sus necesidades y/o características. En el supuesto de que la organización carezca de alguna tecnología o equipo para la protección de la información, se le brinda el conocimiento o herramientas alternativas de seguridad, según sea su giro o actividad empresarial.

Ante un ciberataque a los sistemas de información (hackeo) los administradores de la red llegan a entrar en un estado de indefinición o pánico donde se pueden llegar a tomar malas decisiones, por lo que con esta guía se ofrece una serie de pasos a seguir, para que los administradores puedan lidiar con el ataque y que se realicen las actividades de manera puntual para poder resolver el problema o llegar a recuperar la información, en el menor tiempo posible y regresar a un estado funcional nuevamente.

Esta guía fue desarrollada mediante las actividades siguientes: a) análisis de diferentes tipos de ransomware, b) estudio de los antecedentes clave de ataques informáticos, c) análisis de tecnologías y metodologías antiransomware, d) recomendación de buenas prácticas propuestas en la literatura y, e) el desarrollo de una aplicación Web que funcione como guía.

Se realizó un análisis exploratorio y de investigación sobre las principales metodologías que proponen esquemas de seguridad para prevenir este tipo de ataques, sobresalen las siguientes:

- El estándar ISO 27001, propone un sistema de gestión de la seguridad de la información utilizando el ciclo de Planear, Hacer, Verificar y Actuar (ISO 27001, 2022).
- El marco de seguridad del NIST, ofrece una variedad de protocolos, funciones y categorías de buenas prácticas, para su implementación de una manera gradual para abordar los riesgos de la ciberseguridad (NIST, 2023).

- La Regulación de Protección a la Información en General (GDPR), es una ley para la protección de la información, aplicada en la Unión Europea, con la finalidad de promover buenas prácticas para almacenar y proteger la información sensible de los usuarios (GDPR, 2023).
- La metodología Zero Trust, que consiste en limitar a los usuarios de la red en cuanto a recursos y procesos para evitar situaciones de riesgo potencial, utilizando: 1) roles de usuarios, 2) niveles de acceso y 3) medidas de seguridad en diferentes niveles (Zero Trust, 2023).

De la misma manera se investigaron las principales herramientas que ayudan a los usuarios y sistemas a contener este tipo de ataques, los cuales se describe a continuación:

- Antivirus. La mayoría de los antivirus en la actualidad tiene firmas de las variantes más comunes de ransomware logrando contener en su mayoría los más conocidos; Bitdefender, Intego, Norton, McAfee, TotalAV, entre otros (Antivirus Guide, 2023).
- Firewall. Permite aislar redes utilizando el concepto de separarlas en tres partes, la conexión a Internet (Wan), la red protegida para usuarios (LAN) y la red desmilitarizada para servidores (DMZ). Se pueden adquirir con licencias de paga y de software libre.
- DLP (Data Loss Prevention). Permite detectar la pérdida de datos, así como prevenir la transferencia ilícita de datos fuera de la organización y la destrucción no deseada de datos confidenciales o de identificación personal. Ayuda a cumplir con las normas GDPR y con la Ley de Responsabilidad y Portabilidad del Seguro Médico (HIPAA), entre otras.
- ZTNA (Zero Trust Network Access). Conjunto de herramientas que proporciona acceso remoto seguro a las aplicaciones, datos y servicios de una organización basándose en políticas de control de acceso claramente definidas. Utiliza redes privadas virtuales (VPN).
- SIEMS. Son herramientas que recopilan y analizan información de diferentes fuentes para detectar amenazas, pueden adquirirse como parte de un firewall o como un software único.
- SOAR (Security Orchestration, Automation and Response). Conjunto de funciones para mantener segura a una organización y es parte de un centro de operaciones de seguridad (SOC).
- XDR (Cross-Layer Detection and Response). Herramienta basada en un software como servicio (SaaS) que toma las herramientas de seguridad existentes de la empresa y las integra en un sistema de seguridad centralizado, se adquiere como una solución integrada a otras herramientas.
- SOC (Centro de Operaciones de Seguridad). Es una unidad de trabajo u oficina que se encarga de gestionar todas las tecnologías como el SIEM o el SOAR para el control contra las amenazas cibernéticas.

### **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

El objetivo general de este proyecto es desarrollar un guía de buenas prácticas antiransomware para empresas pequeñas y medianas en México, que les permita prevenir y detectar este tipo de ataques, utilizando una aplicación Web para dar seguimiento a las actividades de seguridad de la información.

Las actividades específicas para este objetivo son las siguientes:

- Revisar la literatura y proyectos afines para detectar las áreas de oportunidad de mejora.
- Analizar los diferentes tipos de Ransomware, que permita caracterizar este tipo de ataque.
- Investigar los antecedentes clave de ataques de Ransomware en empresas mexicanas.
- Analizar las tecnologías y metodologías existentes que ayudan a prevenir y detectar este tipo de ataque.
- Desarrollar la guía de buenas prácticas, basándose en las metodologías y experiencias en proyectos previos, así como en una encuesta a empresas de la región.
- Desarrollar una aplicación Web que permita dar seguimiento a las buenas prácticas de prevención y contención.
- Realizar pruebas de funcionamiento en equipos y sistemas de información que son sensibles en las empresas.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

Mediante la guía de buenas prácticas se pretende disminuir en un 100% la tasa de éxito de los hackers en las PyMEs mexicanas por ataques Ransomware, al ofrecer una guía al personal que administra la información. Se brindará una serie de actividades que les permita generar conocimiento, y que sean capaces de aplicar acciones preventivas y correctivas ante los riesgos inminentes que trae consigo un evento de inseguridad.

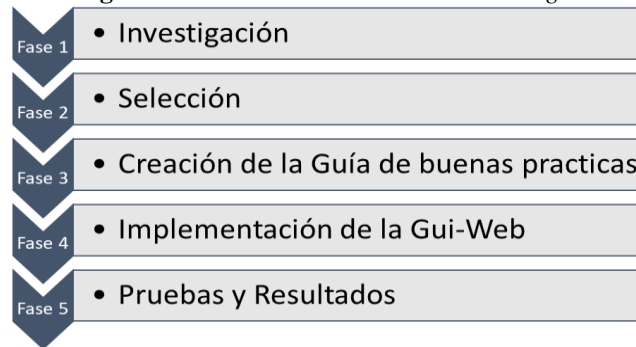
Con la aplicación Web, los usuarios serán capaces de tomar medidas preventivas que ayudarán a estar atentos a un incidente de seguridad, al igual que tendrán a su alcance los conocimientos sobre cómo actuar, en caso de un ataque exitoso de Ransomware, minimizando con esto el daño que se pudiera sufrir y que el proceso de regularizar las actividades cotidianas sean muchos más simple, ahorrando tiempo y recursos.

### **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de este proyecto se establecieron 5 fases, en las que se llevaron a cabo los procesos para la generación de la GUI-Web, las cuales son (ver figura 1):



**Figura 46. Fases Generales de la Metodología.**

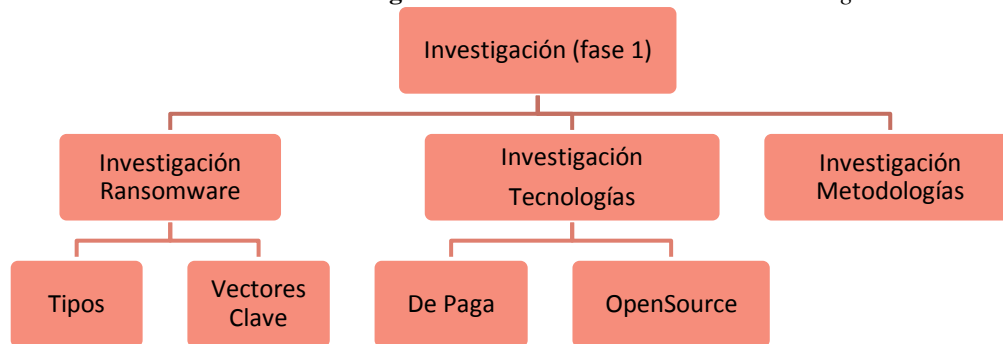


### FASES DEL DESARROLLO

En la **primera fase**, se trabajó realizando investigaciones correspondientes al ransomware y sus variantes, los casos de ataques exitosos que se han presentado en nuestro país, los factores claves que conllevan, también se investigaron las guías de buenas prácticas vigentes contra ransomware. De igual manera se realizó una investigación sobre las tecnologías vigentes para la protección de la información contra ataques de este tipo, al igual que las metodologías de ciberseguridad más relevantes para la protección de la información y que pudieran ser aplicadas en cualquier entorno de las PyMEs Mexicanas (figura 2).

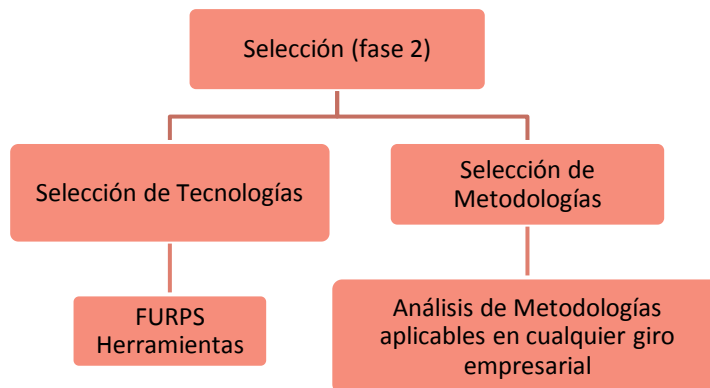
Dentro de la investigación, también se creó un laboratorio virtual y controlado para ejecutar ransomware y ver su comportamiento de infección, con el fin de comprobar las medidas de protección que ofrece el sistema operativo Windows, así como analizar la pertinencia y efectividad de algunas buenas prácticas recomendadas.

**Figura 47. Actividades de la Fase de Investigación.**



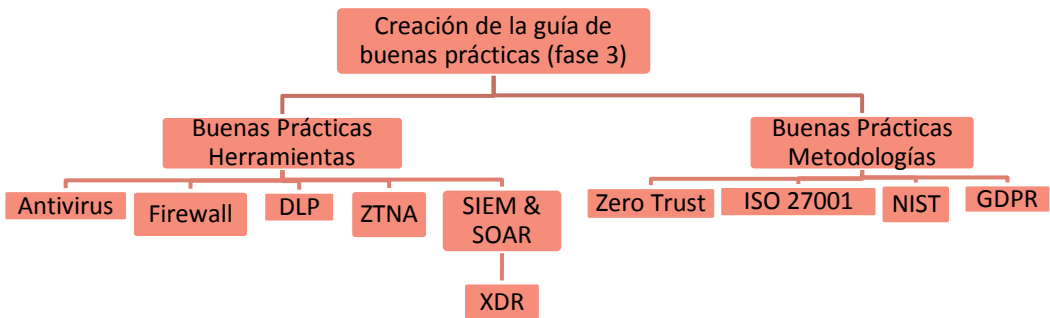
En la **segunda fase** se realizó un proceso de análisis para tomar en consideración las mejores tecnologías, herramientas y metodologías, con la finalidad de identificar las mejores opciones de implementación para el usuario, se utilizaron las métricas de Facilidad, Usabilidad, Confiabilidad, Desempeño y Soporte (FURPS. Por sus siglas en inglés) (ver figura 3).

**Figura 3. Actividades de la Fase de Selección.**



Para la **tercera fase** una vez identificadas las tecnologías, herramientas y metodologías, se llevó a cabo el ensamble de todas las buenas prácticas relacionadas, como se aprecia en la figura 4. Seccionándolas en: buenas prácticas de prevención y buenas prácticas de contención.

**Figura 4.** Diagrama de las Actividades de la Fase de guía de buenas prácticas.



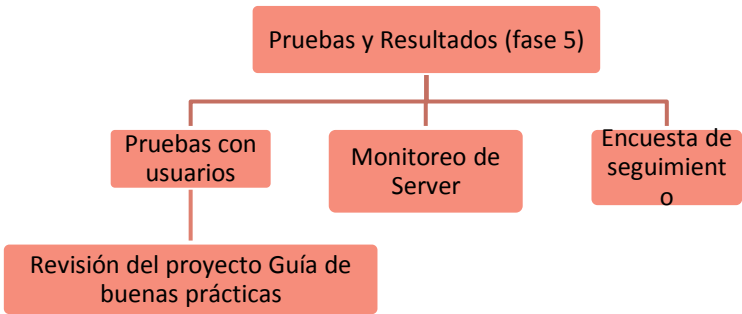
En la **cuarta fase** se integraron los complementos de la GUI-Web, así como las interfaces para el usuario, control de la información, así como todo el contenido de las buenas prácticas para la consulta de los usuarios, figura 5.

**Figura 5.** Diagrama de las Actividades de la Fase de implementación de la GUI Web.



Para la **quinta y última fase** se efectuaron diferentes pruebas para identificar áreas de mejora para la GUI-Web, con el fin de ofrecer una mejor experiencia de los usuarios, una mejor comprensión de la información y mejora en las diferentes áreas de oportunidad, como se puede observar en la figura 6.

**Figura 6.** Diagrama de las Actividades de la Fase de Pruebas y Resultados.



Dentro de cada una de estas fases fueron efectuadas las siguientes tareas y actividades: Pruebas con usuario, se le dió acceso al usuario y se observó el uso de la información disponible para tener conocimientos de las recomendaciones, buenas prácticas y qué hacer en caso de haber sido víctima del ransomware. Monitoreo del Servidor, se verifica de manera automática el comportamiento del sistema o equipo, así como de los servicios instalados, para garantizar su correcta funcionalidad y disponibilidad para los usuarios, y por último, con una encuesta de seguimiento permite conocer las características de las recomendaciones o mejoras que se pueden realizar en el sistema y complementar la información, con las preguntas y sugerencias de los mismos usuarios.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para caracterizar la forma de ataque y simularlo se utilizó una máquina virtual (MV), que fue configurada con recursos controlados, tales como: 512 MB de RAM, un procesador de un solo núcleo y un disco duro de 80 GB. Esta configuración permitió tener un entorno controlado y lento para comprender cómo el ransomware WannaCry (el más difundido entre hackers) infectaba un sistema operativo Windows 10.

Se llevaron a cabo infecciones en varios escenarios probando en cada una de ellas, herramientas de contención como los antivirus, los cuales demostraron su efectividad ante este malware, ya que cuando se le indicaba que permitiera la ejecución del mismo, eliminaba archivos generados e incluso eliminó el archive del ransomware.

Según xcp3r (2022), este tipo de malware utiliza una llave de 2048 bits, la llave pública está contenida en el archivo “00000000.pky”, la clave privada está cifrada utilizando la llave pública dentro del archivo “00000000.eky”, cada archive es cifrado utilizando el algoritmo “AES-128-CBC” con una llave AES única por archivo, siendo finalmente el archivo “00000000.res”, donde contiene toda la información para las comunicaciones de control, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Resultado de los ataques de Wannacry a un sistema Windows 10.

No.	Documento creado	Tipo de Archivo	No.	Documento Creado	Tipo de Archivo
1	Msg	File Folder	9	Taskse	Application
2	TaskData	Data log	10	u.wmry	WNRy File
3	b.wmry	File Folder	11	@Please_Read_Me@	Text Document
4	c.wmry	WNRy File	12	@WannaDecryptor@	Application
5	r.wmry	WNRy File	13	00000000.eky	EKY File
6	s.wmry	WNRy File	14	00000000.pky	PKY File
7	t.wmry	WNRy File	15	00000000.res	RES File
8	Taskdl	Application	16	54631701198570.bat. WNCry	WNRy File

Después de 7 días se revisó la máquina virtual que ya estaba infectada, con el objetivo de verificar si efectivamente se perdía la información importante en caso de no pagar, “sólo para darse cuenta que era verdad”. Al finalizar la fecha límite para evitar la pérdida de datos desde la infección, se perdió todo lo que se tenía en dicha máquina, y efectivamente luego de que los contadores llegaron a 0, todos los archivos importantes incluido el archivo con .exe donde se contaba el tiempo restante desaparecieron, dejando encriptado todo y sin manera de poder recuperar nada de dicha información.

Como resultado de los distintos análisis llevados a cabo en la ejecución de estos tipos de malware, se construyó un portal de difusión en la dirección <https://dsc.itmorelia.edu.mx/ransomware>, el cual es de acceso público.

**Tabla 3.** Encuesta.

Preguntas	A	B	C
1.-Cuántos dispositivos tiene tu organización?	1<=50 (pequeña)	51<=150 (mediana)	151 en adelante (Grande)
2.-Cuentas con un antivirus?	Si	No	
3.-Comprendes como utilizar tu antivirus?	Si	No	
4.-Tienes algún servidor físico en tu organización?	Si	No	
5.-La organización tiene algún servicio con salida vía nat a la nube?	Si	No	
6.-Realiza conexiones remotas?	Si	No	

De acuerdo con la encuesta aplicada en su primera fase el 90% de las empresas mexicanas reconocen no tener un conocimiento de la gravedad y consecuencias de este tipo de ataques.

## **CONCLUSIÓN**

La aparición de RaaS como una forma de ataque está colocando al ransomware como un malware exitoso ya que éste consiste en una serie de “malas prácticas” para realizar ataques dirigidos y guiados por expertos hackers a una empresa, negocio, persona e incluso sistemas. RaaS funciona de la misma forma que lo hace el Software como Servicio (SaaS). Los desarrolladores de ransomware, también llamados operadores RaaS, construyen y mantiene herramientas e infraestructura para la ciberdelincuencia. Empaquetan sus herramientas y servicios en kits que venden a otros hackers, llamados afiliados de RaaS. Los operadores utilizan modelos de ingresos para vender sus kits los cuales son: 1) Suscripción mensual: pago recurrente que va desde los 40 dólares por mes hasta miles dependiendo del tipo de ataque que se contrate. 2) Tarifa única: comprar código directamente a costos elevados. 3) Modelo de afiliado: Se paga una tarifa mensual y comparten un pequeño porcentaje de los pagos de rescate que recibe el hacker con los operadores. 4) Reparto en las ganancias: Los operadores no cobran nada por adelantado, pero recibe del afiliado un porcentaje de cada rescate que a menudo es del 30 al 40 %. 5) Los kits de RaaS que se anuncian en foros de la dark Web, para reclutar nuevos afiliados (IBM RaaS, 2023).

Una vez que han adquirido un kit, los afiliados reciben un nivel de servicio y asistencia que ofrece “comodidades”, como soporte técnico continuo para lograr su cometido, ofrecen el acceso a foros privados donde los hackers pueden intercambiar consejos e información, acceso a portales de procesamiento de pagos (para pagos de rescate en criptomonedas no rastreables Bitcoin) e incluso herramientas y soporte para “escribir notas de rescate personalizadas o negociar demandas de rescate”.

De acuerdo con la investigación, las guías RaaS consisten a grandes rasgos de los siguientes pasos: 1) entrega del software de ataque y reconocimiento (vulnerabilidades, phishing, emails de señuelo, auto propagación, exploits kits, App maliciosas), 2) Ataque e intrusión (permisos de infección, sistema objetivo, búsqueda de documentos a infectar, robo de datos con valor, 3) Destrucción (proceso de cifrado de los datos de valor del usuario, bloqueo del sistema y cifrado de documentos) y 4) Demanda de extorsión (solicitud de pago y herramientas de acceso a criptomonedas) (Cen M., Jiang F., Qing X, Jiang Q. and Doss R., 2024).

De aquí surge la necesidad de apoyar a las empresas para que puedan contar con una serie de buenas prácticas para lograr contener este tipo de ataques, que se está convirtiendo en un negocio lucrativo.

### **Guía de buenas prácticas Anti-Ransomware**

En la actualidad existen diversas guías de buenas prácticas que brindan conocimiento muy puntualmente sobre el ransomware y cómo combatirlo, la desventaja que se tiene es que vienen en un formato tipo Ebook, lo cual los vuelve limitados y no tan interactivos para el usuario final. Otra de las limitantes es que están diseñados para una organización en particular. O bien ofrecen una única solución. Como es el caso del Ebook de Eset que diseñó una guía de consejos enfocada a la protección para las PyMEs (Eset, 2023).

### **Tecnologías existentes**

La gran mayoría de las tecnologías existentes tienen como finalidad proteger una amplia gama de ciberamenazas como lo son todas las variantes del malware al igual que de los diferentes ataques informáticos que existen, por lo que los usuarios inexpertos no conocen cómo cada una de estas diferentes tecnologías los pueden ayudar a enfrentar amenazas como el ransomware.

Todo este conjunto de técnicas mencionadas, son una excelente opción para la protección contra el ransomware. Además de resaltar que el tiempo de respuesta es importante, ya que el hacker sólo necesita tener éxito en uno de sus múltiples intentos de intrusión. En cambio, los encargados de proteger los sistemas y la información deben de tener éxito el 100% de las veces.

De acuerdo con los estándares mencionados de seguridad, en la tabla 5 se muestran las tareas enfocadas a cada una de estas para contener el malware:

Estándar	Descripción
<b>ISO 27001</b>	<p><b>Planear:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alcances del SGSI: se definen los alcances que tendrá el Sistema de gestión en la organización.</li> <li>- Políticas del SGSI: se definen las políticas de control para diferentes procesos como, la gestión de la información, almacenamiento de la información, vías de comunicación, políticas de uso de los equipos o la red, etc.</li> </ul> <p><b>Hacer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de riesgos: analizar todos los riesgos que puedan llegar a afectar al igual que se clasificaran en base a factores como probabilidades de que sucedan y el impacto que provocarían de suceder.</li> <li>- Declaración de aplicabilidad: Etapa de validación donde se establecen los riesgos de información y los controles de seguridad aplicables.</li> </ul> <p><b>Verificar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento de riesgos: En esta etapa se define por escrito los planes a seguir para tratar los riesgos identificados en etapas previas.</li> <li>- Objetivos y planes: En esta fase se lleva a cabo la verificación de la información documentada de los objetivos de la protección de la información</li> <li>- Competencias: Etapa donde se validan las funciones y responsabilidades del personal o de ciertos departamentos ante cierto tipo de situaciones.</li> <li>- Planificación y control: Mantener la documentación actualizada para obtener un nivel de confianza en los procesos que se han aplicado.</li> </ul> <p><b>Actuar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auditoria internas y revisión por la dirección: Medidas cautelares para validar el estado del sistema, de utilidad para identificar nuevos riesgos (Vulnerabilidades) de una manera documentada para su seguimiento continuo de manera interna.</li> <li>- No conformidades y acciones correctivas: En esta etapa se tomará medidas sobre requisitos previamente definidos para el SGSI que no se están cumpliendo o que se cumplen de una manera parcial.</li> </ul>
<b>NIST</b>	<p><b>Identificación:</b> Tener la visión y conocimiento de sistemas de gestión de archivos, el entorno de la empresa, la gestión y evaluación de riesgos, y las estrategias para gestionar dichos riesgos.</p> <p><b>Protección:</b> En este nivel se validan categorías como controles de acceso a la información, concientización para los usuarios de la mano con capacitaciones, el nivel de seguridad de la información, procesos de mantenimiento, proceso de protección de los datos y las tecnologías de protección con las que se cuenta.</p> <p><b>Detección:</b> Se validan los sistemas de detección de amenazas al igual que los diferentes niveles de detección.</p> <p><b>Respuesta:</b> Este nivel está diseñado para poder identificar la respuesta adecuada ante cada tipo de posible situación que se suscite en la organización.</p> <p><b>Recuperación:</b> En este nivel se identifican las actividades necesarias para que se lleve a cabo una recuperación ante un incidente, de la manera más rápida posible, para no afectar producción y buscando limitar o evitar los daños del ataque de “ransomware”.</p>
<b>GDPR</b>	<p><b>Transparencia, Justificación y Apegado a la ley:</b> Todo proceso que conlleve el manejo de la información del usuario deberá de ser Justificado (Por qué es que se hace), Transparente (haciendo del conocimiento de los usuarios cómo se maneja su información) y apegado a seguir las leyes; en el caso de México apegados a la Ley Federal de Protección de Datos Personales.</p> <p><b>Propósito:</b> Toda la información que se llegue a recolectar debe de tener un propósito específico al cual se le pueda relacionar.</p> <p><b>Moderación:</b> Sólo se recopilará información necesaria, por lo que se limitará el proceso de consulta de datos a todo lo que pueda ser esencial, dejando toda información no relevante de lado.</p> <p><b>Fiabilidad:</b> Toda la información que se almacene debe de estar actualizada y debe de ser fiable.</p> <p><b>Limitación de almacenaje:</b> La información personal del usuario sólo será almacenada por el periodo de tiempo que sea necesario, posterior a este periodo la información debe de ser eliminada de una manera segura.</p> <p><b>Integridad y Confidencialidad:</b> Cualquier proceso que conlleve la utilización de la información deberá de contar con un grado de integridad y confiabilidad, al aplicar todas las medidas de seguridad, integridad y confidencialidad, para el apropiado manejo de los datos.</p> <p><b>Cumplimiento:</b> La organización es responsable de controlar la información, por lo que deben de ser capaces de demostrar el cumplimiento del marco GDPR.</p>
<b>Zero Trust</b>	<p><b>Roles de usuarios:</b> Es importante identificar a los usuarios dentro de la organización asociándolos a sus roles, si es que pertenecen a grupos y los procesos que llevan, para poder hacer una segregación de todos.</p> <p><b>Niveles de acceso:</b> Una vez segregados todos los usuarios, se deben de analizar las diferentes necesidades de cada uno de estos usuarios a la información, para así poder llevar un control con un acceso limitado a los recursos necesarios.</p> <p><b>Medidas de seguridad:</b> Una vez identificados los diferentes niveles de acceso es necesario llevar a cabo la integración de las medidas a tomar con diversas tecnologías, para asegurar ya sea a nivel físico equipos o recursos como servidores, o a nivel lógico encriptando activos informáticos y brindarles el acceso a estos recursos sólo a los usuarios que realmente lo necesitan.</p>



Estas metodologías y recomendaciones, en particular han tenido mucho éxito contra la amenaza del ransomware, porque le ayuda a las organizaciones a tener una visión de sus procesos y políticas ante un incidente y a estar prevenido ante alguna situación de riesgo al conocer sus puntos débiles y el riesgo que conlleva para la protección de la información

#### Recomendaciones adicionales de Buenas Prácticas:

Recomendación	Descripción
<b>1. Mantener el software actualizado</b>	Los ciberdelincuentes suelen aprovechar las vulnerabilidades de seguridad en el software para distribuir ransomware.
<b>2. Realizar copias de seguridad de los datos</b>	Las copias de seguridad de los datos son esenciales para la recuperación en caso de un ataque de ransomware. Las copias de seguridad deben realizarse con regularidad y almacenarse en un lugar seguro, fuera de la red.
<b>3. Formar a los empleados sobre el phishing</b>	El phishing es una de las principales formas de distribución de ransomware.
<b>4. Implementar una política de seguridad</b>	Una política de seguridad bien definida puede ayudar a proteger la organización frente a una variedad de amenazas cibernéticas, incluido el ransomware.
<b>5. Mantenimiento regular de sistemas y software</b>	Mantener el sistema operativo, software antivirus y otras aplicaciones con las últimas actualizaciones de seguridad
<b>6. Desconexión de dispositivos no utilizados</b>	Desconectar dispositivos externos, como unidades de USB, cuando no se estén utilizando para evitar la propagación del ransomware.

Recordando que la seguridad es un proceso continuo y que ninguna medida única garantiza la protección total. La combinación de varias capas de seguridad y la concientización de los usuarios son fundamentales para minimizar el riesgo de ataques de ransomware.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los estudiantes Luis F. Estrada, Juan J. Orozco, Esther Rios, Antonio E. Lundez y David E. Avila del TECNM campus Morelia, de las carreras de ingeniería en Tecnologías de Información y de Sistemas Computacionales, por su participación y apoyo en la realización de este proyecto. Asimismo, agradecemos al Departamento de Sistemas y Computación, por su apoyo profesional y de la infraestructura que nos permitió alcanzar los resultados mostrados. Al TECNM y a la División de Estudio de Posgrado e Investigación, por su autorización para realizar el proyecto de investigación “Modelo de detección temprano de ataques de malware en redes públicas, utilizando técnicas de Machine Learning para un sistema de predicción: Buenas prácticas anti Ransomware” número: 17596.23-P y finalmente al personal de la UNAM, por su apoyo técnico en el análisis de datos, a la MGTI. Atzimba G. López Maldonado, al MTI. Alberto Valencia García del IIES de la UNAM y del MTI. Miguel Espejel Cruz del IRyA de la UNAM campus Morelia.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

1. Antivirus Guide (2023). The Best Anti-Ransomware Software Of 2023, Recuperado el 1 de diciembre de 2023, de <https://www.antivirusguide.com/best-ransomware-protection/>
2. Alqahtani, A.; Sheldon, F.T. (2022, 25 de febrero). A Survey of Crypto Ransomware Attack Detection Methodologies: An Evolving Outlook. *Sensors* 2022, 22, 1837. <https://doi.org/10.3390/s22051837>.
3. Cen M., Jiang F., Qin X., Jiang Q. and Doss R. (2024). Ransomware early detection: A survey. *Computer Networks*, Vol. 239, Feb. 2024, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2023.110138>
4. Djenna, A.; Bouridane, A.; Rubab, S.; Marou, I.M. (2023, 08 de marzo). Artificial Intelligence-Based Malware Detection, Analysis, and Mitigation. *Symmetry* 2023, 15, 677. <https://doi.org/10.3390/sym15030677>.
5. Eset (2023). Guía Básica de Seguridad IT para PYME en 6 Pasos. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de <https://www.eset.com/mx/empresas/empresas-pequenas-medianas/>.
6. GDPR (2023). What is GDPR, the EU's new data protection law?, Recuperado el 21 de julio de 2023, de <https://gdpr.eu/what-is-gdpr/>
7. Harley, David. (2013). The History of Ransomware. Symantec Corporation, pp. 1-10.
8. Habor, S. A., & Dahah, A. H. H. (2021). Machine-Learning Classifiers for Malware Detection Using Data Features. *Journal of ICT Research and Applications*, 15(3), 265-290. <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.res.appl.2021.15.3.5>.
9. Hwang, J. (2020, 25 de enero). Two-Stage Ransomware Detection Using Dynamic Analysis and Machine Learning Techniques. *Wireless Personal Communications*. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07166-9>.
10. Interbel (2023). Historia del Ransomware: desde sus orígenes a la actualidad. Recuperado el 16 de diciembre de 2023, de <https://www.interbel.es/historia-ransomware/>.
11. IBM, RaaS (2022). ¿Qué es el Ransomware como un servicio?, Recuperado el 1 de diciembre del 2023, de <https://www.ibm.com/mx-es/topics/ransomware-as-a-service>
12. ISO.org (2022). ¿Que es la ISO 27001?, Recuperado el 21 de julio de 2022, de <https://www.iso27000.es/sgsi.html>
13. Kaspersky Security Bulletin (2022). Boletín de seguridad de Kaspersky, estadísticas de 2022, Recuperado el 22 de julio de 2023, de <https://securelist.lat/ksb-2022-statistics/97306/>
14. Krebs Brian. (2017). The First Ransomware: AIDS Trojan. Krebs on Security, pp. 1-10.
15. Malwarebytes (2023). Todo acerca del ransomware. Recuperado el 16 de diciembre de 2023, de <https://es.malwarebytes.com/ransomware/>.
16. Mohammed, B. (2022). Comparative analysis of various machine learning algorithms for ransomware detection. *IKA Telecommunication Computing Electronics and Control*. Vol. 20, No. 1, February 2022, pp. 43~51. ISSN: 1693-6930. <http://doi.org/10.12928/telkomnika.v20i1>.
17. NIST (2023). ¿Qué es el marco de ciberseguridad del NIST?, Recuperado el 21 de julio de 2023, de <https://www.ibm.com/mx-es/topics/nist>
18. Xcp3r, (4 de Diciembre de 2022). WannaCry|WannaDecrypt0r NSA-Cyberweapon-Powered Ransomware Worm. Recuperado de: <https://github.com/xcp3r/WannaCry>.
19. Zero Trust (2023). ¿Qué es Zero Trust?, Recuperado el 21 de julio de 2023, de <https://www.ibm.com/es-es/topics/zero-trust>.

# Contabilidad gubernamental, hacia la transparencia

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.740

Ma. Beatriz Rangel Terán<sup>1</sup>, Luz María Luna Soto<sup>2</sup>, Norberta Paola Valdes Moncada<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato / [beatriz.rangel@utng.edu.mx](mailto:beatriz.rangel@utng.edu.mx) <sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato / [luzluma@utng.edu.mx](mailto:luzluma@utng.edu.mx) <sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato / [paola.valdes@utng.edu.mx](mailto:paola.valdes@utng.edu.mx)

Línea de investigación: Ciencias Sociales / Investigación aplicada / Consultoría.

## Resumen

La contabilidad es una técnica que por medio de una serie de información conformada por documentos que permiten analizar las actividades u operaciones que realiza un ente económico, el conocer en donde invierten y cómo obtienen sus ingresos es una de los mecanismos de información que la contabilidad otorga para la toma de decisiones, dentro de las características de debe tener la contabilidad conforme a las normas de información financiera NIF A-5 menciona tres características principales: “la utilidad, confiabilidad y provisionalidad”.

Las entidades gubernamentales en sus gestiones administrativas deben de transparentar su información y la rendición de cuentas en materia de información financiera, presupuestal y contable que tienen bajo su responsabilidad la administración de los recursos públicos, permitiendo proporcionar información oportuna que permita a los servidores públicos realizar la toma de decisiones en tema de finanzas públicas.

La contabilidad gubernamental es una rama de la contabilidad, la cual permite integrar la información de los entes gubernamentales, como son los poderes legislativo, ejecutivo y judiciales, así mismo de los organismos que la integran, a través de su gestión pública, en el DOF del 31 de diciembre de 2008, el poder ejecutivo federal publicó el decreto por el que se expide la Ley General de Contabilidad Gubernamental y se derogan diversas disposiciones de la ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, para que la contabilidad gubernamental “armonizada” en México durante 2011 se implementará y la primer cuenta pública sería la de 2012 presentada en el 2013. (Rico Arvizu, 2019)

La transparencia es la obligación de los Organismos garantes de dar publicidad a las deliberaciones y actos relacionados con sus atribuciones, así como dar acceso a la información que generen. (Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública).

Contabilidad, ética, gobierno, gestión, transparencia

## ABSTRACT

Accounting is a technique that, through a series of information made up of documents that allow analyzing the activities or operations carried out by an economic entity, knowing where they invest and how they obtain their income is one of the information mechanisms that accounting provides.

For decision making, among the characteristics that accounting must have in accordance with financial reporting standards NIF A-5 mentions three main characteristics: “usefulness, reliability and provisionality.”

Government entities in their administrative efforts must make their information and accountability administration of public resources, allowing them to provide timely information that allows public servants to carry out the decision making on public finances.

Government accounting is a branch of accounting, which allows the integration of information from government entities, such as the legislative, executive and judicial powers, as well as the organizations that comprise it, through their public management, in the DOF. On December 31, 2008, the federal executive branch published the decree that issued the General Law of Government Accounting and repealed various provisions of the Federal Budget and Fiscal Responsibility Law, so that “harmonized” government accounting in Mexico During 2011 it will be implemented and the first public account would be that of 2012 presented in 2013. (Rico Arvizu, 2019)

Transparency is the obligation of the Guarantor Organizations to publicize the deliberations and acts related to their Powers, as well as to provide Access to the information they generate. (general Law of Transparency and Access to Public Information).

Accounting, ethics, government, management, transparency.

## INTRODUCCIÓN

Las entidades gubernamentales deben dar cumplimiento a lo establecido en la Ley General de Contabilidad Gubernamental, dando a conocer la información del gasto ejercido y cumpliendo con las obligaciones que tienen como: La entrega de la cuenta pública en tiempo y forma, la información enviada a la unidad de la transparencia entre otras, generando así la transparencia de la información y sobre todo cumpliendo con la normatividad.

La Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato (UTNG), desde el año 2005, participa con un grupo interdisciplinario en la revisión del cumplimiento de la gestión administrativa para que los municipios mejoren su desempeño administrativo con la Guía Consultiva de Desarrollo Municipal, verificando las gestiones que realiza el municipio conforme a los recursos comprometidos, por tal motivo en esta revisión existen observaciones que por medio de la administración pública deben ir mejorando y sobre todo en el momento de cambio de una administración a otra, existen siempre cambios muy considerables en el control y la presentación de la información, cuando la contabilidad gubernamental es una herramienta que permite estandarizar el actuar de los municipios.

Es aquí en donde se abordan las normas de la contabilidad como la integración de un todo, cada ente y cada servidor público debe cumplir con informar de forma transparente la aplicación de estos recursos por medio de la contabilidad gubernamental, presentando información financiera, presupuestal y programática.

## DESARROLLO

Los entes públicos tienen obligaciones y una de ellas es el correcto ejercicio del gasto público. En México no se contaba con una ley que obligará a los entes públicos a llevar contabilidad y es a partir del nacimiento de la Ley General de Contabilidad Gubernamental cuando se crea la obligación para todos los entes públicos del país.

La Ley General de Contabilidad Gubernamental se publicó el 31 de diciembre del 2008, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación. La Ley General de Contabilidad Gubernamental, tiene como objeto establecer los criterios generales que regirán la Contabilidad Gubernamental y la emisión de información financiera de los entes públicos, con el fin de lograr su adecuada armonización, para facilitar a los entes públicos el registro y la fiscalización de los activos, pasivos, ingresos y gastos y, en general, contribuir a medir la eficacia, economía y eficiencia del gasto e ingresos públicos.

La Ley de Contabilidad es de observancia obligatoria para los poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial de la Federación, entidades federativas; los ayuntamientos de los municipios; los órganos político- administrativos de las demarcaciones territoriales del Distrito Federal; las entidades de la administración pública paraestatal, ya sean federales, estatales o municipales y los órganos autónomos federales y estatales.

Previo a esta publicación en nuestra Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos para permitir su creación y posterior a ello crear el Consejo Nacional de Armonización Contable, relación con la contabilidad.

Es importante mencionar que esta contabilidad surge de la necesidad de los usuarios de tener conocimiento sobre el destino de los recursos públicos generar un “orden” o poder “generalizar” facilitando su comprensión y darle uniformidad al contenido de la información.

Las personas formamos parte de un país, que es regulado para sus buenas acciones y buenas prácticas por normas y leyes, en todos los ámbitos de la vida de las personas se crean las leyes, es así como México constituye su máxima ley que es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Sabemos que uno de los recursos a regular son el trabajo, la educación y los recursos financieros entre otras acciones en la vida del ser humano.

Es a través del INAFED, que el gobierno de México da a conocer la importancia de la información pero sobre todo la Transparencia y la Rendición de Cuentas, siendo estos dos temas importante que son la columna vertebral en la gestión y aplicación de los Recursos Públicos, favoreciendo la constante vigilancia y correcto ejercicio de los mismos con estricto apego a la ley.

### TRANSPARENCIA

La transparencia podemos entenderla como la publicación del actuar de los servidores públicos y siendo una necesidad para el ejercicio de la rendición de cuentas, es decir, abrir las puertas del gobierno a la sociedad de la información gubernamental de una manera clara, confiable y con ello permitir a los ciudadanos que conozcan la ejecución y resultados de la actuación de la autoridad. Por otra parte, la rendición de cuentas es una obligación que tienen todas las autoridades para informar y justificar ante la ciudadanía sobre sus decisiones, es decir, abrirse al escrutinio público. (<https://www.gob.mx/inafed>).

Es así como el Consejo Nacional de Armonización contable, emitió los siguientes acuerdos (2008):

“El órgano de coordinación para la armonización de la contabilidad gubernamental es el Consejo Nacional de Armonización Contable (CONAC), el cual tiene por objeto la emisión de las normas contables y lineamientos para la generación de información financiera que aplicarán los entes públicos, previamente formuladas y propuestas por el Secretario Técnico.

El CONAC desempeña una función única debido a que los instrumentos normativos, contables, económicos y financieros que emite deben ser implementados por los entes públicos, a través de las modificaciones, adiciones o reformas a su marco jurídico, lo cual podría consistir en la eventual modificación o expedición de leyes y disposiciones administrativas de carácter local, según sea el caso.

Por lo anterior, el CONAC, en el marco de la Ley de Contabilidad está obligado a contar con un mecanismo de seguimiento que informe el grado de avance en el cumplimiento de las decisiones de dicho cuerpo colegiado.

En el marco de la Ley de Contabilidad, las Entidades Federativas deberán asumir una posición estratégica en las actividades de armonización para que cada uno de sus municipios logre cumplir con los objetivos que dicha ley ordena. Los gobiernos de las Entidades Federativas deben brindar la cooperación y asistencia necesarias a los gobiernos de sus municipios, para que éstos logren armonizar su contabilidad, con base en las decisiones que alcance el CONAC.

El 11 de octubre de 2010 el Comité Consultivo hizo llegar al Secretario Técnico la opinión sobre el proyecto de Acuerdo por el que se emite el Manual de Contabilidad Gubernamental. En virtud de lo anterior y con fundamento en los artículos 6 y 9, fracción I, de la Ley General de Contabilidad Gubernamental, (noviembre 22,2010) el CONAC ha decidido lo siguiente:

“PRIMERO.- Se emite el Manual de Contabilidad Gubernamental al que hace referencia el artículo tercero transitorio, fracción IV de la Ley de Contabilidad, el cual se integra con los siguientes capítulos:

Capítulo I Aspectos Generales de la Contabilidad Gubernamental;

Capítulo II Fundamentos Metodológicos de la Integración y Producción Automática de Información Financiera;

Capítulo III Plan de Cuentas; Última reforma publicada DOF 09-12-2021

Capítulo IV Instructivos de Manejo de Cuentas; Última reforma publicada DOF 09-12-

2021

Capítulo V Modelo de Asientos para el Registro Contable; Última reforma publicada

DOF 23-12-2015

Capítulo VI Guías Contabilizadoras; Última reforma publicada DOF 09-12-2021 Capítulo VII De los Estados e Informes Contables, Presupuestarios, Programáticos y

de los Indicadores de Postura Fiscal; Última reforma publicada DOF 06-12-2022 Anexo I Matrices de Conversión.

Última reforma publicada DOF 23-12-2015”

Es de suma importancia el dar a conocer los objetivos de la Ley general de transparencia y acceso a la información pública, conforme a lo publicado en el Diario oficial de la federación (2020) la cual tiene por objeto, los siguiente

“Artículo 1. La presente Ley es de orden público y de observancia general en toda la República, es reglamentaria del artículo 6o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de transparencia y acceso a la información. Tiene por objeto establecer los principios, bases generales y procedimientos para garantizar el derecho de acceso a la información en posesión de cualquier autoridad, entidad, órgano y organismo de los poderes Legislativo, Ejecutivo y Judicial, órganos autónomos, partidos políticos, fideicomisos y fondos públicos, así como de cualquier persona física, moral o sindicato que reciba y ejerza recursos públicos o realice actos de autoridad de la Federación, las Entidades Federativas y los municipios.

Artículo 2. Son objetivos de esta Ley:

I. Distribuir competencias entre los Organismos garantes de la Federación y las Entidades Federativas, en materia de transparencia y acceso a la información;

II. Establecer las bases mínimas que regirán los procedimientos para garantizar el ejercicio del derecho de acceso a la información;

III. Establecer procedimientos y condiciones homogéneas en el ejercicio del derecho de acceso a la información, mediante procedimientos sencillos y expeditos;

IV. Regular los medios de impugnación y procedimientos para la interposición de acciones de inconstitucionalidad y controversias constitucionales por parte de los Organismos garantes;

V. Establecer las bases y la información de interés público que se debe difundir proactivamente;

VI. Regular la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales, así como establecer las bases de coordinación entre sus integrantes;

VII. Promover, fomentar y difundir la cultura de la transparencia en el ejercicio de la función pública, el acceso a la información, la participación ciudadana, así como la rendición de cuentas, a través del establecimiento de políticas públicas y mecanismos que garanticen la publicidad de información oportuna, verificable, comprensible, actualizada y completa, que se difunda en los formatos más adecuados y accesibles para todo el público y atendiendo en todo momento las condiciones sociales, económicas y culturales de cada región;

VIII. Propiciar la participación ciudadana en la toma de decisiones públicas a fin de contribuir a la consolidación de la democracia, y

IX. Establecer los mecanismos para garantizar el cumplimiento y la efectiva aplicación de las medidas de apremio y las sanciones que correspondan.

Artículo 8. Los Organismos garantes del derecho de acceso a la información deberán regir su funcionamiento de acuerdo a los siguientes principios:

I. Certeza: Principio que otorga seguridad y certidumbre jurídica a los particulares, en virtud de que permite



conocer si las acciones de los Organismos garantes son apegadas a derecho y garantiza que los procedimientos sean completamente verificables, fidedignos y confiables;

II. Eficacia: Obligación de los Organismos garantes para tutelar, de manera efectiva, el derecho de acceso a la información;

III. Imparcialidad: Cualidad que deben tener los Organismos garantes respecto de sus actuaciones de ser ajenos o extraños a los intereses de las partes en controversia y resolver sin favorecer indebidamente a ninguna de ellas;

IV. Independencia: Cualidad que deben tener los Organismos garantes para actuar sin supeditarse a interés, autoridad o persona alguna;

V. Legalidad: Obligación de los Organismos garantes de ajustar su actuación, que funde y motive sus resoluciones y actos en las normas aplicables;

VI. Máxima Publicidad: Toda la información en posesión de los sujetos obligados será pública, completa, oportuna y accesible, sujeta a un claro régimen de excepciones que deberán estar definidas y ser además legítimas y estrictamente necesarias en una sociedad democrática;

VII. Objetividad: Obligación de los Organismos garantes de ajustar su actuación a los presupuestos de ley que deben ser aplicados al analizar el caso en concreto y resolver todos los hechos, prescindiendo de las consideraciones y criterios personales;

VIII. Profesionalismo: Los Servidores Públicos que laboren en los Organismos garantes deberán sujetar su actuación a conocimientos técnicos, teóricos y metodológicos que garanticen un desempeño eficiente y eficaz en el ejercicio de la función pública que tienen encomendada, y

IX. Transparencia: Obligación de los Organismos garantes de dar publicidad a las deliberaciones y actos relacionados con sus atribuciones, así como dar acceso a la información que generen.

En este tenor el gobierno creó una institución encargada de medir el desempeño de los municipios a través de la Guía Consultiva de Desempeño Municipal (GDM) ha sido una herramienta diseñada por la Secretaría de Gobernación, a través del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), con la finalidad de apoyar al fortalecimiento, el desarrollo y aplicación de los recursos asignados a los municipios de México, siendo un instrumento útil y ejecutable.

#### CONTABILIDAD GUBERNAMENTAL Y LA ARMONIZACIÓN CONTABLE

La Ley General de Contabilidad Gubernamental (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2018) tiene por objeto:

“Artículo 1.- La presente Ley es de orden público y tiene como objeto establecer los criterios generales que regirán la contabilidad gubernamental y la emisión de información financiera de los entes públicos, con el fin de lograr su adecuada armonización. La presente Ley es de observancia obligatoria para los poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial de la Federación, los estados y el Distrito Federal; los ayuntamientos de los municipios; los órganos político administrativos de las demarcaciones territoriales del Distrito Federal; las entidades de la administración pública paraestatal, ya sean federales, estatales o municipales y los órganos autónomos federales y estatales. Los gobiernos estatales deberán coordinarse con los municipales para que éstos armonicen su contabilidad con base en las disposiciones de esta Ley. El Gobierno de la Ciudad de México deberá coordinarse con los órganos político- administrativos de sus demarcaciones territoriales. Las entidades federativas deberán respetar los derechos de los municipios con población indígena, entre los cuales se encuentran el derecho a decidir las formas internas de convivencia política y el derecho a elegir, conforme a sus normas y, en su caso, costumbres, a las autoridades o representantes para el ejercicio de sus propias formas de gobierno interno.”

La Contabilidad Gubernamental.

Dentro de la revisión el INAFED realiza una invitación a las instituciones públicas, quienes apoyarán en la revisión de la guía consultiva del desarrollo municipal, el cual consiste en 8 módulos en los cuales se verifica la gestión administrativa de los municipios. Se proporciona la capacitación a los enlaces institucionales, docentes y estudiantes quienes realizan la revisión, los municipios a través de los servidores públicos presentan las evidencias del trabajo realizado en una año, considerando que esta revisión se realiza año con año.

La Ley General de Contabilidad Gubernamental (LGCG) en su artículo 4 fracción. IV describe la

contabilidad gubernamental como: “Contabilidad gubernamental: la técnica que sustenta los sistemas de contabilidad gubernamental y que se utiliza para el registro de las transacciones que llevan a cabo los entes públicos, expresados en términos monetarios, captando los diversos evento económicos identificables y cuantificables que afectan los bienes e inversiones, las obligaciones y pasivos, así como el propio patrimonio con el fin de generar información financiera que facilite la toma de decisiones y un apoyo confiable en la administración de los recursos públicos.”

Las entidades gubernamentales es de observancia obligatoria ejecutar el presupuesto basado en Resultados, para la asignación de los recursos. La contabilidad gubernamental, establecida por el gobierno federal, a través de la secretaria de Finanzas establece: “El Presupuesto basado en Resultados (PbR) es una metodología que permite mejorar la calidad del gasto público y promover una adecuada rendición de cuentas. El PbR se basa en la orientación de las acciones del gobierno hacia los resultados que la ciudadanía

espera obtener, el cual está centrado en la generación del “valor público” y en la atención a las demandas de los individuos”. (2023, secretaría de finanzas).



fig. 1 Luz María Luna Soto, Ma. Beatriz Rangel Terán

La Ley General de Contabilidad Gubernamental (LGCG) en su artículo 4 fracción. IV, describe la contabilidad gubernamental como: “Contabilidad gubernamental: la técnica que sustenta los sistemas de contabilidad gubernamental y que se utiliza para el registro de las transacciones que llevan a cabo los entes públicos, expresados en términos monetarios, captando los diversos evento económicos identificables y cuantificables que afectan los bienes e inversiones, las obligaciones y pasivos, así como el propio patrimonio con el fin de generar información financiera que facilite la toma de decisiones y un apoyo confiable en la administración de los recursos públicos.”

La contabilidad gubernamental deberá permitir la expresión fiable de las transacciones en los estados financieros y considerar las mejores prácticas contables nacionales e internacionales en apoyo a las tareas de planeación financiera, control de recursos, análisis y fiscalización. (Art. 33 LGCG).



fig. 1 Luz María Luna Soto, Ma. Beatriz Rangel Terán

La Ley para el Ejercicio y Control de los Recursos Públicos para el Estado de Guanajuato en su artículo 3 menciona que para los efectos de la presente ley se entiende por: I. Asignaciones presupuestales: La ministración que de los recursos públicos aprobados por el Congreso del Estado mediante el Presupuesto General de Egresos del Estado previstos en los ramos a ejercer, realiza el Ejecutivo del Estado, a través de la Secretaría a los poderes Legislativo y Judicial, Organismos Autónomos, dependencias y entidades. La contabilidad de todo ente elabora un catálogo de cuentas, que permite identificar las cuentas de activo, pasivo, capital, ingresos, egresos y sus cuentas de orden, es por ellos que en el ámbito gubernamental se establecen, el clasificar los rubros de ingresos y de gastos, siendo de observancia obligatoria por medio de la CONAC.

En esta sección, es importante describir el objetivo general y los objetivos específicos, el objeto de estudio, la metodología o metodologías, las fases del desarrollo de acuerdo a la metodología seleccionada, reactivos y equipos utilizados. También están incluidos los Resultados y Discusión, en el cual puede venir separado o en una sección según convenga a los autores. Se necesita colocar cada tema a desarrollar en un subtítulo.

### **OBJETIVO GENERAL**

Dar a conocer a los guanajuatenses la representación de la transparencia para los entes públicos, específicamente en los municipios del estado de Guanajuato.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar la estructura de la guía consultiva de desempeño municipal, como parte de la aplicación de los recursos asignados al municipio.
- Dar a conocer el proceso de la contabilidad gubernamental
- Identificar, qué es la transparencia para los entes públicos

### **OBJETO DE ESTUDIO**

Los municipios asignados a la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, los cuales son: San Diego, San Felipe, San Luis de la Paz, Xichú, Ocampo, Dolores Hidalgo, C.I.N.

### **METODOLOGÍA.**

La presente investigación tiene un enfoque mixto, cualitativo en cuanto a que estudiamos una fenomenología que se presenta en la falta de conocimiento de la información a presentar en la revisión de la Guía consultiva de desempeño sobre todo en los cambios de administración, cuantitativa en cuanto nos permite explorar y describir los fenómenos ocurridos durante la revisión.

La metodología aplicada en esta investigación fue realizada por la recolección de datos por medio de una revisión de campo a los diversos municipios de la región, la población a investigar dentro del estado de Guanajuato tomando como muestra los municipios de Xichú, Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz. La revisión fue a través de la Guía Consultiva de desarrollo Municipal (INAFED), realizando entrevistas directas y verificación de documentos utilizados en la contabilidad gubernamental de cada municipio, para el cumplimiento de la Gestión Pública.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

Los municipios quienes tienen el compromiso y la responsabilidad de dar cumplimiento a la contabilidad gubernamental armonizada, pero ante todo el informar a la ciudadanía de la aplicación de los recursos públicos, los municipios revisados son: San Luis de la Paz, San Diego de la Unión, San Felipe, Xichú, municipios de Guanajuato.

### **CONCLUSIÓN**

La contabilidad gubernamental en la actualidad permite incluir la armonización contable el cual tiene como finalidad uniformar la normativa contable entre los diversos entes públicos.

En las revisiones de la Guía consultiva de desempeño municipal la evaluación cuantitativa se define, por rezago, en proceso y óptimo, por lo que los municipios en la aplicación de la asignación y en buen desempeño se encuentran en proceso, uno de ellos se encuentra en rezago, verificando que el servidor público no cuenta con los conocimientos necesarios para ocupar un cargo gubernamental.

Los entes públicos deben cumplir con la aplicación del presupuesto asignado, por lo que es necesario que cuenten con programas integrales de registro de conformidad con las NIG, postulados básicos de contabilidad gubernamental emitidos por el CONAC, basadas en las NIF (2018): “ En el postulado de la importancia relativa la información debe mostrar los aspectos importantes de la entidad que fueron reconocidos contablemente. El registro presupuestario del ingreso y del egreso en los entes públicos se debe reflejar en la contabilidad, considerando sus efectos patrimoniales y su vinculación con las etapas presupuestarias correspondientes, cumpliendo con el postulado de la devengación contable que debe de registrarse en el momento en que se conoce, con base acumulativa. El registro presupuestario del ingreso y del egreso en los entes públicos se debe reflejar en la contabilidad, considerando sus efectos patrimoniales y su vinculación con las etapas presupuestarias correspondientes, contar con sistemas informáticos que proporcionen la información de forma oportuna, aplicando la tecnología para que se de forma sistemática, si lo aplica el municipio, el estado y la federación, conociéndose en tiempo real la información.”

Las entidades gubernamentales se deben adaptar a los distintos cambios de las diversas administraciones que toman el municipio aplicando las Leyes, así mismo la aplicación de los objetivos de desarrollo sostenible implementan acciones en la tecnología la cual

el gobierno federal y estatal buscan implementar las acciones de armonización contable, implementando los registros hacia la transparencia de la información.

Tarea que no ha sido fácil, pero conforme pasan las administraciones se va buscando que los municipios cumplan con la legalidad, en la armonización y la transparencia.

La información generada a través de la aplicación de la asignación de recursos y la obtención de la información financiera que dan cumplimiento a cuatro objetivos de la administración pública:

- a) Dar transparencia a las operaciones
- b) Rendición de cuentas
- c) Facilitar la fiscalización
- d) Evaluación del desempeño de las actividades con indicadores de forma óptima.

Las entidades gubernamentales deben integrar las acciones y operaciones del presupuesto asignado como un ecosistema en donde cada secretaría va aplicando el presupuesto para el beneficio de la ciudadanía, soportando cada operación con evidencias que den fundamento a cada operación, si esto se cumple y se informa con la veracidad, oportunidad, la evaluación y el cumplimiento de la transparencia se genera de forma inmediata, de esta manera sus indicadores se ven favorecidos y sus revisiones, auditorías no tendrían que tener observaciones.

Como servidores Públicos, tienen una gran responsabilidad y tarea día con día informar con claridad a la ciudadanía, otra tarea que se debe hacer es dar a conocer la información con claridad y sin tantos términos técnicos, considerando que los ciudadanos deben saber donde se aplican sus recursos, como lo establece el art. 31 fracc. IV, que todos los ciudadanos mexicanos debemos contribuir con el gasto público, y los entes públicos son los que deben tomar las mejores decisiones para aplicar y generar los mejores beneficios, hablando así de la transparencia de la información. Los Servidores públicos deben denunciar los delitos, en caso de existir, hay que levantar la voz, combatir la corrupción.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Importancia de la transparencia y rendición de cuentas en los municipios, Instituto Nacional para el Federalismo y el desarrollo municipal, <https://www.gob.mx/inafed/es/articulos/la-importancia-de-transparentar-y-rendir-cuentas-en-los-municipios?idiom=es#:~:text=La%20transparencia%20podemos%20entenderla%20como,que%20los%20ciudadanos%20conozcan%20la>

Importancia de los Estados financieros en la contabilidad Gubernamental, Capacitación empresarial, 4 de julio de 2019, <https://www.cofide.mx/blog/importancia-de-los-estados-financieros-en-la-contabilidad-gubernamental>

Ley General de Contabilidad Gubernamental, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2008

Ley General de la Transparencia y acceso a la información pública, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 4 de mayo de 2015

Manual de Contabilidad Gubernamental, 2023

# Redes de Innovación Colaborativas y Gestión del Conocimiento en el Ámbito Académico

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.743

Cindy Yajaira Jiménez Aguilar<sup>1</sup>, Gerardo Arceo Moheno<sup>2</sup>, Pablo Payró Campos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información/[cindyyajaira99@gmail.com](mailto:cindyyajaira99@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información/[ericarceo@hotmail.com](mailto:ericarceo@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información/[pablo.payro@gmail.com](mailto:pablo.payro@gmail.com)

## Línea de Investigación: Innovación en Organismos Sociales

### Resumen

El conocimiento que tiene una organización puede convertirse en un activo esencial en la educación. El presente artículo tiene como objetivo analizar la relevancia y aportes que tienen hoy en día las redes de innovación colaborativas en conjunto con la gestión del conocimiento dentro del ámbito académico ya que nace la necesidad de exponer la importancia de la colaboración masiva mediante la gestión del conocimiento en la educación como una herramienta que permita fomentar la interacción del grupo y mejorar la difusión de conocimientos. La información empleada fue adquirida de documentos publicados en diferentes repositorios. Para el procesamiento de la información utilizada se realizó una revisión de literatura, en el cual se estudió la información extraída de los principales aportes de diversos conocedores del tema. El análisis realizado permitió evidenciar la importancia que trae consigo el trabajar de manera colaborativa sacando provecho de las herramientas tecnológicas para la obtención de conocimientos en el ámbito académico, ya que en las instituciones en la actualidad uno de los recursos más importantes es el conocimiento. La colaboración de muchas instituciones es fundamental para que pueda llevarse a efecto el proceso de la gestión del conocimiento en colaboración y de esta manera mejorar la transmisión de información.

*Palabras claves: Conocimiento, innovación, tecnología*

### Asbtrac

*The knowledge that an organization has can become an essential asset in education. The purpose of this article is to analyze the relevance and contributions of collaborative innovation networks in conjunction with knowledge management in the academic environment, since the need arises to expose the importance of mass collaboration through knowledge management in education as a tool to promote group interaction and improve the dissemination of knowledge. The information used was acquired from documents published in different repositories. For the processing of the information used, the content analysis method was employed, in which the information extracted from the main contributions of various experts on the subject was studied. The analysis made it possible to demonstrate the importance of working collaboratively, taking advantage of technological tools to obtain knowledge in the academic field, since one of the most important resources in today's institutions is knowledge. The collaboration of many institutions is essential to carry out the process of collaborative knowledge management and thus improve the transmission of information.*

*Keywords: Knowledge, innovation, technology*



## INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la información fluye de manera constante y las tecnologías avanzan a pasos agigantados, la habilidad para gestionar eficazmente el conocimiento se vuelve fundamental. La gestión del conocimiento (GC) en la educación se ha convertido en un elemento crucial para potenciar el aprendizaje, fomentar la innovación y promover el desarrollo integral de los estudiantes. En el ámbito educativo implica la identificación, captura, almacenamiento, distribución y aplicación efectiva de la información relevante para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

A través de estrategias y con la implementación de herramientas adecuadas, se busca crear un entorno educativo en el cual tanto docentes como estudiantes puedan acceder a recursos valiosos, compartir experiencias y colaborar en la construcción colectiva del saber.

Esta disciplina no solo se enfoca en la gestión de contenidos, sino también en el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la capacidad de adaptarse a un entorno en constante cambio. La implementación efectiva de la gestión del conocimiento en la educación no solo mejora la calidad de la enseñanza, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI, donde la información y la capacidad para aplicarla de manera reflexiva son elementos clave para el éxito personal y profesional.

Debido a las necesidades de los estudiantes, en la actualidad las instituciones académicas necesitan muchas ideas y estrategias para innovar y crear herramientas que ayuden al fortalecimiento de conocimientos en las instituciones, con ello generar nuevas ideas innovadoras en donde se den atención a las necesidades de los alumnos para la difusión y transmisión de conocimiento, así lo apunta Acevedo-Correa *et al.*, (2019) que el conocimiento concebido dentro de las Instituciones de Educación Superior (IES) debe ser compartido y apropiado por las diferentes comunidades, por lo que es un reto identificar mecanismos para gestionarlo como un activo intangible generador de ventajas competitivas.

Hoy en día las redes de innovación colaborativas están tomando un papel fundamental en la educación, ya que para transmitir los conocimientos es necesario tener alianzas para difundir ideas que ayuden a compartir aprendizajes, experiencias e información tanto en docentes como estudiantes, así lo mencionan Casas *et ál.* (2019) que para incorporar conocimientos y capacidades que incentiven los procesos de innovación, la colaboración y el trabajo en equipo se han convertido en el medio por excelencia.

En la actualidad una de las habilidades que es más utilizada en las instituciones educativas para tener una buena transmisión de conocimientos, es el trabajo en equipo, esto es algo importante, pero en la actualidad necesita además del acompañamiento de sistemas de GC, ya que, al hacer uso de una herramienta, se vuelve un factor clave para tener una comunicación optimizada.

En esta década es necesario idear e ir más allá y fomentar el trabajo en las redes de innovación colaborativa para favorecer la adquisición de nuevos conocimientos y efectivamente, la gestión del conocimiento en la educación a menudo se enfrenta al desafío de carecer de una estructura clara que facilite su utilización efectiva. El conocimiento puede encontrarse disperso en diversas fuentes, tanto internas como externas, y su aprovechamiento puede ser limitado por la falta de mecanismos que faciliten su identificación, captura y distribución.

En el contexto de la innovación, la adquisición de tecnología desempeña un papel crucial. La implementación de nuevas tecnologías no solo impulsa la eficiencia operativa, sino que también genera nuevos conocimientos a través de la experiencia práctica y la adaptación a las demandas cambiantes del entorno. Sin embargo, para maximizar el valor de estos conocimientos derivados de la innovación, es esencial contar con procesos y sistemas que permitan su integración y aplicación en el conjunto de la organización.

Mediante el trabajo en equipo se puede compartir las experiencias y mejorar las ideas Trujillo (2015) apunta que, de forma simple, cuando se habla de diferentes personas, instituciones y equipos que están proporcionando conocimientos para un mismo proyecto, se tendrá un mejor resultado, pues así lo que aprendemos con los demás desde la generación de un entorno de trabajo colaborativo estable, gestionando y accediendo al conocimiento de manera inmediata, promoviendo la actualización permanente y ampliando la base de nuestro aprendizaje, estará más fundamentado.

Por lo tanto, se considera que las instituciones, para poder subsistir y sostenerse, deben dirigir sus esfuerzos e ideas hacia la innovación e implementación de estrategias orientadas a fortalecer las capacidades de información, a procrear o establecer mecanismos y procesos para aprovechar al máximo, el conocimiento por medio de tecnologías adecuadas de gestión de este.

Por lo demás, en el presente artículo se hace una reflexión y análisis que por medio de las redes de innovación colaborativa y la GC se pueden mejorar las experiencias de aprendizaje difundiendo todos aquellos conocimientos, experiencias, habilidades que tienen cada institución esto con el propósito de transformarse el conocimiento en un activo fundamental para enriquecer el proceso educativo.

## DESARROLLO

Actualmente la sociedad avanza al ritmo en que las tecnologías se desarrollan, por lo cual los modelos de trabajo tradicionales se están dejando atrás para abrir las puertas a nuevos modelos de trabajo que permitan la colaboración en grupos llamados modelos en red. De acuerdo con Carrasco y Lorenzo (2015) las redes de innovación colaborativas fueron definidas por Peter Gloor la cual cuenta con tres características que la definen: la innovación a través de la colaboración masiva, colaboración bajo un estricto código ético y la comunicación directa e inmediata con los miembros de la red esto con el fin de colaborar en el seguimiento de un objetivo en común a través del intercambio de ideas e información en el cual todos los miembros colaboran y comparten conocimientos para avanzar en el desarrollo de una idea.

Por otro lado, la GC se define como el conjunto de pasos que permiten fortalecer el intercambio de información específica con el fin de mejorar el rendimiento en una organización, Briceño et al., (2020) apunta que, a lo largo de tiempo, esta acumulación de experiencias y aprendizajes sirve para construir una base de conocimiento compartido con el potencial de facilitar la ejecución del trabajo y acelerar la innovación.

En la actualidad los sistemas escolares se valora mucho el aprendizaje obtenido y no solo la forma de enseñar, lo cual induce a crear nuevas formas de enseñanza en conjunción con las tecnologías e innovaciones existentes, estas nuevas formas de aprender crean un dilema a las escuelas la cual busca transformarse en organizaciones que aprenden, abiertas o quedarse como instituciones obsoletas.

Las redes colaborativas son una forma de trabajo que permiten crear experiencias innovadoras en la cual describen la necesidad de un cambio mediante una educación compartida de acuerdo con la investigación de Hernández y Navarro (2018) se obtuvieron los siguientes resultados.

- El trabajo colaborativo en red entre profesionales demostró en ese estudio que genera conocimientos compartidos, promueve la adquisición de experiencias y apoya el desarrollo profesional del profesorado más allá del aula, es un aprendizaje intencional como proceso de intercambio de conocimientos y creación de estos.
- Las redes impulsan la colaboración entre profesionales como principio básico para contribuir a la mejora, impulsando proyectos de trabajo compartidos con otros sectores, instituciones y entidades de la comunidad educativa.
- El trabajo colaborativo en red promueve el desarrollo de proyectos de centro más inclusivos, orientados a mejorar la convivencia, atención a los estudiantes y suponiendo un cambio de las estructuras, relaciones y prácticas educativas para integrar la diversidad del alumnado en experiencias educativas

La GC en conjunción con las redes colaborativas son una iniciativa que surge como pieza clave para poner al alcance el conocimiento y la innovación en grupo en el área educativa. Ramírez (2021) apunta que el mundo académico actual se enfrenta a grandes exigencias de calidad de servicio y de producción de conocimiento pues afirma que cada institución necesita tener a docentes y estudiantes satisfechos.

Mediante el aprendizaje colaborativo se pueden mejorar las habilidades de resolución de problemas, la interacción social, la comunicación, la creatividad, la confianza y el compromiso con ayuda de las herramientas colaborativas a través de la tecnología disponible, también intercambiar conocimiento e información y, tal vez lo más importante, producir nuevo conocimiento de forma conjunta entre varias personas, sin la necesidad de que estén físicamente en el mismo lugar.

### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar la importancia de la implementación de las redes de innovación colaborativas en conjunto con la gestión del conocimiento en el ámbito académico.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los resultados encontrados de la revisión de literatura realizada.
- Analizar el estado actual de la gestión del conocimiento en instituciones académicas, identificando fortalezas y áreas de mejora que podrían beneficiarse de la implementación de redes de innovación colaborativas.
- Describir la utilidad de la gestión del conocimiento y redes colaborativas en el ámbito académico.
- Identificar y caracterizar los elementos clave que favorecen la colaboración efectiva en redes de innovación en el ámbito académico, considerando factores como la cultura organizacional, la infraestructura tecnológica y las habilidades individuales.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

La presente investigación tiene expone la importancia de las redes de innovación colaborativas en conjunción con la gestión del conocimiento. Describe las características principales de las dos disciplinas y la utilidad que podrá generar al implementarla en el área educativa.

### **METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo la investigación de este artículo se realizó una revisión de literatura con un enfoque de estudio cualitativo, con temas asociados a redes de innovación colaborativa y gestión del conocimiento en el ámbito educativo se indagó en los diferentes repositorios y bases de datos tales como Redalyc, Scielo, Dialnet entre otras. La búsqueda de los documentos se restringió a los que fueron publicados del año 2009 al año 2023, dentro de los cuales se eligieron dependiendo al grado de adecuación, importancia y contenido incluyendo distintas etapas de exploración del material seleccionado, organización e interpretación, los cuales fueron procesos que permitieron estudiar la información obtenida y tomar los principales datos, aportes que fueron realizados por los diferentes autores. En este artículo se explora cómo estas dos áreas pueden converger para fomentar la innovación y mejorar la gestión del conocimiento en el ámbito educativo.

### **FASES DEL DESARROLLO**

#### **Gestión del conocimiento y redes de innovación colaborativas en la educación**

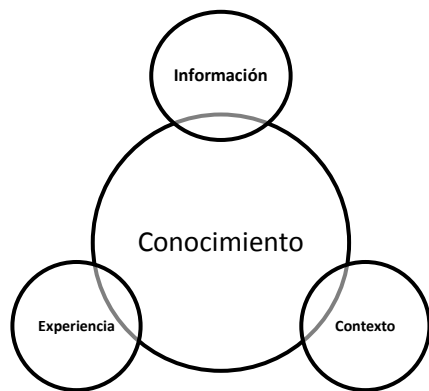
La gestión del conocimiento en la actualidad es un tema de interés para académicos y profesionales quienes reconocen que influyen positivamente para lograr un mejor desempeño y logro de resultados en las organizaciones mediante los procesos de creación y

transformación del conocimiento incluidas las organizaciones educativas. Este conocimiento está compuesto por dos partes fundamentales el conocimiento tácito y explícito.

El conocimiento es un factor necesario para el crecimiento, ya que es un proceso en donde se crece día con día con la integración de herramientas tecnológicas. En la siguiente figura se visualiza el conocimiento como la suma de información, contexto y experiencia (ver figura 1).

**Figura 48**

*Elementos de la Gestión del Conocimiento.*



Nota: Elaboración propia con información de Guzmán (s.f.).

Actualmente las instituciones educativas pueden modificar prácticas que hoy ya son obsoletas, de acuerdo con Álvarez-Cedillo *et ál.*, en su investigación explica “la importancia de agregar la gestión de conocimiento a las instituciones educativas, por medio de una exploración cuantitativa donde se destaca su uso, su prospectiva y sus consecuencias observables sobre una muestra de 3000 personas. El objetivo fue evaluar la gestión del conocimiento a través del cálculo del índice de medición de inteligencia organizacional en distintas instituciones educativas mexicanas. El resultado alcanzado fue 67.39 %, lo que representa grandes retos en materia de producción científica” (2021, p.2).

Aunado a lo anterior se percibe que la sociedad de datos de aprendizaje se representa pensando en la información como el punto focal de los diversos ejercicios de individuos y asociaciones para generar productividad. Aunado a lo anterior Nagles (2007) en su artículo titulado la gestión del conocimiento como fuente de innovación explica que el conocimiento que posee una organización de diferente índole puede convertirse en una fuente de ventaja competitiva sostenible mediante el despliegue de una efectiva estrategia de gestión del conocimiento, que permita originar acciones innovadoras, servicios, procesos y sistemas de gestión que optimicen los recursos y capacidades de la empresa.

Las redes de innovación y gestión del conocimiento dentro del ámbito académico es un tema que ha sido estudiado e investigado ampliamente en la actualidad. Por ejemplo, Hernández y Medina (2011) realizaron un estudio de cómo el aprendizaje colaborativo se puede usar como herramienta para la innovación educativa en la Educación Secundaria obligatoria y se establecen las herramientas de TI que los docentes pueden utilizar con el fin de potenciar el trabajo colaborativo en la red y la aplicación en el aula, y de esta forma obtener desarrollo de las competencias básicas que el alumnado debe alcanzar al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria.

Las tecnologías son fundamentales ya que sin ellas sería imposible tener las participaciones de diferentes organizaciones educativas ya que por medio del uso de ellas se puede innovar herramientas que proporcionen beneficios para tener un mejor rendimiento académico. Otras investigaciones hacen referencia a la Red de Innovación Educativa (RIE), dentro del Programa Nacional de Tecnologías Móviles Herrera (2016) apunta que el propósito de la investigación busca favorecer en los estudiantes el desarrollo de habilidades de aprendizaje apoyados en el uso de las tecnologías digitales móviles, para lograr los objetivos requirieron de realizar varias acciones, entre ellas está la creación de redes de trabajo en las diferentes zonas educativas donde se desarrollan, las cuales buscan activar el aprendizaje colaborativo entre los docentes involucrados y el intercambio de iniciativas que concuerden con las metas institucionales.

Del mismo modo Caldarola *et ál.*, (2021) hicieron un trabajo que propusieron documentar la experiencia desarrollada en 21 centros educativos de Argentina pertenecientes a una red llamada Apdes. Realizaron diversos sondeos que permitieron aproximarse al concepto de innovación educativa de padres, docentes y directivos. A partir de ese diagnóstico, los centros educativos iniciaron en 2018 el camino de innovación que denominaron Innovate. El objetivo que impulsó el proyecto fue acordado entre todos los equipos directivos de los 21 centros educativos y puede enunciarse en los siguientes términos: "transformar el aprendizaje según un modelo de competencias". Lo que realizaron en este trabajo es algo interesante ya que con ello favorecieron a los estudiantes en lo que respecta al desarrollo de habilidades de aprendizaje por medio de la utilización de tecnologías decir trajo beneficio en el ámbito académico.

Sin embargo, es importante mencionar que la gestión del conocimiento con la ayuda de las redes de innovación colaborativas ayuda a proponer tecnologías que sean de utilidad para mejorar los procesos para la obtención de conocimientos.

Finalmente, Barros y Escorcía (2020) en un estudio que realizaron revelan que la gestión del conocimiento es un proceso que adquiere gran relevancia para las IES en su esfuerzo por desarrollar exitosamente sus funciones sustantivas, no obstante, existen algunas dificultades que limitan su proceso de implementación. Para contribuir a superar estos desafíos, se propone un modelo de gestión del conocimiento compuesto por cuatro fases: identificación, creación, distribución y medición; adaptado adecuadamente al funcionamiento de estas organizaciones y se concluye que, la gestión del conocimiento es una tarea pendiente para estas, pero el modelo propuesto puede ser un punto de partida para alcanzar resultados significativos.

Las redes de innovación colaborativas y la gestión del conocimiento son elementos cruciales en el entorno educativo actual. En la siguiente tabla se explora cómo estas dos áreas pueden converger para fomentar la innovación y mejorar la gestión del conocimiento. (Ver tabla 1).

Tabla 20  
**Redes de Innovación Colaborativa y Gestión del Conocimiento en Conjunto**

<b>Como fomentar la innovación colaborativa y gestión del conocimiento</b>	
Colaboración en la innovación	
Plataformas colaborativas	Las redes de innovación colaborativas a menudo se basan en plataformas en línea donde los miembros pueden compartir ideas, experiencias y conocimientos.
Co-creación del conocimiento	La gestión del conocimiento en este contexto implica la captura y difusión eficiente de las ideas generadas durante la colaboración.
Gestión del conocimiento	
Captura y almacenamiento del conocimiento	Las redes de innovación pueden generar una gran cantidad de conocimiento valioso. La gestión del conocimiento implica identificar, capturar y almacenar este conocimiento de manera organizada para que esté disponible para su uso
Compartir mejores practicas	La gestión del conocimiento también implica compartir las mejores prácticas identificadas durante el proceso de innovación.
Tecnologías de la información	
Herramientas colaborativas	Plataformas y herramientas de gestión de proyectos son esenciales para facilitar la colaboración y la gestión del conocimiento en redes de innovación.
Sistemas de gestión del conocimiento	Implementar sistemas que faciliten la organización, búsqueda y recuperación de información es esencial. Esto incluye bases de datos, sistemas de etiquetado y motores de búsqueda internos.

*Nota:* Elaboración propia.  
 Integrar redes de innovación colaborativas con una sólida gestión del conocimiento permite a las organizaciones aprovechar al máximo el potencial creativo de sus miembros y optimizar el uso de la información generada durante el proceso de innovación. La retroalimentación sobre la efectividad de las prácticas de gestión del conocimiento y la colaboración en la innovación ayuda a ajustar y mejorar continuamente estos procesos.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Hoy en día, las tecnologías de la información y las comunicaciones se han convertido en una herramienta clave para facilitar procesos de GC al interior de las IES, abriéndoles la oportunidad de generar impactos no solo a nivel regional, sino también a nivel nacional e internacional así lo afirma Escorcía y Barros (2020) nos dice que el avance adquirido por la gestión del conocimiento se debe a la utilización del desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación, las cuales se han convertido en una herramienta fundamental para la aplicación en las organizaciones.

Siguiendo estas ideas es notorio que, con la intervención de las herramientas tecnológicas, el conocimiento puede estar al alcance de muchas instituciones de manera rápida y veraz, asimismo, la obtención de nuevos conocimientos con la ayuda de las alianzas creadas e ideas propuestas entre muchas instituciones permite seguir innovando herramientas que sean de utilidad para conservar y compartir conocimientos.

A pesar de los beneficios, muchas organizaciones enfrentan desafíos al implementar estrategias de gestión del conocimiento y redes de innovación. La resistencia al cambio, la falta de recursos y la necesidad de una cultura organizacional receptiva son temas comunes para llevarlo a cabo del mismo modo la gestión del conocimiento plantea preocupaciones sobre la seguridad de la información.

Es esencial establecer medidas robustas para proteger la propiedad intelectual y garantizar la confidencialidad de los datos sensibles debido a que la diversidad en las redes de innovación es crucial para estimular la creatividad. La discusión podría centrarse en cómo fomentar la inclusión y garantizar que se escuchen y valoren todas las voces en el proceso de innovación.

Las redes facilitan una estructura horizontal para las relaciones que se tejen en ellas y que permiten a sus participantes interactuar, así como cooperar, para encontrar posibles soluciones y tomar decisiones en torno a un tema compartido (Bedoya *et ál.*, 2017).

Por otra parte, Martínez *et ál.* (2009) apunta que las organizaciones que trabajan con el conocimiento, entre ellas las redes, tienen en su proceso de interacción con la sociedad por lo menos un triple imperativo: intervenir en espacios de orden territorial, establecer incidencia en el escenario nacional e interactuar con dimensión global. Aunado a lo anterior como tendencia futura surge la necesidad de explorar las tendencias emergentes en gestión del conocimiento y redes de innovación, como el uso de tecnologías de inteligencia artificial o realidad aumentada, y cómo estas pueden afectar el panorama educativo en el futuro.

Como resultado encontramos que implementar las redes de innovación colaborativa, proporciona un gran beneficio: facilitar la interacción entre los miembros de distintas partes educativas y así tener un mejor flujo de cambios de información; lo que se convierte en la generación de un nuevo conocimiento.

Es relevante tomar en cuenta que muchas de las técnicas utilizadas por la gestión del conocimiento se han importado de otras disciplinas y modelos de gestión como (Autoevaluación institucional, lluvia de ideas, buenas prácticas, programas de formación), lo que nos lleva a considerar lo que afirma Hernández (2020) acerca de la gestión del conocimiento y de la gestión tecnológica, que en los últimos años han surgido como áreas de estudio, y que si las organizaciones implementaran con éxito estas dos áreas podrán alcanzar un desempeño inteligente, desarrollando el conocimiento como un activo empresarial.

Por lo anterior, el hacer un buen uso de las herramientas tecnológicas para comunicarnos, intercambiar aprendizajes, ideas y maneras de seguir innovando por medio del intercambio de información en instituciones es importante para mejorar el flujo de conocimiento.

## CONCLUSIONES

El uso de plataformas tecnológicas, sistemas de gestión de contenidos y herramientas colaborativas puede mejorar la estructura y accesibilidad del conocimiento, facilitando su utilización en la toma de decisiones y la resolución de problemas. Las redes de innovación colaborativas tienen un papel fundamental en la gestión del conocimiento y aumentar la calidad educativa. En las instituciones en la actualidad uno de los recursos más importantes es el conocimiento, cuya gestión, en la mayoría de las instituciones se hace de forma sistemática.

La colaboración de muchas instituciones es fundamental para que pueda llevarse a efecto el proceso de la gestión del conocimiento, es decir por medio de las redes de innovación colaborativa distintas instituciones pueden compartir información de diferentes maneras, por ejemplo, documentos, videos, audio entre muchas más. Con ello se facilita la manera de innovar o darles seguimientos a ideas planteadas. En si las redes de innovación colaborativas día con día se convierten en la herramienta en donde se puede tener mejores desarrollos de habilidades, lo cual podemos convertir en aprendizajes por parte de estudiantes y docentes, en otras palabras se considera que es una transformación educativa que permite crear diálogos para la obtención de nuevos conocimientos, de manera en que podemos decir que se convierte en una herramienta metodológica para los docentes y alumnos, porque de esa manera se fortalece, alimentan su propia formación desde la participación, practica, observación, y mediador.

Se concluye que integrar redes de innovación colaborativas con una sólida gestión del conocimiento permite a las organizaciones estimular la creatividad y la generación de nuevas ideas. La colaboración entre diferentes áreas y la diversidad de perspectivas han impulsado la innovación educativa, aprovechar al máximo el potencial creativo de sus miembros y optimizar el uso de la información generada durante el proceso de innovación.



## REFERENCIAS

- Acevedo-Correa, Y., Valencia-Arias, A., Bran-Piedrahita, L., Gómez-Molina, S., y Arias-Arciniegas, C. (2019). Alternativas para modelos de gestión del conocimiento en Instituciones de Educación Superior. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(3), 410-420. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300410>
- Al-Jedaiah, M. N. S. (2020). Knowledge management and e-learning effectiveness: Empirical evidence from Jordanian Higher Education Institutions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(5), 50-62. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i05.11653>
- Álvarez-Cedillo, J. A., Aguilar-Fernández, M., Álvarez-Sánchez, T., García, B. y Patiño, J. (2020). La gestión del conocimiento en instituciones. *Revista Iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*, 11(21). 1-21. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.775>
- Bedoya, E. A., Behaine, B., Fitzgerard, A., Marrugo, Y. y Severiche, C. A. (2017). Redes de conocimiento: Academia, empresa y Estado. *Espacios*, 39(8), 1-14. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n08/a18v39n08p16.pdf>
- Briceño, B., Strand, K. y Marshal, M. (2020). La gestión del conocimiento: recursos y oportunidades. <https://blogs.iadb.org/conocimiento-abierto/es/gestion-conocimiento-recursos/>
- Caldorola, C., Llera, M. y Monserrat, M. I. (2020). Un proceso de innovación colaborativa institucional a través de la práctica reflexiva: el caso del proyecto "Innovate" de Apdes. <https://doi.org/10.14482/zp.34.371.12>
- Carrasco, G. y Lorenzo, S. (2015). Las redes de innovación colaborativa y el futuro de la Calidad Asistencial. *Revista de Calidad Asistencial*, 30(2). 1-2. [10.1016/j.cali.2015.01.004](https://doi.org/10.1016/j.cali.2015.01.004)
- Casas, R., Díaz, M., y Giráldez, R. (2019). Análisis de las redes de colaboración en la innovación para el desarrollo. *Coperativismo y desarrollo*, 7(1), 5-25. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-340X2019000100005&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-340X2019000100005&lang=es)
- Díaz, J. C., Fernández, M., Sánchez, M. J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Uisrael*, 8(1), 113-128. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Escorcía, J. y Barros, D. (2020). Gestión del conocimiento en Instituciones de Educación Superior: Caracterización desde una reflexión teórica. *Revista De Ciencias Sociales*, 26(3), 83-97. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i3.33235>
- Flores, J. C. (2010). La Gestión del conocimiento y las herramientas colaborativas: una alternativa de aplicación en Instituciones de educación superior. *Revista de Investigación*, (71), 11-31. <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376140386001.pdf>
- Guzmán, C. A. (s.f.). Fundamentos y teorías sobre Gestión del conocimiento. *Especialización en Gestión de sistemas de información gerencial*, 1-15. [https://virtual.ucundinamarca.edu.co/udecvirtual/documentacion/esp\\_GSIG/gestion\\_del\\_conocimiento/fundamentos\\_y\\_teoria.pdf](https://virtual.ucundinamarca.edu.co/udecvirtual/documentacion/esp_GSIG/gestion_del_conocimiento/fundamentos_y_teoria.pdf)
- Hernandez, A. (2020). La gestión del conocimiento y la gestión tecnológica como herramienta en las organizaciones. 1-29. <http://hdl.handle.net/10654/36605>
- Hernández, E. y Navarro, M. J. (2018). Redes educativas locales para la mejora escolar. *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(3). 1-14. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.3.1669>
- Hernández, E., Medina, F. (2011). El aprendizaje colaborativo como herramienta para la innovación educativa en el aula de la educación secundaria obligatoria. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/2277>
- Herrera, Y. (2016). La Red de Innovación Educativa (RIE) dentro del Programa Nacional de Tecnologías Móviles Tecno@prender. *una experiencia más allá del aula*, 8(3), 75-82. <https://mep.janium.net/janium/Documentos/redinnovacion.pdf>
- Martínez, E., Franco, D. y Villa, L. (2009) Las redes de conocimiento en salud pública y el fortalecimiento de capacidades a través de estrategias de cooperación. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 27(3), 349-355. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3987417.pdf>
- Minakata, A. (2009) Gestión del conocimiento en educación y transformación de la escuela. Notas para un campo en construcción. *Revista Electrónica de Educación*, (32), 1-21. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99812141008>
- Nagles, N. (2007). La gestión del conocimiento como fuente de innovación. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (61), 97-102. <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/418>
- Rodríguez, D. (2009). La creación y gestión del conocimiento en las organizaciones educativas: barreras y facilitadores. [Tesis de Doctorado, universidad Autónoma de Barcelona]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/327017/drg1de1.pdf>
- Trujillo, J. (2015). Análisis del uso e integración de redes sociales colaborativas en comunidades de aprendizaje de la Universidad de Granada (España) y John Moores de Liverpool (Reino Unido). *Complutense de Educación*, 26, 289-311. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5119034&orden=1&info=link>

# Integración de una plataforma tecnológica para prácticas de extracción y explotación de datos en laboratorios con equipos de cómputo de bajo rendimiento: Caso UJAT – DACYTI

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.727

Carlos Arturo Custodio Izquierdo<sup>1</sup>, José Luís Gómez Ramos<sup>2</sup>, Carlos González Zacarías<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/Personal, e-mail: [carlos.custodio@ujat.mx](mailto:carlos.custodio@ujat.mx)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/Personal, e-mail: [jose.gomez@ujat.mx](mailto:jose.gomez@ujat.mx)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/Personal, e-mail: [carlos.gonzalez@ujat.mx](mailto:carlos.gonzalez@ujat.mx)

## Línea de investigación:

Enseñanza de la ingeniería.

## Resumen

Las instituciones de educación superior públicas estatales frecuentemente enfrentan el desafío de contar con recursos financieros para cada una de sus funciones tanto sustantivas como adjetivas. En este caso particular, referente a la infraestructura de cómputo, los proyectos concursables para el mejoramiento de la infraestructura de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), cada día son escasos y los demandantes de esos proyectos para la adquisición de recursos son mayores.

En este trabajo, surge de la necesidad de que los estudiantes de las licenciaturas en Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) y en Ingeniería en Informática Administrativa (IIA), pudiesen realizar prácticas de extracción y explotación de datos, con los recursos de cómputo encontrados en el laboratorio de cómputo P2 en la DACYTI UJAT.

Se realizó un censo de las características de los equipos de cómputo. En general, cada uno cuenta con procesador Intel i3 2370, 4 Gigabytes de memoria RAM, disco duro de 360 Gb, sistema operativo Microsoft Windows en versiones 8.0, 8.2 y 10.

El tener distintas versiones de sistema operativo era una complejidad al momento de implementar las herramientas, por los requerimientos mínimos en cada herramienta de software requerida para la práctica. Esto conlleva la necesidad de instalar distintas versiones de la herramienta dependiendo del sistema operativo encontrado en el equipo.

Para homogeneizar las herramientas a emplear en las prácticas de laboratorio, se optó por establecer un ambiente virtual basado en Linux, con las herramientas necesarias. De esta manera, profesores y estudiantes harían las prácticas bajo las mismas condiciones.

*Palabras clave: Big data, equipos de bajo rendimiento de cómputo, prácticas de laboratorio.*

## Abstract

State public higher education institutions frequently face the challenge of having financial resources for each of their substantive and adjective functions. In this particular case, referring to the computing infrastructure, the competitive projects for the improvement of the Information and Communication Technologies (ICT) infrastructure are becoming scarcer every day and the demanders for these projects for the acquisition of resources are greater.

In this work, it arises from the need for students of the degrees in Ingeniería en Sistemas Computacionales and in Ingeniería en Informática Administrativa to be able to carry out data extraction and exploitation practices, with the computing resources found in the P2 computing laboratory in the DACYTI UJAT.

To do this, a census of the equipment's processing capabilities was carried out. In general, each one has an Intel i3 2370 processor (manufactured in 2012), 4 Gigabytes of RAM, 360 Gb hard drive, the operating systems were all Microsoft Windows, some in versions 8.0, 8.2 and others in version 10.

Having different versions of the operating system was a complexity when implementing the tools, due to the minimum requirements in each software tool required for the practice. This leads to the need to install different versions of the tool depending on the operating system found on the computer.

For this reason, in order to standardize the tools to be used in laboratory practices, it was decided to establish a virtual environment based on Linux, with the necessary tools. In this way, the teacher and all the students in the group would do the practices with the same tools under the same conditions.

*Keywords: Big data, old machines, practices big data.*

## INTRODUCCIÓN

En las mallas curriculares de las carreras profesionales de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Informática Administrativa impartidas en la División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, existe un bloque denominado Tratamiento de la información. En este bloque se incluyen las asignaturas en las cuales el estudiante adquirirá las competencias necesarias para el manejo de los sistemas gestores de bases de datos; así como también, la destreza para la creación de base de datos y, en sus ciclos avanzados, las que tienen como fin el desarrollo de competencias referentes a la extracción y explotación de grandes volúmenes de datos.

Sin embargo, al no contar con equipamiento reciente para la realización de estas prácticas, y los de alto nivel de procesamiento con que se cuentan están destinados para uso de estudiantes de posgrado, se hace evidente la necesidad de implementar una herramienta o plataforma que permita al profesor dirigir las prácticas necesarias en estas asignaturas, y a los estudiantes contar con la plataforma necesaria para realizarlas.

aquí es donde este trabajo cumple la función de solventar esta necesidad y cumplir con éxito la realización de prácticas para los estudiantes.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### OBJETIVO GENERAL

Diseñar un laboratorio virtual, con software libre, que permita a estudiantes y profesores realizar prácticas de extracción y explotación de datos en los equipos de cómputo de escritorio.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar los requerimientos de cómputo de las herramientas de extracción y explotación de datos de uso libre.
- Determinar la disponibilidad de recursos en los equipos de cómputo de los laboratorios.
- Ensamblar el laboratorio virtual, con las herramientas necesarias.
- Replicar el laboratorio virtual entre los equipos de uno de los laboratorios.
- Evaluar la efectividad del laboratorio mediante la realización de prácticas.

#### OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de este trabajo es el desarrollo de prácticas de extracción y explotación de datos mediante el uso de equipos de cómputo obsoletos, o con capacidades muy limitadas. Se consideran así debido a que cuentan con un procesador de uso básico Intel i3 (manufacturado en 2012), 4 Gigabytes de RAM y 360 Gigabytes de disco duro. Esta configuración, está muy limitada para el desarrollo de las prácticas requeridas en la asignatura.

El enfoque principal está establecido en encontrar la combinación de software y diversas aplicaciones de uso libre que permitan realizar las prácticas con éxito, empleando para ello los equipos de cómputo mencionados y sin modificar sus características físicas. A tal fin, se clasificarán distintas alternativas de solución, descartando aquellas que requieran mayores requerimientos de poder de cómputo, o de alguna actualización en el sistema operativo o el uso de algún software propietario.

Por considerarse el tiempo como un factor crucial en el desarrollo de este proyecto, se estableció la metodología PRINCE2 como la más adecuada para la realización del mismo.

El éxito estará determinado cuando se tenga la satisfacción de los estudiantes durante la realización de sus prácticas y que el laboratorio virtual a implementar pueda replicarse a otros equipos.

## METODOLOGÍA

PRINCE2 (*Projects In Controlled Environment*, por sus siglas en inglés. versión 2), fue la metodología elegida para el desarrollo de este proyecto.

Esta metodología surge en Europa, específicamente Inglaterra, como una forma distinta de estandarizar, formular y desarrollar proyectos con fines comerciales de distintas magnitudes. (APN GROUP, 1989).

Posteriormente, el gobierno británico adopta y adapta esta metodología, y se la hace propia para el desarrollo de proyectos gubernamentales, que en un inicio fueron exclusivos del área de Tecnologías de la Información. Sin embargo, fue expandiéndose hasta emplearse como estándar en todas las entidades del País, indistintamente del tipo de proyecto a desarrollar.

La metodología está fundamentada en tres conceptualidades: procesos, componentes y técnicas.

De estas, solo con fines de información y por la extensión limitada, el trabajo se delimitará a los procesos.

Los procesos que la integran son los siguientes:

1. Puesta en marcha del proyecto.
2. Inicio del proyecto.
3. Dirección del proyecto.
4. Control de las fases del proyecto.
5. Gestión de la entrega del proyecto.
6. Gestión de los límites del proyecto.

## 7. Cierre del proyecto.

### **FASES DEL DESARROLLO**

#### 1. Puesta en marcha del proyecto.

El proyecto día inicio con el inicio del ciclo escolar 202301, en la asignatura de programación de bases de datos, durante la revisión de los equipos de cómputo en el laboratorio P2 de la UJAT – DACYTI.

De esta fase se concluyó la diversidad de herramientas que se encontraban disponibles para las prácticas y las distintas versiones de cada una de ellas. Lo que implicaría un problema al momento de estandarizar la ejecución de las prácticas. De igual forma, al iniciar el servicio de gestor de base de datos y las herramientas de administración del mismo, el equipo de cómputo presentaba inestabilidad por saturación de memoria principalmente.

#### 2. Inicio del proyecto.

Se prevé la necesidad de encontrar alternativas que permitan a profesores y estudiantes realizar las prácticas requeridas en la asignatura de programación de base de datos; mismas alternativas que servirán para todas las que se encuentran dentro del bloque de Tratamiento de la Información en las currículas de IIA e ISC. Para ello, se toman como premisas: se deben de estandarizar las herramientas de software a emplear, deben ser factibles y tener un rendimiento adecuado en los equipos del laboratorio de cómputo asignado. Estos equipos están limitados a un procesador Intel i3, 4 GigaBytes de memoria RAM y 360 GigaBytes de almacenamiento en disco duro.

#### 3. Dirección del proyecto.

Basándose en la necesidad de realizar las prácticas de laboratorio y con el tiempo en contra por el ciclo escolar ya en curso, el proyecto se describe como requerido, urgente y viable, siempre que se emplee con herramientas que no impliquen un costo financiero para la institución. Este proyecto, nació y fue desarrollado en cada una de sus fases por los autores del trabajo.

#### 4. Control de las fases del proyecto.

Las fases ejecutadas en el proyecto fueron:

- Análisis de requerimientos.
- Disponibilidad de recursos.
- Análisis de alternativas de uso libre.
- Determinación de productos entregables.
- Integración del laboratorio virtual.
- Pruebas de prácticas en el laboratorio virtual.
- Replicación del laboratorio virtual a cada equipo de cómputo en el laboratorio P2.

#### 5. Gestión de la entrega del proyecto.

Al concluir las fases del proyecto, y determinar que el laboratorio virtualizado cumplía con su objetivo. Este fue puesto a disponibilidad de los estudiantes del grupo, quienes lo replicaron en los equipos. Pusieron en marcha y evaluaron la utilidad del laboratorio. Por último, las prácticas requeridas dentro de la asignatura fueron realizadas con éxito.

#### 6. Gestión de los límites del proyecto.

Los profesores que desarrollaron el proyecto de integración del laboratorio virtual pudieron constatar bajo palabra de los estudiantes usuarios del laboratorio virtual, que la plataforma implementada era útil y permitía desarrollar las prácticas de la asignatura. Sin embargo, es importante señalar que no se puede garantizar que la herramienta funcione con otros gestores de ambientes virtuales, aunque el laboratorio sea exportado via OVA; así como también, se limitó exclusivamente al uso de consola dentro del laboratorio, con la finalidad de reducir el consumo de memoria por el ambiente gráfico.

#### 7. Cierre del proyecto.

Una vez entregado el laboratorio virtual, replicado a cada equipo de cómputo, evaluado por el cliente (estudiante de la asignatura), y dada la conformidad del mismo, el proyecto se dio por concluido.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Por políticas del propio laboratorio, no es posible realizar cambios a las aplicaciones ya instaladas en los equipos de cómputo. Por lo tanto, se empleará el Oracle VirtualBox versión 6.1 para la implementación de la máquina que contendrá el laboratorio virtual.

Por las limitaciones en los recursos disponibles en los equipos de cómputo asignados para la asignatura, y con la finalidad de no comprometer la estabilidad del sistema host para el laboratorio virtual, se establecieron los siguientes parámetros básicos para la máquina virtual cliente, tal cual se muestra en la figura 1:

Uso de procesador: 70% máximo.

Número de núcleos: 1.

Memoria RAM: 1.5 Gigabytes.

Almacenamiento en disco duro: Hasta 50 Gigabytes en crecimiento dinámico.

Sistema operativo: Ubuntu Server 20.04.3 LTS. Configurado exclusivamente para uso en modo CLI.

Adaptador de red: Tipo NAT

Figura 1

```
carciz@ubuntu-server:~$ neofetch

  .-/+00SSSS00+/-.\
    \:~+SSSSSSSSSSSSSSSSSS+~\
      -+SSSSSSSSSSSSSSSSSSyySSSS+-
        .0SSSSSSSSSSSSSSSSSSdMMMMNySSSS0.
          /SSSSSSSSSSShdmmNNmmyNMMMMhSSSSSS/
            +SSSSSSSSShmydMMMMMMNdoddysSSSSSSSS+
              /SSSSSSSSShNMMMyhhyyyghmNMMMNhSSSSSSSS/
                .SSSSSSSSdMMMNhSSSSSSSSShNMMMdSSSSSSSS.
                  +SSSSShhhyNMMNySSSSSSSSSSSyNMMMySSSSSSSS+
                    0SSyNMMMNyMMhSSSSSSSSSSShmmhSSSSSSSS0
                    0SSyNMMMNyMMhSSSSSSSSSSShmmhSSSSSSSS0
                    +SSSSShhhyNMMNySSSSSSSSSSSyNMMMySSSSSSSS+
                      .SSSSSSSSdMMMNhSSSSSSSSShNMMMdSSSSSSSS.
                        /SSSSSSSSShNMMMyhhyyyghdNMMMNhSSSSSSSS/
                          +SSSSSSSSSdmydMMMMMMNdoddysSSSSSSSS+
                            /SSSSSSSSSSShdmmNNmmyNMMMMhSSSSSS/
                              .0SSSSSSSSSSSSSSSSSSdMMMMNySSSS0.
                                -+SSSSSSSSSSSSSSSSSSyySSSS+-
                                  \:~+SSSSSSSSSSSSSSSSSS+~\
                                    .-/+00SSSS00+/-.\

carciz@ubuntu-server:~$

carciz@ubuntu-server
-----
OS: Ubuntu 20.04.3 LTS x86_64
Host: VirtualBox 1.2
Kernel: 5.4.0-81-generic
Uptime: 9 hours, 37 mins
Packages: 627 (dpkg), 4 (snap)
Shell: bash 5.0.17
Resolution: preferred
Terminal: /dev/tty1
CPU: Intel i3-2370M (1) @ 2.394GHz
GPU: 00:02.0 VMware SVGA II Adapter
Memory: 176MiB / 1483MiB
```

Nota. Información básica del sistema operativo instalado en la máquina virtual. Elaboración propia.

Las herramientas que serán empleadas requieren que en el servidor Ubuntu sea instalado:

- Servidor de páginas web Apache2
- Librerías para el procesamiento de páginas PHP

Además de contener las librerías necesarias para servir páginas PHP. Las dependencias de cada servicio/librería necesaria deberán ser resueltas y configuradas previo a continuar.

En este caso, la instalación y configuración es considerablemente extensa por lo cual se omite para cuestiones de este trabajo.

Para continuar, se debe instalar y realizar la primera configuración del sistema manejador de base de datos. El DBMS propuesto para esta solución es Oracle MySQL Server, tal cual se muestra en la figura 2.

Figura 2

```
carciz@ubuntu-server:~$ sudo apt install mysql-server
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  libcgi-fast-perl libcgi-pm-perl libencode-locale-perl libevent-core-2.1-7
  libevent-pthreads-2.1-7 libcgi-perl libhtml-parser-perl libhtml-tagset-perl
  libhtml-template-perl libhttp-date-perl libhttp-message-perl libio-html-perl
  liblwp-mediatypes-perl libmecab2 libtimedate-perl liburi-perl mecab-ipadic mecab-ipadic-utf8
  mecab-utils mysql-client-8.0 mysql-client-core-8.0 mysql-common mysql-server-8.0
  mysql-server-core-8.0
Suggested packages:
  libdata-dump-perl libipc-sharedcache-perl libwww-perl mailx tinyca
The following NEW packages will be installed:
  libcgi-fast-perl libcgi-pm-perl libencode-locale-perl libevent-core-2.1-7
  libevent-pthreads-2.1-7 libcgi-perl libhtml-parser-perl libhtml-tagset-perl
  libhtml-template-perl libhttp-date-perl libhttp-message-perl libio-html-perl
  liblwp-mediatypes-perl libmecab2 libtimedate-perl liburi-perl mecab-ipadic mecab-ipadic-utf8
  mecab-utils mysql-client-8.0 mysql-client-core-8.0 mysql-common mysql-server mysql-server-8.0
  mysql-server-core-8.0
0 upgraded, 25 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
Need to get 31.7 MB of archives.
After this operation, 262 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n]
```

Nota: Instalación de MySQL Server. Elaboración propia.



Por último, se realizará la instalación y configuración de la herramienta para la manipulación del sistema gestor de la base de datos. Este es PHPMyAdmin, la instalación de esta herramienta requiere la resolución de múltiples dependencias, las cuales deben ser solventadas antes de proceder con la instalación. Un ejemplo de la instalación se puede observar en la figura 3.

**Figura 3**

```
Dependencies resolved.
```

Package	Arch	Version	Repository	Size
Installing:				
phpMyAdmin	noarch	5.1.1-1.fc34	updates	6.4 M
Installing dependencies:				
composer	noarch	2.1.5-1.fc34	updates	427 k
libtidy	x86_64	5.7.28-6.fc34	fedora	241 k
php-PsrLog	noarch	1.1.4-1.fc34	updates	15 k
php-bacon-qr-code2	noarch	2.0.3-2.fc34	fedora	53 k
php-composer-ca-bundle	noarch	1.2.9-2.fc34	fedora	17 k
php-composer-metadata-minifier	noarch	1.0.0-1.fc34	updates	10 k
php-composer-semver3	noarch	3.2.5-1.fc34	updates	29 k
php-composer-spdx-licenses	noarch	1.5.5-2.fc34	fedora	21 k
php-composer-xdebug-handler2	noarch	2.0.2-1.fc34	updates	23 k
php-dasprid-enum	noarch	1.0.3-2.fc34	fedora	17 k
php-gmp	x86_64	7.4.22-1.fc34	updates	43 k
php-google-recaptcha	noarch	1.2.4-3.fc34	fedora	19 k
php-intl	x86_64	7.4.22-1.fc34	updates	207 k

Nota. Resolución de dependencias e instalación de PHPMyAdmin. Elaboración Propia.

Concluido este paso, verificar que la plataforma Web para la administración del sistema gestos de bases de datos MySQL / MariaDB esté funcionando correctamente. Esto se valida abriendo un navegador Web y abrir el sitio Web <http://localhost/phpmyadmin> . Si la instalación y configuración ha sido correcta en el navegador Web se mostrará la pantalla de bienvenida al sistema Web PhpMyAdmin. Para realizar una prueba del laboratorio virtual, se recolectados corresponden a datos clínicos del COVID-19 en México, de manera específica aquellos que se refieren a los datos epidemiológicos para casos COVID-19 positivos y negativos.

La plataforma seleccionada para la descarga de los datos es Kaggle, por lo que con ayuda del navegador Web se introduce la URL <https://www.kaggle.com/marianarfranklin/mexico-covid19-clinical-data> . Este se trata de un dataset de uso público, mantenida por Mariana R Franklin.

En la pantalla principal del sitio, en el menú principal, se localiza la opción Download (46 MB), se selecciona y el navegador procederá con la descarga del archivo nombrado archive.zip.

El archivo CSV que corresponde a los registros de COVID-19 en México, contiene 259756 registros. A su vez, cada registro contiene 41 atributos lo que coloca un total dec650 mil setenta y ocho datos para ser exportados a la base de datos final.

En este paso, a pesar de que se intentó realizar la masificación de la exportación de los datos al MySQL por medio de la herramienta de subida por lotes de PHPMyAdmin, esta presentaba recurrentemente errores. Muchas fueron los cambios de parámetros que se realizaron de manera manual para tratar de solventar este problema, sin embargo, debido a la cantidad de datos que eran exportados por bloques *mas de 10 millones* la plataforma Web siempre llegó a un punto de inestabilidad y mostró un bloqueo completo del sistema.

Para dar solución a este problema, se recurrió a realizar la importación / exportación de datos mediante la consola de MySQL Server, dando como resultado un éxito en el proceso realizado.

A tal fin, en la consola del servidor de bases de datos mediante el comando *LOAD DATA LOCAL INFILE* se realizará la importación de los datos desde el archivo CSV a la relación expediente clínico de la base de datos covid19. Para ello emplearemos lo siguiente, *LOAD DATA LOCAL INFILE '/Carpeta/DondeSeubica/mexico\_covid19.csv' INTO TABLE covid19.expedienteclinico FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n' IGNORE 3 LINES;*

Se debe reemplazar en el primer parámetro la ruta completa donde se localiza en archivo *mexico\_covid19.csv*, el cual debe estar localizado en la carpeta archive dentro de la carpeta *Descargas*.

Para este ejercicio el comando completo a insertar en la consola sería el siguiente

*LOAD DATA LOCAL INFILE*

*'/home/carciz/Downloads/archive/mexico\_covid19.csv' INTO TABLE covid19.expedienteclinico FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n' IGNORE 3 LINES;*

Al terminar de insertar el comando, pulsar ENTER y esperar a que el sistema devuelva el control. De igual manera, deberá mostrar el número de registros exportados dando garantía del proceso realizado, este proceso se puede observar en la figura 4.

Figura 4

```
Copyright (c) 2000, 2018, Oracle, MariaDB Corporation Ab and others.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

MariaDB [(none)]> LOAD DATA LOCAL INFILE '/home/carciz/Downloads/archive/mexico_
covid19.csv' INTO TABLE covid19.expedienteclinico FIELDS TERMINATED BY ',' ENCL
SED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n' IGNORE 3 LINES;
Query OK, 263005 rows affected, 65535 warnings (5.760 sec)
Records: 263005 Deleted: 0 Skipped: 0 Warnings: 392914

MariaDB [(none)]> 
```

Nota. Pantalla de resultados de registros exportados del archivo CSV al sistema manejador de base de datos MySQL MariaDB. Elaboración propia.

Hasta este punto, ya se concluye con una base de datos consistente, y lo suficientemente grande como para realizar las prácticas de explotación de datos marcadas dentro de la asignatura. Como un método más de verificación adicional, mediante el PHPMyAdmin se pueden observar los datos ya exportados, en caso que el usuario así lo desee. Una muestra de ello se presenta en la figura 5.

Figura 5

phpMyAdmin

Recent Favorites

New

covid19

New

expedienteclinico

information\_schema

mysql

performance\_schema

Server: localhost - Database: covid19 - Table: expedienteclinico

Browse Structure SQL Search Insert Export Import Privileges Operations Triggers

Current selection does not contain a unique column. Grid edit, checkbox, Edit, Copy and Delete features are not available.

Showing rows 0 - 24 (259756 total, Query took 0.0012 seconds.)

SELECT \* FROM `expedienteclinico`

Profiling [ Edit inline ] [ Edit ] [ Explain SQL ] [ Create PHP code ] [ Refresh ]

1 > >> Number of rows: 25 Filter rows: Search this table

+ Options

id	FECHA_ARCHIVO	ID_REGISTRO	ENTIDAD_UM	ENTIDAD_RES	RESULTADO	DELAY	ENTIDAD_REGISTRO	ENTIDAD	ABR_ENT	FECHA_J
9269	2020-04-12	00011f	25	25	2	0	25	Sinaloa	SL	2020-04
33333	2020-04-12	00014e	14	14	2	0	14	Jalisco	JC	2020-04
35483	2020-04-12	000153	8	8	1	0	8	Chihuahua	CH	2020-04
7062	2020-04-12	0001b6	9	15	1	0	9	Ciudad	DF	2020-04
23745	2020-04-12	0001c1	9	9	2	0	9	Ciudad	DF	2020-04
5019	2020-04-12	0001d2	19	19	2	0	19	Nuevo L	NL	2020-04
30173	2020-04-12	0001e7	17	17	2	0	17	Morelos	MS	2020-04

Nota. Pantalla de la aplicación PhPMyAdmin donde se muestran registros de la base de datos exportada. Elaboración propia.

## CONCLUSIÓN

El desarrollo de este proyecto permitió, en un principio, a los autores el desarrollo de diversas prácticas de explotación y exploración de datos. Todo esto con el empleo de los equipos de cómputo de escritorio de uso general de los laboratorios.

En un segundo término, ha permitido a los estudiantes llevar a la práctica el desarrollo de prácticas básicas referente al tratamiento de grandes volúmenes de información; mismas que se encuentran integradas a las asignaturas del bloque *Tratamiento de la información*, tanto en la Ingeniería de Sistemas Computacionales como en la Ingeniería en Informática Administrativa.

Durante el proceso de pruebas, los principales problemas fueron la gran latencia y en consecuencia pérdida de conectividad entre el banco de datos, presentado en formato CSV, y el sistema Web que migraba por bloques los datos al sistema gestor de base datos.

De manera específica, el problema se presentaba con la opción Migrar de la herramienta Web PHPMyAdmin.

En problemáticas similares, este problema fue resuelto mediante la manipulación manual de dos opciones en el servidor Web Apache2: primero, maximizar el tiempo de espera del servidor ante la atención en la ejecución de un proceso, mediante el parámetro *TimeOut*; y a su vez, crecer en MegaBytes la cantidad máxima de datos que pueden ser enviados de un navegador al servidor en una misma solicitud, mediante el parámetro *upload\_file\_maxsize*.

Aunque esto presentó una solución parcial, cuando se sobrepasaron la cantidad de 250mil registros para migrar a la base de datos, el sistema generó un error de *Gateway TimeOut*. Mismo que fue recurrente cuando la cantidad de registros fue mayor.

A su vez, el consumo de memoria destinado al servidor virtual se saturó lo que produjo inestabilidad en el Ubuntu Server cliente.

La solución completa, fue dejar a un lado el empleo de las herramientas Web, y el servidor Web Apache, y realizar la migración mediante la consola del gestor de base de datos.

El principal inconveniente de esta solución mediante consola es que requiere una mayor destreza por parte del estudiante para el manejo del sistema y de los procesos que se requieren para la limpieza, clasificación, preparación y migración de los datos.

Sin embargo, la totalidad de prácticas se pudieron realizar con éxito, por lo que se considera cumplidos los objetivos del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

APM GROUP. PProjects IN Controlled Environments. Recuperado el 10 de mayo de 2023, de: <http://www.prince2.org.uk>

Kaggle. (08 de 2021). Kaggle. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de <https://www.kaggle.com/marianarfranklin/mexico-covid19-clinical-data>

México, G. d. (15 de 08 de 2021). Covid 19 México. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de <https://datos.covid-19.conacyt.mx/#DOView>

Oracle. (2021). Oracle MySQL. Recuperado el 10 de 08 de 2023, de <https://www.mysql.com/>

Oracle. (2021). Oracle VirtualBox. Recuperado el 10 de 08 de 2023, de <https://www.virtualbox.org/>

Organization, W. H. (08 de 2021). DataSet del Observatorio Mundial de la Salud. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de <https://covid19.who.int/>

Statista. (2021). Statista. Recuperado el 10 de mayo de 2023, de <https://www.statista.com/statistics/1109180/mexico-coronavirus-cases-state/>

# Diseño Instruccional para Ambiente de Aprendizaje Enriquecido con Impresión 3D en Diseño Estructural de Cimentaciones

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.728

Mariana Angulo Jiménez<sup>1</sup>, Arturo Corona Ferreira<sup>2</sup>, Julio Manuel Barroso Osuna<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [221h20001@alumno.ujat.mx](mailto:221h20001@alumno.ujat.mx)

<sup>2</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [acf02877@docente.ujat.mx](mailto:acf02877@docente.ujat.mx)

<sup>3</sup> Universidad de Sevilla, e-mail: [jbarroso@us.es](mailto:jbarroso@us.es)

**Línea de investigación:** Enseñanza de la Ingeniería

## Resumen

El diseño instruccional es una parte fundamental de cualquier proyecto educativo, ya que en él se organiza y planifica el proceso de enseñanza – aprendizaje a utilizar durante una instrucción. En el ámbito de la formación de ingenieros civiles, las actividades, materiales y recursos deben estar orientados a la mejora del aprendizaje que vaya de la mano con la aplicación práctica del conocimiento. Sin embargo, en diversos estudios se ha encontrado que existe una brecha entre la formación teórica que están recibiendo los estudiantes de la licenciatura en ingeniería civil y la aplicación efectiva de sus conocimientos en situaciones del mundo real. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación es implementar un diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D en la asignatura diseño estructural de cimentaciones en el Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa. La metodología aplicada corresponde al corte cualitativo con enfoque descriptivo. Como instrumento de recolección de datos se realizó una entrevista estructurada a un grupo de estudiantes que se encontraban cursando la asignatura con el fin de obtener datos y analizar tres dimensiones: el diseño instruccional, la fase de empatía en design thinking y conceptos del diseño estructural de cimentaciones. Para analizar los datos se utilizó el software MAXQDA que permitió categorizar y codificar las entrevistas. Los resultados parciales arrojados en esta investigación que aún se encuentra en desarrollo son las características que se deben considerar para el diseño instruccional a implementar.

*Palabras clave:* Diseño instruccional, Impresión 3D, Ingeniería civil, MAXQDA, Procesos de enseñanza.

## Abstract

Instructional design is a fundamental part of any educational project, as it organizes and plans the teaching-learning process to be used during a course. In the field of civil engineering education, activities, materials and resources must be aimed at improving the learning that goes hand in hand with the practical application of knowledge. However, numerous studies have shown that there is a gap between the theoretical training that civil engineering students receive and the effective application of their knowledge in real-life situations. For this reason, the objective of this research is to implement an instructional design for a learning environment enriched with 3D printing in the subject Structural Design of Foundations at the Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa. The methodology applied corresponds to the qualitative part with a descriptive approach. As a data collection instrument, was conducted a structured interview with a group of students who were taking the subject to obtain data and analyze three dimensions: instructional design, the empathy phase in design thinking and concepts of structural design of foundations. To analyze the data was used the software MAXQDA, which allowed the interviews to be categorized and coded. The partial results of this research, which is still under development, are the characteristics that need to be considered for the implementation of Instructional Design.

*Keywords:* 3D Printing, Civil engineering, Instructional design, MAXQDA, Teaching process.

## INTRODUCCIÓN

El Comité Interinstitucional para la Evaluación de la Educación Superior de México (1994) establece que la ingeniería es una profesión en la que, a través del conocimiento y aplicación de las matemáticas y las ciencias naturales, se beneficia a la sociedad desarrollando métodos integrados con el estudio y la experiencia utilizando y transformando los materiales y las fuerzas de la naturaleza.

Por su parte, la ingeniería civil es una rama de las ciencias de la tierra que se encarga del cálculo, diseño, construcción y modelado de las edificaciones. Sin embargo, se han realizado investigaciones donde se señala que los estudiantes universitarios de esta licenciatura cursan asignaturas que requieren operaciones matemáticas abstractas y complejas, cuyos resultados no son interpretados para ser aplicados en la vida real (Brito et al., 2011).

Así mismo, en diversos trabajos de investigación se ha identificado que los estudiantes que cursan alguna especialidad ingenieril aprueban las materias en donde realizan cálculos matemáticos, pero los procedimientos son rápidamente olvidados y distorsionados al no encontrarles relación con alguna solución para una problemática actual (Salinas, 1999). Aunado a ello, Vázquez (2012) asegura que a pesar de que México ocupa el sexto lugar con ingenieros graduados a nivel internacional, estos no cuentan con los conocimientos que a nivel nacional se necesitan para cubrir con las demandas laborales.

También se cuenta con la investigación en la que evaluaban el programa de la especialidad en ingeniería civil de la Universidad Técnica de Cluj-Napota en Rumania, en donde determinaron que los egresados de esta especialidad enfrentaban desempleo o no satisfacían los requisitos para empleos vacantes, lo que indicaba una desalineación entre las expectativas de los empleadores y las habilidades adquiridas en la escuela (Anastasiu et al, 2017) a.

En este contexto, se sugiere que existe una brecha en la educación de ingeniería civil que no está preparando adecuadamente a los estudiantes para aplicar conocimientos de manera innovadora y efectiva en situaciones del mundo real. Por tal motivo, en la presente investigación se busca integrar diferentes metodologías y teorías del aprendizaje con la herramienta tecnológica de impresión 3D en el diseño instruccional de la asignatura diseño estructural de cimentaciones de la licenciatura en ingeniería civil del Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa.

De acuerdo con Smith y otros (2005) el diseño instruccional es la piedra angular de cualquier proyecto educativo, debido a que en él se planifica y organiza el proceso de enseñanza - aprendizaje. De esta manera, la fusión de estrategias de enseñanza – aprendizaje enriquecidas con impresión 3D permitirá que la formación de los alumnos se vea beneficiada al implementarse diversas teorías y metodologías de aprendizaje, preparándolos de manera más eficiente para enfrentar los desafíos complejos del mundo real.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo general de esta investigación es implementar un diseño instruccional para un ambiente de aprendizaje enriquecido con impresión 3D en la asignatura diseño estructural de cimentaciones en el Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa.

Los objetivos específicos que permitirán alcanzar el objetivo general de esta investigación son los siguientes:

1. Evaluar las metodologías Design Thinking, STEM y el Aprendizaje Basado en Problemas aplicadas en el diseño instruccional.
2. Integrar la tecnología de impresión 3D en el proceso de enseñanza de los conceptos del diseño estructural de cimentaciones.
3. Obtener retroalimentación y opiniones de los estudiantes sobre la experiencia de aprendizaje.

## OBJETO DE ESTUDIO

Esta investigación se aplicó a un grupo de estudiantes que cursaban la asignatura diseño estructural de cimentaciones de la licenciatura en ingeniería civil del Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa en el estado de Tabasco.

## METODOLOGÍA

La metodología seguida en este proyecto corresponde al tipo descriptiva, con un enfoque cualitativo. El estudio adopta un enfoque interdisciplinario que converge los principios del diseño instruccional, la metodología Design Thinking, y los conceptos fundamentales del diseño estructural de cimentaciones. El objetivo es analizar estas tres dimensiones cruciales: la efectividad del diseño instruccional implementado, la aplicación práctica de la fase de empatía en Design Thinking, y la comprensión y aplicación de conceptos relacionados con el diseño estructural de cimentaciones por parte de los estudiantes.

Para ello, se inició con una revisión literaria sobre los elementos con los que cuentan los diferentes modelos de diseño instruccional, lo que se incluye en la fase de empatía de la metodología Design Thinking y el contenido que abarca la asignatura diseño estructural de cimentaciones. Posteriormente se utilizó una entrevista estructurada para recoger datos, centrada en la planificación y ejecución de lecciones, desafíos enfrentados y el impacto percibido en el aprendizaje de los estudiantes.

Después, las entrevistas fueron analizadas cualitativamente utilizando MAXQDA Analytics Pro para identificar las categorías de análisis con sus respectivas subcategorías basándose en las respuestas de los estudiantes relacionadas con las tres dimensiones a analizar.



## FASES DEL DESARROLLO

La primera fase que se llevó a cabo fue la realización de la entrevista estructurada. Para ello, se revisó la bibliografía pertinente que permitiera la elaboración de la entrevista tomando en cuenta tres dimensiones: El Diseño Instruccional, la Fase Empatía en Design Thinking y el Contenido de la Asignatura Diseño Estructural de Cimentaciones.

Para formular las preguntas de la dimensión diseño instruccional se tomó como base el Modelo Instruccional de Situación Educativa (MISE) propuesto por Rivas (1993). En la relación a las preguntas de la fase empatía en Design Thinking se utilizó la plantilla de entrevistas cualitativas de la página Design Thinking en Español (<https://designthinking.es/entrevistas-cualitativas/>).

El instrumento cuestionario, se construyó considerando tres dimensiones: el diseño instruccional, la fase empatía en design thinking y los conceptos de diseño estructural de cimentaciones. Estas medidas se organizan con el dónde poder construir esquemas de análisis de las entrevistas a fin de identificar conceptos y conocimientos de manera estructurada.

Por último, las preguntas de la dimensión Contenido de la Asignatura Diseño Estructural de Cimentaciones se formularon a partir de los conocimientos más importantes con los que los alumnos deben contar al estar cursando la asignatura.

Las entrevistas dieron para a la segunda fase que fue la aplicación de la entrevista. Para ello, se realizó la visita presencial al Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa y se fueron grabando cada una de las entrevistas en una aplicación móvil.

Por último, en una tercera fase, se realizó la transcripción de las entrevistas en el software Word de Microsoft Office. Esta transcripción se fue realizando de manera individual y a cada una de las entrevistas se les fue dando formato y se corrigieron los errores que tenían en la transcripción.

Posteriormente se continuó con la cuarta fase que consistió en la elaboración de la tabla de categorías de análisis, misma que se observa en la tabla 1. En ella se consideraron las tres dimensiones anteriormente señaladas y cada una de las categorías a analizar. Así mismo, se definen estas categorías y se menciona un ejemplo de cada una de ellas.

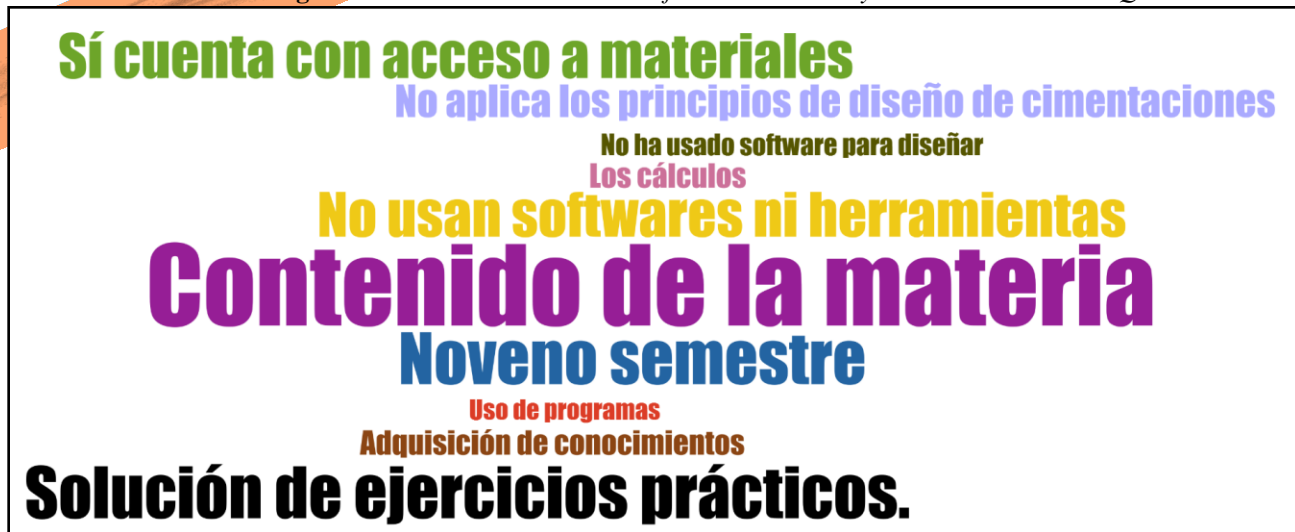
**Tabla 1.** *Tabla de Consolidación de Datos Producto de las Entrevistas.*

Dimensiones	Categorías	Definiciones	Ejemplos
<b>Diseño Instruccional</b>	Semestre cursado	Esta categoría hace referencia al semestre que el estudiante está cursando actualmente.	Entrevista Hombre 01, “¿Qué semestre de la carrera estás cursando? P- Noveno semestre”.
	Colaboración	Esta categoría hace referencia al desarrollo de actividades grupales o colaborativas durante las sesiones.	Entrevista Mujer 03, “¿Cómo te sientes con respecto a la colaboración con tus compañeros en proyectos o actividades grupales? P- Muy bien, la verdad”.
	Materiales, recursos y actividades	Esta categoría hace referencia al uso de diversos materiales, recursos y actividades que los estudiantes utilizan durante las sesiones.	Entrevista Hombre 06, “¿Te has sentido completamente cómodo con los materiales de estudio y las actividades propuestas en esta asignatura? P- Bueno, siento que falta un poco más de material”.
	Metodología de aprendizaje	Esta categoría hace referencia a las actividades que fomentan un mejor aprendizaje a los estudiantes.	Entrevista Mujer 04, “¿Qué tipo de actividades de aprendizaje te resultan más efectivas en esta asignatura? P- Haciendo ejercicios individualmente o comparándolo así de que te dan un ejercicio y tú lo comparas con una construcción o te lo da el profesor y ahí él lo complementa más con más explicación, pues ya queda más claro”.
	Uso de herramientas y softwares	Esta categoría hace referencia al uso de herramientas tecnológicas y softwares que los estudiantes utilizan durante las sesiones.	Entrevista Hombre 08, “¿Utilizan algún software o herramienta relevante en la materia? P- Mayormente el SAP 2000 para cálculos estructurales”.
	Satisfacción con la experiencia de aprendizaje	Esta categoría hace referencia a las percepciones que tienen los estudiantes respecto a la satisfacción con la experiencia de aprendizaje que han tenido en la asignatura.	Entrevista mujer 05, “En general, en una escala del uno al diez. ¿Cómo calificarías tu satisfacción con la experiencia de aprendizaje en esta asignatura? P- Un ocho”.
<b>Fase Empatía en Design Thinking</b>	Necesidades	Esta categoría hace referencia a la identificación de las necesidades que presentan los estudiantes respecto a la asignatura.	Entrevista Hombre 05, “¿Qué necesidades crees que esta asignatura debería abordar para ayudarte a tener un mejor aprendizaje? P- No sé, a lo mejor salir a una construcción para poder ver qué es una cimentación y poder, pues verlo visualmente para que podamos entender más el tema”.
	Desafíos y obstáculos	Esta categoría hace referencia a la identificación de los desafíos y obstáculos que presentan los estudiantes en torno a la asignatura.	Entrevista Hombre 04, “¿Cuáles son los principales desafíos o dificultades que has enfrentado en esta asignatura hasta ahora?”

			<i>Más que nada, la parte teórica. La práctica sí está bien, pero la teórica es la que a veces se me complica, pero dando unas repasadas se me quedan”.</i>
	Motivaciones	Esta categoría hace referencia a la identificación de las motivaciones que presentan los estudiantes al cursar la asignatura.	Entrevista Hombre 07, “¿Qué te motivó a inscribirte a la asignatura diseño estructural de cimentaciones? Pues aparte de que es una materia que tenemos que llevar, pues es como el principio para nosotros, los ingenieros, en saber qué lleva la cimentación”.
	Expectativas previas	Esta categoría hace referencia a la identificación de las expectativas que presentan los estudiantes antes de cursar la asignatura	Entrevista Hombre 03, “¿Tienes alguna expectativa específica de lo que te gustaría lograr al finalizar esta asignatura? P- Lograr las competencias específicas del programa”
	Expectativas al finalizar	Esta categoría hace referencia a la identificación de las expectativas que presentan los estudiantes al finalizar la asignatura	Entrevista Hombre 03, “¿Tienes alguna expectativa específica de lo que te gustaría lograr al finalizar esta asignatura? P- Lograr las competencias específicas del programa”
	Observaciones	Esta categoría hace referencia a las observaciones y comentarios adicionales que los estudiantes externen con respecto a la asignatura.	Entrevista Hombre 10, “¿Tienes algún comentario o información adicional que creas relevante para mejorar esa investigación? P- Pues que sea más dinámico con lo que es el maestro y entre nosotros”.
<b>Conceptos de Diseño Estructural de Cimentaciones de tipo zapata</b>	Aplicación de conceptos claves	Esta categoría hace referencia a la aplicación que realizan los estudiantes respecto a los conceptos claves del diseño estructural de cimentaciones.	Entrevista Mujer 01, “¿Consideras que comprendes los conceptos claves relacionados con el diseño de cimentaciones? P- Pues dentro de lo que cabe, sí”.
	Definición de zapata	Esta categoría hace referencia a la definición que los estudiantes elaboran con respecto a una zapata.	Entrevista Hombre 11, “¿Qué es una Zapata en ingeniería civil? P- Pues una zapata es una estructura encargada de distribuir el peso de una estructura sobre la superficie del suelo”.
	Factores clave para diseño de zapatas	Esta categoría hace referencia a la identificación de los diferentes factores clave que los estudiantes consideran para diseñar zapatas.	Entrevista Mujer 02, “¿Cuáles son los factores claves que se deben considerar al diseñar una Zapata? P- El peso que va a soportar, si es colindante, si es para un muro”.
	Cálculo de capacidad de carga	Esta categoría hace referencia a la importancia del cálculo de la capacidad de carga de una zapata.	Entrevista Mujer 03, “¿Cuál es la importancia de calcular la capacidad de carga de una Zapata? P- Para ver si esta misma va a tener la resistencia óptima para lo que sería la edificación y su uso”.
	Elementos estructurales de una zapata	Esta categoría hace referencia a la identificación de los elementos estructurales de una zapata.	Entrevista Hombre 06, “¿Cuáles son los elementos estructurales con los que cuenta una Zapata? P- El concreto y el acero”.
	Softwares o herramientas para diseñar zapatas	Esta categoría hace referencia al uso de softwares o herramientas que los estudiantes hayan utilizado para el diseño de zapatas.	Entrevista Hombre 09, “¿Qué software o herramienta has utilizado previamente para el diseño de zapatas? P- AutoCAD”.
	Experiencia práctica	Esta categoría hace referencia a experiencias prácticas previas que los estudiantes hayan tenido respecto a proyectos que involucren cimentaciones de tipo zapatas.	Entrevista Hombre 02, “¿Has participado en proyectos de ingeniería civil que involucren el diseño de zapatas? P- Tal vez no directamente, pero sí en la elaboración de una”.

Por último, se realizó la quinta fase correspondiente al análisis cualitativo con la herramienta tecnológica MAXQDA. En este software se importaron cada una de las entrevistas y se fue realizando la codificación de ellas a partir de las categorías previamente señaladas en la tabla 1. Se determinaron las codificaciones con mayor frecuencia y se representaron mediante una nube de palabras para una mejor visualización de estos términos, los cuáles se pueden visualizar en la figura 1.

**Figura 1.** Nube de Palabras de Codificaciones con Mayor Frecuencia en MAXQDA.



## RESULTADOS

Con base en el análisis cualitativo realizado en MAXQDA, se determinaron las categorías y subcategorías más importantes estadísticamente para esta investigación, las cuáles se pueden visualizar en la tabla 2.

**Tabla 2.** Categorías y Subcategorías de Análisis Cualitativo en MAXQDA

Categorías	Subcategorías
Semestre cursado	Noveno semestre
Materiales, recursos y actividades	Sí cuenta con acceso
Metodología de aprendizaje	Solución de ejercicios prácticos
Uso de herramientas y software	No usan softwares ni herramientas
Necesidades	Uso de programas
Desafíos y obstáculos	Los cálculos
Motivaciones	Contenido de la materia
Expectativas al finalizar	Adquisición de conocimientos
Aplicación de principios claves	No aplican los principios claves
Softwares o herramientas para diseñar zapatas	No ha usado software para diseñar

A continuación, se muestran las tres dimensiones analizadas con sus respectivas categorías y subcategorías, así como los resultados de frecuencia en cada una de ellas y las gráficas que representan los porcentajes obtenidos.

### Dimensión Diseño Instruccional.

Esta dimensión hace referencia a los aspectos que se deben considerar en el diseño instruccional de la asignatura, tales como: el *semestre cursado*, actividades en las que se fomenta la *colaboración*, la correcta planeación de los *materiales, recursos y actividades* a realizar, la importancia de la *metodología de aprendizaje*, el *uso de herramientas y softwares* durante el desarrollo de las clases y la evaluación de la *satisfacción de la experiencia de aprendizaje*.

#### Semestre cursado

La categoría semestre cursado hace referencia al semestre que en ese entonces se encontraban cursando los estudiantes que participaron en la entrevista. Se identificaron tres diferentes subcategorías: Noveno semestre, Octavo semestre y Séptimo semestre, las cuales se pueden visualizar en la tabla 3.

**Tabla 3. Subcategoría de la Categoría Semestre Cursado.**

Semestre cursado		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
Noveno semestre	12	75%
Octavo semestre	2	12.5%
Séptimo semestre	2	12.5%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 3 que la mayoría de los estudiantes se encontraban cursando el noveno semestre de la carrera con un 75%. Seguidamente, aparecen los estudiantes que cursaban octavo y séptimo semestre con un porcentaje de 12.5% respectivamente.

#### *Materiales, recursos y actividades.*

La categoría materiales, recursos y actividades hace referencia al uso de diversos materiales, recursos y actividades que los estudiantes utilizan durante las sesiones. En esta categoría se les preguntó a los estudiantes si ellos consideraban que contaban con acceso a recursos y materiales necesarios para el aprendizaje en esta asignatura. Se identificaron tres diferentes subcategorías: Sí cuenta con acceso a materiales, Más o menos cuenta con acceso a materiales y No cuenta con acceso a materiales, las cuales se pueden visualizar en la tabla 4.

**Tabla 4. Subcategorías de la Categoría Materiales, Recursos y Actividades.**

Materiales, recursos y actividades		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
Sí cuenta con acceso	11	68.75%
Más o menos cuenta con acceso	4	25%
No cuenta con acceso	1	6.25%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 4 que la mayoría de los estudiantes indican que sí cuentan con acceso a materiales y recursos necesarios para la asignatura con un 68.75%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista del Hombre 01 Párrafos 19 y 20: “E- ¿Sientes que tienes acceso a todos los recursos y materiales necesarios para el aprendizaje de esta materia? P - Um, sí, el maestro nos comparte la información que él trae y pues la escuela, pues nos brinda lo que es una biblioteca y pues podemos acceder a libros que ellos tienen.” Seguidamente, se encuentran los estudiantes que consideran que más o menos tienen acceso a materiales y recursos necesarios para la asignatura con un 25% y sólo un estudiante con el 6.25% manifestó que no contaba con el acceso a los materiales y recursos necesarios para la asignatura.

#### *Metodología de aprendizaje*

La categoría metodología de aprendizaje hace referencia a las actividades que fomentan un mejor aprendizaje a los estudiantes. En esta categoría se les preguntó a los estudiantes cuáles actividades les resultaban más efectivas en esta asignatura. Se identificaron cinco diferentes subcategorías: Exposición con diapositivas, Ver videos, Realizar lecturas, Solución de ejercicios prácticos y Que el maestro explique ejercicios, las cuales se visualizan en la tabla 5.

**Tabla 5. Subcategorías de la Categoría Metodología de aprendizaje.**

Metodología de aprendizaje		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
Exposición con diapositivas	1	5.3%
Ver videos	1	5.3%
Realizar lecturas	1	5.3%
Solución de ejercicios prácticos	12	63.1%
Que el maestro explique ejercicios	4	21%
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 5 que la mayoría de los estudiantes indican que la actividad que les resultaba más efectiva para el aprendizaje de esta asignatura era la solución de ejercicios prácticos con un 63.1%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista del Hombre 08 Párrafos 9 y 10: “E- ¿Qué tipo de actividades de aprendizaje te resultan más efectivas en esta asignatura? P - Actividades prácticas como ponernos a resolver ejercicios.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que consideran que la actividad que les resulta más efectiva para el aprendizaje era que el profesor explicara ejercicios con un 21%. En último lugar se encuentran las actividades de exposición con diapositivas, ver videos y realizar lecturas con un 5.3% cada una.

#### Uso de herramientas y software

La categoría uso de herramientas y software hace referencia al uso de herramientas tecnológicas y softwares que los estudiantes utilizan durante las sesiones de esta asignatura. Se identificaron cuatro diferentes subcategorías: No usan softwares ni herramientas, Usan AutoCAD, Usan Excel y Usan SAP 2000, las cuales se visualizan en la tabla 6.

**Tabla 6.** Subcategorías de la Categoría Uso de Herramientas y Software.

Uso de herramientas y software		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
No usan softwares ni herramientas	11	55%
Usan AutoCAD	4	20%
Usan Excel	1	5%
Usan SAP 2000	4	20%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 6 que la mayoría de los estudiantes indican que no utilizan ningún software ni herramienta tecnológica en la asignatura con un 55%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Mujer 01 Párrafos 9 y 10: “E- Hablando del uso de software o de herramientas, ¿las utilizan en el diseño de cimentaciones? P - Bueno, hasta ahorita todavía no hemos utilizado como lo marcan el programa algún software, pero anteriormente como el diseño estructural, sí ya nos habían introducido algunas aplicaciones del software para los diseños de zapatas o Marcos de estructuras o marcos estructurales.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que indican que sí utilizan softwares como AutoCAD y SAP 2000 con un 20% cada uno. En último lugar se encuentra el uso de la herramienta tecnológica Excel con un 5%.

#### Dimensión Empatía

Esta dimensión hace referencia a la fase empatía de la metodología “Design Thinking”, en la cual se deben considerar aspectos como: las *necesidades* que tienen los estudiantes, cuáles han sido los *desafíos* y *obstáculos* que han presentado, cuáles son sus *motivaciones*, que *expectativas previas* tenían antes de cursar la asignatura, *expectativas al finalizar* después de haber cursado la asignatura y conocer sus *observaciones* referentes a la asignatura.

#### Necesidades

La categoría necesidades hace referencia a la identificación de las necesidades que presentan los estudiantes respecto a la asignatura. Se les preguntó si consideraban necesario alguna implementación específica para mejorar su proceso de aprendizaje. Se identificaron seis diferentes subcategorías: Uso de programas, reforzar conceptos y fórmulas, mejorar la didáctica, realizar visita a construcciones, asignar más actividades y sin necesidades, las cuáles se visualizan en la tabla 7.

**Tabla 7.** Subcategorías de la Categoría Necesidades.

Necesidades		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
Uso de programas	5	31.25%
Reforzar conceptos y fórmulas	2	12.5%
Mejorar la didáctica	3	18.75%
Realizar visita a construcciones	2	12.5%
Asignar más actividades	1	6.25%
Sin necesidades	3	18.75%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 7 que la mayoría de los estudiantes indican que su necesidad primordial es utilizar programas o softwares tecnológicos en la asignatura con un 31.25%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 06 Párrafo 20 y 21: “E - ¿Qué necesidades crees que esta asignatura debería abordar para ayudarte a tener un mejor aprendizaje? P - Herramientas multimedia o herramientas tecnológicas más acordes a la materia.”

Seguidamente, aparecen los estudiantes que consideran necesario mejorar la didáctica por parte del profesor con un 18.75%. Con ese mismo porcentaje se encuentran los estudiantes que señalan que no tienen alguna necesidad en específico que se deba implementar para mejorar su aprendizaje.



Por otro lado, se encuentran los estudiantes que mencionaron que se deben reforzar los conceptos y las fórmulas vistas en clases con un 12.5%. De igual manera, un 12.5% de los estudiantes señalaron la necesidad de realizar más visitas a construcciones para mejorar su aprendizaje. Por último, tenemos la necesidad de asignar más actividades para mejorar el aprendizaje con un 6.25%.

#### *Desafíos y obstáculos*

La categoría desafíos y obstáculos hace referencia a la identificación de los desafíos y obstáculos que presentan los estudiantes en torno a la asignatura. En esta categoría se les preguntó a los estudiantes que mencionaran los principales desafíos y obstáculos que enfrentaban durante el curso de la asignatura. Se identificaron siete diferentes subcategorías: El nivel de complejidad, los cálculos, el diseño y elaboración de planos, sin desafíos ni obstáculos, continuación de saberes previos, falta de un libro y la teoría, las cuales se visualizan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Subcategorías de la Categoría Desafíos y Obstáculos.

Desafíos y obstáculos		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
Nivel de complejidad	1	6.25%
Los cálculos	7	43.75%
Diseño y elaboración de planos	1	6.25%
Sin desafíos ni obstáculos	2	12.5%
Continuación de saberes previos	2	12.5%
Falta de un libro	1	6.25%
La teoría	2	12.5%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 8 que la mayoría de los estudiantes indica que el mayor desafío y obstáculo al que se han enfrentado en la asignatura son los cálculos, con un 43.75%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Mujer 04 Párrafos 8 y 9: “E - ¿Cuáles son los principales desafíos o dificultades que has enfrentado en esta asignatura hasta ahora? P - En cuestiones de, por ejemplo, en los cálculos que a veces hay condiciones que se tienen que tomar y como que ahí me confunde en momentos, pero todo lo demás lo normal.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que mencionan que la continuación de saberes previos es lo que más se les ha dificultado con un 12.5%. Con el mismo porcentaje están los estudiantes que consideran como principal desafío y obstáculo la teoría y otra porción de estudiantes con el mismo porcentaje indica que no se les ha presentado ningún desafío. Por último, se encuentran los estudiantes que señalan como principales desafíos el nivel de complejidad, el diseño y elaboración de planos y la falta de un libro, cada subcategoría con un porcentaje de 6.25%.

#### *Motivaciones*

La categoría motivaciones hace referencia a la identificación de las motivaciones que presentan los estudiantes al cursar la asignatura. En esta categoría se les preguntó a los estudiantes qué los motivó a inscribirse a esta asignatura, qué aspectos de la asignatura encontraban más motivadores y qué es lo que más les ha gustado. Se identificaron cuatro diferentes subcategorías: Trayectoria del profesor, Importancia de la asignatura en la carrera, el Contenido de la materia y por Seguimiento de retícula, las cuales se visualizan en la tabla 9.

**Tabla 9.** Subcategorías de la Categoría Motivaciones.

Motivaciones		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
Trayectoria del profesor	8	22%
Importancia en la carrera	4	11%
Contenido de la materia	15	40%
Seguimiento de retícula	10	27%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 9 que la mayoría de los estudiantes indican que la mayor motivación al cursar la asignatura es el contenido de la materia con un 40%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 03 Párrafo 13: “E - ¿Qué aspectos de la asignatura encuentras más motivadores? ¿Qué te ha gustado más hasta el momento? P - De la asignatura, bueno, la parte de ver esa parte, bueno, yo no la había visto anteriormente en ninguna otra asignatura. La parte de cómo se define qué tipo de cimentación vas a utilizar, cómo son los aspectos a considerar o cómo eliges una cimentación, ¿No?, pero darle la forma como tal a esa cimentación y cómo va a funcionar y cómo se va a comportar, esa es una de las partes más buenas.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que revelan que su motivación por cursar la asignatura es por seguimiento de retícula con un 27%. Así mismo, se tienen estudiantes que comentan que la motivación de ellos hacia la asignatura se la acreditan a la trayectoria del profesor con un 22%. Por último, están los estudiantes que señalan que la importancia de la asignatura en la carrera es su mayor motivación, con un 11%.

#### *Expectativas al finalizar*

La categoría expectativas al finalizar hace referencia a la identificación de las expectativas que presentan los estudiantes al finalizar la asignatura. Se les preguntó a los estudiantes si contaban con alguna expectativa de lo que les gustaría lograr al finalizar la asignatura. Se identificaron tres diferentes subcategorías: Adquisición de conocimientos, Sin expectativas al finalizar y Aplicación del aprendizaje, las cuales se visualizan en la tabla 10.

**Tabla 10.** Subcategorías de la Categoría Expectativas al Finalizar.

Expectativas al finalizar		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
Adquisición de conocimientos	7	47%
Sin expectativas al finalizar	3	20%
Aplicación del aprendizaje	5	33%
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 10 que la mayoría de los estudiantes indican que su expectativa al finalizar la asignatura es adquirir los conocimientos que se marcan en el programa con un 47%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 6 Párrafos 22 y 23: “E - ¿Tienes alguna expectativa específica de lo que te gustaría lograr al finalizar esta asignatura? P - Pues el dominio total de lo que es la materia diseño de cimentaciones.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que su expectativa al finalizar la asignatura es aplicar el aprendizaje adquirido con un 33%. Posteriormente, están los estudiantes que no tenían alguna expectativa al finalizar la asignatura con un 20%.

#### **Dimensión Diseño estructural de cimentaciones**

Esta dimensión hace referencia a contenidos de la asignatura diseño estructural de cimentaciones, dentro de los cuales se encuentran: la aplicación de principios claves de la asignatura, la definición de zapata, los factores claves para el diseño de zapatas, la importancia del cálculo de capacidad de carga de una zapata, los elementos estructurales de una zapata, el uso de softwares o herramientas para diseñar zapatas y la experiencia práctica.

##### *Aplicación de principios claves*

La categoría aplicación de principios claves hace referencia a la aplicación que realizan los estudiantes respecto a los principios claves del diseño estructural de cimentaciones. Se les preguntó si durante las sesiones aplicaban los principios claves del diseño estructural de cimentaciones. Se identificaron dos diferentes subcategorías: Sí aplican los principios claves y No aplican los principios claves, las cuales se visualizan en la tabla 11.

**Tabla 11.** Subcategorías de la Categoría Aplicación de Principios Claves.

Aplicación de principios claves		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
Sí aplican los principios claves	7	44%
No aplican los principios claves	9	56%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 11 que la mayoría de los estudiantes indican que no aplican los principios claves del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas con un 56%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Mujer 01 Párrafos 7 y 8: “E - Durante las sesiones, ¿aplicas los principios del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas o de situaciones apegadas a lo que se vive realmente en una construcción? P - Pues eso sí, es un problema, principalmente porque ahora sí que muchas clases se llevan solo teóricamente y a partir de ejercicios teóricos sin ponernos a la visualización de lo que es en el campo o la vida real, situaciones que se suelen presentar en el proceso. Así pues, normalmente no lo vemos, simplemente es el ejercicio desarrollarlo tal cual teóricamente nunca presenta esos problemas.”

Seguidamente, aparecen los estudiantes que consideran que sí aplican los principios claves del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas con un 44%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 1 Párrafo 5: “E - Durante las sesiones, ¿aplicas los principios del diseño estructural de cimentaciones en situaciones prácticas o situaciones apegadas a lo que se vive en una construcción? P - En términos de prácticos, en este caso dentro de la materia, sí.”

*Softwares o herramientas para diseñar zapatas*

La categoría softwares o herramientas para diseñar zapatas hace referencia al uso de softwares o herramientas que los estudiantes hayan utilizado para el diseño de zapatas. Se les preguntó a los estudiantes si ya habían utilizado algún software o herramienta tecnológica para diseñar zapatas. Se identificaron cuatro diferentes subcategorías: SAP 2000 para diseñar, Excel para diseñar, AutoCAD para diseñar y No ha usado software para diseñar, las cuáles se observan en la tabla 12.

**Tabla 12.** Subcategorías de la Categoría Softwares o Herramientas para Diseñar Zapatas.

Softwares o herramientas para diseñar zapatas		
Subcategoría	Frecuencia	Porcentaje
SAP 2000 para diseñar	3	20%
Excel para diseñar	1	7%
AutoCAD para diseñar	5	33%
No ha usado software para diseñar	6	40%
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100%</b>

Se observa en la tabla 12 que la mayoría de los estudiantes indican que no han algún software o herramienta tecnológica para diseñar zapatas con un 40%. Un ejemplo de esta respuesta se tiene en la entrevista de Hombre 04 Párrafos 39 y 40: “E - ¿Qué software o herramienta has utilizado previamente para diseñar zapatas? P - Hasta el momento no he ocupado ninguna.”

Seguidamente, se encuentran los estudiantes que ya han utilizado el software AutoCAD para diseñar zapatas con un 33%.

Posteriormente, están los estudiantes que anteriormente han utilizado el software SAP 2000 para diseñar zapatas con un 20%. Por último, sólo un estudiante mencionó que ha utilizado el software Excel para diseñar zapatas con un 7%.

## DISCUSIÓN

Una de las interpretaciones que es importante señalar de los resultados abordados en la sección anterior, es en la categoría de metodología de aprendizaje en donde la mayoría de los estudiantes señalaron que la actividad que les permite lograr un mejor aprendizaje es la solución de ejercicios prácticos. Por lo que, en esta investigación se está considerando la implementación de estrategias de aprendizaje activas como lo es el aprendizaje basado en problemas, para que los estudiantes pongan en práctica los contenidos aprendidos en la asignatura con la solución de algún problema en particular que sea similar a lo que el estudiante vivirá en su futuro laboral.

Así mismo se puede observar que hay una necesidad en la formación que están recibiendo los estudiantes de ingeniería civil por utilizar softwares y herramientas tecnológicas, ya que en la categoría de uso de softwares y herramientas tecnológicas la mayoría señaló que no las utilizan. Investigaciones como la de González (2018) señalan que si en su formación académica los ingenieros cuentan con el dominio de softwares para modelado y diseño de estructuras ellos tendrán las habilidades tecnológicas requeridas para el ambiente laboral. Por tal razón, se está poniendo en esta investigación la implementación de impresión en 3D para que los estudiantes adquieran la competencia del uso de software.

De igual forma, en la categoría de desafíos y obstáculos la mayoría de los estudiantes señalaron que los cálculos han sido lo que más se les ha dificultado en la asignatura. Esta dificultad se puede abordar si en el diseño instruccional se considera la implementación de un ciclo de aprendizaje experiencial. Kolb (2014) indica que el aprendizaje experiencial no solo enriquece la comprensión teórica, sino también fomenta habilidades esenciales de resolución de problemas y promueve el desarrollo de la innovación.

## CONCLUSIÓN

Como se pudieron observar en las subcategorías analizadas, el diseño instruccional de la asignatura diseño estructural de cimentaciones que debe implementarse en esta investigación debe atender las siguientes características: Diseñado para abarcar una población de estudiantes que estén cursando noveno semestre de la licenciatura en ingeniería civil.

- Garantizar que se proporcionen los materiales, recursos y actividades necesarios para el aprendizaje.
- Fomentar la solución de ejercicios prácticos durante las sesiones.
- Implementar el uso de softwares y herramientas tecnológicas en la asignatura.
- Hacer énfasis en las dificultades presentadas en la realización de los cálculos.
- Recalcar la importancia del contenido de la materia.
- Tomar en cuenta la expectativa de lograr la adquisición del conocimiento de la asignatura.
- La aplicación de los principios claves de la asignatura durante las sesiones.

Por lo tanto, una vez que ya se han definido las características con las que debe contar el diseño instruccional de la asignatura, el trabajo a futuro será la correcta integración de las teorías, metodologías y estrategias de enseñanza – aprendizaje que se articulen en conjunto para cubrir con estas características y lograr llevar a cabo la implementación completa de la investigación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Anastasiu, Livia, Alexandra Anastasiu, Mihaela Dumitran, Codruța Crizboi, Alexandra Holmaghi, and Maria Nicoleta Roman. 2017. "How to Align the University Curricula with the Market Demands by Developing Employability Skills in the Civil Engineering Sector." *Education Sciences* 7(3):74.
- Brito-Vallina, María Lucía, Isidro Alemán-Romero, Elena Fraga-Guerra, José Luís Para-García, and Ruth Irene Arias-de Tapia. 2011. "Papel de La Modelación Matemática En La Formación de Los Ingenieros." *Ingeniería Mecánica* 14(2):129–39.
- Design Thinking en Español, Recuperado de <https://designthinking.es/entrevistas-cualitativas/>
- González, Alejandro. 2018. "6 Desafíos Que Enfrentarás Al Estudiar Ingeniería Civil." Retrieved (<https://blogs.unitec.mx/vida-universitaria/desafios-que-tendras-al-estudiar-ingenieria-civil-en-la-universidad.smart.smart.smart.smart/>).
- Kolb, David A. 2014. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. FT press.
- Rivas, F. 1993. "Modelo Integrado de Situación Educativa (MISE): Una Aproximación Desde La Psicología de La Instrucción." *Psicología, Mitopsicología y Postpsicología* 293–338.
- Smith, Karl A., Sheri D. Sheppard, David W. Johnson, and Roger T. Johnson. 2005. "Pedagogies of Engagement: Classroom-based Practices." *Journal of Engineering Education* 94(1):87–101.
- de Thierry, Rocío Llarena. 1994. "La Evaluación de La Educación Superior En México." *Revista de La Educación Superior* 23.
- Vázquez Lizárraga, Rosa Isela. 2012. "¿Qué Ingenieros Necesita México?" *Innovación Educativa (México, DF)* 12(60):125–35.

Simón Javier Hernández-Gaspar, Oscar Chávez-Bosquez, Betania Hernández-Ocaña

*División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,*  
[simon.hernandez@ujat.mx](mailto:simon.hernandez@ujat.mx) [oscar.chavez@ujat.mx](mailto:oscar.chavez@ujat.mx) [betania.hernandez@ujat.mx](mailto:betania.hernandez@ujat.mx)

## Línea de investigación: Inteligencia Artificial

### Resumen

La insuficiencia renal crónica (ERC, por Enfermedad Renal Crónica) es una enfermedad devastadora que no tiene cura, que requiere de un trasplante de riñón y que, si no es tratada adecuadamente, puede llevar a la muerte al paciente. Para realizar un estudio exploratorio de la variables relacionadas con esta enfermedad, utilizó un dataset público que fue obtenido del repositorio UCI (UC Machine Learning Repository), el cual consta de 400 instancias, 24 atributos y una clase con dos salidas, enfermo o no enfermo. El análisis se desarrolló en la plataforma Kaggle, la cual cuenta con una máquina virtual donde es posible ejecutar notebooks Jupyter escritas en el lenguaje de programación Python. En particular se utilizó la biblioteca Pandas para manipular y analizar los datos, así como las bibliotecas Matplotlib y Seaborn para visualizar cada una de las variables por medio de gráficos. En este artículo se analizan a detalle cada una de las 11 variables numéricas incluidas en el dataset, y en particular, dos variables nominales: diabetes mellitus (dm) y la clase. La variable dm resultó tener particularidades en sus valores. Se observa que todas las variables tienen valores nulos y valores faltantes indicados con un signo de interrogación (?), exceptuando la clase. Se concluye que el dataset está desbalanceado (250 enfermos contra 150 no enfermos) y que requiere imputación de datos en todas las variables antes de aplicar algoritmos de aprendizaje automático para desarrollar modelos de pronóstico de la enfermedad.

*Palabras clave:* Análisis exploratorio de datos, dataset, insuficiencia renal, plataforma Kaggle.

### Abstract (En esta sección se traduce al inglés el resumen anterior)

Chronic Kidney Disease (CKD) is a devastating disease that has no cure, requires a kidney transplant and, if not treated properly, can lead to the patient's death. To carry out an exploratory study of the variables related to this disease, a public dataset selected from the UCI repository (UC Machine Learning Repository) was used. The dataset consists of 400 instances, 24 attributes and a class with two outputs, sick or not sick. The analysis was developed on the Kaggle platform, which has a virtual machine where it is possible to run Jupyter notebooks written in the Python programming language. In particular, the Pandas library was used to manipulate and analyze the data, as well as the Matplotlib and Seaborn libraries to visualize each of the variables through graphs. This article analyzes in detail each of the 11 numerical variables included in the dataset, and in particular, two nominal variables: diabetes mellitus (dm) and the class. The dm variable turned out to have particularities in its values. We observed that all variables have null values, and some of them have missing values indicated with a question mark (?), except for the class. We concluded that the dataset is unbalanced (250 patients versus 150 non-patients) and that data imputation is required in all variables before to apply machine learning algorithms to develop predictive models of the disease.

*Palabras clave:* Análisis exploratorio de datos, dataset, insuficiencia renal, plataforma Kaggle.



## INTRODUCCIÓN

Para que un paciente llegue a tener insuficiencia renal (ERC), debe de pasar por 5 estados, es decir, desde un menor daño de los riñones hasta el 5° estado, que es donde existe un daño más severo y el paciente tiene que ingresar en algún tratamiento sustitutivo, que son: diálisis peritoneal domiciliaria, hemodiálisis y trasplante renal.

La Diabetes en Tabasco es la primera causa de ERC, pero no podemos descartar otros factores que causan la ECR en el Estado, como lo es la hipertensión, infecciones urinarias crónicas, riñones poliquísticos, litiasis renal, hipertensión en el embarazo (preeclampsia) y lupus eritematoso sistémico.

Del año 2018 al año 2021 en Tabasco se han registrado 671 casos de insuficiencia renal. Los registros se duplicaron en el año 2020 y se triplicaron durante el año 2021, respecto al año 2019 y 2018. En ese mismo tiempo las muertes por problemas renales han llegado a más de mil defunciones en los últimos cuatro años.

Es por esa razón que interesa saber el comportamiento de la enfermedad de insuficiencia renal, para prevenir y se dé un tratamiento adecuado a los ciudadanos con alto índice de probabilidad de contraer la enfermedad.

Para este análisis se utilizó un dataset público que fue obtenido del repositorio UCI (UC Machine Learning Repository), el cual consta de 400 instancias, 24 atributos y una clase con dos salidas, enfermo o no enfermo. De las 24 variables, 11 son numéricas y 14 son nominales.

El análisis se desarrolló en la plataforma Kaggle, la cual cuenta con una máquina virtual donde es posible ejecutar *notebooks* Jupyter escritas en el lenguaje de programación Python. En particular se utilizó la biblioteca Pandas, la cual una de sus funciones es manipular y análisis de datos, así como las bibliotecas Matplotlib y Seaborn para visualizar cada una de las variables por medio de gráficos. Esto nos permitió comparar las variables para ver su correlación y decidir que variables impactan más acerca de quien pueda tener o no la enfermedad.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo General:

Realizar un análisis exploratorio del dataset *Chronic Kidney Disease* (Insuficiencia renal crónica) para obtener información detallada de las variables que impactan en dicha enfermedad.

Objetivos específicos:

- Implementar técnicas de estadística descriptiva para identificar el comportamiento de cada variable.
- Crear gráficos para la visualización de la distribución de cada una de las variables.

### OBJETO DE ESTUDIO

Para llevar a cabo este estudio se utilizó el dataset *Chronic Kidney Disease* (Insuficiencia renal crónica) del repositorio de UCI (UC Machine Learning Repository), el cual consta de 400 instancias, 24 atributos y una clase con dos salidas, insuficiencia renal o no insuficiencia renal. De las 24 variables, 11 son numéricas y 14 son nominales. Al momento de descargar el dataset no tiene el formato csv, es por ello que, al convertirlo, las variables se cargan automáticamente en formato nominal. ese fue uno de los primeros problemas en el dataset, Para solucionar dichos problemas en las columnas numéricas se utilizó la instrucción `astype('float64')` de la biblioteca Pandas. En la Tabla 1 se muestra cada una de las variables, con su valor de medida y valores faltantes.

**Tabla 1**

Descripción de las variables del dataset

Número	Variable	Significado	Valores	Valores faltantes
1	age	Edad	Años	9
2	bp	Presión arterial	mm/hg	12
3	sg	Gravedad específica	(1.005,1.010,1.015,1.020-1.025)	47
4	al	Albumina	(0, 1, 2,3,4,5)	46
5	su	Azúcar	(0,1,2,3,4,5)	49
6	rbc	Glóbulos rojos	(normal, anormal)	152
7	pc	Cédulas de pus	(normal, anormal)	65
8	pcc	Grupos de células pus	(presente, no presente)	4
9	ba	Bacterias	(presente, no presente)	4
10	bgr	Glucosa en la sangre	mgs/dl	44
11	bu	Urea en la sangre	mgs/dl	19
12	sc	Suero de creatina	mgs/dl	17
13	sod	Sodio	mEq/L	87
14	pot	Potasio	mEq/L	88
15	hemo	Hemoglobina	gms	52
16	pcv	Volumen de glóbulos rojos	Pendiente	71
17	wbcc	Números de glóbulos blancos	Cell/cmm	106
18	rbcc	Números de glóbulos rojos	millones/cmm	131
19	htn	Hipertensión	(si,no)	2
20	dm	Diabetes mellitus	(si,no)	2
21	cad	Arteriopatía coronaria	(si,no)	2
22	appet	Apetito	(bueno.malo)	1
23	pe	Edema de piel	(si,no)	1
24	ane	Anemia	(si,no)	1
25	class	Clase	(insuficiencia renal, no insuficiencia)	0

## METODOLOGÍA

Se usó el análisis exploratorio (EDA, por las siglas en Inglés de *Exploratory Data Analysis*), el cual consiste en los siguientes pasos:

- Identificación de variables
- Análisis univariado
- Análisis Bivariado
- Valores faltantes
- Valores atípicos (*Outliers*)

En este trabajo se realizaron específicamente las 2 primeras fases del EDA: identificación de variables y el análisis univariado.

**Identificación de variables:** Este paso consiste en poder determinar la variable de entrada, junto con la variable de salida, recordemos que es muy importante la calidad del valor de entrada, porque eso nos dará una buena salida. Después hay que saber el tipo de dato y la categoría de cada variable.

**Análisis univariado:** En este paso se realiza la exploración de variable por variable, y este tipo de exploración depende de que tipo de variable:

- Variables numéricas: este tipo de variables se puede analizar usando estadística descriptiva.
- Variables nominales: en este tipo de variables, se usan grafica de barras y tablas de frecuencia para su análisis e interpretación, también es posible leer como porcentaje de los valores en cada categoría.

Las técnicas de exploración de datos tiene como misión maximizar el conocimiento de un conjunto de datos, detectar valores atípicos, anomalías y probar suposiciones adyacentes, también puede minimizar el tiempo de análisis del conjunto de datos, todo lo anterior utilizando una rama de las Matemáticas como lo es Estadística descriptiva. Así mismo, la visualización de las variables ayuda a interpretar de manera gráfica cada variable con mayor facilidad.

## FASES DEL DESARROLLO

El análisis univariado de las variables numéricas se realiza con ayuda de la estadística descriptiva. A continuación se describen las variables cuantitativas del dataset.

**Variable age:** la edad de las instancias del dataset tiene un valor mínimo de 2 años y un valor máximo de 90 años. En la Figura 1a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 50 y 70 años. En la Figura 1b se muestran valores atípicos y la media color verde. Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 51.48

Mediana: 55.0

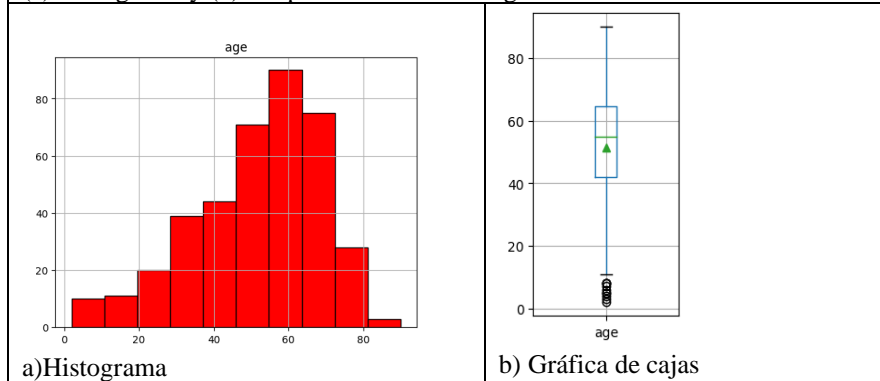
Moda: 0 60.0

Name: age, dtype: float64

Desv estand: 17.17

**Figura 1**

(a) Histograma y (b) boxplot de la variable age



**Variable bp:** La presión arterial (bp por las siglas en inglés de blood pressure) es la fuerza que ejerce contra la pared arterial la sangre que circula por las arterias. La presión arterial incluye dos mediciones: la presión sistólica, que se mide durante el latido del corazón (momento de presión máxima), y la presión diastólica, que se mide durante el descanso entre dos latidos (momento de presión mínima). Primero se registra la presión sistólica y luego la presión diastólica, por ejemplo: 120/80. También se llama presión sanguínea arterial y tensión arterial.

Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 76.47

Mediana: 80.0

Moda: 0 80.0

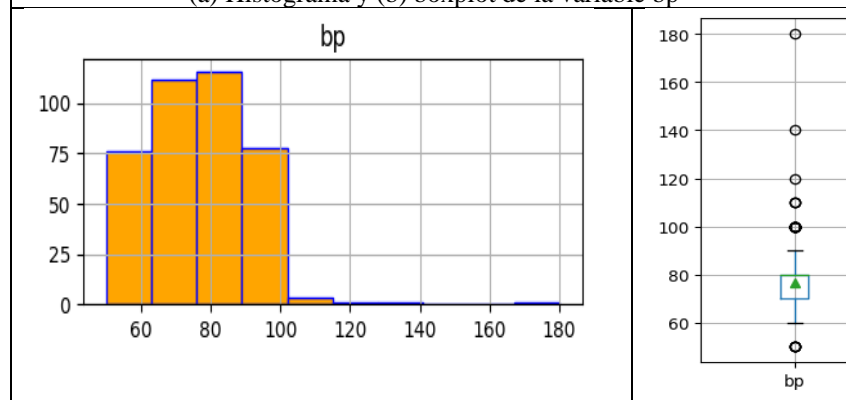
Name: bp, dtype: float64

Desv estand: 13.68

En la Figura 2a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 70 y 90. En la Figura 2b se muestran valores atípicos y la media color verde

**Figura 2**

(a) Histograma y (b) boxplot de la variable bp



**Variable bgr:** La glucosa en sangre (bgr por las siglas en Inglés de blood glucose random ), es el azúcar principal que se encuentra en la sangre. Es la principal fuente de energía del cuerpo y proviene de los alimentos que se consume. El cuerpo descompone la mayor parte de ese alimento en glucosa y la libera en el torrente sanguíneo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que un rango normal de azúcar en la sangre, en ayunas, se encuentra entre los 70 y 100 mg/dl (miligramos por decilitro); un rango de entre 101 y 125 mg/dl es una glucemia basal alterada, algo que se podría considerar como pre diabetes; y un rango de 126 mg/dl o más es diagnóstico de diabetes.

Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 148.04

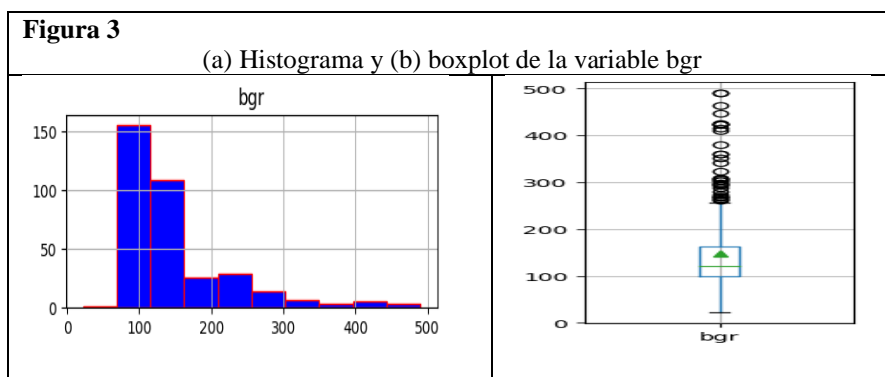
Mediana: 121.0

Moda: 0 99.0

Name: bgr, dtype: float64

Desv estand: 79.28

En la Figura 3a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 90 y 150. En la Figura 3b se muestran valores atípicos y la media color verde



**Variable bu:** El análisis de nitrógeno ureico en sangre (bu, por las siglas en Inglés de *blood urea*) mide la cantidad de nitrógeno en la sangre que proviene de un producto de desecho, llamado urea. La urea se produce cuando se descompone la proteína en el cuerpo. La urea se produce en el hígado y se excreta del cuerpo en la orina. Este estudio se hace cuando existe sospecha que de un problema renal o si particularmente se padece una afección crónica, como diabetes o presión arterial alta.

Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 57.43

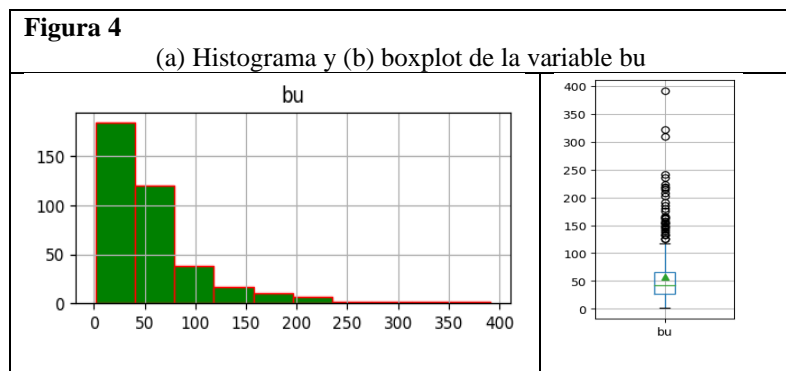
Mediana: 42.0

Moda: 0 46.0

Name: bu, dtype: float64

Desv estand: 50.5

En la Figura 4a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 0 y 50. En la Figura 4b se muestran valores atípicos y la media color verde



**Variable sc:** La creatinina ( sc por las siglas en Inglés de serum creatinine) es una sustancia que se produce a partir de la creatina y el creatinfosfato como resultado de los procesos metabólicos musculares. Muestra el trabajo que realizan los riñones, encargados de absorber esta sustancia en su fase final y luego eliminarla por la orina. Un aumento o descontrol de la creatinina puede indicar problemas renales. Los valores normales varían entre 0,6 y 1,1 mg/dL en las mujeres y 0,7 y 1,3 mg/dL en los hombres.

Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 3.07

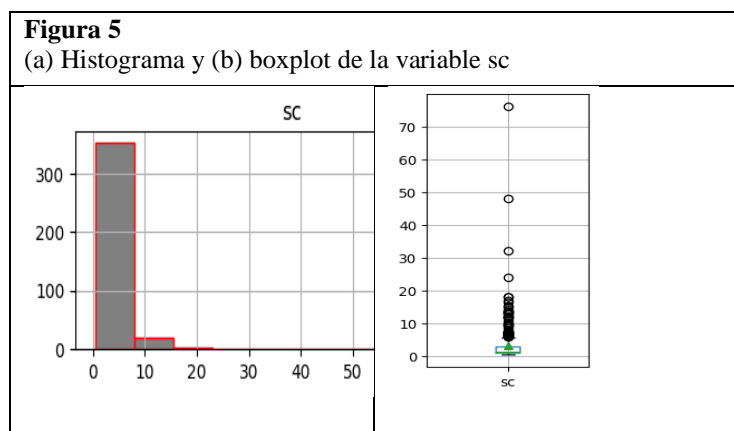
Mediana: 1.3

Moda: 0 1.2

Name: sc, dtype: float64

Desv estand: 5.74

En la Figura 5a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 0 y 8. En la Figura 5b se muestran valores atípicos y la media color verde



**Variable sod:** El sodio (sod por las siglas en Inglés de sodium ) tiene una función clave en el cuerpo. Ayuda a mantener una presión arterial normal y apoya el trabajo de los nervios y músculos, a la vez que regula el equilibrio de líquidos en el cuerpo. Un nivel normal de sodio en la sangre oscila entre 135 y 145 miliequivalentes por litro (mEq/L). Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 137.53

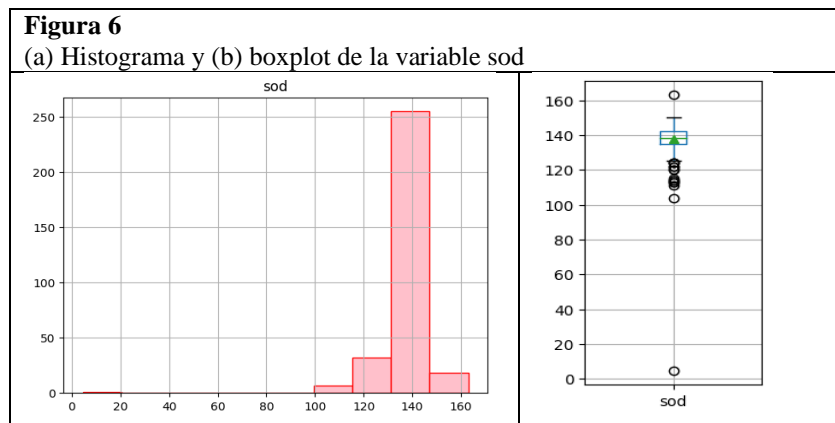
Mediana: 138.0

Moda: 0 135.0

Name: sod, dtype: float64

Desv estand: 10.41

En la Figura 6a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 130 y 145. En la Figura 6b se muestran valores atípicos y la media color verde





**Variable pot:** El potasio (pot por las siglas en inglés de potassium) es un tipo de electrolito. Los electrolitos son minerales con carga eléctrica que ayudan a controlar los niveles de líquidos y el balance de ácidos y bases (equilibrio pH) en el cuerpo. También ayuda a controlar la actividad de los músculos y los nervios y cumplen otras funciones importantes. Los niveles de potasio con frecuencia cambian con los niveles de sodio. Cuando los niveles de sodio aumentan, los niveles de potasio disminuyen, y cuando los niveles de sodio disminuyen, los niveles de potasio aumentan.

Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 4.63

Mediana: 4.4

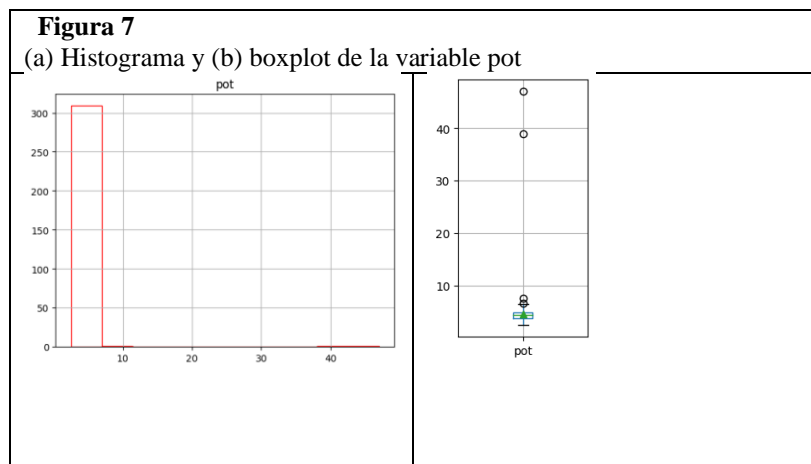
Moda: 0 3.5

1 5.0

Name: pot, dtype: float64

Desv estand: 3.19

En la Figura 7a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 3 y 6. En la Figura 7b se muestran valores atípicos y la media color verde



**Variable hemo:** La hemoglobina (hemo por las siglas en Inglés de hemoglobin) es una proteína del interior de los glóbulos rojos que transporta oxígeno desde los pulmones a los tejidos y órganos del cuerpo; además, transporta el dióxido de carbono de vuelta a los pulmones. Por lo general, la prueba para medir la cantidad de hemoglobina en la sangre forma parte del recuento sanguíneo completo (RSC).

Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 12.53

Mediana: 12.649999999999999

Moda: 0 15.0

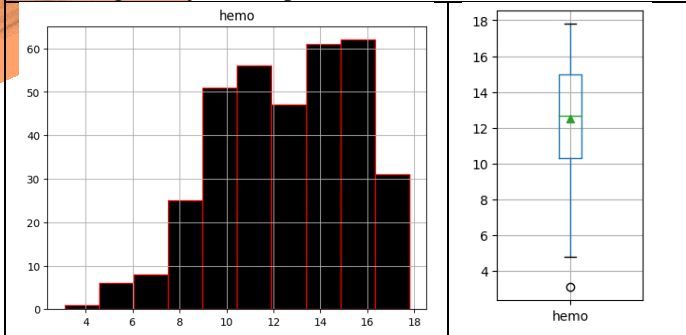
Name: hemo, dtype: float64

Desv estand: 2.91

En la Figura 8a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 13 y 16. En la Figura 8b se muestran valores atípicos y la media color verde

**Figura 8**

(a) Histograma y (b) boxplot de la variable hemo



**Variable pcv:** El volumen de glóbulos rojos (pcv por las siglas en Inglés de packed cell volume) se obtiene mediante un examen que ayuda a diagnosticar diferentes tipos de anemia (bajo número de globulos rojos) y otros problemas de salud que afectan los glóbulos rojos. Mide el número de glóbulos rojos que existen en una muestra de sangre.

Media: 38.88

Mediana: 40.0

Moda: 0 41.0

1 52.0

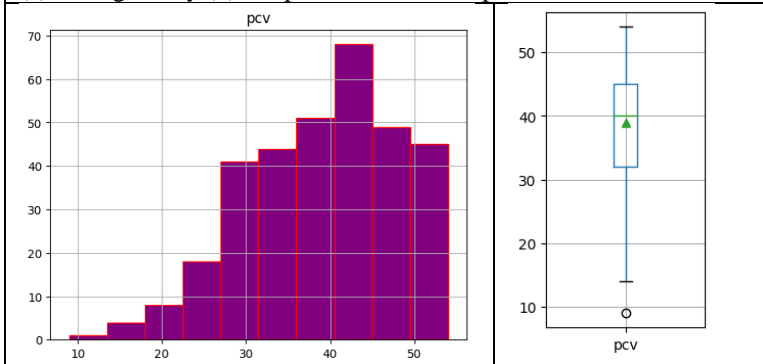
Name: pcv, dtype: float64

Desv estand: 8.99

En la Figura 9a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 35y 48. En la Figura 9b se muestran valores atipicos y la media color verde

**Figura 9**

(a) Histograma y (b) boxplot de la variable pcv



**Variable wbcc:** Es un análisis para medir la cantidad de glóbulos blancos (wbc, por las siglas en Inglés de *white blood cell count*) que tiene en la sangre. Los glóbulos blancos también se llaman leucocitos.

La médula ósea produce glóbulos blancos y los libera al torrente sanguíneo. Estos glóbulos ayudan a combatir las infecciones. Forman parte del sistema inmunitario del cuerpo, que lo mantiene saludable y lo ayuda a mejorarse cuando se enferma. Los glóbulos blancos destruyen virus, hongos o bacterias extraños que ingresan al cuerpo. Los valores obtenidos por el análisis exploratorio son:

Media: 8406.12

Mediana: 8000.0

Moda: 0 9800.0

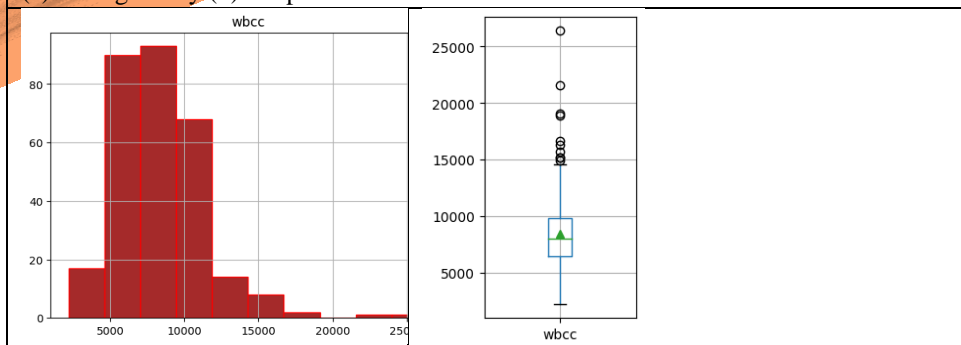
Name: wbcc, dtype: float64

Desv estand: 2944.47

En la Figura 10a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 35y 48. En la Figura 10b se muestran valores atipicos y la media color verde

**Figura 10**

(a) Histograma y (b) boxplot de la variable wbcc



**Columna rbcc:** Es una prueba para medir la cantidad de glóbulos rojos (rbcc, por las siglas en Inglés de *red blood cell count*), o eritrocitos, en la sangre. Los glóbulos rojos cumplen una función esencial en el transporte de oxígeno desde los pulmones hacia el resto del cuerpo, así como en llevar el dióxido de carbono de regreso a los pulmones para exhalarlo.

Por lo general, el recuento de glóbulos rojos se hace como parte de un hemograma completo. Esta es una prueba de detección que permite revisar diversas afecciones médicas.

Media: 4.71

Mediana: 4.8

Moda: 0 5.2

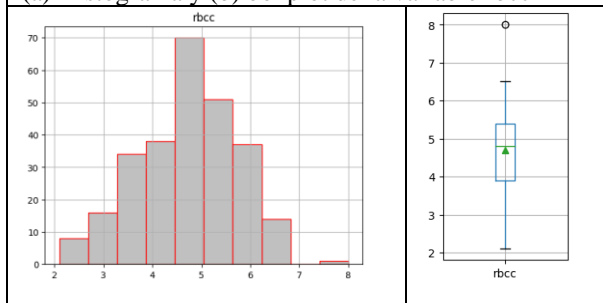
Name: rbcc, dtype: float64

Desv estand: 1.03

En la Figura 11a se observa que la mayor concentración de los pacientes están entre 4.5 y 5.5. En la Figura 11b se muestran valores atípicos y la media color verde

**Figura 11**

(a) Histograma y (b) boxplot de la variable rbcc



**Variable dm:** La *diabetes mellitus* se refiere a un grupo de enfermedades que afectan a la forma en que el cuerpo utiliza el azúcar en la sangre (glucosa). La glucosa es una fuente importante de energía para las células que constan los músculos y los tejidos. También es la principal fuente de combustible del cerebro. La causa principal de la diabetes varía según el tipo. Pero no importa qué tipo de diabetes tengas, puede provocar un exceso de azúcar en la sangre. Demasiado azúcar en la sangre puede provocar graves problemas de salud, como dañar los vasos sanguíneos y los riñones. El análisis de esta variable categórica es:

dm

no 261

yes 136

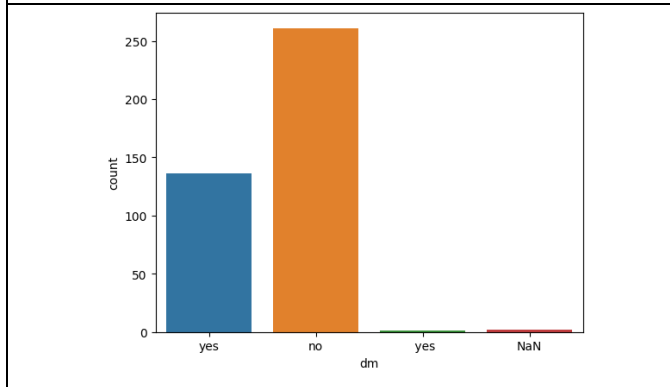
NaN 2

yes 1

Name: count, dtype: int64

En la Figura 12 se observa que el número de pacientes que tienen y las que no la enfermedad, de igual manera podemos observar los nulos y otra irregularidad.

Figura 12 histograma dm



**Variable class:** La clase (*class* por la palabra en Inglés) tiene dos valores los cuales de los cuales un paciente puede tener: insuficiencia renal o no insuficiencia renal (ckd, not ckd).

class

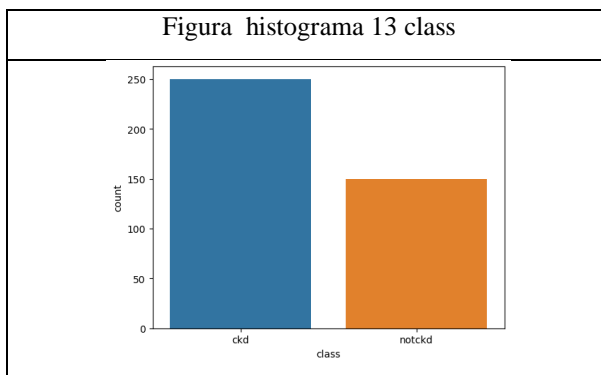
ckd 250

notckd 150

Name: count, dtype: int64

En la Figura 13 se observa que el número de pacientes que tienen y las que no la enfermedad.

Figura histograma 13 class

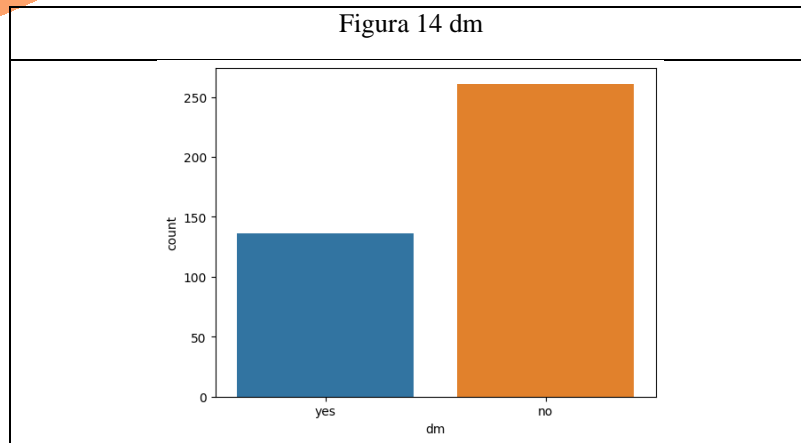


## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizado el análisis univariado de las variables seleccionadas, se encontró que la variable diabetes mellitus (dm), es una variable nominal con dos posibles valores (yes, no), pero cuando se capturó en su estado original, en una instancia aparece “yes” con espacio en blanco y con espacios nulos, lo que hace que en su gráfico de barras aparezcan cuatro barras en lugar de dos.

Para identificar el error, se utilizó la instrucción `dataset[(dataset['dm']!= 'yes') & (dataset['dm']!= 'no')]` para imprimir exactamente en qué fila aparecen los errores. Finalmente, con la instrucción `dataset.drop([30,288,297],inplace=True)` se eliminaron esas filas.

En la Figura 14 se observa que el número de pacientes que tienen y las que no la enfermedad.



Otro detalle encontrado fue en la variable wc, la cual aparece dentro el dataset como wc pero en la descripción se le cambió el nombre a wbcc. Realmente, buscando las siglas en Inglés se encontró que el nombre correcto es wbc.

De manera similar, dentro del dataset se encuentra de la variable rc, pero en la descripción aparece el nombre a rbcc. Buscando las siglas en Inglés se encontró que el nombre correcto es rbc.

### CONCLUSIÓN

En este trabajo se realizó un análisis univariado del dataset KCD. Este proyecto encontró detalles significativos en una variable del dataset y se puede concluir que al analizar las variables tanto numéricas como nominales del dataset KCD se tienen muchos valores nulos, ya que todas las variables tienen al menos 1 valor faltante. Por lo tanto, para futuros trabajos inmediatos que impliquen la creación de modelos predictivos que ayuden a diagnosticar que persona puede tener o no la enfermedad, se debe realizar una imputación de datos en todo el dataset. Para las variables numéricas se propone reemplazar los valores faltantes con la media o mediana, y para las nominales se propone la moda. Los valores faltantes estos pueden disminuir la precisión un modelo o llevar a resultados sesgados, Por último, los valores atípicos puede dar lugar a estimaciones erróneas en el modelo, se propone para eliminarlos hacer una normalización de los datos.

Finalmente, un próximo trabajo que se propone es realizar un análisis bivariado, el cual consiste en analizar la relación que existe entre dos variables, con la intención conocer la relación que hay entre la clase con cada una de las variables del dataset.

### REFERENCIAS

- Mendenhall, William; Beaver, Robert, J; Beave, Barbara, M. (2014). Introducción a la Probabilidad Y Estadística. CENGAGE Learning.
- Myers, Raymond, H.; Walpole, Ronald, E.; Myers, Sharon, L. (2012). Probabilidad Y Estadística para ingeniería y ciencias. PEARSON EDUCACION; Edición 9.
- Géron, Aureliem; (2022). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. O'reilly. Third Edition.
- Deitel, Paul; Deitel, Harvey. (2019). Intro to Python for Computer Science and Data Science: Learning to Program with Ai, Big Data and the Cloud. Pearson; Primera edición.
- Arias, Rodríguez, Manuel. (2023). Hernando. Nefrología Clínica. Medica Panamericana.
- Levey, A., S.; Atkins, R.; Coresh, J.; Cohen, E., P.; Collins, A., J.; Eckardt, K., -U.; Nahas, M., E.; Jaber, B., L.; Jadoul, M.; Levin, A.; Powe, N., R.; Rossert, J.; Wheeler, D., C.; Lameire, N.; EKnoyan, G. (2007,1 Augus). Chronic kidney disease as a global public health problem: Approaches and initiatives – a position statement from Kidney Disease Improving Global Outcomes. P. 247-259. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5002343>
- Instituto Mexicano del Seguro Social. Acuerdo de cooperación técnica IMSS- OPS/OMS. Disponible en [www.imss.gob.mx/NR/rdonlyres/.../convenio\\_cooperacion.pdf](http://www.imss.gob.mx/NR/rdonlyres/.../convenio_cooperacion.pdf) (fecha de consulta 03/06/13, pp.1, 2.)
- ENLACE: Portal de Datos sobre Enfermedades No Transmisibles, Salud Mental, y Causas Externas disponible en <https://www.paho.org/es/enlace/carga-enfermedes-renaes>



# Análisis Comparativo del Rendimiento del Algoritmo Genético con Diferentes Estrategias para Resolver el TSP

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.731

Romeo Valencia Gómez<sup>1</sup>, Cristina López Ramírez<sup>2</sup>, Ricardo Ramos Aguilar<sup>3</sup> <sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/e-mail: [222h21005@alumno.ujat.mx](mailto:222h21005@alumno.ujat.mx)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/e-mail: [cristina.lopez@ujat.mx](mailto:cristina.lopez@ujat.mx)

<sup>3</sup>Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Tlaxcala-IPN/e-mail: [rramosa@ipn.mx](mailto:rramosa@ipn.mx)

**Línea de investigación:** Ciencia de Datos e Internet de las Cosas

## Resumen

El estudio se centra en evaluar y comparar cómo el Algoritmo Genético (AG) se desempeña en la resolución del Problema de Agente Viajero (TSP) utilizando diferentes operadores de cruce, mutación y selección, para determinar cuál estrategia resulta más efectiva en términos de encontrar soluciones de alto desempeño para el TSP. Por cada operador se codificaron cinco estrategias diferentes y se realizaron ocho experimentos donde se combinaron cada estrategia, se midió el rendimiento y para la comparación se eligieron los cinco mejores resultados de cada experimento, donde se pudo observar que el método de selección con mejor desempeño es el método Elitista y Torneo Determinista; del operador de cruce Basado en el Orden y Basado en la Posición; y del operador de mutación, Basada en Cambios y Basada en Desplazamiento.

*Palabras clave:* Algoritmos Genéticos, Metaheurística, Optimización, Problema del Agente Viajero.

## Abstract

The study focuses on evaluating and comparing how the Genetic Algorithm (GA) performs in solving the Traveling Agent Problem (TSP) using different crossover, mutation, and selection operators, to determine which strategy is most effective in terms of finding solutions. high performance for the TSP. For each operator, five different strategies were coded and eight experiments were carried out where each strategy was combined, the performance was measured and for comparison the five best results of each experiment were chosen, where it could be observed that the selection method with the best performance is the Elitist method and Deterministic Tournament; of the Order-Based and Position-Based crossover operator; and the mutation operator, Based on Changes and Based on Displacement.

*Keywords:* Genetic Algorithms, Metaheuristics, Optimization, Traveling Agent Problem.

## INTRODUCCIÓN

El enfoque principal de nuestra investigación radica en la comparación de diversas estrategias implementadas en el AG para abordar el TSP. Explorando distintas variantes de operadores de cruce, mutación y selección, con el objetivo de evaluar cómo estas estrategias impactan en la capacidad del AG para encontrar soluciones óptimas o cercanas a la óptima. El análisis comparativo proporcionará una comprensión más profunda de la eficacia y desempeño de cada estrategia en términos de convergencia, diversidad de la población y calidad de las soluciones obtenidas.

A través de este estudio, se busca identificar las estrategias más exitosas, para poder proporcionar parámetros valiosos para la configuración óptima de AG en problemas similares. La mejora continua de los algoritmos de optimización es esencial para abordar desafíos complejos, y este análisis contribuirá al creciente cuerpo de conocimiento en el campo de la computación evolutiva y la resolución de problemas combinatorios.

Algunos ejemplos típicos son el reparto de correo, la recolección de basura o el transporte escolar; aunque estos problemas no sólo pueden ser aplicados en logística y distribución, sino que también sirven para modelar otras situaciones como la producción de circuitos electrónicos integrados o la secuenciación de tareas (Martínez, 2011).

Las metaheurísticas fueron desarrolladas hacia finales de la década de los 90 y se caracterizan por que realizan un procedimiento de búsqueda para encontrar soluciones de aceptable calidad, mediante la aplicación de operadores independientes del dominio que modifican soluciones intermedias guiadas por la idoneidad de su función objetivo (Rocha, 2011).

## DESARROLLO OBJETIVO GENERAL

Implementar AG al problema del TSP mediante la programación de distintas estrategias de cada operador y la adecuada calibración de los parámetros para medir el rendimiento en cada caso de estudios que permita obtener un desempeño óptimo con la menor distancia posible.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los cinco métodos más utilizados para cada operador utilizados en los AG
- Codificar los algoritmos de cada método para los operadores del AG
- Experimentar y evaluar los resultados, analizando el comportamiento de los resultados generados por cada método, para poder identificar aquellos que tienen mejor desempeño.

## OBJETO DE ESTUDIO:

REALIZAR UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES ESTRATEGIAS PARA LOS OPERADORES DEL AG APLICADO AL TSP.

El objeto de estudio propuesto se centra en la programación y aplicación de una metaheurística de optimización conocida como Algoritmo Genético (AG) para abordar el Problema del Agente Viajero (TSP por sus siglas en inglés).

El TSP es un desafío computacional y matemático que se plantea de la siguiente manera: supongamos que hay un conjunto de ciudades y que un agente (o viajero) debe visitar cada una de ellas exactamente una vez, regresando al punto de partida. El objetivo es encontrar la ruta más corta posible que cumpla con estas condiciones (Dantzig, 1954).

En otras palabras, el problema implica encontrar el recorrido óptimo que minimice la distancia total recorrida por el agente. Este problema es conocido por ser NP-duro, lo que significa que no se conoce un algoritmo eficiente que pueda resolver todas las instancias en un tiempo razonable. Por lo tanto, en la práctica, se utilizan diversas estrategias heurísticas y algoritmos de aproximación para encontrar soluciones aceptables en un tiempo razonable.

## Modelo Matemático del TSP

El problema del agente viajero se puede representar matemáticamente de la siguiente manera:

Supongamos que hay  $n$  ciudades, numeradas de 1 a  $n$ , y sea  $d_{ij}$  la distancia entre la ciudad  $i$  y la ciudad  $j$ . El objetivo es encontrar una permutación de las ciudades (un orden en el que se deben visitar) que minimice la suma de las distancias recorridas (Badar, 2022).

Función Objetivo

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} x_{ij} \text{ con } d_{ij} = \infty \text{ para } i = j \quad (1)$$

Variable de decisión

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si la ciudad } i \text{ se conecta con la ciudad } j \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \neq j}^n x_{ij} = 1, \quad 1 \leq i \leq n \quad (3)$$

$$\sum_{i \neq j}^n x_{ij} = 1, \quad 1 \leq j \leq n \quad (4)$$

$$u_i - u_j + nX_{ij} \leq n - 1 \quad (5)$$

La función objetivo está dada por la fórmula 1, donde  $d_{ij}$  representa el costo, la distancia o el tiempo (o una combinación de todos) necesaria para ir de la ciudad  $i$  a la ciudad  $j$  y  $x_{ij}$  es la variable de decisión que puede tener los valores de 0 o 1.  $x_{ij} = 0$  significa que la ruta entre la ciudad  $i$  y  $j$  no fue considerada y para  $x_{ij} = 1$ , el vendedor tomó la ruta de la ciudad  $i$  a  $j$ . La fórmula 3 y 4 garantiza que todas las ciudades serán visitadas sólo una vez. La fórmula 5 evita la aparición de subcircuitos (subtours).

### Metaheurística

Una metaheurística es un enfoque de alto nivel para diseñar algoritmos heurísticos que pueden encontrar soluciones aproximadas a problemas de optimización difíciles (Glover, 1989). A diferencia de los algoritmos específicos diseñados para un problema en particular, las metaheurísticas son algoritmos generales que pueden aplicarse a una amplia gama de problemas de optimización. Estas técnicas buscan explorar y explotar el espacio de soluciones de manera eficiente, sin depender en exceso de la estructura específica del problema.

Las metaheurísticas se utilizan comúnmente cuando un problema es demasiado complejo y no se conoce una solución óptima en un tiempo razonable. Estas estrategias son particularmente útiles para problemas NP-duros, como el Problema del Agente Viajero (TSP), donde la complejidad computacional hace que la búsqueda exhaustiva de soluciones óptimas sea impracticable.

Algunas de las metaheurísticas más conocidas incluyen algoritmos genéticos, optimización por enjambre de partículas, recocido simulado, búsqueda tabú, y algoritmos evolutivos, entre otros (Coello, 2019).

### Algoritmo Genético

Los Algoritmos Genéticos (AG) son una clase de algoritmos de búsqueda y optimización inspirados en el proceso de evolución biológica (Holland, 1975). Fueron propuestos por John Holland en la década de 1960 y se han convertido en una herramienta valiosa para la resolución de problemas de optimización combinatoria y continua.

A continuación, se presenta una explicación general de cómo funcionan los Algoritmos Genéticos:

- **Representación de la solución:** La solución al problema se representa como un cromosoma, que es una cadena de genes. Los genes pueden ser valores discretos o continuos, según la naturaleza del problema.
- **Población inicial:** Se genera una población inicial de soluciones aleatorias. Cada solución se representa como un cromosoma.
- **Función de aptitud (fitness):** Se evalúa la calidad de cada solución en la población mediante una función de aptitud. Esta función mide qué tan buena es una solución en términos de la calidad de la solución al problema de optimización.
- **Selección:** Se seleccionan soluciones de la población actual para formar una nueva generación. Las soluciones se seleccionan probabilísticamente con una probabilidad proporcional a su aptitud, dando más probabilidades de ser seleccionadas a las soluciones de mayor calidad.
- **Crossover (cruzamiento):** Pares de soluciones seleccionadas se cruzan para producir descendencia. Esto implica intercambiar información genética entre los padres para crear soluciones hijas.
- **Mutación:** Se aplica un operador de mutación a algunas de las soluciones generadas. La mutación introduce cambios aleatorios en el material genético de una solución para explorar nuevas regiones del espacio de búsqueda.
- **Reemplazo:** La nueva generación reemplaza a la generación anterior, y el proceso se repite durante varias generaciones.

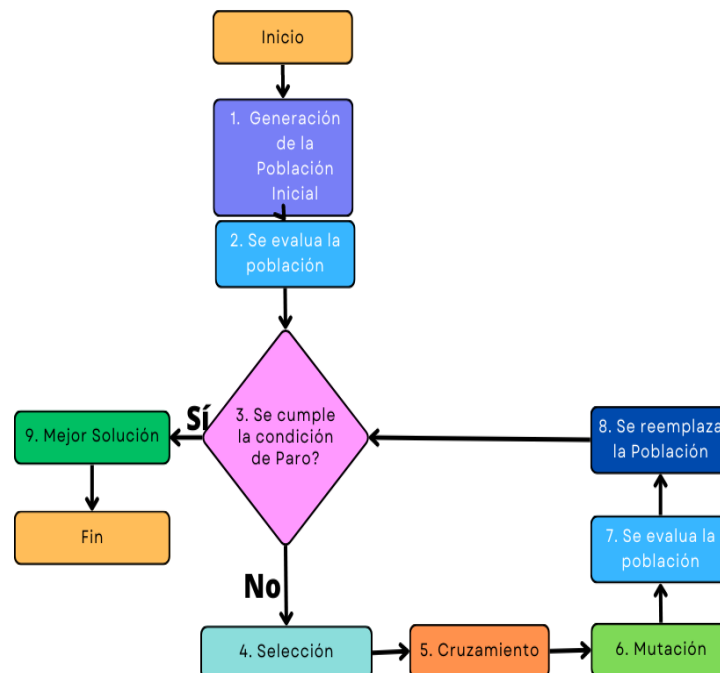
Este ciclo de selección, cruzamiento, mutación y reemplazo continúa hasta que se alcanza un criterio de parada, como un número

máximo de generaciones o una calidad de solución suficientemente buena (Holland, 1975).

**Alg ritmo 1:** Pseudocódigo de Algoritmo Genético (Mitchell, 1996)

1	<b>inicio</b>
2	<b>crea</b> población inicial
3	<b>evalúa</b> los cromosomas de la población inicial)
4	<b>repetir</b> hasta que se cumpla la condición de parada
5	<b>Selección</b> de los cromosomas más aptos en la nueva población
6	<b>cruzamiento</b> de los cromosomas de la población
7	<b>mutación</b> de los cromosomas de la población
8	<b>evaluación</b> de los cromosomas de la población
9	<b>devuelve</b> la mejor solución (la más apta) en la población
10	<b>fin</b>

Figura 1 Diagrama de Flujo del Algoritmo Genético



### Operador de Selección

En los Algoritmos Genéticos (AG), el operador de selección es una parte clave del proceso evolutivo y se utiliza para elegir individuos de la población actual para ser padres y contribuir a la siguiente generación. Existen varios métodos de selección, cada uno con sus propias características (Holland, 1975). Algunos de los métodos de selección comunes son:

- **Selección por ruleta (Roulette Wheel Selection):** Los individuos son seleccionados de acuerdo con su aptitud relativa. La probabilidad de que un individuo sea seleccionado es proporcional a su aptitud en comparación con la aptitud total de la población.
- **Selección por torneo (Tournament Selection):** Se eligen aleatoriamente varios individuos de la población y el mejor (o el peor, dependiendo de la implementación) de ellos se selecciona como padre. Este proceso se repite para seleccionar el segundo padre.
- **Selección por rango (Rank Selection):** Los individuos se ordenan según su aptitud y se les asigna una probabilidad de selección basada en su posición en el ranking. Los individuos con mejor aptitud tienen mayores probabilidades de ser seleccionados.
- **Selección por truncamiento (Truncation Selection):** Se selecciona un porcentaje fijo de los mejores individuos de la población según su aptitud.

## Operador de Cruce

El operador de cruce, también conocido como crossover, es un componente esencial en los Algoritmos Genéticos (AG). Este operador simula la recombinación genética que ocurre en la reproducción biológica. En términos simples, el crossover combina material genético de dos padres para producir descendencia (Goldberg, 1989).

Existen diferentes formas de implementar el operador de cruce, y aquí se presentan dos de las variantes más comunes:

- **Cruce de un Punto (Single-Point Crossover):** Un punto de corte se selecciona aleatoriamente en ambos padres, y los segmentos antes o después de ese punto se intercambian entre los padres para generar la descendencia.
- **Cruce de Dos Puntos (Two-Point Crossover):** Dos puntos de corte se seleccionan aleatoriamente en ambos padres, y el segmento entre los dos puntos de corte se intercambia entre los padres para generar la descendencia.
- **Cruce Uniforme (Uniform Crossover):** Cada gen se selecciona para ser heredado de uno de los padres con una probabilidad del 50%.
- **Cruce Aritmético (Arithmetic Crossover):** Este método se utiliza comúnmente en problemas de optimización continua. Los genes de la descendencia se calculan como una combinación lineal de los genes de los padres.
- **Cruce de Proporción Fija (Fixed Proportion Crossover):** Se elige un punto de corte de manera que la longitud del segmento intercambiado sea una fracción fija de la longitud total del cromosoma.

## Operador de mutación

El operador de mutación es otro componente crucial en los AG. La mutación introduce pequeños cambios aleatorios en los individuos de la población, permitiendo explorar nuevas regiones del espacio de búsqueda y evitar la convergencia prematura hacia soluciones subóptimas.

Existen diversos métodos para implementar el operador de mutación en Algoritmos Genéticos (AG), y la elección depende del problema específico y de los objetivos del algoritmo (Goldberg, 1989). A continuación, se mencionan algunos métodos comunes para el operador de mutación:

- **Mutación de Gen (Gene Mutation):** En problemas de representación no binaria, la mutación puede implicar cambiar el valor de un gen específico en el cromosoma. La modificación puede ser aditiva, sustractiva o cualquier otra operación adecuada al problema.
- **Mutación Uniforme (Uniform Mutation):** Cada gen del cromosoma tiene una probabilidad independiente de ser mutado. Se elige un nuevo valor para el gen con cierta probabilidad.
- **Mutación por Intercambio (Swap Mutation):** En problemas de permutación, como el TSP, la mutación por intercambio implica intercambiar la posición de dos ciudades en la secuencia de ciudades.
- **Mutación por Inserción (Insertion Mutation):** En problemas de permutación, la mutación por inserción implica tomar una ciudad y moverla a una nueva posición en la secuencia.
- **Mutación por Inversión (Inversion Mutation):** En problemas de permutación, la mutación por inversión implica invertir el orden de un segmento contiguo de la secuencia.

## FASES DEL DESARROLLO

### Adquisición de Datos

Para el desarrollo del presente estudio es necesario contar con un conjunto de direcciones reales para poder medir el desempeño del AG, por lo que es necesario obtener información de direcciones de la Ciudad de Villahermosa, Tabasco. Estas direcciones se obtienen de la página web del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática el conjunto de datos de las unidades económicas del estado de Tabasco (DENUE, 2022).

El Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) ofrece datos de identificación, ubicación, actividad económica y tamaño de los negocios activos en el territorio nacional, actualizados, fundamentalmente, en el segmento de los establecimientos grandes. Esta edición del DENUE se actualizó con base en los resultados definitivos de los Censos Económicos 2019, el cual tiene como licencia: Términos de Libre Uso de la Información del INEGI.

El conjunto de datos DENUE contiene cuarenta y una variable y 86,028 registros de las unidades económicas del estado de Tabasco actualizado al mes de noviembre de dos mil veintidós.

### Preprocesamiento

Del conjunto de datos se seleccionó sólo las variables que se consideran relevantes para la investigación las cuales corresponden a la dirección y a las referencias de geolocalización:

**id:** Número de identificación del DENUE, es una clave numérica única para cada registro de la base de datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE).

**latitud:** Es la distancia que existe entre la unidad económica y el ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

**longitud:** Es la distancia que existe entre la unidad económica y el meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto.

Como el conjunto de datos corresponde al DENUE del estado de Tabasco, se filtraron y seleccionaron sólo los registros correspondientes a la ciudad de Villahermosa, quedando un conjunto de datos con veinticuatro mil seiscientos noventa



observaciones suficientes para realizar nuestro estudio.

Se toman cincuenta direcciones para obtener la matriz de distancias a través de los servicios de Google MapsPlataform y los servicios de MapQuest Developer los cuales se muestran en la *Tabla 1*.

*Tabla 1 Matriz de Distancias MaqQuest y Google Maps Plataform*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
00		5.9739	3.3206	3.7562	7.8032	5.25	3.7003	5.593	5.2456	3.837	6.1802	2.6595	4.7168	2.8055	6.2299	7.7149	4.39	7.8106	4.5932	4.5068	4.7609	7.3322	7.3253	4.0041	4.4316	
1846		0	2.7465	1.7802	3.6325	1.3254	1.7479	2.7974	1.321	1.9064	2.0095	3.2485	3.4113	2.9658	1.5565	4.7063	2.606	3.1373	3.1361	0.942	2.977	3.1615	3.6984	1.1203	1.3583	
2919		4.3397	0	2.6253	6.169	3.6158	2.8136	3.54	3.6114	2.3283	4.546	1.2682	3.3492	1.8747	4.5957	6.1659	2.3003	6.1764	3.0739	3.4809	2.6713	5.698	5.6911	2.9782	3.0087	
3421		2.5743	1.6473	0	4.4037	1.8504	0.9588	2.6371	1.8461	0.6841	2.7806	2.6159	2.5661	2.0303	2.8801	5.9	1.6	4.4111	2.2407	1.1023	1.971	3.9327	3.9258	0.5996	0.6388	
4791		3.141	6.9488	4.9008	0	4.2328	4.8684	7.0575	4.2284	5.0269	1.9151	6.3691	7.1756	6.0863	4.4639	6.9444	6.297	2.7806	6.2566	4.0625	6.0161	2.126	2.0766	4.2409	4.4788	
5001		4.7969	2.9651	2.6939	1.6262	0	1.0135	1.9648	0.0124	1.825	3.2032	3.164	2.4333	2.5203	5.0507	2.5617	4.8324	3.1515	4.8316	2.1556	2.8952	4.3552	4.3484	1.0389	1.4664	
6904		3.7061	2.8598	1.886	0.7354	4.6822	0	2.1916	2.0779	1.2270	3.0713	2.2124	2.0543	1.9008	3.0735	4.8621	2.3175	4.6419	1.7229	1.3355	2.6899	4.1644	1.5076	0.8333	1.2608	
7519		5.6422	3.4239	3.3301	6.2342	2.0027	1.9878	0	2.0151	2.8416	3.7112	3.0389	1.0994	1.8390	3.456	3.9393	5.1327	1.2045	3.8298	4.3036	5.7632	5.7061	2.447	2.8745		
8876		4.6844	2.6526	1.6814	4.8138	0.5058	1.001	1.9523	0	1.8125	3.1907	3.1516	2.4209	2.5079	2.4383	5.0493	2.5122	4.8212	2.1456	1.5292	2.8832	4.3428	4.3359	1.0265	1.454	
9214		3.8354	3.1502	1.3936	1.0648	4.9115	2.4819	3.0298	2.4072	0	3.3417	2.0126	2.839	2.0045	3.3914	5.6557	1.4633	4.9722	2.5638	1.6634	1.8343	4.4938	4.4869	1.1607	1.2055	
15909		1.226	3.9857	2.9673	3.4177	2.3534	2.9897	3.7134	2.3118	0	4.454	4.6168	4.1713	2.5489	5.6986	3.8115	3.6934	4.3415	2.1475	4.1824	1.8741	2.9894	2.3258	2.5638		
171434		2.751	1.4714	2.8658	6.955	4.4018	2.8521	3.7804	4.3974	2.5687	5.332	0	3.5897	2.1151	5.3817	8.5314	2.5408	6.9625	3.3144	3.6586	2.9117	6.4872	6.4759	1.5372	2.2491	
12913		4.4237	3.2561	3.4823	2.3324	2.0221	1.44	2.3646	2.8345	4.8676	3.8094	0	3.1516	3.2833	4.3316	3.9904	6.0372	0.586	3.133	3.365	5.9614	6.5914	6.3383	0.578	3.0578	
13815		4.0675	2.5122	1.8492	5.8968	3.3436	1.7933	3.0298	3.3392	1.9238	4.2738	1.9455	2.839	0	4.3235	5.6557	3.0466	5.9043	2.5638	2.6004	3.4175	5.4258	5.419	2.0977	2.7887	
1405		1.561	4.132	3.238	1.31.3	1.61.3	3.31.6	1.33.3	2.23.3	2.64.6	4.30	0	4.2268	2.682.77	2.364.39	3.413.24	2.542.77	2.682.77	2.364.39	3.413.24	2.542.77	2.682.77	2.364.39	3.413.24	2.542.77	2.682.77
15168		5.263	7.8492	5.0623	4.2421	7.2803	4.9199	4.7566	3.2927	4.9091	7.0617	6.6512	8.3747	3.3316	5.8336	0	7.7087	4.8492	4.3906	4.3947	6.0489	6.8659	6.8659	4.1603	2.2646	
16304		3.9122	1.3384	2.2469	6.4964	3.1883	2.4352	3.9749	3.1839	1.4739	4.897	2.6067	3.9923	3.1578	4.1682	7.3179	0	5.8726	3.717	2.4401	0.371	5.1046	5.1686	1.9374	2.0058	
17881		2.6638	5.2837	4.2514	2.6514	3.5424	4.2514	4.5093	3.5381	4.4099	2.071	5.752	4.6274	5.4693	2.488	4.3962	5.1095	0	5.6433	3.4455	5.4805	2.2786	0.8196	3.6238	3.8618	
18888		2.6377	1.7701	5.8964	1.7465	1.4361	1.054	1.7893	1.7485	2.2817	4.2235	3.2647	0.553	2.5656	2.6974	3.7152	3.4045	5.4208	0	2.547	3.7755	5.3755	5.9819	2.0443	2.4718	
19353		2.7272	2.2941	0.8233	4.5565	2.0033	1.2968	2.799	1.999	1.454	2.9335	2.7993	2.9602	2.5166	2.9832	6.1329	2.1537	4.564	2.6804	2.5246	4.0855	4.0787	0.668	0.608	0.4163	
20262		4.808	4.3342	1.7427	6.2597	3.5841	2.831	4.3707	3.5797	1.8697	4.6603	3.0025	4.3881	3.5536	4.564	7.7137	1.0824	5.6358	4.1129	2.8305	4.8678	4.9318	3.332	1.769		
21871		1.643	3.33	2.22	2.73.3	4.12.7	3.34.1	2.73.5	0.30.3	0.74.8	5.05.0	4.54.8	5.04.5	2.94.8	6.05.0	4.26.0	2.434.73	4.732.54	4.570	1.732	1.722	1.722	0.96	0.8	0.8	
2278		2.5464	6.4262	4.8709	1.9008	3.6381	4.8386	4.850	3.6338	4.9971	1.3204	6.3392	5.2145	6.0565	4.9752	4.9834	5.7744	0.8196	6.2305	4.0327	5.4935	1.5208	4.211	4.449		
23693		2.4016	1.7019	0.471	4.2309	1.6777	0.9308	2.4644	1.6734	0.8618	2.6079	2.4333	2.5942	2.1506	2.6576	5.8073	1.5615	4.2384	2.319	0.9296	1.9325	3.7599	3.7531	0.475		
24435		2.8658	2.5557	0.7848	4.6951	2.1419	1.395	2.9285	2.1375	1.7231	3.0721	2.8975	3.0584	2.6147	3.1218	6.2715	1.349	4.7025	2.781.44	1.3041	4.2241	2.210.89	0	0		

Nota: Los valores de cada celda de la Tabla 1 están expresados en kilómetros

## Aplicación de Metaheurística

El AG fue implementado en el lenguaje multiplataforma de código abierto Python 3.11.5, utilizando como editor de código Visual Studio Code Versión 1.84.2, bajo el sistema operativo Windows 11 Home Single Language, procesador AMD Ryzen 5 5500U with Radeon Graphics 2.10 GH, memoria RAM de 8 GB y Discode 237 GB de almacenamiento.

Por cada operador para el AG se han propuesto una serie de estrategias distintas. En la *Tabla 2* se muestran las estrategias implementadas por cada operador para nuestro estudio.

*Tabla 2 Estrategias Implementados por operadores del AG*

Selección	Cruzamiento	Mutación
S1. Elitista	C1. Parcialmente Mapeado	M1. Basada en Cambios
S2. Estocástica Universal	C2. Basado en Ciclos	M2. Basada en Desplazamiento
S3. Ruleta	C3. Basado en el Orden	M3. Basado en la Inserción
S4. Torneo Determinista	C4. Basado en la Posición	M4. Basada en la Inversión
S5. Torneo Probabilístico	C5. Basado en Arcos	M5. Basada en la Inversión Simple

El experimento se basa en la llamada del *Algoritmo 1* enviando como parámetro el número que identifica a cada estrategia de cada uno de los operadores programados, de acuerdo con el *Algoritmo 2*. Este proceso se realiza la combinación de todos los operadores descritos en la *Tabla 2*, realizando 125 llamadas al *Algoritmo 1* por cada experimento.

**Algoritmo 2:** Pseudocódigo de Algoritmo Genético con Diferentes Estrategias

1	<b>inicio</b>
2	<b>desde</b> i=1 hasta 5 (Operadores de Selección)
3	<b>desde</b> j=1 hasta 5 (Operadores de Cruce)
4	<b>desde</b> k=1 hasta 5 (Operadores de Mutación)
5	<b>llamar</b> Algoritmo Genético (Operadores: Si, Cj, Mk)
6	<b>fin</b> k
7	<b>fin</b> j
8	<b>fin</b> i
10	<b>fin</b>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el presente estudio se realizó la configuración de los operadores de acuerdo con la *Tabla 3*, y se realizó ocho experimentos.

*Tabla 3 Configuración de los parámetros para los experimentos del AG*

Parámetros	Configuración: 1					
	Ciudades	Población	Generaciones	% Cruce	% Mutación	Paro
Valores	10	20	50	.6	0.1	50

Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas del 4 al 11

Tabla 4 Experimento No. 1			
	Operadores	Costo	Tiempo
0	S1C3M1	22.1344	0.21115112
1	S1C3M5	22.1344	0.19818211
2	S1C4M1	22.1344	0.21226311
3	S1C4M2	22.1344	0.21237946
4	S4C3M5	22.1344	0.21061730

Tabla 5 Experimento No. 2			
	Operadores	Costo	Tiempo
0	S1C3M1	22.6359	0.19708776
1	S1C4M4	22.6359	0.19918513
2	S1C4M2	22.8279	0.19868279
3	S4C4M3	23.1460	0.20997334
4	S1C1M1	23.2475	0.19111443

Tabla 6 Experimento No. 3			
	Operadores	Costo	Tiempo
0	S1C3M3	22.2923	0.19644094
1	S4C3M3	22.7758	0.20948410
2	S1C3M5	23.4822	0.20791745
3	S1C5M1	23.8042	0.21487331
4	S4C5M3	23.8042	0.19612551

Tabla 7 Experimento No. 4			
	Operadores	Costo	Tiempo
0	S1C3M2	22.5787	0.19927835
1	S4C4M1	22.5787	0.21195292
2	S4C2M1	22.6359	0.20189929
3	S1C4M3	22.7050	0.19968510
4	S1C4M2	23.0391	0.20629430

Tabla 8 Experimento No. 5			
	Operadores	Costo	Tiempo
0	S1C3M3	22.7460	0.19495225
1	S1C1M1	23.0622	0.21315169
2	S4C4M4	23.2548	0.23871207
3	S4C3M2	23.4261	0.20086503
4	S1C4M4	23.6194	0.21796703

Tabla 9 Experimento No. 6			
	Operadores	Costo	Tiempo
0	S1C3M4	22.7050	0.36236739
1	S1C3M2	22.7460	0.33058548
2	S4C3M5	23.0802	0.32743621
3	S1C3M3	23.0969	0.33736658
4	S1C3M1	23.2251	0.33751559

Tabla 10 Experimento No. 7			
	Operadores	Costo	Tiempo
0	S1C3M4	22.2923	0.40820026
1	S4C3M5	23.2251	0.36142755
2	S1C3M2	23.2865	0.36287999
3	S4C3M3	23.2884	0.35596704
4	S4C3M1	23.4261	0.37397742

Tabla 11 Experimento No. 8			
	Operadores	Costo	Tiempo
0	S1C4M1	22.1344	0.36678624
1	S1C4M2	22.1344	0.38169408
2	S1C3M4	22.2923	0.35738802
3	S1C4M5	22.7758	0.37594700
4	S1C3M2	22.8279	0.34981251

En el experimento No. 1 mostrado en la Tabla 4, podemos observar que las cinco combinaciones generan el mismo resultado, sin embargo, la estrategia S1C3M5 se ejecutó en menor tiempo que los demás. En el experimento No. 2 mostrado en la Tabla 5 observamos que sólo dos estrategias generaron el mejor resultado, siendo S1C3M1 la mejor con un tiempo menor.

En el experimento No. 3 Tabla 6 la mejor estrategia es S1C3M3, mientras que en el experimento 4 Tabla 7, es S1C3M2 con el mejor tiempo, en el experimento No. 5 Tabla 8 la mejor estrategia es S1C3M3 con el menor tiempo posible. En el experimento No. 6 Tabla 9 la mejor estrategia es S1C3M4, sin embargo, en este experimento podemos observar que los tiempos de ejecución aumentaron.

En el experimento No. 7 Tabla 10 el mejor es S1C3M4, mientras que en el experimento No. 8 Tabla 11 la mejor estrategia es S1C4M1. Finalmente, de todos los experimentos, las estrategias que presentaron el mejor rendimiento fue S1C4M1 y S1C4M2 con un costo de 22.1344 km.

Figura 2 Desempeño de los mejores cinco resultados de los experimentos del 1 al 4

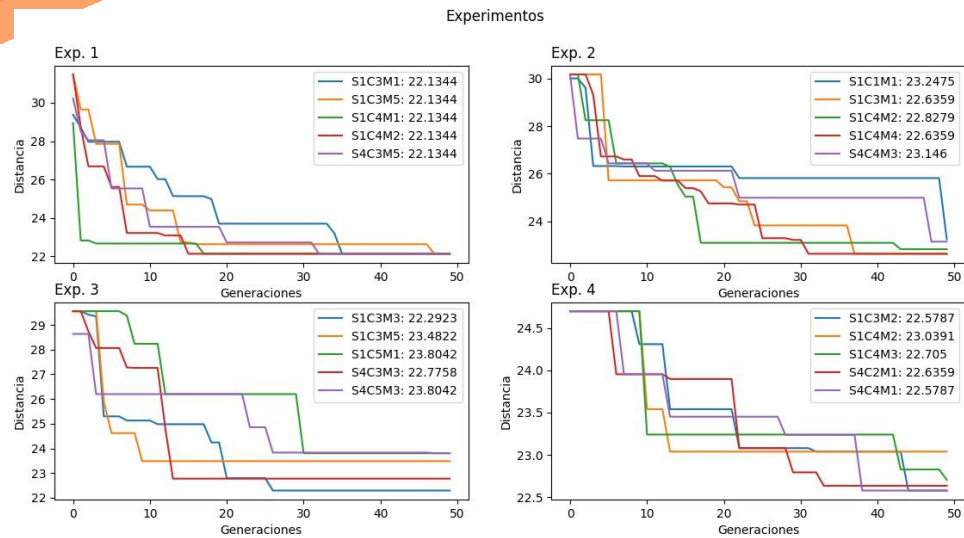


Figura 3 Desempeño de los mejores cinco resultados de los experimentos del 5 al 8

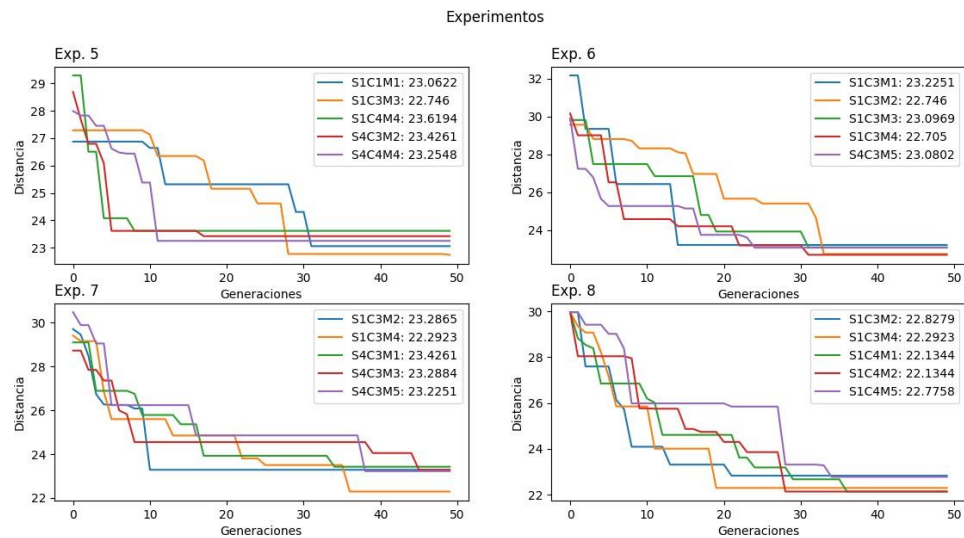


Tabla 12 Veces que una estrategia tuvo un rendimiento dentro de los cinco mejores

Selección		Cruzamiento		Mutación	
S1. Elitista	28	C1. Parcialmente Mapeado	2	M1. Basada en Cambios	11
S2. Estocástica Universal	0	C2. Basado en Ciclos	1	M2. Basada en Desplazamiento	9
S3. Ruleta	0	C3. Basado en el Orden	22	M3. Basado en la Inserción	8
S4. Torneo Determinista	12	C4. Basado en la Posición	13	M4. Basada en la Inversión	6
S5. Torneo Probabilístico	0	C5. Basado en Arcos	2	M5. Basada en la Inversión Simple	6

Como se puede observar en los resultados de la *Tabla 11*, las estrategias de selección que más sobresalen es la *Selección Elitista* apareciendo en el ranking de los cinco mejores veintiocho veces, en segundo lugar, es la selección por *Torneo Determinista* con doce apariciones. De las estrategias de *Cruce*, se observa que la estrategia mejor posicionada es la *basada en el Orden* con veintidós apariciones y la *basada en la Posición* con trece, finalmente la estrategia de mutación que sobre sale es la basada en *Cambio* seguida de la basada en *Desplazamiento*.

Es interesante observar en las gráficas de los desempeños de los experimentos *Figura 2* y *3*, que prácticamente la mitad de las generaciones (25 de 50) logran su óptimo máximo en el experimento, mostrando sólo algunas estrategias un mejor desempeño después de la generación veinticinco.

## CONCLUSIÓN

En este trabajo, el análisis comparativo del rendimiento del AG con diferentes estrategias para resolver el TSP, ha proporcionado un entendimiento muy importante sobre la influencia de las diferentes estrategias en el desempeño de los AG.

Los resultados destacan la importancia de la elección cuidadosa de operadores de selección, cruce y mutación para la resolución eficiente del TSP.

Observamos que la estrategia de selección que mejor desempeño ofrece es la *Elitista*, estrategia de cruce la *Basada en el Orden* y la estrategia de mutación *Basada en Cambios*.

Es importante señalar que los AG enfocan su fortaleza en los operadores de selección y cruce, y que el operador de mutación es de menor importancia y su uso es sólo para otorgar cierto grado de variabilidad.

Estos hallazgos contribuyen al entendimiento profundo de cómo mejorar la eficacia de los AG en problemas de optimización combinatoria, así también ofrecen valiosas pautas prácticas para ajustar estos algoritmos en contextos similares.

Como área de investigación en constante evolución, es imperativo continuar explorando y refinando estrategias para abordar desafíos complejos como el TSP. Este análisis sienta las bases para futuros desarrollos en la configuración óptima de AG, contribuyendo al crecimiento continuo de la computación evolutiva y la optimización heurística.

## REFERENCIAS

1. Badar, Altaf Q. H. *Evolutionary Optimization Algorithms*. First edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2022.
2. *Computación Evolutiva*, Coello, Carlos Artemio Coello, 2019, Academia Mexicana de Computación A. C.
3. Dantzig, G. B., Fulkerson, R. L., & Johnson, S. M. (1954). Solution of a large-scale traveling-salesman problem. *Operations Research*, 2(4), 393-410. doi:10.1287/opre.2.4.393.
4. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) 11\_2022. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>
5. Glover, F. (1989). Tabu Search - Part I. *ORSA Journal on Computing*, 1(3), 190-206. doi:10.1287/ijoc.1.3.190.
6. Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison- Wesley.
7. Holland, J. H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press.
8. Martínez, A. C. (2011). Cooperación en los problemas del viajante (TSP) y de rutas de vehículos (VRP): una panorámica.
9. Mitchell, M. (1996). *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press.
10. Razali, Noraini Mohd, y John Geraghty. "Genetic Algorithm Performance with Different Selection Strategies in Solving TSP", 2011.
11. Rocha Medina, L. B., González La Rota, E. C., & Orjuela Castro, J. A. 351 (2011). Una revisión al estado del arte del problema de ruteo de vehículos: Evolución histórica y métodos de solución. *Ingeniería*, 16(2), 35-55.



# Mezclado de imágenes Biescópica laminar 2D una comparación en Matlab, Octave y Python

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.739

J. Roberto Hernández Garibay <sup>1</sup>, Jair Remigio Juárez <sup>2</sup>, M. Hortensia Almaguer Cantú <sup>3</sup>, Raymundo Domínguez Colin <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [juar.hernandez@ujat.mx](mailto:juar.hernandez@ujat.mx)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [jair.remigio@ujat.mx](mailto:jair.remigio@ujat.mx)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [hortensia.almaguer@ujat.mx](mailto:hortensia.almaguer@ujat.mx)

<sup>4</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [raymundo.dominguez@ujat.mx](mailto:raymundo.dominguez@ujat.mx)

## Línea de investigación: Procesamiento Digital de Imágenes

### Resumen

En la búsqueda de lograr la estereopsis de forma artificial a través de la historia, se han desarrollado diferentes técnicas como la utilizada por Bois Clair en sus pinturas lenticulares que dio lugar a los métodos de barrera.

La mezcla de imágenes fotográficas para la realización de posters laminares biescópicos se ha utilizado en la impresión de anuncios comerciales generalmente realizados de forma artesanal con la ayuda de editores fotográficos. El presente trabajo muestra el desarrollo de un algoritmo de procesamiento digital de imágenes que entrelaza dos imágenes fotográficas en un formato raster jpg con características determinadas, generando una imagen fotográfica biescópica laminar 2D en escala de grises. La implementación se desarrolla en Octave y Python y se ejecuta para su comparación en Matlab, Octave y Python utilizando para ello los promedios de tiempo de procesamiento obtenidos en 50 y 1000 iteraciones.

Para el desarrollo se utilizó el método de cascada y se realizaron segmentaciones de las matrices de imágenes de entrada determinando el número de segmentos de cada imagen. De estos segmentos obtenidos se procedió a la concatenación de partes para su posterior recomposición de imagen.

*Palabras clave: Imagen biescópica, Entrelazado de imagen, Segmentación lenticular*

### Abstract

In the search to achieve stereopsis artificially throughout history, different techniques have been developed, such as the one used by Bois Clair in his lenticular paintings, which gave rise to barrier methods.

The mixture of photographic images to create biscopic laminar posters has been used in the printing of commercial advertisements, generally made by hand with the help of photographic editors. The present work shows the development of a digital image processing algorithm that interweaves two photographic images in a raster jpg format with determined characteristics, generating a 2D laminar biscopic photographic image in gray scale. The implementation is developed in Octave and Python and is executed for comparison in Matlab, Octave and Python using the processing time averages obtained in 50 and 1000 iterations.

For the development, the waterfall method was used and segmentations of the input image matrices were performed, determining the number of segments of each image. From these obtained segments, the parts were concatenated for subsequent image recomposition.

*Keywords: Biscopic image, image interlacing, lenticular segmentation*

## INTRODUCCIÓN

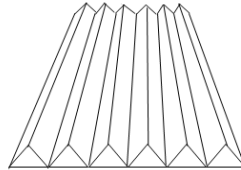
La forma en que los seres humanos perciben las imágenes y en general como trabaja la vista ha generado interés desde los primeros pensadores en la antigüedad. [1]

Los primeros desarrollos de búsqueda de estereopsis en la proyección de imágenes se dieron en la pintura de Gaspar Antoine de Bois-Clair que desarrollo una técnica de imágenes utilizando para ello tiras triangulares de madera. [2] [3]

La realización de posters laminares biescópicos se ha utilizado en la impresión de anuncios comerciales con poco uso generalmente realizados de forma artesanal con la ayuda de editores fotográficos.

la técnica biescópica laminar utiliza barras triangulares adjuntas en el plano de un cuadro que sirve de base a la imagen y que ayuda a lograr el efecto de vista dependiente del ángulo. En ella se muestran dos imágenes fraccionadas, en orden de aparición de acuerdo a la posición de las caras o laminas visibles en las barras triangulares.

**Figura 49**

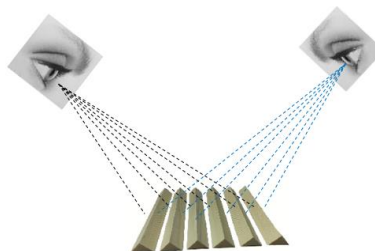


**Cuadro base laminar lenticular**

Harrington y Drake definen el campo visual como la porción del espacio en la cual los objetos pueden ser percibidos al mirar un objeto y es un factor determinante en la calidad visual del individuo. [4]

En los cuadros de Bois-Clair la visión de la imagen que se percibe depende del ángulo en que se mire. En un ángulo distinto se muestra otra imagen.

**Figura 2**



**Visión dependiente del ángulo**

## DESARROLLO

El presente trabajo muestra el desarrollo de un algoritmo de procesamiento digital de imágenes basado en la pintura de Bois Clair que entrelaza dos imágenes fotográficas.

### OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un algoritmo de procesamiento digital de imágenes basado en la pintura de Bois Clair que entrelace dos imágenes fotográficas en un formato raster jpg con características determinadas que genere una imagen fotográfica biescópica laminar 2D en escala de grises que puede ser utilizada para la realización de un poster laminar lenticular biplano.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar la velocidad de ejecución del algoritmo del código implementado en Octave y Python probando la velocidad de ejecución del código desarrollado en Octave, Matlab y Python.

### OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es la búsqueda de la estereopsis mediante el procesamiento digital de imágenes basado en la pintura de Bois Clair que entrelaza dos imágenes fotográficas en la línea de imágenes biescópicas laminar 2D,

## DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LAS IMAGENES DE ENTRADA

Se Utiliza dos imágenes de entrada a color en matrices de imagen rgb de  $r \times c$ . Por cada imagen dividimos las “C” columnas en un número determinado para generar bloques en cada imagen. Estos bloques de cada imagen se concatenan en una matriz de salida con el entrelazado de imágenes. El número de bloques que componen la imagen de salida tiene que ser par para poder lograr el efecto de Bois-Claire .

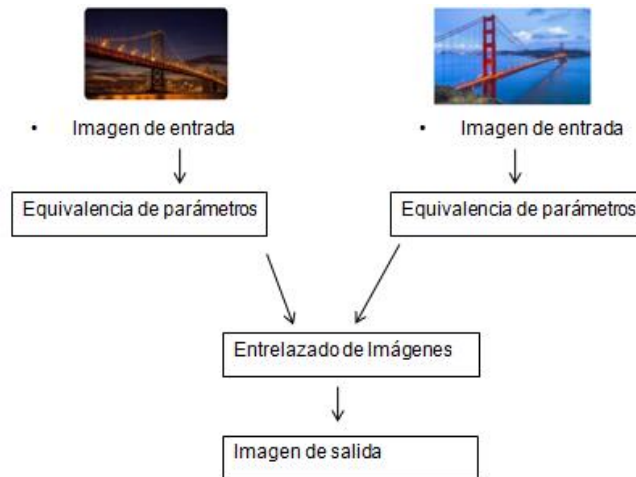
## METODOLOGÍA

Para el desarrollo se utilizó el método de cascada y se realizaron segmentaciones de las matrices de imágenes de entrada determinando el número de segmentos de cada imagen. De estos segmentos obtenidos se procedió a la concatenación de partes para su posterior recomposición de imagen. Para ello se utiliza dos imágenes tipo raster de entrada y se genera un entrelazado de ellas en una sola imagen raster de salida en escala de grises.

## FASES DEL DESARROLLO

Se realizaron las siguientes tareas en el tratamiento de las imágenes de entrada: igualar parámetros de imágenes de entrada generando una matriz imagen en escala de grises. Fraccionar cada imagen en la misma cantidad de bloques, cada uno del mismo tamaño (en este modelo controlado se usaron 3 bloques y se puede aumentar el número de ellos). Renderizar las imágenes de entrada en una imagen biescópica de salida.

Figura 3

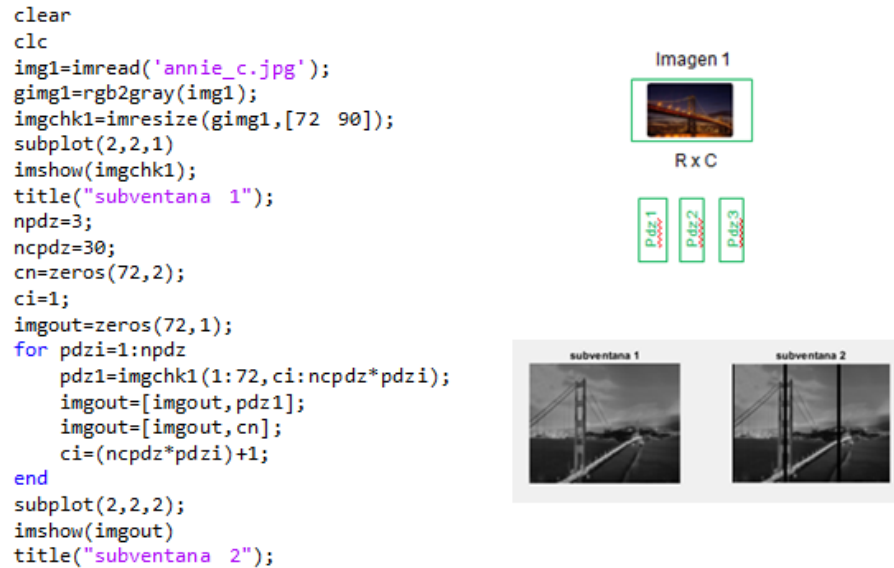


## Tareas o procesos

### FRAGMENTACIÓN DE UNA IMAGEN EN BLOQUES

Para poder realizar el código de esta tarea se requiere dos imágenes de entrada, las cuales se fragmenta cada una y se mezclan a partir de sus bloques constituyentes. A este código se le agregaron subventanas para comparar los fragmentos con la imagen original.

Figura 4



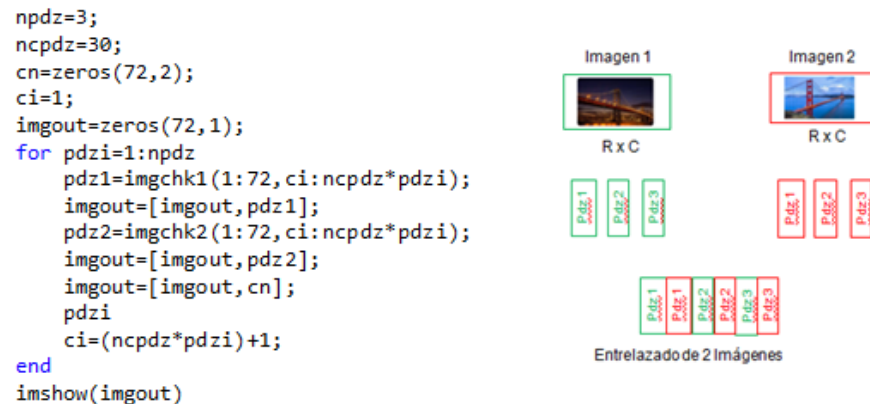
### Fragmentación por bloques

#### ENTRELAZADO Y RENDERIZADO DE IMAGENES

La siguiente meta fue agregar al ciclo desarrollado la renderización de los pedazos de la segunda imagen y la generación de la imagen biescópica de salida.

Encontramos que el número de bloques que componen la imagen de salida tienen que ser par para poder lograr el efecto de Bois-Claire, y esto se logra al tener el mismo número de fragmentos en cada imagen.

Figura 5



### Entrelazado de imágenes

#### COMPARACIÓN DE CÓDIGO EN MATLAB, OCTAVE Y PYTHON

Se generó código equivalente en Python de entrelazado de imágenes y se ejecutaron 50 iteraciones para comparación de tiempos de ejecución.

**Figura 6**

```
img1 = cv2.imread('sf1.jpg')
gimg1 = cv2.cvtColor(img1, cv2.COLOR_RGB2GRAY)
imgchk1=cv2.resize(gimg1, (90, 72),
                    interpolation= cv2.INTER_AREA)
img2 = cv2.imread('sf2.jpg')
gimg2 = cv2.cvtColor(img2, cv2.COLOR_RGB2GRAY)
imgchk2=cv2.resize(gimg2, (90, 72),
                    interpolation= cv2.INTER_AREA)

npdz=3
nc=30
cn=np.zeros((72,2))
imgout=np.zeros((72,2))
ci=0
for pdzi in range(1,npdz+1):
    pdz1=imgchk1[0:72,ci:nc*pdzi]
    imgout=np.concatenate((imgout,pdz1),axis=1)
    imgout=np.concatenate((imgout,cn),axis=1)
    pdz2=imgchk2[0:72,ci:nc*pdzi]
    imgout=np.concatenate((imgout,pdz2),axis=1)
    imgout=np.concatenate((imgout,cn),axis=1)
    ci=(nc*pdzi)
```

### Implementación de código en Python

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El código desarrollado mostro un buen interleaving de las imágenes tratadas que puede ser utilizada para la realización de un poster laminar lenticular biplano.

**Figura 7**



• Imagen de entrada 1



• Imagen de entrada 2 en escala de grises

• Mezclado de imágenes

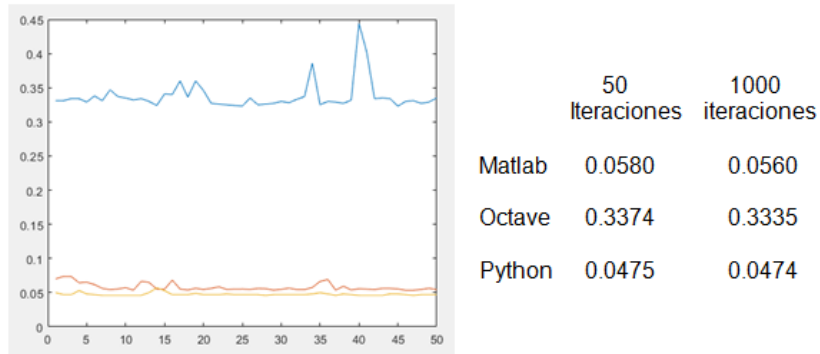


### Imagen de salida jpg

La comparación de la ejecución de las iteraciones dieron los siguientes resultados en el promedio de tiempo de procesamiento:



**Figura 8**



**Promedio de tiempo de procesamiento**

Encontramos que la ejecución del código en Python mostro un menor tiempo promedio de procesamiento.

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Imágenes en tres dimensiones Dr. Manuel Carlos Fernández Sánchez Profesor de Tecnología de los Medios Audiovisuales Universidad de Sevilla; ÁMBITOS. Nº 3-4. 2º Semestre 1999-1er Semestre 2
- [2] [http://www.robertsimon.com/pdfs/boisclair\\_portraits.pdf](http://www.robertsimon.com/pdfs/boisclair_portraits.pdf) , Catalogues New, Old, & Unexpected 2, Octubre 2020; <https://static1.squarespace.com/static/5579b598e4b084c9759d4f98/t/5f79f93ee213a156b40ad40/1601829196895/Gaspar+Antoine+de+Bois-Clair.pdf>
- [3] 3D Lenticular Imaging for Art; Yitzhak Weissman.(2015).
- [4] D. Harrington, M. Drake, Los Campos Visuales: Texto y Atlas de Perimetría Clínica, Ediciones Científicas y Técnicas, S. A.,1993
- [5] Maxine Perroni-Scharf, Szymon Rusinkiewicz; Constructing Printable Surfaces with View-Dependent Appearance; In Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference Conference Proceedings (SIGGRAPH '23 Conference Proceedings), August 6–10, 2023, Los Angeles, CA, USA. ACM, New York, NY, USA, 10 pages. <https://doi.org/10.1145/3588432.3591526>
- [6] <http://www.octave.org/>, visitada por última vez en mayo de 2023
- [7] [http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/matlab\\_prog/f6-4018.html](http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/matlab_prog/f6-4018.html), última visita en mayo de 2023
- [8] Página web de Python, <http://www.python.org/idle/>, última visita en mayo de 2023

# Propuesta de diseño de tarjeta entrenadora para el kit CY8CKIT-059 PSoC 5LP

Juan Vargas Ferer<sup>1</sup>, Luis Carlos Alvarez Simón<sup>2</sup>, Cupertino Luna Trejo<sup>3</sup>, Claudia Yadira Luna Carrasco<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [juan.vargas@utixcotepec.edu.mx](mailto:juan.vargas@utixcotepec.edu.mx)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, e-mail: [lcalvarez@inaoep.mx](mailto:lcalvarez@inaoep.mx)

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [cupertino.luna@utixcotepec.edu.mx](mailto:cupertino.luna@utixcotepec.edu.mx)

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, e-mail: [claudia.lc@huauchinango.tecnm.mx](mailto:claudia.lc@huauchinango.tecnm.mx)

## Línea de investigación: Mecatrónica

### Resumen

Los sistemas embebidos han tomado fuerza y relevancia en el desarrollo de actividades tanto cotidianas como industriales, y esto debido a la solución de problemas específicos donde su tiempo de respuesta es prioritario. El presente trabajo propone el diseño de una tarjeta entrenadora para el KIT CY8CKIT-059 5LP con la intención de poder manipular algunos periféricos de uso común con los cuales se inicia para la programación de sistemas embebidos, para ello se hizo uso de un software de automatización de diseño electrónico (EDA) para poder crear la placa de circuito impreso (PCB) con la intención de obtener los archivos para el maquinado de la tarjeta y así poder integrar los elementos que se usaran para poder comprender y manipular al PSoC 5LP.

*Palabras clave: diseño, Eagle, periféricos, PSoC 5LP.*

### Abstract

Embedded systems have gained strength and relevance in the development of both daily and industrial activities, and this due to the solution of specific problems where response time is a priority. The present work proposes the design of a trainer card for the CY8CKIT-059 5LP KIT with the intention of being able to manipulate some commonly used peripherals with which it starts for the programming of embedded systems, for this purpose an automation software was used. of electronic design (EDA) to be able to create the printed circuit board (PCB) with the intention of obtaining the files for the machining of the card and thus being able to integrate the elements that will be used to understand and manipulate the PSoC 5LP.

*Keywords: design, Eagle, peripheral, PSoC 5LP.*

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día tendencia de la tecnología está basada en dispositivos electrónicos o sistemas embebidos que posean más funciones, un mayor rendimiento, consuman menor potencia, tengan un menor tamaño y menor precio, estas características entre otras, fue lo que motivó a la industria electrónica a crear una nueva metodología en el diseño de circuitos integrados, de esta manera es como aparecen los System on Chip (SoC). Estos nuevos dispositivos integran más componentes internos que los microcontroladores actuales, ofreciendo mayor poder de procesamiento en empaquetados más pequeños, que permiten dispositivos más compactos y más baratos que antes.

La placa de desarrollo KIT CY8CKIT-059 5LP es una de las últimas tarjetas desarrolladas por Cypress Semiconductor que ofrecen una solución para explorar y conocer los PSoC producidas por la misma compañía, pero poder introducirse en el manejo de este componente se debe hacer uso de las clásicas tablillas de conexión (protoboard) para poder interconectar elementos básicos para la iniciación de la programación de la tarjeta, es por ello que se propone un diseño accesible para estudiantes y para todos aquellos que desean iniciar en la programación del PSoC y así mejorar las capacidades y habilidades para el manejo de este dispositivo, y de igual forma ahorrar el tiempo de armado de conexiones para comprobar la codificación que se desea implementar.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo general es proponer el diseño de una tarjeta entrenadora para el kit CY8CKIT-059 PSoC 5LP el cual sea accesible para estudiantes y profesionistas que deseen incursionar en esta tecnología y que cuente con los elementos más comunes con los cuales se inicia en la programación de sistemas embebidos y así poder conocer la forma de programación de los PSoC y poder estar a la vanguardia de la tecnología. Para ello se requiere cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Investigar tarjetas de desarrollo similares.
- Diseñar el circuito de placa impreso mediante un software de automatización de diseño electrónico (EDA).
- Maquinar la placa de circuito impreso.
- Construir la tarjeta entrenadora propuesta.

### OBJETO DE ESTUDIO

La propuesta del proyecto es poder brindar herramientas a los estudiantes y profesionistas que quieran incursionar en la programación del PSoC específicamente del kit CY8CKIT-059 y con ello dejar de usar las tablillas de conexión (protoboard). La inversión para la tarjeta no debería ser costosa y dependerá del lugar o empresa donde se mande a fabricar. La solución propuesta fue diseñada en el software de automatización de diseño electrónico Eagle, debido a que es uno de los programas de diseño de placas de circuito impreso mas famosos del mundo y también debido a que tiene una mejor curva de aprendizaje comparado con otros programas de este tipo, el maquinado se propone se haga en JCLPCB dado que la empresa brinda las soluciones de PCB más eficientes, económicas e innovadoras, y además proporciona la producción rápida de PCB es rentable y de alta confiabilidad creando la mejor experiencia para los clientes.

## METODOLOGÍA

### FASES DEL DESARROLLO

#### EAGLE

EAGLE (figura 1) es un software de automatización de diseño electrónico (EDA) que permite a los diseñadores de placas de circuito impreso (PCB) conectar sin problemas diagramas esquemáticos, ubicación de componentes, enrutamiento de PCB y contenido de biblioteca completo.

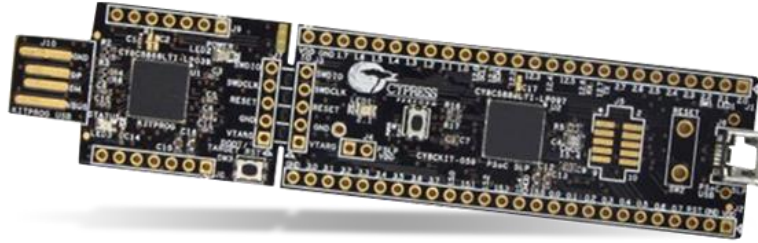
Figura 50. Logo Eagle



Fuente. Imagen obtenida de <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>  
CY8CKIT-059

El Kit de desarrollo PSoC CY8CKIT-059 5LP Rev C (ver figura 2) es un kit de prototipado económico y fácil de usar para quienes quieran iniciarse en el desarrollo de productos de la familia PSoC 5 y utilizar la arquitectura única que brinda esta familia. El Kit emplea el chip CY8C5888LTI-LP097 de la familia PSoC 5LP. PSoC 5LP es el SoC programable más integrado de la industria, que combina periféricos analógicos y digitales de alta precisión y programables en un solo chip CPU ARM Cortex M3.

**Figura 51. Kit de Desarrollo PSoC CY8CKIT-059 5LP Rev C**

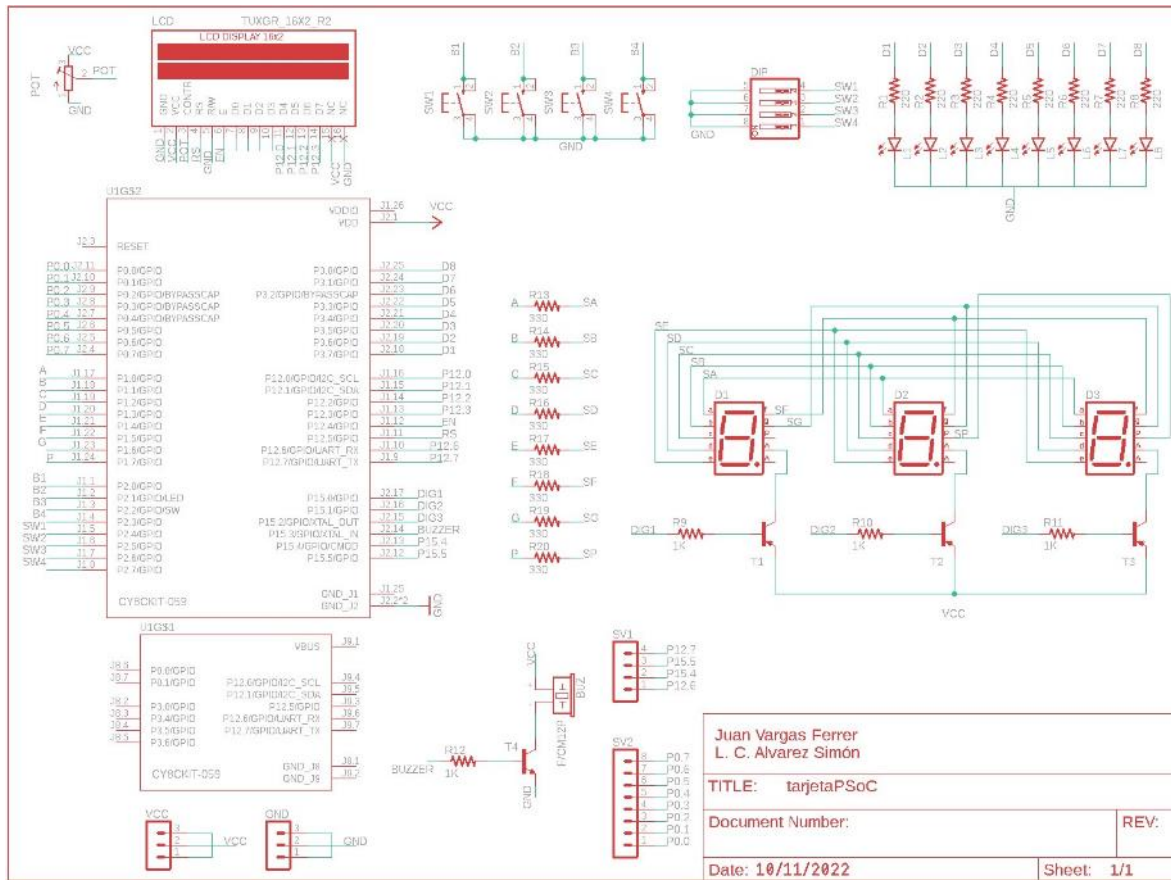


**Fuente.** Imagen obtenida de [https://www.mouser.mx/new/infineon/cypress-cy8ckit059-protocol/?\\_gl=1\\*csjn0s\\*\\_ga\\*MTkyODc0NzExMS4xNjkzMdc1OTgw\\*\\_ga\\_15W4STQT4T\\*MTY5MzA3NTk4MC4xLjAuMTY5MzA3NTk4MC4wLjAuMA..\\*\\_ga\\_1KQLCYKRX3\\*MTY5MzA3NTk4MC4xLjAuMTY5MzA3NTk4MC42MC4wLjAu](https://www.mouser.mx/new/infineon/cypress-cy8ckit059-protocol/?_gl=1*csjn0s*_ga*MTkyODc0NzExMS4xNjkzMdc1OTgw*_ga_15W4STQT4T*MTY5MzA3NTk4MC4xLjAuMTY5MzA3NTk4MC4wLjAuMA..*_ga_1KQLCYKRX3*MTY5MzA3NTk4MC4xLjAuMTY5MzA3NTk4MC42MC4wLjAu).

### Descripción General del Proceso de Elaboración.

Lo primero fue diseñar el esquema electrónico considerando los elementos a utilizar, dicho diseño se muestra en la siguiente figura 3:

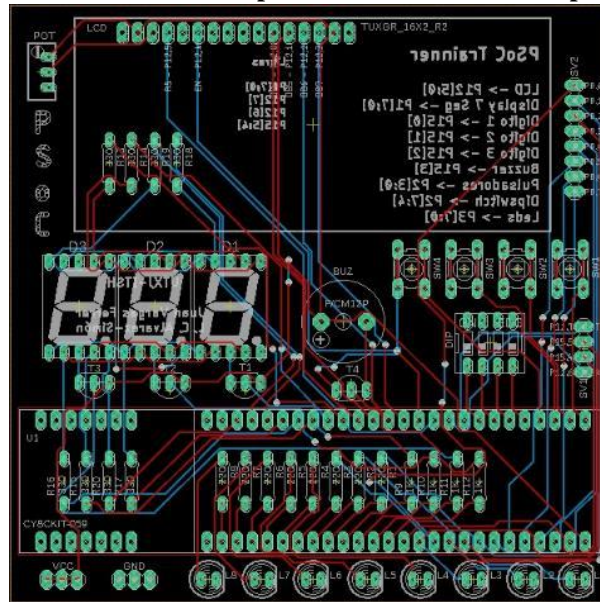
**Figura 52. Diseño Esquema Electrónico**



**Fuente.** Imagen de Elaboración Propia, 2023

Una vez realizado el diseño se procedió a la creación del enrutado de las pistas para la PCB, inicialmente se propone el uso de componentes through hole debido a que son componentes accesibles además de que no requieren material especializado para la soldadura de los mismos. Para el enrutado únicamente se consideraron dos layers o capas (top y bottom) como se puede observar en la siguiente figura 4.

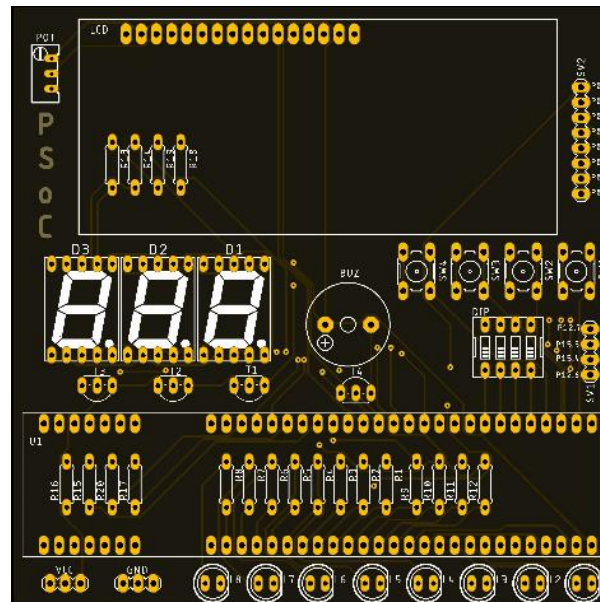
**Figura 53. Ruteo de Pistas para Interconexión de Componentes**



**Fuente. Imagen de Elaboración Propia, 2023**

Al concluir el enrutado se asegura mediante el software que cada una de las pistas cumpla con las especificaciones con las cuales se diseñó, y una vez validado todo se procede a ver una vista previa de la tarjeta entrenadora, lo cual se muestra en la figura 5 y figura 6.

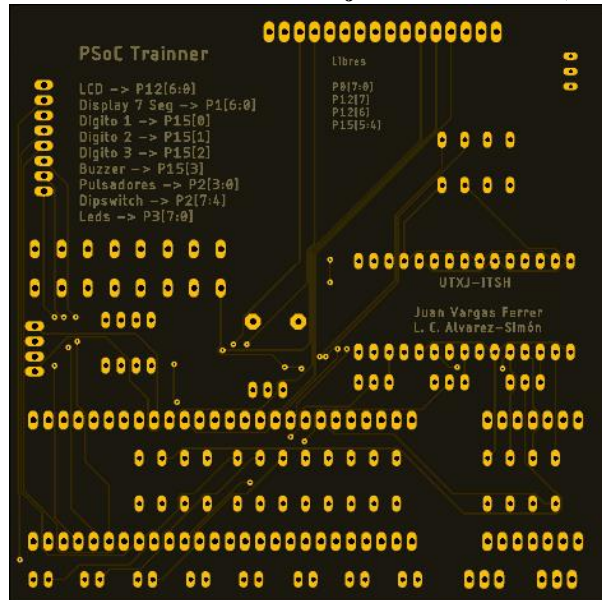
**Figura 54. Previsualización de Tarjeta Vista Frontal (Top)**



**Fuente. Imagen de Elaboración Propia, 2023**



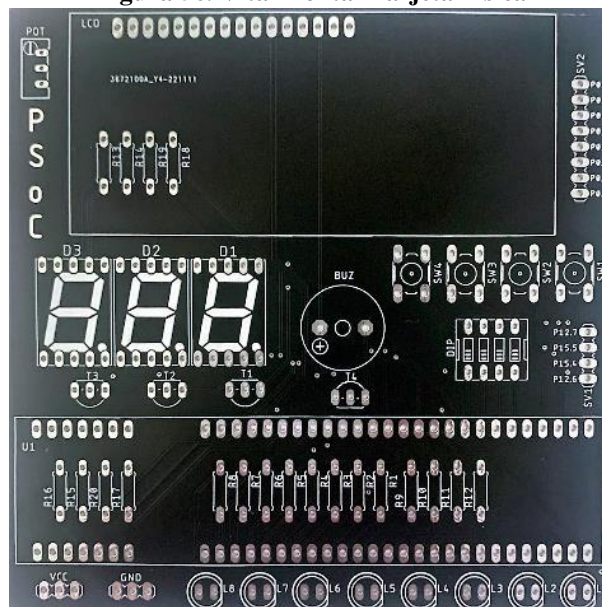
**Figura 55. Previsualización de Tarjeta Vista Trasera (Bottom)**



**Fuente. Imagen de Elaboración Propia, 2023**

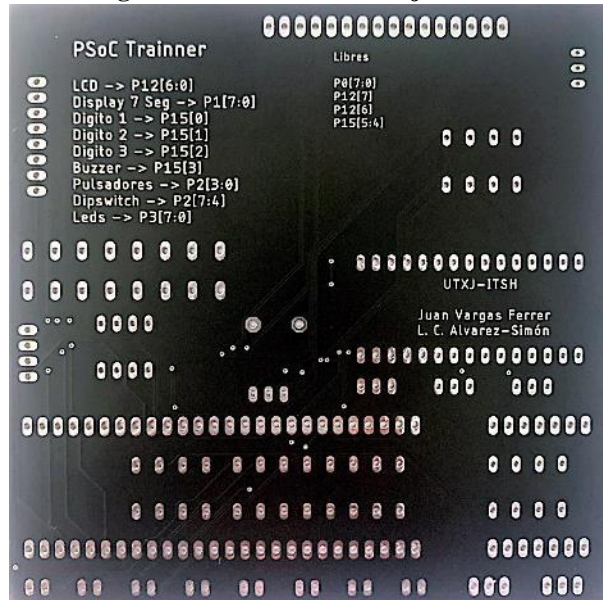
Posteriormente a la vista se previa se procede al maquinado de las PCB mediante el servicio de la empresa JCLPCB, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la figura 7 y figura 8.

**Figura 56. Vita Frontal Tarjeta Física**



**Fuente. Imagen de Elaboración Propia, 2023**

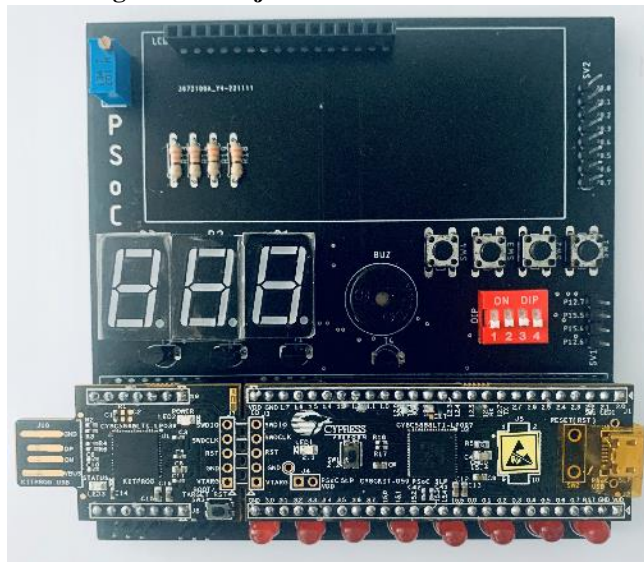
**Figura 57. Vista Trasera Tarjeta Física**



**Fuente. Imagen de Elaboración Propia, 2023**

Con las PCB en físico se continuo con el armado de la tarjeta entrenadora agregando los componentes considerados obteniendo el siguiente resultado (figura 9).

**Figura 58. Tarjeta Entrenadora Concluida**



**Fuente. Imagen de Elaboración Propia, 2023**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al concluir y armar la placa de desarrollo se pudo obtener el funcionamiento de cada uno de los periféricos incluidos y propuestos para este proyecto.

Mas sin embargo durante la prueba de alguno de ellos se tuvo un inconveniente en cuanto a la configuración de la tarjeta PSoC CY8CKIT-059, la cual tenía que ver con los pines destinados a SWD (serial wire debug) ya que la tarjeta los tiene configurados para comunicación serial y no para usar como un GPIO (Pin de Propósito General), al tratar de usar un pin SWD el software mandaba un error como el que se describe a continuación: *Pin Error: (P0[6] has been reserved for SWD Debug in the DWR System settings.)*, para la solución de este pequeño detalle lo que se debe realizar es cambiar la opción SWD (serial wire debug) a GPIO dentro del debug del proyecto.

## CONCLUSIÓN

Se logró el desarrollo e integración de algunos periféricos digitales (LCD, Display de 7 segmentos, Leds, Switches) y analógicos (Potenciómetro, Buzzer), en una tarjeta diseñada para entrenarse y adentrarse en el PSoC 5LP, lo que permitió que se pudiese agilizar en la etapa de prototipado de un sistema embebido.

Gracias a esta propuesta se logró realizar los ejercicios y practicas del libro Proyectos Prácticos con PSoC5LP permitiendo poder introducirse en la tecnología, así como también comprobar el uso y funcionamiento de algunos periféricos de uso común.

Con esta propuesta será posible desarrollar a futuro nuevas versiones de entrenadoras de esta tecnología, la cual puede incluir mas aditamentos, o incluso se pueden desarrollar el PSoC directamente implementado en la tarjeta sin necesidad del kit de desarrollo.

Como actividad pendiente quedara el desarrollo de aplicaciones mas detalladas y complejas para así poder ver el alcance que esta tecnología puede tener.

La propuesta de tarjeta entrenadora es una herramienta que puede ser utilizada para el desarrollo de futuros prototipos en trabajos relacionados a sistemas embebidos o incluso para la inicialización en los conceptos y manipulación de esta tecnología, la cual no tiene mucha publicidad y que resulta de mucha relevancia en la formación de profesionistas.

## REFERENCIAS

Alvarado Fernández Alberto, Deza Concori Jorge Enrique, Córdova Miranda Tito Leoncio. 2019. Diseño e implementación de una tarjeta electrónica de expansión modular basado en PSoC para el desarrollo de aplicaciones de sistemas embebidos. P.139 – 150. Recuperado de <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/issue/view/12>

Camargo López Julián Rolando, Perdomo Charry César Andrey, Bermúdez Bucurú Brayan Andrés. 2019. Proyectos prácticos con PSoC5LP. Ediciones de la U.

Camargo López Julián Rolando, Perdomo Charry César Andrey. 2016. Introducción al PSoC5LP teoría y aplicaciones prácticas. Editorial UD.

Mouser Electronics (2023). Infineon Technologies CY8CKIT-059 PSoC 5LP Prototyping Kit. Obtenido de [https://www.mouser.mx/new/infineon/cypress-cy8ckit059-prototype-kit/?\\_gl=1\\*\\_csjn0s\\*\\_ga\\*\\_MTkyODc0NzExMS4xNjkzMDc1OTgw\\*\\_ga\\_15W4STQT4T\\*\\_MTY5MzA3NTk4MC4xLjAuMTY5MzA3NTk4MC4wLjAuMA..\\*\\_ga\\_1KQLCYKRX3\\*\\_MTY5MzA3NTk4MC4xLjAuMTY5MzA3NTk4MC42MC4wLjA](https://www.mouser.mx/new/infineon/cypress-cy8ckit059-prototype-kit/?_gl=1*_csjn0s*_ga*_MTkyODc0NzExMS4xNjkzMDc1OTgw*_ga_15W4STQT4T*_MTY5MzA3NTk4MC4xLjAuMTY5MzA3NTk4MC4wLjAuMA..*_ga_1KQLCYKRX3*_MTY5MzA3NTk4MC4xLjAuMTY5MzA3NTk4MC42MC4wLjA).

# Diseño de Prototipo Digital de Exoesqueleto Antropomórfico Para Mano Derecha

José Luis Manzo Reyes<sup>1</sup>, José Antonio Cárdenas Valderrama<sup>2</sup>, Laura Benita Alvarado Cruz<sup>3</sup>, Omar Eslava Osorio<sup>4</sup>, Sharol Dayanne Juárez Espinoza<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [joseluis.manzo@utxicotepec.edu.mx](mailto:joseluis.manzo@utxicotepec.edu.mx),

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [jose.cardenas@utxicotepec.edu.mx](mailto:jose.cardenas@utxicotepec.edu.mx),

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [laura.alvarado@utxicotepec.edu.mx](mailto:laura.alvarado@utxicotepec.edu.mx),

<sup>4</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [omar.eslava@utxicotepec.edu.mx](mailto:omar.eslava@utxicotepec.edu.mx),

<sup>5</sup> Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: [210343@utxicotepec.edu.mx](mailto:210343@utxicotepec.edu.mx)

## Línea de investigación: Mecatrónica

### Resumen

Este trabajo muestra el diseño de un prototipo digital de exoesqueleto antropomórfico para mano derecha utilizando parámetros dimensionales antropométricos con personas del sexo masculino de nacionalidad mexicana que trabajan en la Clínica Escuela de Terapia Física (CERTF) de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ), del estado de Puebla en conjunto de los movimientos de pronación y supinación del antebrazo y los movimientos de flexión, extensión, desviación cubital y desviación radial de la muñeca para la mano derecha y respetando los movimientos de extensión y flexión del codo utilizando el software Meshmixer para editar y procesar un escaneo 3D de un brazo derecho con la finalidad de obtener una plantilla digital la cual es utilizada en SolidWorks para generar la estructura de antebrazo y mano para el exoesqueleto empleando métodos de superficies y aplicando simulaciones en SolidWorks Simulation por medio de Análisis de Elementos Finitos (FEA) para corroborar los errores presentados al momento de diseñar y corregirlos para obtener el modelo final.

Para realizar los movimientos de manera precisa se emplean motorreductores con encoder con la finalidad de controlar los movimientos requeridos por posiciones angulares empleando control de tipo Proporcional Integral (PI) en colaboración del software LabVIEW como gestor de instrumentación virtual en donde se genera el modelo de control por medio de su diagrama de bloques presentando un panel frontal con la visualización de las posiciones angulares.

*Palabras clave: Antropomórfico, exoesqueleto, simulaciones, control, LabVIEW, SolidWorks.*

### Abstract

This work shows the design of a digital prototype of an anthropomorphic exoskeleton for the right hand using anthropometric dimensional parameters with males of Mexican nationality who work at the Clínica Escuela de Terapia Física (CERTF) of the Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ), from the state of Puebla as a whole of the pronation and supination movements of the forearm and the movements of flexion, extension, ulnar deviation, and radial deviation of the wrist for the right hand and respecting the extension and flexion movements of the elbow using the Meshmixer software to edit and process a 3D scan of a right arm to obtain a digital template which is used in SolidWorks to generate the forearm and hand structures for the exoskeleton using surface methods and applying simulations in SolidWorks Simulation through Analysis of Finite Elements (FEA) to corroborate the errors presented at the time of design and correct them to obtain the final model.

To carry out the movements precisely, gear motors with encoders control the movements required by angular positions using Proportional Integral (PI) type control in collaboration with the LabVIEW software as a virtual instrumentation manager where the control model is generated. Its block diagram presents a front panel to visualize the angular positions.



## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que afecta la realización de las actividades cotidianas de las personas son algunas lesiones que ocurren en las extremidades del cuerpo, especialmente en la muñeca. El tiempo de recuperación de estas lesiones puede reducirse al realizar sesiones de terapias impartidas por especialistas en el área. La comunidad científica ha realizado esfuerzos en proporcionar herramientas tecnológicas y dispositivos robotizados que ayuden a realizar las terapias de mejor manera y tratando de hacer más fácil y cómoda la labor del especialista en rehabilitación. Estos dispositivos están orientados a diseños de exoesqueletos [1-4], donde analizan los movimientos anatómicos de la muñeca. En este sentido, se han realizado diseños de exoesqueletos enfocándose en el accionamiento de los actuadores, tales que proporcionen un rango de valores que se mantienen en un rango limitado de movilidad de la mano [4-7]. Por otro lado, algunos trabajos muestran los diferentes modelados mecánicos para la solución de un movimiento en particular, considerando accionamientos electromecánicos, hidráulicos y neumáticos [8], sin tener en cuenta el diseño estético del exoesqueleto. La mejora que se plantea en este trabajo es un diseño ergonómico que aporte a la buena presentación del exoesqueleto con un enfoque en la realización de la terapia de rehabilitación más cómoda para el usuario sin perjudicar el desempeño mecánico del prototipo. Para el mejoramiento de las piezas que entran en contacto con la piel, se presenta un diseño mecánico en 3D proveniente de un escaneo del brazo derecho de una persona, para tener el relieve de la cara inferior de la estructura totalmente simétrico al brazo del paciente. Para el mecanismo de accionamiento se presenta el diseño de un sistema de control para un motor de CD mediante el uso de un controlador del tipo PI que mantiene un enfoque de control robusto con relación a las incertidumbres paramétricas en los pesos de la muñeca y el prototipo de exoesqueleto. Aunado a esto, se presenta una herramienta de software que facilita el control y la visualización de las mediciones de ángulo y velocidad tales que ayudarán al fisioterapeuta a manipular el prototipo del exoesqueleto de forma más fácil. Si bien este trabajo presenta únicamente los diseños mecánicos en 3D y los diseños del sistema de control de posición y velocidad para la generación de un prototipo de exoesqueleto, estos resultados servirán como base fundamental del desarrollo completo del prototipo de exoesqueleto teniendo como trabajos a futuros, el monitoreo de los impulsos eléctricos del brazo y muñeca, tales que ayudarán a reconocer el avance de las sesiones de rehabilitación, tal como es el caso de Q. Meng et al. [9] que utilizan señales electromiografías para el análisis y control de movimientos del exoesqueleto por parte de los pacientes que lo utilizan.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar y realizar simulaciones para la propuesta de un prototipo de exoesqueleto antropométrico para mano derecha utilizando SolidWorks Superficies, SolidWorks Simulation y modelado de Control PI con LabVIEW.

- Diseñar en SolidWorks Superficies por medio de mediciones antropométricas la estructura de antebrazo y mano derecha que conforma al exoesqueleto.
- Realizar análisis de diseño de superficies de los componentes obtenidos.
- Realizar simulaciones utilizando SolidWorks Simulation de las estructuras obtenidas para mano y antebrazo.
- Realizar la comunicación entre un dispositivo digital y el software LabVIEW generando un sistema de control digital.
- Obtener la función de transferencia del motorreductor mediante la respuesta ante una señal tipo escalón.
- Calcular las ganancias del controlador PI mediante el diseño por lugar geométrico de las raíces.

## METODOLOGÍA

El método implementado para el desarrollo de este trabajo se basa en el diseño de un prototipo digital de exoesqueleto para mano derecha con dimensiones antropomórficas proporcionadas por Clínica Escuela de Terapia Física (CERTF) de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ) mediante un análisis estadístico. De los datos compartidos por CERTF se consideró la medida promedio de la estructura anatómica del antebrazo y mano derecha, también se incluyen los movimientos del miembro antes mencionado.

Además, para el diseño ergonómico del prototipo, se utilizan dos herramientas Meshmixer y SolidWorks, para editar, procesar un escaneo 3D y generar el modelo físico del antebrazo y mano derecha. Por otra parte, para el sistema de control de movimientos se realiza un análisis matemático basado en el uso de motorreductores con enconder utilizando un control de tipo Proporcional Integral PI, el sistema de control digital se muestra en el software LabVIEW. Esta herramienta se utiliza como un instrumento virtual, el cual le permite visualizar las mediciones de ángulo y velocidad al fisioterapeuta para facilitar la manipulación.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de esta investigación es diseñar un prototipo virtual para la generación de un exoesqueleto de mano derecha utilizando dimensiones antropométricas proporcionadas por personas del sexo masculino de la Clínica Escuela de Terapia Física de la UTXJ en el estado de Puebla por medio del software SolidWorks para mejorar las técnicas de rehabilitación en los movimientos de flexión, extensión, desviación cubital y desviación radial generados en la muñeca derecha utilizando sistemas de control de tipo PI a través de instrumentación virtual desarrollada en LabVIEW para la manipulación del exoesqueleto.

## FASES DEL DESARROLLO

### Diseño de Antebrazo y Mano Derecha

Para determinar el diseño del exoesqueleto se utilizaron parámetros antropométricos como lo describe Sosa, Arias y Lugo [12] utilizando datos recabados en colaboración de 20 personas del sexo masculino de nacionalidad mexicana de la Clínica Escuela de Terapia Física



(CERTF) de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ), del estado de Puebla, con los datos descriptivos obtenidos por medio de una cinta antropométrica de fibra de vidrio y un vernier digital descritos en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Circunferencias en Medidas Antropométricas de Estructuras Gruesas en Hombres.*

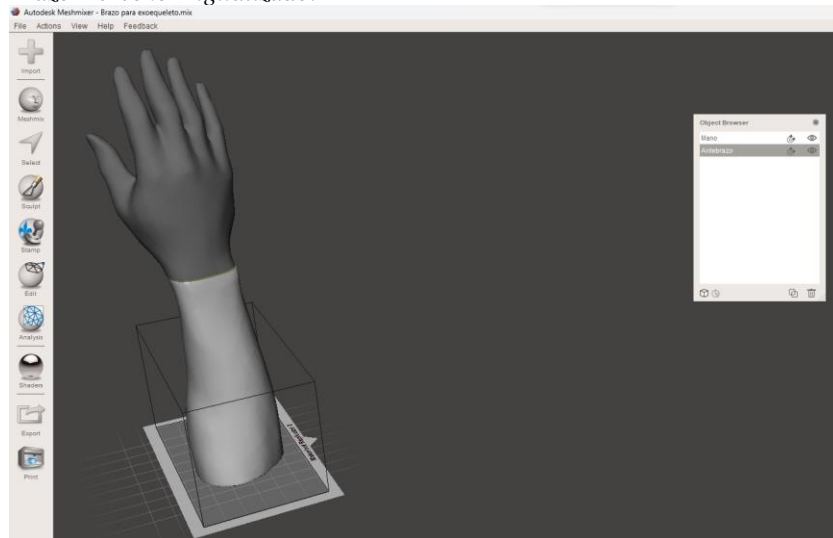
Estructura	Abreviatura	Media
Cabeza distal de metacarpianos	Nudillos	195 mm
Muñeca	Muñeca	155 mm
Porción media del antebrazo	Antebrazo	236.3 mm

Nota: Parámetros dimensionales antropométricos basados en las dimensiones de brazo derecho en hombres mexicanos.

Con los datos antropométricos obtenidos se procede al desarrollo del antebrazo en donde se utiliza un brazo derecho digitalizado por medio de escaneo 3D basado en la complejión de un hombre mexicano promedio para tener una plantilla inicial del proceso de diseño como se muestra en la Figura 1, en donde el antebrazo y la mano son separados para un mejor procesamiento de los parámetros de digitalización por medio del software Autodesk Meshmixer.

**Figura 1.**

*Brazo Derecho Digitalizado.*



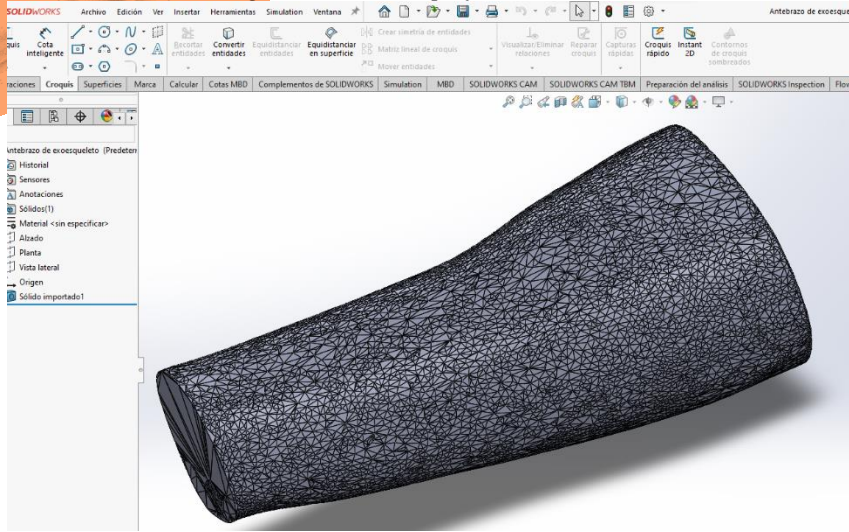
Nota: El archivo del escaneo 3D del brazo derecho es editado en Autodesk Meshmixer para suavizar la nube de puntos y evitar saturación en la etapa de diseño.

Como lo describen Sámago, Luna y Luviano [11] se deben de considerar los movimientos de pronación y supinación del antebrazo y los movimientos de flexión, extensión, desviación cubital y desviación radial de la muñeca al momento de generar desde el diseño digitalizado hasta la simulación CAD con la intención de dotar de movilidad natural al antebrazo.

El antebrazo digitalizado es exportado al software SolidWorks en donde se utiliza como una plantilla en 3D con la finalidad de tener una referencia de los relieves de este generados por la musculatura y la estructura ósea empleando un ajuste de las geometrías digitales de las superficies generadas sin perder resolución de diseño como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.**

*Antebrazo Derecho Digitalizado con Superficies en SolidWorks.*

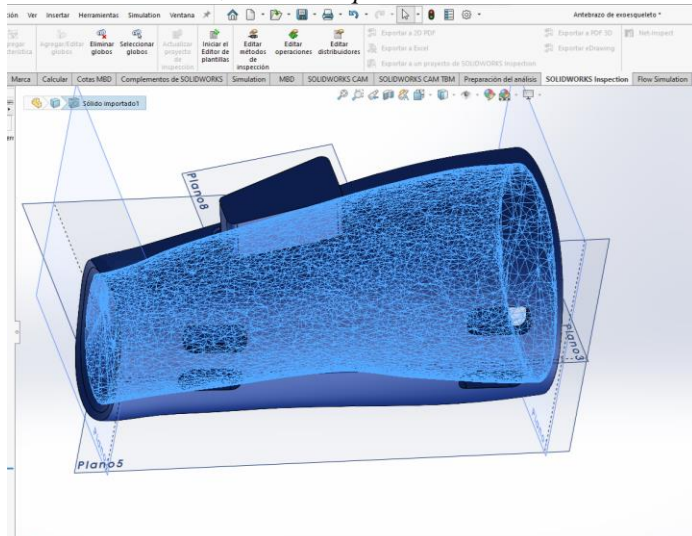


Nota: Se muestra el archivo digitalizado suavizado para su ejecución en SolidWorks

Utilizando la plantilla de antebrazo digitalizado en conjunto de las dimensiones y los parámetros dimensionales antropomórficos se diseña por medio de SolidWorks el antebrazo del exoesqueleto empleando superficies para obtener una mejor adaptación de los planos, las superficies, los bordes y los vértices que se encuentran en toda la pieza como se indica en el manual SolidWorks [13] obteniendo la parte correspondiente al antebrazo como se muestra en la Figura 3.

**Figura 3.**

*Diseño del Antebrazo del Exoesqueleto Mediante SolidWorks Superficies.*

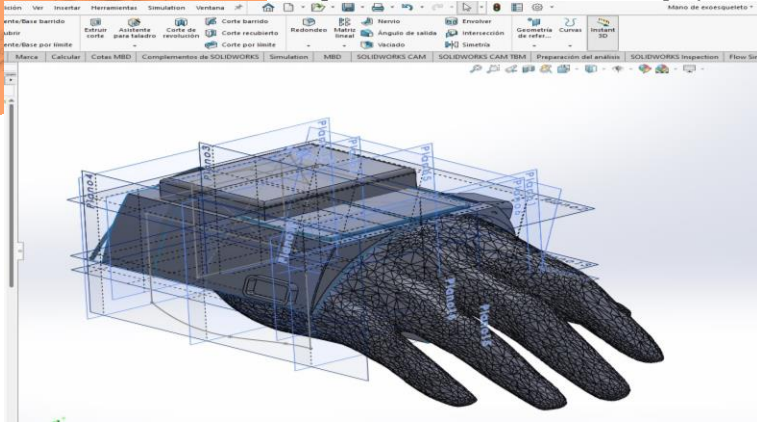


Nota: El antebrazo digitalizado y el antebrazo del exoesqueleto se colocan en el mismo entorno y se ajustan mediante los valores de parámetros dimensionales antropomórficos.

Para el desarrollo de la mano se emplea la misma metodología aplicada en el antebrazo con la particularidad de contar con una estructura definida para la parte dorsal en donde se colocarán las terminales tensoras para generar los movimientos de flexión y de extensión como se muestra en la Figura 4, así como las estructuras mecánicas articulares que unen a la región del exoesqueleto del antebrazo con la región del exoesqueleto de la mano como se muestra en la Figura 5.

**Figura 4.**

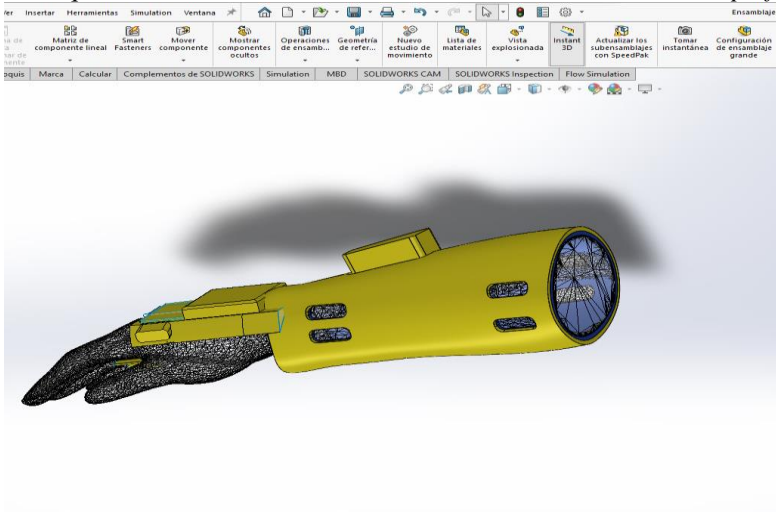
*Diseño de la Mano del Exoesqueleto Mediante SolidWorks Superficies.*



Nota: La mano del exoesqueleto presenta mayores detalles de superficies por lo cual, es necesario reducir la calidad de la nube de puntos sin perder la definición de la mano y eliminar la mayor cantidad posible de operaciones para procesar mejor los datos.

**Figura 5.**

*Exoesqueleto del Brazo Derecho Diseñado Mediante SolidWorks Superficies.*



Nota: La región transparente muestra la mano y el antebrazo escaneados y las piezas amarillas muestran a la estructura del exoesqueleto.

### **Diseño del Sistema de Control Digital**

El diseño del sistema de control comienza con la adquisición de la posición angular del motor proveniente de los pulsos generados por un encoder magnético de cuadratura adquiridos por un sistema digital que incrementa o decrementa el ángulo según el sentido del giro, considerando la cantidad de pulsos por vuelta. El sistema digital, mediante señales de salida, manipula un puente H para poder accionar al motor, teniendo el control del giro y la potencia del motor mediante la gestión de una señal PWM. Finalmente, al sistema digital se le programa una comunicación serial, tal que pueda comunicarse con la computadora, en donde el sistema digital se configura en modo oyente, esto con la finalidad de generar un tipo de comunicación Cliente -Servidor, generando un conjunto de instrucciones para solicitar el valor del ángulo, así como proporcionar el sentido de giro y la cantidad de potencia que se tiene que suministrar al motor. En la Tabla 2 se muestran las peticiones asociadas a la cadena de caracteres de cada instrucción.

**Tabla 2.**  
*Funcionamiento de las Peticiones de la Comunicación.*

PETICIÓN	CADENA DE CARACTERES	FUNCIONAMIENTO
Solicitar la posición angular	A	El dispositivo contesta con una cadena de caracteres numérica donde el signo positivo denota un ángulo en sentido antihorario y el signo negativo en sentido horario.
Girar Hacia la izquierda con una potencia dada	Bvalor	El dispositivo recibe un valor de 0 a 255 correspondientes al 0 y 100 % respectivamente.
Girar Hacia la izquierda con una potencia dada	Dvalor	

Las instrucciones de programación se realizan en un Arduino como sistema digital, las cuales se muestran en la Figura 6.

**Figura 6.**  
*Código de Programación de Arduino para el Control de Sentido y Potencia del Motor.*

```

int x,caracter,palabra[16],c;
long anguloI=0;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(2,INPUT);    // Entrada Interrupcion Canal 1 Encoder
  pinMode(11,OUTPUT);  // PWM
  pinMode(12,OUTPUT);  // Motor giro 1
  pinMode(13,OUTPUT);  // Motor giro 2
  pinMode(14,INPUT);   // Entrada Canal 2 Encoder
  c=0;
  DDRA=255;            // DAC R2R
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), gradotI, RISING);
}

void loop() {
  if(Serial.available()>0) // PREGUNTANDO SI HAY CARACTERES ESCRITOS EN EL BUFFER
  {
    caracter=Serial.read(); // LE CARACTER Y RECORRE LAS POSICIONES DE LOS BYTES 3->2
    if(caracter!=10)        // PREGUNTA SI HAY UN SALTO DE LINEA
    {
      palabra[c]=caracter;  // GUARDA LOS CARACTERES EN EL VECTOR PALABRA
      c++;
    }
    else                    // YA SE DETECTÓ UN SALTO DE LINEA
    {
      c=0;                  // RESETEAR CONTADOR
      if(palabra[0]==65)    // LECTURA DEL ANGULO DEL MOTOR CUANDO SE ESCRIBE LA "A"
      {
        Serial.println(anguloI);
      }
      if(palabra[0]==66)    //EL MOTOR GIRA A UN LADO CON PWM CUANDO SE ESCRIBE LA "B"
      {
        digitalWrite(12,1);
        digitalWrite(13,0);
        analogWrite(11,(palabra[1]-48)*100+(palabra[2]-48)*10+(palabra[3]-48));
      }
      if(palabra[0]==67)    //EL MOTOR GIRA AL OTROLADO CON PWM CUANDO SE ESCRIBE LA "C"
      {
        digitalWrite(12,0);
        digitalWrite(13,1);
        analogWrite(11,(palabra[1]-48)*100+(palabra[2]-48)*10+(palabra[3]-48));
      }
    }
  }
}

void gradotI(){
  if(digitalRead(14)==1){
    anguloI=anguloI+1;
  }
  else{
    anguloI=anguloI-1;
  }
}

```

a)

b)

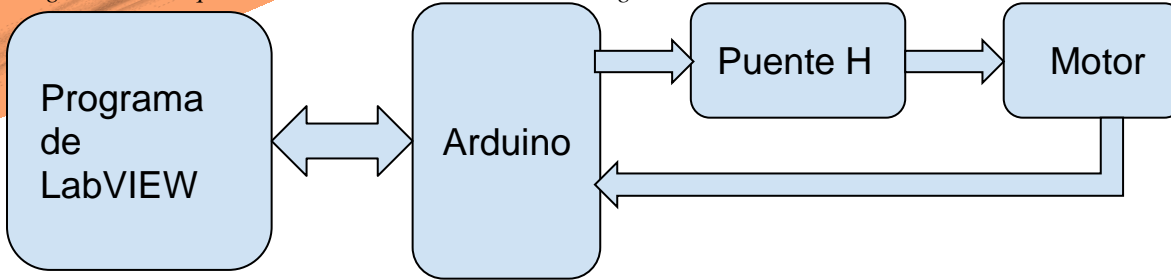
Nota: Código de programación de Arduino para el control de sentido y potencia del motor, lectura de la posición angular y comunicación con la computadora. a) Muestra la configuración de los pines, la configuración en modo oyente del Arduino y parte de las instrucciones de petición. b) Muestra la segunda parte de las peticiones y el cálculo del ángulo.

La manipulación de los datos provenientes del Arduino se gestiona mediante el software LabVIEW, en el cual se programará un instrumento virtual que realice un sistema de control digital del motor, así como su manipulación y visualización. La Figura 7 muestra un diagrama de bloques general representativo del sistema de control digital.

445

**Figura 7.**

*Diagrama de Bloques General del Sistema de Control Digital.*

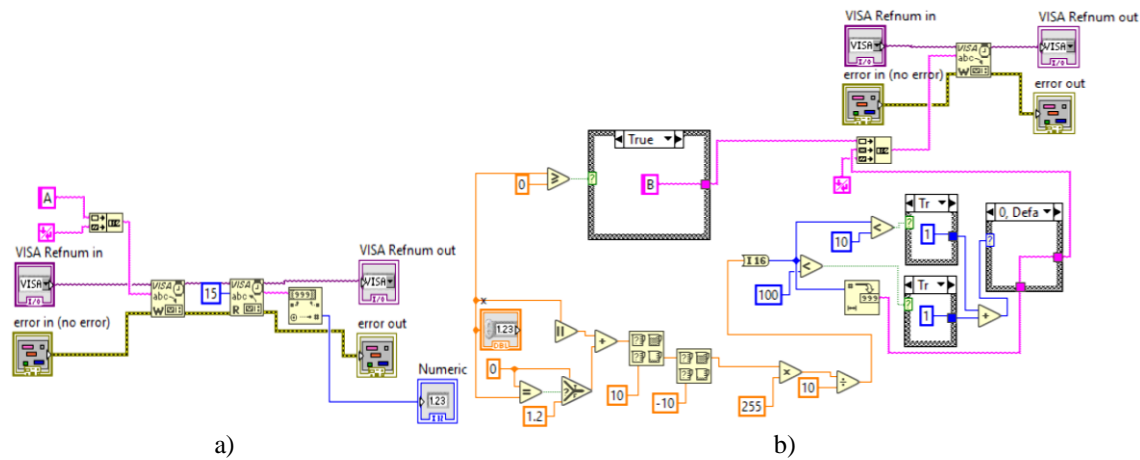


Nota: Se muestra la representación del diagrama de bloques con el uso de LabVIEW, Arduino, el puente H y el motorreductor para su sistema de control.

En la creación del instrumento virtual, se realizan dos sub-instrumentos virtuales para la petición en la transmisión de datos. Para la petición de la posición angular, se envía el carácter A, e inmediatamente se lee el carácter enviado desde el Arduino con la información. Para la petición de accionar el motor, se realiza un mapeo de potencia y sentido de giro, en donde el número +10 y el número -10 son los máximos valores de giro del motor en sentido antihorario y horario respectivamente, correspondientes al valor 255 aunado a un condicional del signo para enviar el carácter B o C según el sentido de giro. Estos sub-instrumentos virtuales se muestran en la Figura 8.

**Figura 8.**

*Sub-Instrumentos Virtuales Generados en LabVIEW.*



Nota: Se muestran los Sub-instrumentos virtuales para generar las peticiones hacia el Arduino. a) Petición de solicitud de envío de la posición angular. b) Petición de envío de dirección y potencia del motor.

Como siguiente paso es calcular la velocidad angular, sabiendo que es la derivada de la posición angular, su transformada z está descrita por,

$$D(z) = (\theta(z) - z\theta(z))/T \quad (1)$$

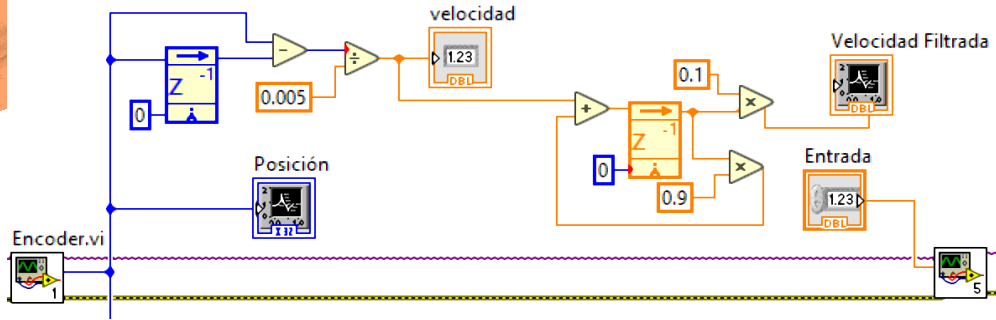
Debido al tiempo de muestreo T del sistema digital, la velocidad es susceptible a la adición del ruido, de este modo se propone un filtro digital pasa bajas como mejoramiento de la señal cuya función de transferencia en z está dada por,

$$F(z) = \frac{0.1}{z - 0.9} \quad (2)$$

El diagrama de bloques con el cálculo de la velocidad y velocidad filtrada se muestra en la Figura 9.



**Figura 9.**  
Representación de la Velocidad Angular y la Adición de un Filtro Pasa Bajas.



Nota: La velocidad proviene de la derivada de la posición y está mostrada en transformada Z. La función de transferencia del motor se aproxima a una función de transferencia de primer orden representada mediante la siguiente ecuación,

$$G(s) = \frac{b}{s + a} \quad (3)$$

Donde los valores  $a$  y  $b$  se obtienen a partir de la respuesta del motor ante una entrada escalón  $u$ , midiendo el valor de la velocidad en estado estacionario  $\omega_{ss}$  y el tiempo en llegar al estado estacionario  $t_{ss}$ . Las ecuaciones que relacionan estos valores son,

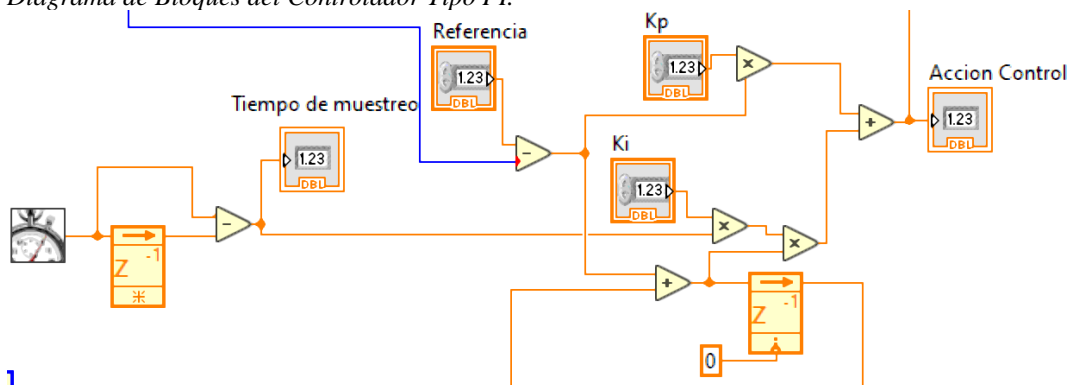
$$a = 5/t_{ss} \quad (4)$$

$$b = a \omega_{ss} / u \quad (5)$$

Para la construcción del controlador tipo PI en donde su diagrama de bloques se muestra en la Figura 10, es necesario medir el tiempo de muestreo  $T$  generado por la adquisición y transmisión de los datos, puesto que la parte Integral contempla este valor, la función de transferencia del controlador PI se describe como,

$$C(z) = kp + ki T \frac{z}{z - 1} \quad (6)$$

**Figura 10.**  
Diagrama de Bloques del Controlador Tipo PI.



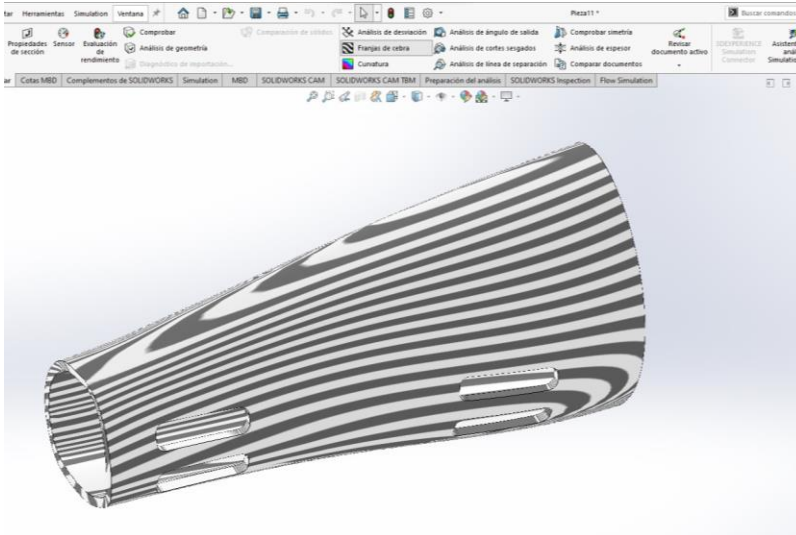
Nota: La parte integral en un controlador digital requiere del tiempo de muestreo del sistema.

La obtención de los valores de las ganancias de  $K_p$  y  $K_i$  se obtienen a partir del diseño por Lugar geométrico de las Raíces, proponiendo una Frecuencia Natural y un Índice de Amortiguamiento definidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar la viabilidad del diseño realizado del exoesqueleto antes de pasar a las etapas de manufactura real, se realizaron algunas pruebas, la primera prueba consiste en verificar los posibles defectos presentados en las superficies al momento de diseñar en SolidWorks utilizando franjas de cebra las cuales corroboran como dos caras que se encuentran de manera adyacente tienen contacto entre sí y curvaturas que siguen su trayectoria sin exponer a la estructura final en el recorrido como se muestra en la Figura 11.

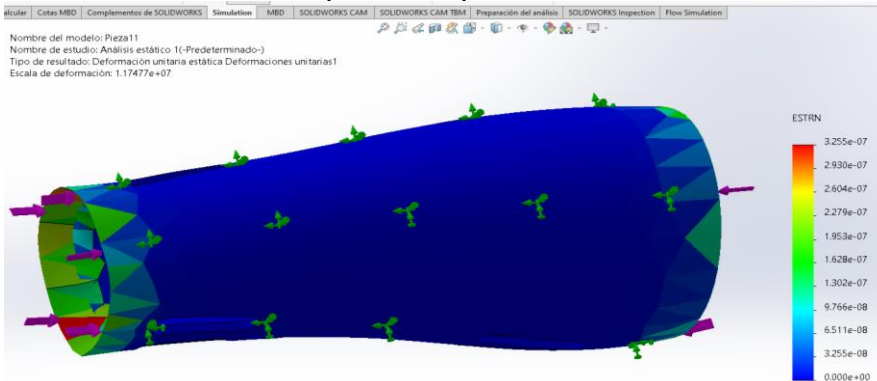
**Figura 11.**  
*Verificación de Curvaturas y Superficies Mediante Franjas de Cebra.*



Nota: La verificación de franjas de cebra fue utilizada para modificar aquellas regiones de las superficies que fueron inconsistentes y que presentaban problemas al momento de realizar simulaciones.

La segunda forma de comprobar la viabilidad del diseño del exoesqueleto fue realizando Análisis de Elementos Finitos (FEA) dividiendo a las piezas obtenidas en elementos más sencillos para lograr una resolución más fácil de procesamiento de datos como lo describe Gómez [10]. Se le aplicó una fuerza de 5 Newtons de manera axial al modelo como se muestra en la Figura 12 para obtener resultados de las deformidades y los puntos de refuerzo para ser aplicados al diseño final.

**Figura 12.**  
*Análisis de Elementos Finitos para la Comprobación del Diseño del Antebrazo del Exoesqueleto.*



Nota: El Análisis de Elementos Finitos muestra como el antebrazo del exoesqueleto soporta las pruebas de cargas para una fuerza de 5 Newtons sin sobrepasar a la región de deformación plástica.

El exoesqueleto final obtenido contempla las correcciones de las posibles de las regiones de la mano y el antebrazo respecto a la canalización del cableado para el movimiento de tensores y la colocación de los motorreductores sin ser invasivo y mejorando la ergonomía al momento de utilizarlo como se muestra en la Figura 13 contemplando los movimientos de flexión, extensión, desviación cubital y desviación radial de la muñeca y los movimientos de extensión y flexión del codo.

Cabe mencionar que se ha diseñado e incluido la pieza del exoesqueleto del antebrazo a modo de estructura de soporte para los diferentes motorreductores a utilizar y la conducción de energía de estos, así como estructura de conexión entre la mano y la muñeca para tener un mejor manejo de los movimientos de está buscando la movilidad más natural antropomórficamente.

**Figura 13.**

*Exoesqueleto con Morfología Humana para Movimientos de Mano Derecha.*

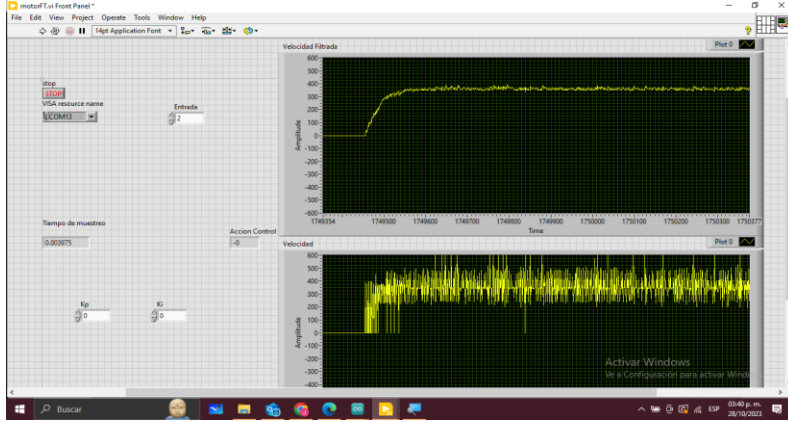


Nota: El exosqueleto cumple los movimientos de la mano y respeta los movimientos del codo para su movilidad.

Al obtener resultados prácticos de la velocidad angular  $\omega$  ante una entrada escalón  $u$  de valor 2, se determinó que los valores a los que llega la velocidad en estado estacionario y tiempo en llegar al estado estacionario son  $\omega_{ss} = 350$  rad/seg y  $t_{ss} = 0.35$  seg. Tal como se muestra en la Figura 14.

**Figura 14.**

*Resultados Obtenidos de la Respuesta de un Motor Ante una Entrada Escalón de Amplitud 2.*



Nota: Los valores se obtienen de la señal filtrada en donde el tiempo en estado estacionario se multiplica el número de cuadros por el tiempo de muestreo.

De las ecuaciones (4), (5) y sustituyéndolas en la ecuación (3). la función de transferencia del motor es,

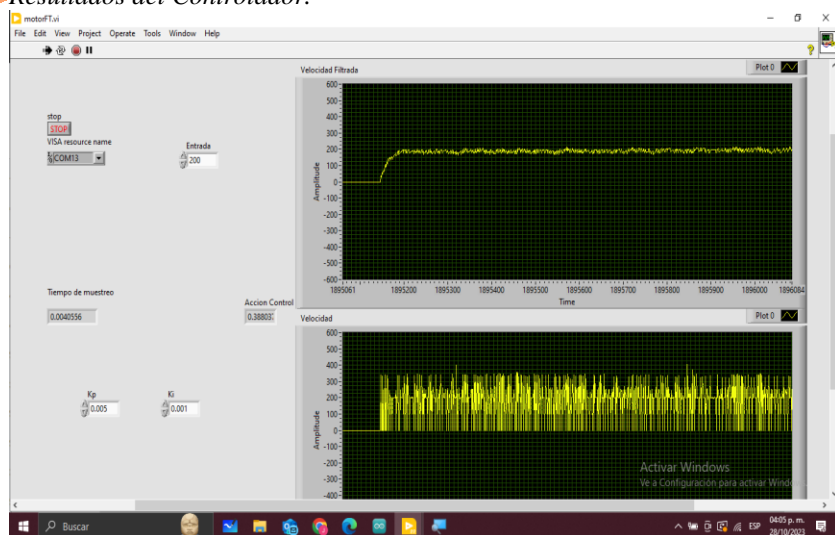
$$G(s) = \frac{2500.75}{s + 14.29} \quad (7)$$

Las especificaciones propuestas son una frecuencia natural  $\omega_n = 4$  rad/seg y un índice de amortiguamiento de  $\zeta = 2$ , obteniéndose una función de transferencia pulso del controlador:

$$C(s) = \frac{0.0002(s + 1400)}{s} \quad (7)$$

A partir de  $C(s)$ , los valores de las constantes del controlador son  $K_p = 0.005$  y  $K_i = 0.001$ . La Figura 15 muestra las gráficas de velocidad y velocidad filtrada ante una referencia de 200 rad/seg, mostrando que se logra llegar al valor en un tiempo de 0.3 seg, mostrando que el sistema de control cubre con las especificaciones de diseño.

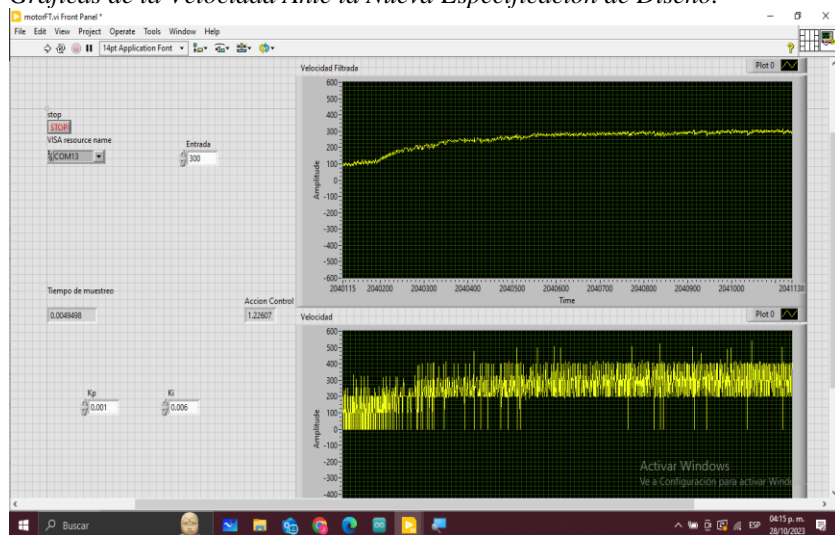
**Figura 15.**  
*Resultados del Controlador.*



Nota: Se obtienen los resultados por medio del lugar de las raíces teniendo una frecuencia natural de 4 rad/seg.

Para movimientos más suaves, se pretende reducir la frecuencia natural a un 0.5%. Al realizar el mismo diseño, las constantes del controlador ahora tienen los valores  $K_p=0.001$  y  $K_i=0.006$ . La Figura 16 muestra el comportamiento de la velocidad con estos nuevos parámetros, partiendo de una velocidad de 100 rad/seg a una velocidad de 300 rad/seg.

**Figura 16.**  
*Gráficas de la Velocidad Ante la Nueva Especificación de Diseño.*



Nota: Se obtienen los resultados por medio del lugar de las raíces teniendo una frecuencia natural del 5% de la frecuencia natural anterior.

Con esta nueva especificación de diseño los movimientos en la muñeca serán más suaves en beneficio de no forzar de más la muñeca del paciente.

## CONCLUSIÓN

Con los cocimientos actuales que se tienen sobre la importancia de la rehabilitación del cuerpo humano se pueden generar seguimientos oportunos cuando se presentan lesión ocasionada por traumatismo como es el caso de la mano derecha, debido a la complejidad de la misma tanto del tejido muscular y de las terminaciones nerviosas, contar con un exoesqueleto el cual posea propiedades antropométricas de personas de una región específica para su construcción empleando tecnología de maquinado computarizado, sistemas de control en el manejo milimétrico de movimientos angulares y el monitoreo de datos mediante instrumentación virtual son capaces de apoyar en los proceso de rehabilitación mejorando las técnicas propuestas.

## REFERENCIAS DE CONSULTA

- [1] Ueki, S., Kawasaki, H., Ito, S., Nishimoto, Y., Abe, M., Aoki, T & Mouri, T. (2010). Development of a hand-assist robot with multi-degrees-of-freedom for rehabilitation therapy. *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, 17(1), 136-146.
- [2] Lee, J., & Bae, J. (2015, August). Design of a hand exoskeleton for biomechanical analysis of the stroke hand. In *2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)* (pp. 484-489). IEEE.
- [3] Gasser, B. W., Bennett, D. A., Durrrough, C. M., & Goldfarb, M. (2017, July). Design and preliminary assessment of Vanderbilt hand exoskeleton. In *2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)* (pp. 1537-1542). IEEE.
- [4] Sarac, M., Solazzi, M., & Frisoli, A. (2019). Design requirements of generic hand exoskeletons and survey of hand exoskeletons for rehabilitation, assistive, or haptic use. *IEEE transactions on haptics*, 12(4), 400-413.
- [5] Tong, K. Y., Ho, S. K., Pang, P. M. K., Hu, X. L., Tam, W. K., Fung, K. & Chen, M. (2010, August). An intention driven hand functions task training robotic system. In *2010 Annual International Conference of the IEEE engineering in medicine and biology* (pp. 3406-3409). IEEE.
- [6] Heo, P., Gu, G. M., Lee, S. J., Rhee, K., & Kim, J. (2012). Current hand exoskeleton technologies for rehabilitation and assistive engineering. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13, 807-824.
- [7] Ferguson, P. W., Dimapasoc, B., Shen, Y., & Rosen, J. (2019). Design of a hand exoskeleton for use with upper limb exoskeletons. In *Wearable Robotics: Challenges and Trends: Proceedings of the 4th International Symposium on Wearable Robotics, WeRob2018, October 16-20, 2018, Pisa, Italy* 3 (pp. 276-280). Springer International Publishing.
- [8] Guo, S., Zhang, W., Guo, J., Gao, J., & Hu, Y. (2016, August). Design and kinematic simulation of a novel exoskeleton rehabilitation hand robot. In *2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation* (pp. 1125-1130). IEEE.
- [9] Meng, Q., Meng, Q., Yu, H., & Wei, X. (2017, June). A survey on sEMG control strategies of wearable hand exoskeleton for rehabilitation. In *2017 2nd Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems (ACIRS)* (pp. 165-169). IEEE.
- [10] Gómez González Sergio. (2022). *El gran libro de SolidWorks Simulation*. Editorial Alfaomega. (pp. 40-111).
- [11] Sámago Sánchez N., García Luna F., Luviano Cruz, D. 2018. *Diseño de un Exoesqueleto Antropomórfico de Tele-operación Maestro para la Adquisición de Datos*. Compendio de Investigación Academia Journals Chetumal 2018. Recuperado de: [Compendio de Investigación Academia Journals Chetumal 2018 - Tomo 13-82-87.pdf \(uacj.mx\) \(pp. 2182-2186\)](#)
- [12] Sosa Méndez, D., Arias Montiel, M. y Lugo González, E. *Diseño de un Prototipo de Exoesqueleto para Rehabilitación del Hombro*. Rev. mex. ing. bioméd, México, v. 38, n. 1, p. 330-342, abr. 2017.
- [13] SolidWorks. (2023). *SolidWorks Surface*. (pp. 110-170).



# Implementación de IMDS en empresa automotriz

A. Alicia Fernanda Galindo Manrique<sup>1</sup>, B. Antonio Alvarez Gaona<sup>2</sup>, C. Raymundo Diaz Robles<sup>3</sup>  
D. Alejandro Hernández Briones<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey: [alicia.galindo@tec.mx](mailto:alicia.galindo@tec.mx)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Coahuila: [alvarezgaona@uadec.edu.mx](mailto:alvarezgaona@uadec.edu.mx)

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, e-mail: [raymundo.diaz@tec.mx](mailto:raymundo.diaz@tec.mx)

<sup>4</sup> Universidad del Valle de Mexico, e-mail: [alejandro\\_hernandezbr@my.uvm.edu.mx](mailto:alejandro_hernandezbr@my.uvm.edu.mx)

## Línea de investigación: OTRAS INGENIERÍAS

### Resumen

En un proyecto en conjunto, las empresas de Audi, BMW, DaimlerChrysler, Ford Motor Company, Opel, Porsche, Volvo, Volkswagen y la compañía EDS (esta última ahora como parte de HP), apoyaron para el desarrollo de una plataforma tecnológica denominada IMDS – International Material Data System (o Datos de Materiales utilizados por los proveedores de la industria automotriz). El objetivo principal es regular el uso de sustancias que pueden ser peligrosas para la salud, y a su vez, que cada proveedor sea responsable de los productos que fabrica durante su vida útil: su operación y uso, retiro y eliminación del mercado. Dichos proveedores para la industria automotriz deben firmar un contrato apropiado cuando le sean solicitadas las piezas por el cliente, declarar las sustancias que conforman los materiales y el grado de riesgo que representa cada uno.

El presente proyecto se desarrolló en una empresa de componentes plásticos y proveedora de General Motors y Stellantis, el cual es una fusión del grupo ítalo-estadounidense *Fiat Chrysler Automobiles* y el francés *Groupe PSA*; teniendo como objetivo el dar a conocer la importancia de la Implementación del IMDS en las empresas proveedoras de la industria automotriz, el uso de la plataforma y como se declaran las sustancias a partir de una estructura de árbol para cada producto, así como el desarrollo de Hojas de Datos de Materiales o las MDS que se dan de alta en la plataforma y su publicación para consulta de los clientes o usuarios finales.

*Palabras clave: Automotriz, Proveedor, Plataforma, Hoja de registro*

### Abstract

In a joint project, the companies of Audi, BMW, DaimlerChrysler, Ford Motor Company, Opel, Porsche, Volvo, Volkswagen and EDS (the latter now part of HP), supported the development of a technological platform called IMDS – International Material Data System (or Material Data used by suppliers in the automotive industry). The main goal is to regulate the use of substances that can be hazardous to health, and in turn, to make each supplier responsible for the products they manufacture during their useful life: their operation and use, recall and disposal from the market. Such suppliers to the automotive industry must sign an appropriate contract when the parts are requested by the customer, declare the substances that make up the materials and the degree of risk each one represents.

This project was developed in a plastic components company and supplier of General Motors and Stellantis, which is a merger of the Italian-American group *Fiat Chrysler Automobiles* and the French *Groupe PSA*; The objective is to raise awareness of the importance of the Implementation of the IMDS in the supplier companies of the automotive industry, the use of the platform and how substances are declared from a tree structure for each product, as well as the development of Material Data Sheets or the MDS that are registered on the platform and their publication for consultation by customers or end users.

*Keywords: Automotive, Supplier, Platform, Sign-up Sheet*

## INTRODUCCIÓN

El IMDS son las siglas en inglés del International Material Data System (Sistema Internacional de Datos de Materiales). Este representa un sistema de datos de materiales de la industria automotriz, siendo una base de datos global que cuenta con las partes o piezas usadas en la industria automotriz, siendo usada por los fabricantes de equipos y partes originales (OEMs) para llevar a cabo una buena administración del uso adecuado de materiales que no sean dañinos para el medio ambiente. El Sistema Internacional de Datos de Materiales (IMDS) es un sistema de archivos online que almacena información relevante sobre los materiales utilizados para fabricar vehículos automotores. Tiene como objetivo principal simplificar tanto el reciclaje y la reutilización de los vehículos, así como sus piezas al final de su vida útil (SPC, 2023).

Hoy en día, el IMDS ha sido adoptado como estándar global para reportar el listado de materiales en la industria automotriz, y su uso resulta prácticamente obligatorio. Al usar el IMDS, los fabricantes de automóviles y sus proveedores pueden cumplir sus obligaciones, a través de estándares, leyes y normativas nacionales e internacionales:

- *Leyes y regulaciones de sustancias peligrosas. Proveedores y fabricantes de componentes y partes automotrices deben eliminar sustancias prohibidas de sus productos*
- *Directiva de fin de vida de los vehículos (ELV). Tiene como objetivo que las armadoras automotrices mejoren la tasa de reciclado de sus vehículos.*

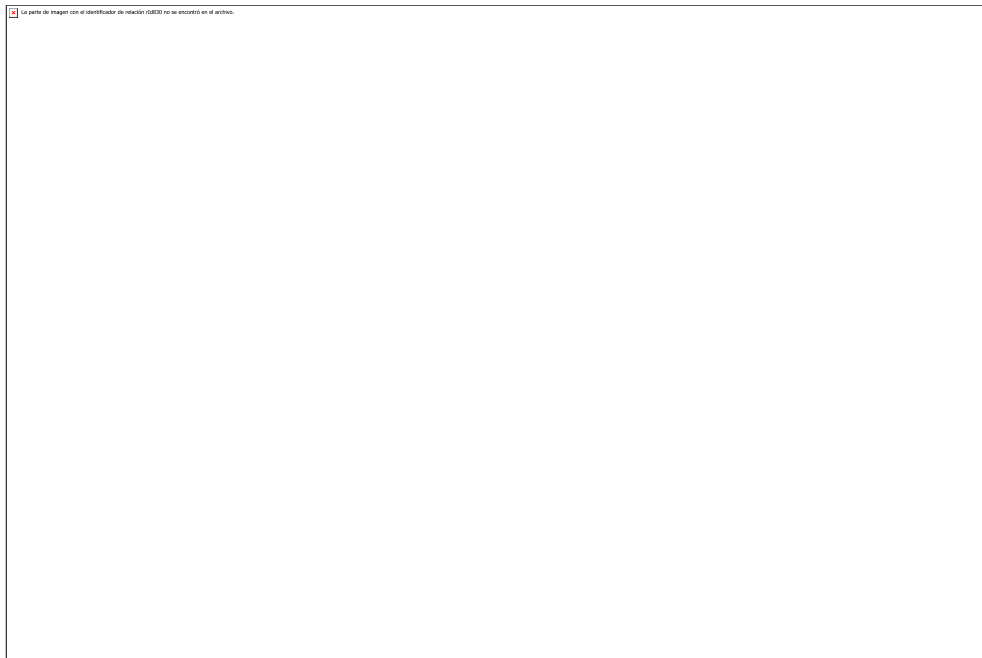
El Sistema IMDS busca identificar los datos de los materiales a través de toda la cadena de abastecimiento, componentes directos, no los indirectos, por lo cual no incluye empaques y embalajes, sustancias que se evaporan en el proceso, etiquetas temporales o tratamientos térmicos.

Alcance esperado

En un futuro próximo, se espera que al menos el 95% de los materiales que componen el automóvil puedan ser reciclados (observe la figura 1).

### Figura 1

La fabricación de piezas para automóviles habrá de ser de material reciclado. El reciclado de materiales metálicos que se pueden encontrar en la carrocería, el cableado, las baterías, además de otros componentes reducirán las emisiones de dióxido de carbono en la atmosfera. Los plásticos y otros componentes también se pueden reciclar y reutilizar nuevamente.



<https://lopezdoriga.com/economia-y-finanzas/industria-automotriz-mexico-caida-2021/>

### ¿Por qué el uso del sistema IMDS?

Lanzado en el año 2000, el IMDS fue desarrollado en un proyecto conjunto por las empresas Audi, BMW, Daimler, Ford, Porsche, Volvo, Volkswagen y la empresa Electronic Data System o EDS (la cual fue adquirida por HP hacia el 2008, y denominada hoy en día DXC Technology). Dicho equipo de trabajo desarrolló las MDS o Hoja de Datos de Materiales EDI (EDI = Electronic Data Interchange).

La legislación ambiental nacional e internacional habrá de exigir que cada proveedor de un producto sea responsable por el producto durante toda su vida útil (operación y uso, retiro, reciclado o eliminación, entre otros); los ejemplos de estas legislaciones son la Directiva de la UE en el final de la vida útil del vehículo, el manejo de material peligroso entre otros:

*“Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo perteneciente al Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Párrafo (11).*

*Es importante que se apliquen medidas preventivas desde la fase de concepción del vehículo en adelante, que consistan, en particular en la disminución y la limitación de las sustancias peligrosas en los vehículos para prevenir su emisión al medio ambiente, facilitar el reciclado y evitar la eliminación de residuos peligrosos.*

*En particular, debe prohibirse el uso de plomo, mercurio, cadmio y cromo hexavalente.*

*Dichos materiales pesados solo deben usarse para determinadas aplicaciones según una lista que se revisara periódicamente.”*

Un vehículo está formado hasta por un millón de piezas, las cuales deben estar documentadas con precisión.

## DESARROLLO

El IMDS es un requisito exclusivo para los proveedores de la industria automotriz en todos sus niveles y que conforman la cadena de suministro. Si bien no reemplaza otros cumplimientos regulatorios o normativos, se debe considerar en conjunto con los procesos de APQP y el PPAP para la aprobación de materiales a utilizar. El uso de la plataforma no tiene costo para las empresas proveedoras, ya que es financiada por las compañías automotrices, y además de garantizar la documentación de las partes, le da seguimiento a los componentes, materiales y sustancias básicas que los conforman y asegurar su uso de manera adecuada y el cuidado del medio ambiente. Con el objetivo de mantenerse vigente y contar con presencia en la industria actual, las empresas proveedoras requieren diversas herramientas que les permitan demostrar la eficiencia en sus procesos, la capacidad del cumplimiento en la entrega de sus productos, así como asegurar el cumplimiento de las distintas normas y estándares nacionales e internacionales que las hacen competitivas. A continuación, se mencionan algunas de las mismas:

**IATF.** Es una Norma que define los requisitos de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) para las organizaciones en la industria del automóvil. Fue preparada por el Grupo de Trabajo Automotriz Internacional (IATF - *International Automotive Task Force*) y la Asociación de Fabricantes de Automóviles Japoneses (JAMA - *Japan Automobile Manufacturers Association, Inc.*), y el soporte de ISO/TC 176, para la Administración y Aseguramiento de Calidad.

**CORE TOOLS.** Es un conjunto de herramientas principalmente usadas en el sector automotriz, conocidas como PPAP, APQP, AMEF, SPC y MSA. Estas herramientas son procesos desarrollados conjuntamente por Chrysler, Ford y General Motors para diseñar, desarrollar, prevenir, medir, controlar, registrar, analizar y aprobar productos y servicios de calidad que satisfagan las necesidades y expectativas del cliente. Estas herramientas son un requisito de la especificación técnica IATF 16949.

**APQP y PPAP.** El APQP o Planeación Avanzada de la Calidad de un Producto es un sistema empleado para el desarrollo de un producto para proveedores de la industria automotriz en un intento de proveer un patrón para la sincronización de las actividades de desarrollo de un producto que asegure la comunicación dentro de una empresa entre ella y sus Clientes. La planeación de la calidad de un producto es un método estructurado para definir y establecer los pasos necesarios para asegurar que un producto satisface al cliente. El objetivo de una planeación de calidad de un producto es facilitar la comunicación con todos los involucrados para asegurar que todos los pasos requeridos se completen a tiempo.

A su vez, el PPAP o Proceso de Aprobación de Partes para Producción define los requerimientos generales para la aprobación de partes para producción, incluyendo materiales para producción, por volumen y a granel. Este se relaciona de manera directa con el uso de IMDS.

Con el ánimo de conocer el alcance, funcionamiento y operación de la plataforma IMDS, una compañía proveedora de segundo nivel para la industria automotriz llevó a cabo el proyecto de Implementación de IMDS para dar el servicio a sus clientes, quienes son proveedores directos de las ensambladoras de la región sureste del Estado de Coahuila: Stellantis N.V. y General Motors Company.

## REGISTRO Y ACCESO

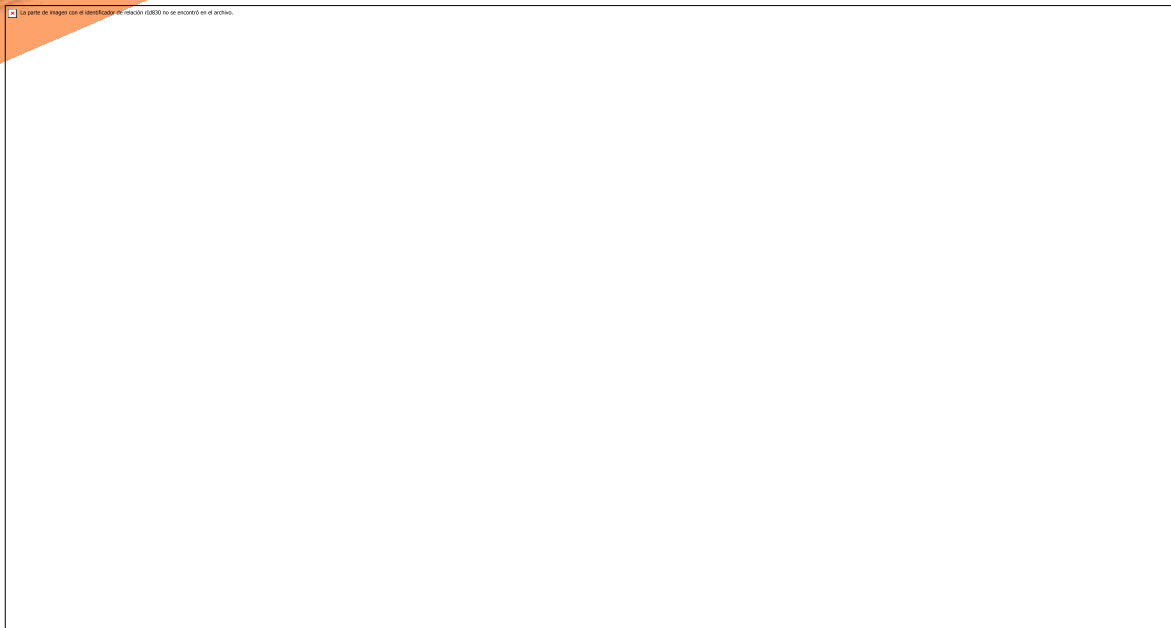
Para acceder a IMDS, la liga de acceso es: <http://www.mdsystem.com>. (Figura 2).

A cada empresa o sitio de empresa se le permite un registro IMDS. La persona que registra la empresa puede introducir los datos de la empresa y un administrador de la empresa en el momento de llevar a cabo el registro. Al enviar el formulario, el sistema verificará si otra empresa con el mismo nombre ya está registrada. Una vez confirmada la solicitud, el usuario verá una pantalla con sus credenciales de acceso:

- Usuario,
- ID,
- Contraseña,
- ID de empresa,
- Nombre de la empresa.

**Figura 2**

Vista general de acceso al Sistema Internacional de Datos de Materiales.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Conocer el funcionamiento y uso de la Plataforma electrónica para el registro de materiales y sus componentes, así como el desarrollo de las MDS u Hojas de Datos de Materiales.

### **Objetivos específicos**

1. *Conocer el uso de la Plataforma IMDS*
2. *Conocer la estructura y contenidos de una MDS*
3. *Conocer el alcance e importancia de dicha plataforma para los proveedores de la industria automotriz*

## **OBJETO DE ESTUDIO**

Mediante este proyecto, se contempla generar un método estándar para generar MDS u Hoja de datos de materiales, los cuales son referencia de las sustancias utilizadas para las empresas ensambladoras del sector automotriz y eviten utilizar sustancias prohibidas o peligrosas para el ser humano; tanto en el uso como en el deshecho de las partes o componentes.

### **Identificación de problemas**

Un automóvil contiene miles de materiales y decenas de miles de componentes. Por lo cual, se hace necesario contar con información relevante de las sustancias básicas utilizadas, que sean aprobadas y no causen riesgo al ser humano. El uso de Hojas de datos y de acuerdo a Normativas del sector automotriz, facilita la aprobación y uso de componentes.

## **METODOLOGÍA**

**Hipótesis.** IMDS modela la composición de un automóvil como una estructura en forma de árbol con las siguientes representaciones:

- *Las hojas representan sustancias básicas.*
- *Las ramitas representan materiales.*
- *Las ramas pequeñas representan componentes.*
- *Las ramas representan conjuntos más pequeños.*
- *Las ramas principales representan los conjuntos principales.*
- *El maletero representa los productos finales (vehículos).*

Identificar como se conforma un componente, permitirá definir las sustancias base a utilizar, cumplir con los requerimientos del cliente (el fabricante automotriz), así como cumplir con las normativas ambientales de sustancias aprobadas para su uso (SGC, 2021).

## FASES DEL DESARROLLO

### Marco Teórico.

Es un requisito de los diversos fabricantes automotrices y su cadena de suministro el consultar los materiales y sustancias que conforman un componente ensamblado en el auto. Hoy en día es requisito que cualquier proveedor en sus distintos niveles, brinde información de la composición de los productos fabricados. Se presenta a continuación el procedimiento estándar para documentar como se lleva a cabo el registro de la Hoja de datos de los materiales y su posterior consulta por los clientes (Hernandez, 2023).

### PROCEDIMIENTO PARA LA CREACION DE UN MDS U HOJA DE DATOS

1. Habrá de iniciar accediendo a la plataforma a través de la siguiente dirección en un navegador Web:

<https://www.mdsystem.com/imdsnt/faces/login>

2. Posteriormente, introduzca el ID de usuario y la contraseña asignada

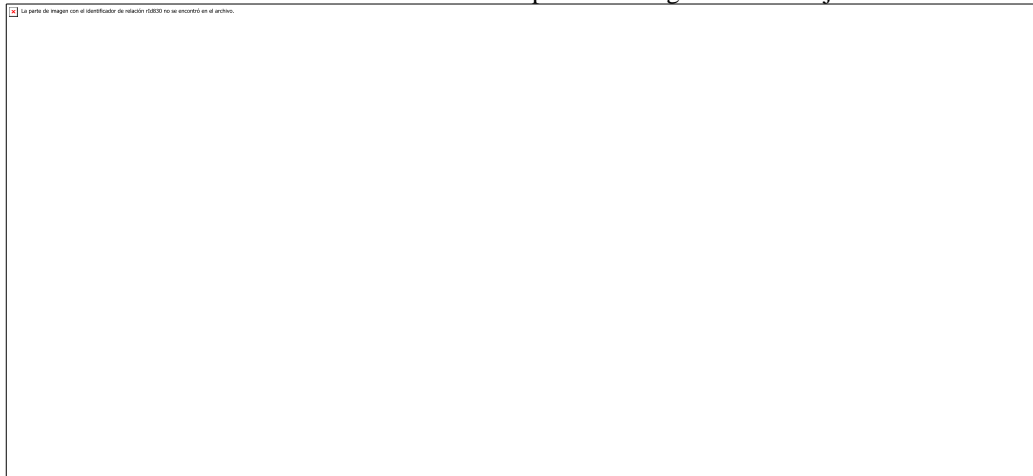
3. Una vez iniciada la sesión, tendrá disponible el acceso a los Menús MDS, Funciones, Administración y Ayuda. Observe la figura 3.

4. Para el registro de la Hoja de materiales seleccione el **Menú MDS/ Nuevo/ Hoja de datos/ Material**

5. Aparecerá una Tabla con los distintos grupos disponibles: desde aceros, aleaciones, metales varios, polímeros o bien cerámicos y los distintos derivados para cada grupo. Observe la figura 4.

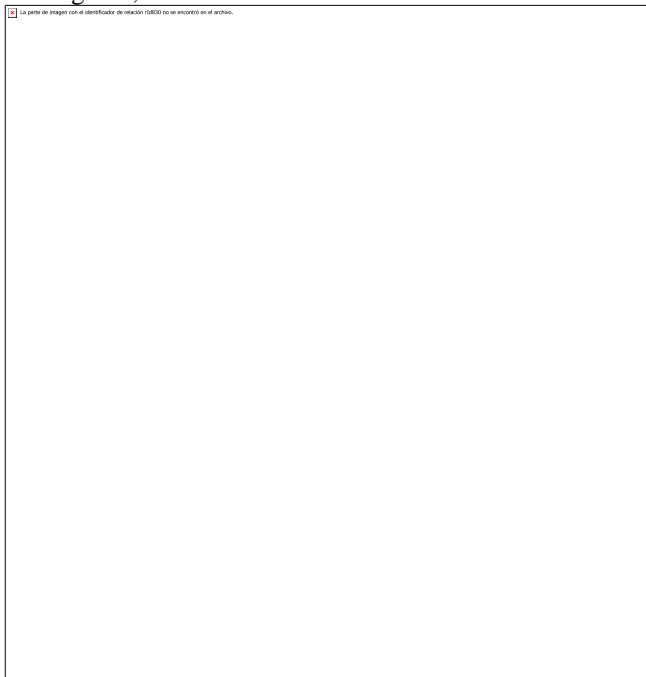
### Figura 3

Inicio de sesión en la Plataforma. El Menú MDS permite el registro de la Hoja de Materiales.



### Figura 4

Grupos de materiales disponibles para el registro, así como sus distintos derivados.

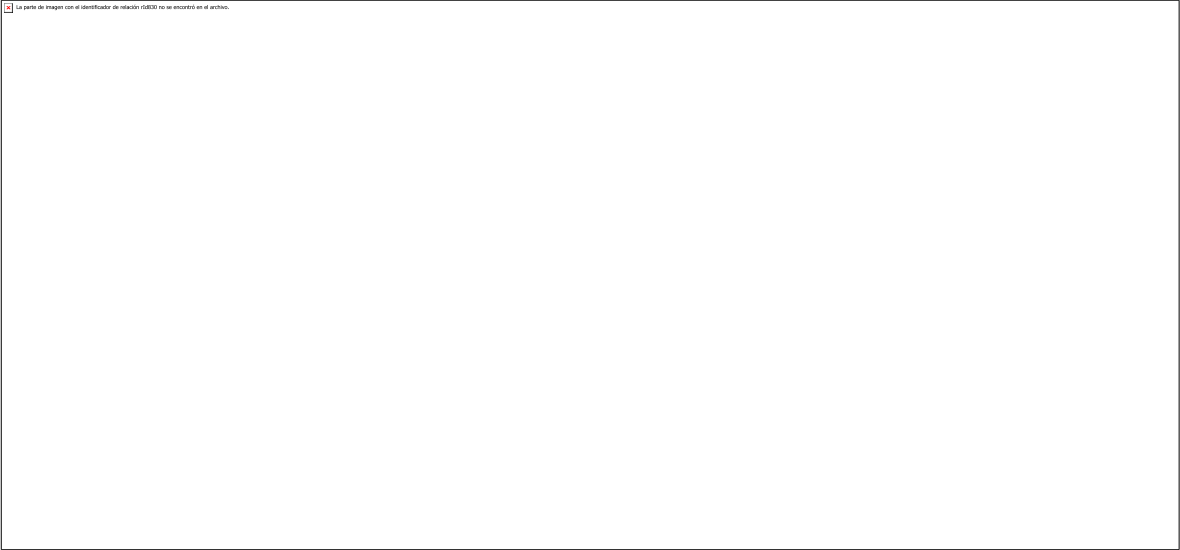




6. Para el ejemplo a desarrollar, se seleccionará Acero: *Steels/ cast steel/ sintered steel*
7. A continuación aparecerá la Estructura de árbol, pudiendo asignar un nombre al material utilizado (figura 5). Observe la sección *Normas y Estándares*, esta le permite seleccionar el estándar que se cumple para algún fabricante automotriz en específico (figura 6).
8. Una vez registrado el material, encima del nombre en la estructura (Acero-01), dé clic derecho y posteriormente **Agregar/ Sustancia básica**. En el cuadro, escriba en el criterio de búsqueda la palabra “Carbon” y presione Aceptar. Aparecerá un listado de sustancias básicas relacionadas (figura 7).
- Seleccione “Carbon (símbolo C)” y en las características de Cantidad y peso selección fijo y escriba 0.12%. Presione Aceptar.

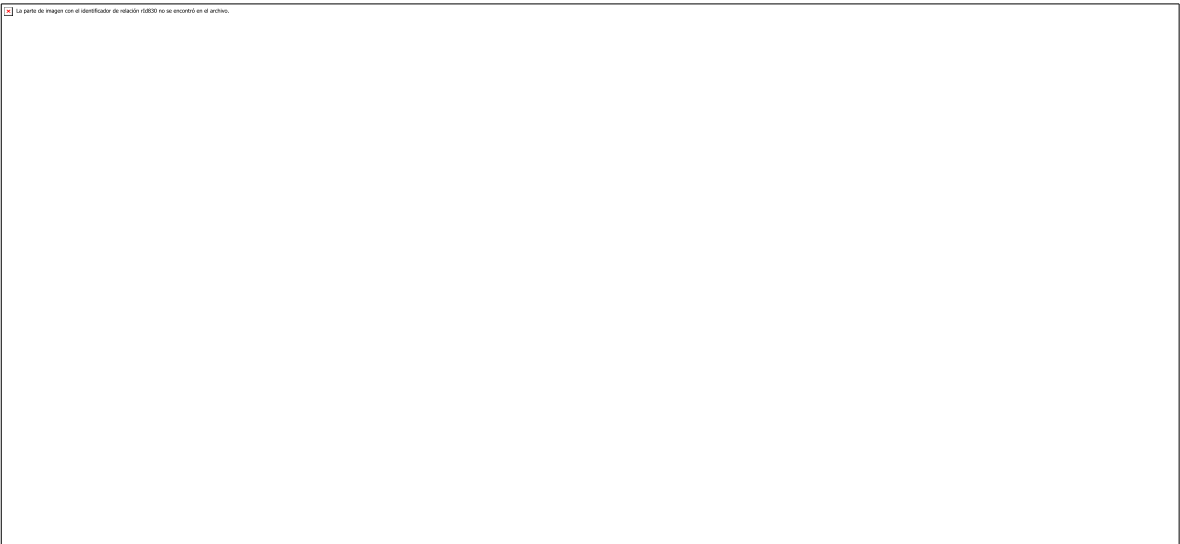
**Figura 5**

Definición del material para la MDS.



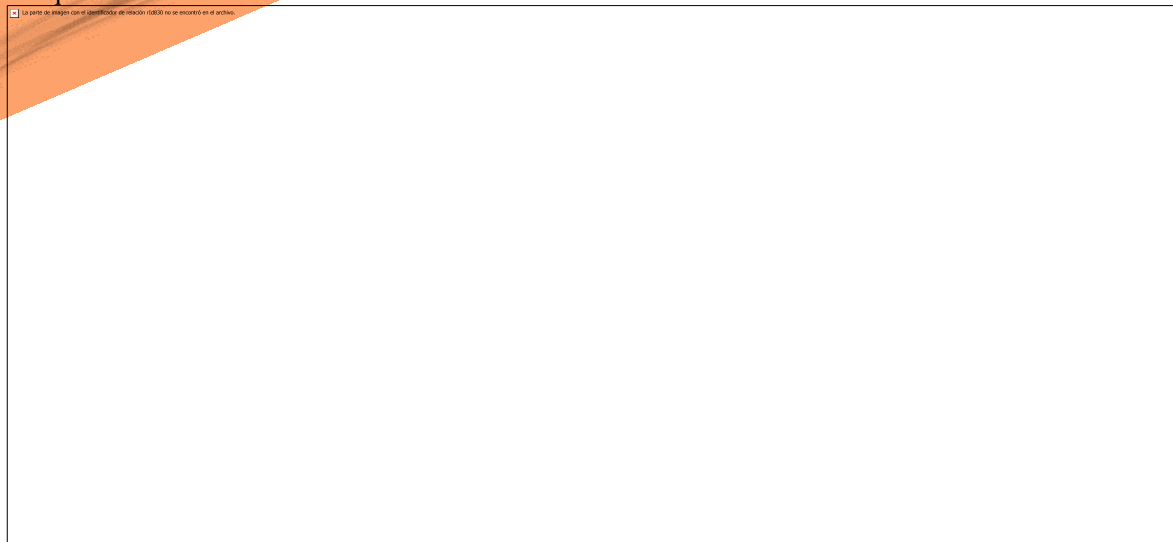
**Figura 6**

Definición del material para la MDS.



**Figura 7**

Búsqueda de la sustancia básica.



9. Habrá de agregar una nueva sustancia con el mismo procedimiento: dé clic derecho y posteriormente **Agregar/ Sustancia básica**. En el criterio de búsqueda escriba “Manganeso”. Notará que es más sencilla la búsqueda al escribir las palabras clave en inglés. En Cantidad escriba de 0.0% a 0.5%. Presione Aceptar.

Las otras sustancias por dar de alta son: Sulphur (Sulfuro) con cantidad de 0.0% a 0.035%; Phosphorus (Fosforo) con cantidad de 0.0% a 0.04%; y por último Iron (Hierro) tomando como cantidad la referencia Resto del 99.6525%. Vea la figura 8.

**Figura 8**

Estructura de árbol con las sustancias básicas creadas.



10. A continuación, seleccione la Ficha “Datos del Proveedor”. Seleccione de la lista los datos del contacto (figura 9).

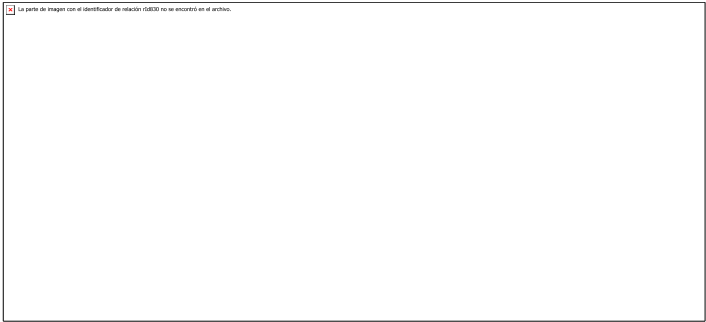
11. En la Ficha “Datos del destinatario”, seleccione la opción “Publicar internamente”. Presione Aceptar.

12. Ahora habrá de crear el componente, el cual se relacionará con el material registrado: seleccione el **Menú MDS/ Nuevo/ Hoja de datos/ Componente**. El nombre por utilizar será **Bracket**, con el numero de referencia 08-11 y un peso promedio de 500 gramos.

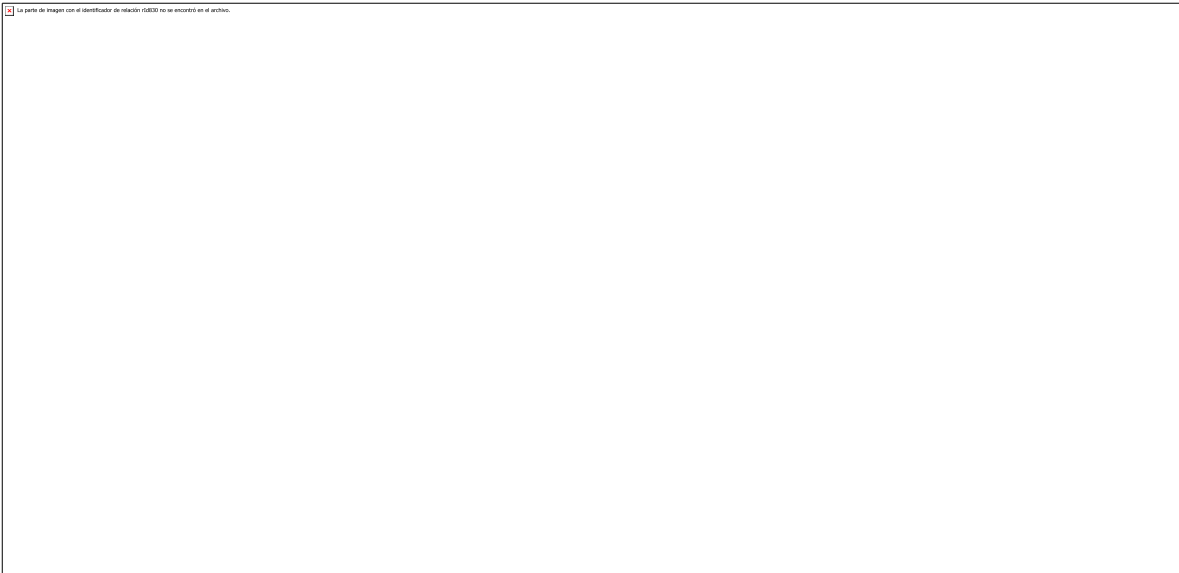
13. Registrado el componente, dé clic derecho encima del nombre y seleccione **Agregar/ Componente/ Nodo**. El nombre por utilizar será Placa base con un peso de 500 gramos. 14. Cree el segundo nodo, con el nombre de Gripper con un peso de 350 gramos.

15. Por último, agregue Material a cada Nodo: Dé clic derecho de cada nodo y seleccione **Agregar/ Material**. En el criterio de búsqueda escriba Acero, y seleccione de la lista Acero-01. Presione Aplicar (figura 10).

**Figura 9**  
Confirmación de Datos del proveedor.



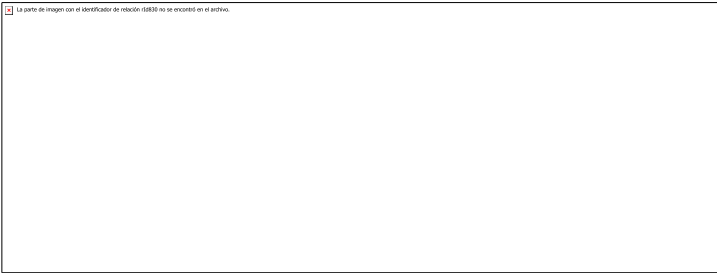
**Figura 10**  
Registro del componente con sus nodos, así como la asignación del material Acero-01.



16. Seleccione “Datos del proveedor” y el nombre del contacto. Posteriormente “Datos del destinatario”. Antes de presionar **Publicar internamente**, observe las cantidades a registrar (figura 11):

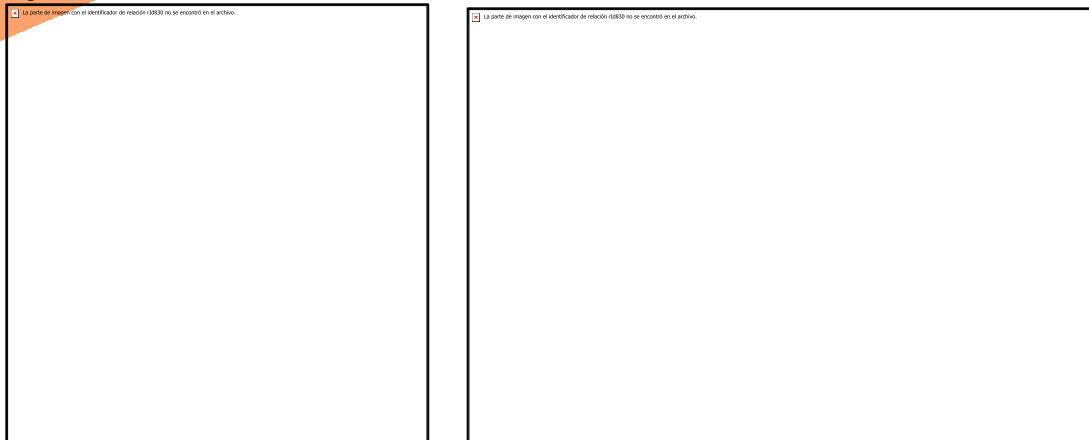
- Placa base, 1 pieza, 1200 gramos
- Gripper, 1 pieza, 1000 gramos

**Figura 11**  
Árbol mostrando la estructura del componente Bracket, con dos nodos y material asignado Acero.



**Como generar un Reporte del MDS creado**  
Seleccione *MDS/ Crear un informe MDS/ Informe completo*. Esto generará un PDF con la información completa del componente creado, sus nodos parte, así como el material y sustancias básicas. Observe la figura 12.

**Figura 12**  
Vista del Reporte generado.



### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Un componente es un conjunto o una pieza de pieza, generalmente asignada un número de lote o un número de pieza. Un componente puede consistir en varios componentes diferentes, o puede estar compuesto de materiales u ocasionalmente de sustancias básicas. En el extremo, un componente puede representar un vehículo completo y consistir en miles de otros componentes (DXC Technology, 2023). Las sustancias básicas son elementos o combinaciones químicas tal como ocurren o se producen naturalmente. Esto incluye todos los agentes necesarios para mantener la estabilidad.

Los resultados obtenidos fueron muy buenos, ya que esto permitió no solo conocer el proceso de creación y registro de los MDS (Hoja de datos), sino también cumplir con las normativas internacionales para el cuidado del medio ambiente.

### **CONCLUSIÓN**

El proyecto tuvo como resultado lo siguiente:

- El registro de la compañía en la plataforma y el alta de 3 miembros del equipo de Ingeniería
- Conocer las partes principales de una Hoja de datos
- Generar Reportes de componentes y propiedades químicas para compartir con los clientes, y a su vez, cumplir con la normatividad de proveedores TIER 1 y TIER 2 en la cadena de suministro

### **BIBLIOGRAFÍA**

Hernandez, Alejandro. 2023. Manual del usuario para IMDS. SIE Solutions.  
IMDS INTERNATIONAL MATERIAL DATA SYSTEM. 2023. SPC Consulting Group.  
IMDS: Sistema Internacional de Datos Materiales. 2021. SGS Academy.  
Material Data System (IMDS) User Manual, Version 14.1. 2023. DXC Technology.

# Propuesta para la implementación de un modelo de inteligencia de negocios en la Universidad Tecnológica de Camargo para el desarrollo de PyME de la región centro sur del estado de Chihuahua

Kenia Argentina Hernández Zubía<sup>1</sup>, Irma Adriana Gutiérrez Muñoz<sup>2</sup> Luis Noel Maldonado Saucedo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Camargo, e-mail: [khernandez@utcamargo.edu.mx](mailto:khernandez@utcamargo.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Camargo, e-mail: [iagutierrez@utcamargo.edu.mx](mailto:iagutierrez@utcamargo.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de Camargo, e-mail: [poindustriales@utcamargo.edu.mx](mailto:poindustriales@utcamargo.edu.mx)

## Línea de investigación:

### Resumen

La Universidad Tecnológica de Camargo al ser una institución pública y al recibir recursos presupuestarios de gobierno federal y estatal está comprometida a cumplir con actividades académicas, de vinculación y servicios al exterior pero estos se han restringido profundamente a tal grado que se han limitado sin que se vea un crecimiento notable en las actividades tanto de investigación como de transferencia de conocimiento y tecnología al exterior, situaciones que, si se llevaran a cabo de manera formal y sistemática, podrían ayudar a tener una sociedad más fortalecida económicamente porque se tendría al alcance la inteligencia de negocios tan necesaria para cualquier sector.

Camargo es una ciudad con áreas de oportunidad en su crecimiento y desarrollo económico y con necesidad de información para lograr crecimiento, por lo tanto, esta investigación surge de la necesidad de que las PyME puedan tener acceso a definir una ventaja competitiva, mejorar la eficiencia operativa y ayuda para adaptarse y prosperar en un entorno de negocios. La Universidad Tecnológica está en posibilidad de ofrecer servicios al exterior con transferencia de conocimiento y tecnología y convertirse en un factor para incrementar la innovación y desarrollo de las PyME además ser una fuente decisiva de desarrollo económico y de transformación de la sociedad con el paso del tiempo.

La presente investigación es del tipo descriptivo con un enfoque cualitativo con el objetivo de proponer un modelo de inteligencia de negocios para el desarrollo de PyME ubicadas en la región centro sur del estado de Chihuahua para apoyar en la toma de decisiones y su crecimiento más constante. Para cumplir con esto se realizó una serie de entrevistas a tomadores de decisiones y dueños de pequeñas y medianas empresas pertenecientes a los diferentes sectores productivos de la región; con las respuestas a estas entrevistas se pudo concluir que un modelo de inteligencia de negocios, transferencia de tecnología y herramientas que son necesarias para esa toma de decisiones más fortalecida. También se destaca el interés de las PyME en utilizar la inteligencia de negocios para mejorar la toma de decisiones, a pesar de que carecen de un manejo adecuado de la información y de las herramientas para gestionarla como buenas prácticas además de conocer las tendencias y que esto de cómo resultado: ser más competitivos en el mercado.

**Palabras clave:** *Inteligencia de mercados, innovación, ventaja competitiva, transferencia de tecnología, conocimiento.*

### Abstract

The Technological University of Camargo, as a public institution receiving budgetary resources from the federal and state governments, is committed to fulfilling academic, engagement, and external service activities. However, these have been severely restricted to the extent that there hasn't been a notable growth in both research activities and the transfer of knowledge and technology abroad. If carried out formally and systematically, these situations could contribute to a more economically strengthened society by providing the necessary business intelligence for any sector.

Camargo is a city with opportunities for growth and economic development, requiring information to achieve progress. Therefore, this research arises from the need for SMEs to access defining a competitive advantage, improving operational efficiency, and support to adapt and thrive in a business environment. The Technological University is capable of offering services abroad with the transfer of knowledge and technology, becoming a decisive factor in increasing innovation and the development of SMEs, ultimately serving as a decisive source of economic development and societal transformation over time.

This research is descriptive with a qualitative approach aiming to propose a business intelligence model for the development of SMEs located in the central-southern region of the state of Chihuahua to support decision-making and more consistent growth. To achieve this, a series of interviews were conducted with decision-makers and owners of small and medium-sized enterprises from various productive sectors of the region. The responses to these interviews led to the conclusion that a business intelligence model, technology transfer, and necessary tools are crucial for more robust decision-making. It is also noteworthy that SMEs express interest in utilizing business intelligence to enhance decision-making, despite lacking proper information management practices and tools. This, along with understanding trends, can result in increased competitiveness in the market.

**Keywords:** *Market intelligence, innovation, competitive advantage, technology transfer, knowledge.*



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el contexto empresarial que involucra a todos los sectores productivos enfrenta situaciones especiales para mantenerse competitivas y tomar decisiones estratégicas informadas. El conocimiento relevante y oportuno es imprescindible para el éxito y así como para mantenerse en el mercado con un crecimiento constante, por lo tanto, estas PYMES por lo regular carecen de recursos y experiencia necesarios para acceder a datos significativos y realizar análisis profundos para la toma de decisiones.

Como parte de su ser y de su hacer, una institución pública superior por su naturaleza posee recursos intelectuales y tecnológicos que podrían utilizarse para beneficiar a estas empresas. Dado lo anterior, surge la necesidad de analizar la viabilidad y las implicaciones de que la Universidad Tecnológica de Camargo proporcione dentro de sus servicios al exterior la inteligencia de negocios a los sectores productivos de la región centro sur del estado de Chihuahua que es en la que la institución tiene influencia. En esta investigación se busca proporcionar una comprensión profunda de las implicaciones y posibilidades de que la universidad ofrezca servicios de inteligencia de negocios a las PyME, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones informadas y el crecimiento empresarial en la región.

Asimismo, se proponen los siguientes aspectos:

1. Investigar e identificar sobre las necesidades de las PyME ¿Cuáles son las principales necesidades de información y análisis de las pymes en el entorno local? ¿Cómo estas necesidades podrían ser satisfechas a través de servicios de inteligencia de negocios? ¿Cuáles herramientas para la gestión de la información son necesarias?
  2. Analizar los recursos con los que cuenta la universidad. ¿Con qué recursos intelectuales, tecnológicos y humanos cuenta la universidad para ofrecer servicios de inteligencia de negocios? ¿Cómo pueden estos recursos ser aprovechados para satisfacer las demandas de las pymes de manera efectiva?
  3. Desafíos y ventajas. ¿Cuáles son las posibles ventajas para las PyME al tener acceso a servicios de inteligencia de negocios proporcionados por la universidad? ¿Cuáles son los desafíos y obstáculos que podrían surgir en la implementación de este servicio tan específico?
  4. Impacto en la región. ¿Cómo podría esta iniciativa contribuir al desarrollo económico local y al fortalecimiento del tejido empresarial en la región? ¿Qué efectos positivos podría tener en el crecimiento y la sostenibilidad de los sectores productivos de la región?
  5. Sostenibilidad y continuidad. ¿Cuáles serían las estrategias para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de este servicio al exterior? ¿Cómo podría la universidad garantizar la continuidad y la calidad en la entrega de los servicios de inteligencia de negocios a las PyME?
- Camargo es una ciudad con áreas de oportunidad en su crecimiento y desarrollo económico y con necesidad de información para lograr crecimiento, por lo tanto, esta investigación surge de la necesidad de que las PyME puedan tener acceso a definir una ventaja competitiva, mejorar la eficiencia operativa y ayuda para adaptarse y prosperar en un entorno de negocios.

La Universidad Tecnológica podría ofrecer la posibilidad de transferir el conocimiento y la tecnología y convertirse en un factor para incrementar la innovación y desarrollo de las PyME y ser una fuente decisiva de desarrollo económico y de transformación de la sociedad.

## DESARROLLO

En esta sección, es importante describir el objetivo general y los objetivos específicos, el objeto de estudio, la metodología o metodologías, las fases del desarrollo de acuerdo a la metodología seleccionada, reactivos y equipos utilizados. También están incluidos los Resultados y Discusión, en el cual puede venir separado o en una sección según convenga a los autores. Se necesita colocar cada tema a desarrollar en un subtítulo.

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Proponer la implementación de un modelo de inteligencia de negocios en la Universidad Tecnológica de Camargo como servicios al exterior y transferencia de tecnología a PyME de la región centro sur de Chihuahua.

- Determinar la incidencia de la inteligencia de negocios para mejorar la toma de decisiones en las pymes de la región centro sur del estado de Chihuahua.
- Diseñar procedimientos para comprender y analizar la información necesaria para poner a disposición para la toma de decisiones de las PyME
- Proponer alternativas de transferencia de tecnología como servicios al exterior en la Universidad Tecnológica de Camargo
- Contar con información actualizada de la región para facilitar la toma de decisiones estratégica basadas en datos concretos y vincularlos con los diferentes sectores productivos.
- Optimizar la detección de tendencias y patrones del mercado de la región centro sur del estado de Chihuahua.

### OBJETO DE ESTUDIO

Universidad Tecnológica de Camargo institución pública que ofrece educación superior, vinculada con los sectores productivos que esperan un vínculo eficaz y con una capacidad institucional y de gestión a través del área académica de desarrollo de negocios área mercadotecnia ya que cuenta con el personal con conocimiento y experiencia para aportar a las PyME y que estas puedan contar con el análisis de datos y que esto contribuya a la toma de decisiones, implementación de herramientas de inteligencia de negocios, identificación de patrones y tendencias para anticipar cambios en el mercado, la optimización de procesos empresariales, segmentación, propuestas de estrategias de marketing digital y participación en la capacitación y desarrollo del personal de las PyME.

## **METODOLOGÍA**

Para el análisis de este trabajo de intervención se han seleccionado dos modelos, el modelo organizacional de Pugh y Hickson y el modelo socio-técnico adaptando a las necesidades específicas y a la cultura de la Universidad. La combinación adecuada de estos modelos proporciona un enfoque integral para el diagnóstico y la implementación exitosa del servicio de inteligencia de negocios que ofrecerá la Universidad Tecnológica de Camargo a los diferentes sectores productivos de la región centro sur del estado de Chihuahua. El modelo sociotécnico reconoce la interacción compleja entre los aspectos sociales y técnicos en un sistema o situación específica. En un contexto de diagnóstico, en este caso la Universidad Tecnológica de Camargo, este modelo considera tanto los elementos humanos (sociales) como los aspectos tecnológicos o estructurales involucrados en el problema o situación que se evaluará; considera los siguientes aspectos:

**Sociales:** Porque involucra personas, dinámicas en el sistema, comportamientos, percepciones, relaciones, cultura organizacional, los stakeholders (interesados en el desarrollo del proyecto).

**Técnicos:** Son los componentes tangibles con los que cuenta la institución como la tecnología, procesos, herramientas, estructuras organizacionales. En el diagnóstico implica evaluar la eficiencia de los procesos, la calidad de las herramientas utilizadas y la adecuación de la infraestructura tecnológica.

Además, este modelo analiza y aborda de manera integral los aspectos técnicos y sociales para lograr soluciones efectivas y sostenibles; se examinan las interacciones entre las personas y la tecnología, así como cómo estos elementos se influyen mutuamente y contribuyen a los problemas o desafíos identificados. Este enfoque integral permite desarrollar recomendaciones y soluciones que aborden tanto las dimensiones sociales como técnicas del sistema en cuestión.

## **FASES DEL DESARROLLO**

Este modelo, aunque no sigue un proceso riguroso de etapas, si se pueden identificar las que son clave en un enfoque sociotécnico, por lo tanto, se propone ejecutarlo en el siguiente orden:

1. Análisis del contexto: Comprender el entorno social y técnico en el que se encuentra la organización, así como la identificación de los interesados y su interacción.
2. Identificación del problema considerando todos los aspectos que pueden contribuir con el problema que se desea solucionar.
3. Realizar un diseño participativo, involucrando los stakeholders y considerando los puntos de vista, necesidades para el diseño de las soluciones.
4. Implementación y evaluación, también en colaboración de los stakeholders, evaluando constantemente los aspectos involucrados.
5. Aprendizaje y adaptación en función de la retroalimentación y los cambios en el contexto.
6. Mejora continua de igual forma basado en la retroalimentación y en las necesidades cambiantes de los stakeholders.

Asimismo, es conveniente el monitoreo constante del proceso para mantener la armonía en los aspectos involucrados.

Sin embargo, también se pueden adaptar algunas características del modelo teórico de desarrollo organizacional debido a que se basa en teorías y enfoques de cambio organizacional que tienen como objetivo mejorar la eficiencia, la efectividad de la organización. Algunas de las características y ventajas clave de este modelo incluyen:

1. Enfoque Sistémico: Aborda los problemas desde una perspectiva holística, considerando cómo las diversas partes de la organización interactúan entre sí.
2. Participación Activa: Involucra activamente a los miembros de la organización en el proceso, fomenta la participación, el compromiso y la colaboración para generar ideas y soluciones.
3. Flexibilidad y Adaptabilidad: No hay un enfoque único, sino que se ajusta según las circunstancias y el contexto organizativo.
4. Aprendizaje Organizacional: Fomenta un ambiente de aprendizaje continuo, donde la organización puede adaptarse y evolucionar en respuesta a los cambios en el entorno y las necesidades del mercado.

La aplicación del modelo sociotécnico dará una serie de beneficios como la optimización del desempeño al identificar y solucionar problemas de manera más eficaz; innovación ya que fomenta la colaboración con la tecnología lo que puede generar ideas innovadoras y soluciones creativas para los desafíos que se presentan, pero además apoyará en la comprensión y mejora de la colaboración entre los involucrados, así como el software y las herramientas utilizadas para el análisis de datos.

Con la fusión del modelo de desarrollo organizacional traerá como beneficios el poder identificar a tiempo las áreas de oportunidad, pero además dará claridad y comprensión de los procesos, se podrán tener de una manera más sencilla el análisis de los procesos lo cuales permitirán identificar áreas de mejora, la toma de decisiones será más fundamentada además permitirá identificar cómo se asignan los recursos.

Para la recolección de la información se utilizó la técnica de la entrevista a profundidad. La cual se aplicó a cinco dueños o tomadores de decisiones de pequeñas y medianas empresas teniendo en cuenta los criterios expuestos y haciendo uso de la tecnología para el procesamiento de la información. Es importante destacar que la entrevista a profundidad permite cumplir con los objetivos de la investigación. Asimismo, este instrumento ayuda a entender las opiniones de las pequeñas y medianas empresas de la región en relación con las variables inteligencia de mercados y la toma de decisiones.

El instrumento está compuesto por las siguientes áreas:

- Información sobre la necesidad de herramientas de inteligencia de mercados en las PyME de la región y que la Universidad Tecnológica

puede proveer.

- Información acerca de los errores en la inteligencia de mercados para la toma de decisiones de las PyME
- Información acerca de las buenas prácticas en la inteligencia de mercados y la transferencia de tecnología a través de la vinculación de la Universidad con los sectores productivos de la región
- Información complementaria sobre inteligencia de mercados en la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operativas que la Universidad puede proveer.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo de investigación, se utilizó la entrevista a tomadores de decisiones de pequeñas y medianas empresas para recopilar la información necesaria. Los entrevistados, cuya experiencia fue descrita en el capítulo anterior son actualmente dueños de pequeños y medianos negocios o tomadores de decisiones de estos y que han requerido de información extraída de la inteligencia de negocios para establecer nuevas estrategias que los hagan crecer. Gracias a ello, ha sido posible que trasmitan su experiencia en el tema de estudio a través de la entrevista, de la cual se han obtenido los resultados que serán descritos a continuación:

La reunión de las opiniones de los expertos fue posible por el instrumento de investigación utilizado: la entrevista, en la cual las preguntas planteadas están de acuerdo a las categorías y subcategorías de la investigación, las cuales están alineadas a los objetivos general y específicos: Proponer la implementación de un modelo de inteligencia de negocios en la Universidad Tecnológica de Camargo como servicios al exterior y transferencia de tecnología a PyME de la región centro sur de Chihuahua

Determinar la incidencia de la inteligencia de mercados para mejorar la toma de decisiones en las pymes exportadoras.

Es importante resaltar que las preguntas planteadas responden a los objetivos específicos de la investigación. Adicional a ello, se plantearon tres preguntas, que permitieron obtener información complementaria sobre la manera en que se utiliza la inteligencia de mercados en la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operativas.

Preguntas planteadas:

- 1.¿Qué información es necesaria para la toma de decisiones en su organización?
- 2.¿Qué procedimientos utilizan para comprender y analizar la información del mercado con la que cuentan?
- 3.¿Es necesario para su organización el apoyo de la Universidad para transferencia de tecnología (específicamente información de inteligencia de negocios) como contratación de un servicio?
- 4.¿En qué medida conoce las tendencias del mercado relacionadas al o los productos y/o servicios que ofrece al mercado?
- 5.¿Cuáles son las herramientas de inteligencia de mercados que utilizan con más frecuencia las PyME de la región centro sur del estado de Chihuahua para la toma de decisiones?

Análisis interpretativo de las respuestas

La mayoría de los entrevistados responden que requieren todo el tiempo de información puntual, verídica y confiable para la toma de decisiones; asimismo regularmente utilizan herramientas gratuitas disponibles en la web para el manejo de esa información y en algunos casos utilizan Excel para su procesamiento. Pero no utilizan ni conocen herramientas para la gestión de la inteligencia de mercado, conocen la competencia por experiencia empírica en su mayoría, pero en ningún caso han utilizado alguna metodología exacta para analizarla. Todos los entrevistados utilizan información y la capacitación que organismos como CANACO, Fomento Económico y la Secretaría de Economía de Gobierno del Estado para también obtener información, en algunos casos cuando no saben dónde ni cómo obtener información necesaria contratan a terceros para que las ayude en el proceso de obtener la información necesaria.

Como se menciona anteriormente la mayoría de los entrevistados no conocen el término de inteligencia de negocios y al explicar el concepto, objetivos y beneficios todos coinciden en la importancia de su conocimiento y utilización para ser más competitivos en el mercado, asimismo, esto se debe a que no cuentan con un área especialista que se encargue de ello o una persona que conozca del tema asignada a esa función. Los motivos pueden ser diversos, no solo el desconocimiento, podría deberse a un tema económico, para este caso podrían apoyarse en los servicios de transferencia de tecnología y vinculación con los sectores productivos con los que cuenta la Universidad Tecnológica de Camargo y no cometer el error de no aplicar inteligencia de mercado.

Dentro de las buenas prácticas en inteligencia de mercado (una vez que ya conocen el término, objetivo y beneficios de la inteligencia de negocios) los entrevistados coinciden que las pequeñas y medianas empresas cada vez buscan más información, hacen el intento a pesar de que desconocen que todas sus fuentes no son confiables para conocer las condiciones del mercado, las tendencias y la competencia. Por este motivo es importante que designen a un área o personal encargado de inteligencia de mercado, es vital para que el negocio sea rentable o bien contar con el apoyo de una institución preparada como la Universidad Tecnológica de Camargo. Quienes a pesar de ser una empresa en crecimiento o pequeña asignan un área o un especialista (regularmente es el dueño) llevan a cabo una buena práctica, pues de esta manera evitarán cometer errores al momento de tomar decisiones, y podrán ampliar su mercado en un entorno más competitivo. Ésta buena práctica, es vital y necesaria para la organización ya que con la información que obtengan pueden planificar las acciones del negocio. Sin embargo, para quienes no cuentan con un área de inteligencia de mercado dentro de la empresa, una buena práctica sería buscar la vinculación con la Universidad Tecnológica de Camargo, contratarlo para que los tenga al día con información confiable, actual y verídica del mercado.

Ejemplo:

## CONCLUSIÓN

En conclusión, ofrecer servicios de transferencia de tecnología a través de la vinculación universidad - pequeñas y medianas empresas de la región en donde la inteligencia de negocios sea el punto focal para estar en la posibilidad de proporcionar una serie de beneficios significativos que pueden impulsar su competitividad en el mercado. La implementación de soluciones de inteligencia de negocios les permite:

- Toma de decisiones informada: Acceder a información relevante y oportuna para tomar decisiones fundamentadas y estratégicas.
- Optimizar los procesos internos, reduciendo costos y mejorando la eficiencia operativa.
- Ventaja competitiva sostenible para definir y mantener ventajas competitivas en un entorno empresarial dinámico y cambiante, también dará un crecimiento sostenible en donde se facilitará un crecimiento más constante y sostenible al comprender mejor el mercado y las oportunidades
- Adaptación a tendencias del mercado identificando y anticipando las tendencias del mercado para adaptarse rápidamente a cambios y demandas del consumidor.
- Desarrollo de estrategias efectivas para elaborar estrategias de mercado más efectivas basadas en análisis de datos detallados.
- Innovación continua, fomentar la innovación al utilizar datos para identificar nuevas oportunidades y enfoques.
- Mejor relación con clientes al comprender sus necesidades y preferencias de manera más precisa.

La implementación de servicios de inteligencia de negocios no solo proporciona herramientas analíticas avanzadas, sino que también cultiva un enfoque estratégico basado en datos que puede marcar la diferencia en la competitividad y el éxito a largo plazo de las PyME en el mercado actual pero también creará un vínculo entre la Universidad y los sectores productivos lo que dará como resultado un crecimiento sostenible para la región centro sur del estado de Chihuahua.

## BIBLIOGRAFÍA

- Calle González, K. V. (2023). *La inteligencia de negocios y su impacto en la competitividad de las MiPymes de Azogues*. Obtenido de Universidad Católica de Cuenca: <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/96053c96-ea34-4008-afdc-b8894beffa99>
- Camacho Murillo, A. (5 de Marzo de 2007). *Inteligencia de mercados: Visión sobre su concepto y aporte al desarrollo regional*. Recuperado el Febrero de 2023, de ResearchGate: <https://acortar.link/u6sqmw>
- Aburdene, P. (2006). *Megatendencias 2010 El surgimiento del capitalismo consciente*. Barcelona: Ediciones Granica.
- Ahumada Tello, E., & Perusquia Velasco, J. M. (2016). Inteligencia de negocios: estrategia para el desarrollo de competitividad en empresas de base tecnológica. *Redalyc*, 127-158.
- Bernal, S. (2017). *Inteligencia de Mercados*. Colombia: Fondo Editorial Areandino.
- Burin, D. (2018). *El análisis interno y externo*. . San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Davenport , T., & Prusak, L. (2001). *Conocimiento en acción. Cómo las organizaciones manejan lo que saben*. Buenos Aires: Prentice Hall.
- Drucker , P. (2008). *LA DISCIPLINA DE LA INNOVACIÓN*. Estados Unidos de Norteamérica: Harvard-Deusto Business Review.
- Duker, P. F. (2004). *La disciplina de la innovación*. Boston : Harvard Business School Publishing Corporation.
- Grupo de Desarrollo Regional del Tecnológico de M. (2009). Las megatendencias sociales actuales y su impacto en □□□□□□□□□□ de oportunidades estratégicas de negocios. *Prospectiva*, 143.
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología e la Investigación. Sexta Edición*. México, México: McGraw Hill Educación.
- INEGI. (27 de Abril de 2021). *Cuéntame, información por entidad*. Obtenido de INEGI: <http://www.cuentame.com.mx/monografias/informacion/chih/economia/pib.aspx?tema=me&e=08>
- INEGI. (10 de Enero de 2021). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Obtenido de Búsqueda por actividad económica y región : <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>
- INEGI. (18 de Abril de 2021). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas* . Obtenido de DENUE: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Kotler, P., & Lane Keller, K. (2012). *Dirección de Marketing* . México: Pearson Editorial.
- Kotler, P., & Lane, K. (2006). *Dirección de Marketing* . México: Pearson Educación .
- Malhotra, N. K. (2016). *Investigación de mercados Sexta Edición* . (P. M. Guerrero Rosas, Ed.) México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Maranto Rivera, M., & González Fernandez, M. E. (Febrero de 2015). Fuentes de Información. *Repositorio Académico Digital*. Obtenido de Universidad Autónoma del estado de Hidalgo: <https://n9.cl/bpo5>
- Morcillo, P. (13 de Abril de 2004). Vigilancia e inteligencia competitiva: fundamentos e implicaciones. *Madri+d* , 11.
- Nelson, B. (1997). *1001 formas de motivar a los empleados*. Ecuador: Editorial Norma.
- Negocio, I. d. (2010). *Web oficial de empremed*. Recuperado el octubre de 2023, de Comunidad de emprendedores de la vida real: <http://www.empremed.org/libros/innovacion-de-modelos-de-negocios>
- Nonaka, I. (2022). *La vuelta a la phronesis aristotélica en la teoría y la práctica de la empresa creadora de conocimiento*. Obtenido de Revista empresa y humanismo: <https://revistas.unav.edu/index.php/empresa-y-humanismo/article/view/840>
- Núñez Lira, L. A., Alfaro Bernedo, J. O., Aguado Ligan, A. M., & González Ponce de León, E. R. (junio de 2013). *Toma de decisiones estratégicas en empresas: Innovación y competitividad*. Obtenido de Reserch Gate:

[https://www.researchgate.net/profile/Erica-Gonzalez-7/publication/373026595\\_Toma\\_de\\_decisiones\\_estrategicas\\_en\\_empresas\\_Innovacion\\_y\\_competitividad/links/64e8c44c434d3f628c4b94f7/Toma-de-decisiones-estrategicas-en-empresas-Innovacion-y-competitividad.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Erica-Gonzalez-7/publication/373026595_Toma_de_decisiones_estrategicas_en_empresas_Innovacion_y_competitividad/links/64e8c44c434d3f628c4b94f7/Toma-de-decisiones-estrategicas-en-empresas-Innovacion-y-competitividad.pdf)  
 OpenAI. (28 de octubre de 2023). *ChatGPT*. Obtenido de Large language model: <https://chat.openai.com/chat>  
 Porter, M. E. (2001). Review, Strategy and the Internet. *Business Harvard, The University of North Carolina System*, 1-20. Obtenido de [http://web.uncg.edu/bae/lsiyer/ec\\_common/articles/strategy\\_and\\_internet\\_porter.pdf](http://web.uncg.edu/bae/lsiyer/ec_common/articles/strategy_and_internet_porter.pdf)  
 Porter, M. E. (2015). *Estrategia Competitiva. Técnicas para el Análisis de los sectores industriales y de la competencia*. México : Grupo Editorial Patria.  
 Pugh, D., & Hickson, D. (1976). *Organizational Structure in its Context*. Thousand Oaks, California: The Aston Programme, J. Gower Publishing.  
 Sherman, R. (2020). *Business Intelligence Guidebook. From Data Integration to Analytics*. Boston: MK Publications.  
 Trist, E., Murray, H., & Trist, B. (2016). *The Social Engagement of Social Science*. Pennsylvania: University of Pennsylvania Press.  
 Villa Lever, L. (2008 de 2008). a calidad educativa de las universidades tecnológicas. Su relevancia, su proceso de formación y sus resultados. *Revista de la Educación Superior*. Obtenido de Scielo.org:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602008000100013#:~:text=El%20modelo%20pedagógico%20de%20las,para%20el%20análisis%20de%20estudios](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602008000100013#:~:text=El%20modelo%20pedagógico%20de%20las,para%20el%20análisis%20de%20estudios)



# Impuntualidad en la empresa

M.P Verónica Rangel Medina<sup>1</sup>, MAYL. Verónica Esmeralda Hernández Medrano <sup>2</sup>, Gabriela Beatríz Paredes García<sup>3</sup>,  
Briza Azeneth Venegas Vélez<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera, e-mail: [9822@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:9822@rcarbonifera.tecnm.mx)

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera, e-mail: [2217@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:2217@rcarbonifera.tecnm.mx) <sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera, email: [201A0476@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:201A0476@rcarbonifera.tecnm.mx)

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera, email: [201A0504@rcarbonifera.tecnm.mx](mailto:201A0504@rcarbonifera.tecnm.mx)

## Línea de investigación: Administración de la pequeña y mediana empresa

### Resumen

La impuntualidad es uno de los más grandes problemas con los que luchan las personas día con día, para algunos es considerado una gran falta de respeto. Esto puede causar muchos conflictos tanto en tu vida personal como en tu vida laboral. Son muchos las excusas por las cuales las personas practican esta acción, algunas ciertas y algunas falsas, ya sea por el exceso de tráfico dependido la ruta, fallas o incidentes automovilísticos y en ocasiones por motivos de salud o personales. De igual manera por descuido de quedarse dormidos por desvelos, flojera o simplemente el hecho de no tener interés en su trabajo. La impuntualidad en el trabajo es un mal hábito que perjudica tanto a la persona que la ejerce, así como a la empresa en la que trabaja, este problema es considerado uno de los más grandes que enfrentan muchas empresas. Ya que es la principal amenaza de los empleados y esto puede ocasionar; pérdidas, desenfoques, desmotivaciones, despidos, etc. En muchas empresas el hecho de aplicar una sanción, despido, rebaje de sueldo ya no es una amenaza para muchos empleados ya que gracias a los tiempos extras u otros bonos fuera de la puntualidad deciden obtener sueldo a su conveniencia y así cubrir en algunos casos el descuento o rebaje por causa de su impuntualidad. Y al paso de que esto va creciendo las empresas buscan las estrategias correctas para solucionar este problema y que no sea amenaza para su crecimiento.

Línea de investigación: Administración de la pequeña y mediana empresa.

Área del conocimiento: Humanidades y Ciencias de la Conducta.

### Abstract

Lateness is one of the biggest problems that people struggle with every day, for some it is considered a great lack of respect. This can cause a lot of conflicts in both your personal life and your work life. There are many excuses why people practice this action, some true and some false, whether due to excessive traffic depending on the route, car failures or incidents and sometimes for health or personal reasons. In the same way, due to carelessness, falling asleep due to sleeplessness, laziness or simply the fact of not having interest in their work. Tardiness at work is a bad habit that harms both the person who practices it, as well as the company in which they work. This problem is considered one of the biggest problems that many companies face. Since it is the main threat to employees and this can cause; losses, lack of focus, demotivation, layoffs, etc. In many companies, the fact of applying a sanction, dismissal, or salary reduction is no longer a threat for many employees since, thanks to overtime or other non-punctuality bonuses, they decide to obtain a salary at their convenience and thus cover in some cases the discount or reduction due to unpunctuality. And as this grows, companies are looking for the right strategies to solve this problem so that it is not a threat to their growth.

Research line: Small and medium business administration.

Knowledge area: Humanities and Behavioral Sciences.

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de una problemática que estuviera reflejada en las empresas de nuestra ciudad, se pudo encontrar la impuntualidad la cual es una de las principales incidencias de los trabajadores, la puntualidad es algo muy importante en un ambiente organizacional, demuestra la disciplina de los empleados y la manera de manejarlo de la empresa. Desde el rango más alto hasta el más bajo de la jerarquía empresarial debería llegar puntual a su puesto de trabajo, se revela el concepto de puntualidad, impuntualidad, así como como causas y consecuencias, indagaremos en distintos textos encontrados en la web que han tratado este tema con anterioridad, y también realizaremos una investigación en una empresa y su cercanía a nosotros como estudiantes y que abrieron sus puertas para entrevistar tanto a un puesto de Recursos Humanos como a sus empleados, obtenido respuesta a nuestras cuestiones sobre cuáles son las razones por las que llegan de manera impuntual a su puesto de trabajo.

Esto ayudará a entender más a fondo el punto de vista no solo de un puesto alto sino también de los empleados.

## DESARROLLO

Para realizar esta investigación se han revisado estudios relacionados con el tema principal de la Impuntualidad, encontrando el contenido de las siguientes investigaciones:

(Carolina Hurtado Bosco, 2005) cuyo Trabajo de Investigación se titula “Influencia de la satisfacción laboral, el compromiso organizacional, la urgencia de tiempo y variables sociodemográficas en la puntualidad laboral” tuvo como objetivo fundamental determinar en qué medida la satisfacción laboral, el compromiso organizacional, la urgencia de tiempo, el género, la antigüedad, la condición de convivir con pareja, el número de hijos que conviven con el empleado y la edad del menor de estos, discriminan entre empleados puntuales e impuntuales. Los resultados evidenciaron que a mayor tiempo trabajando en la organización, y a mayor satisfacción laboral con relación a dimensiones de “pagos, beneficios y reconocimientos” y de “congruencia entre los objetivos personales y organizacionales”, los empleados tendrán mayor probabilidad de pertenecer al grupo de impuntuales, y al presentar bajos niveles en dichas variables tendrán mayor probabilidad de pertenecer al grupo de puntuales.

(Hernández, 2019) cuyo libro se titula “Impuntualidad Laboral” menciona que una de las dificultades que afrontan las empresas hoy en día es la impuntualidad laboral, lo que genera pérdidas económicas importantes, por lo que se requiere de estrategias para controlar y optimizar el uso del tiempo apoyados en la tecnología. La impuntualidad laboral hay que verla no solo desde el punto de vista del tiempo de llegada a los puestos de trabajo, reuniones, inducción, etc., sino del cumplimiento oportuno de las tareas.

No se trata de llegar puntualmente, sino que también deben existir resultados positivos en la entrega de las cargas de trabajo ya que algunos empleados no efectúan su labor de manera ética, y su comportamiento cambia solo ante medidas coercitivas. La puntualidad va de la mano con la productividad de tal manera que si se presenta una variación significativa en el tiempo de entrega de las cargas laborales se pierde cualquier planificación previa y los resultados no son los mejores.

(Martin, 2021) en su artículo publicado en Forbes.es “¿Por qué es importante la puntualidad en el trabajo?”, destaca que la puntualidad también puede hacer que el resto de los integrantes del equipo confíen en esa persona puntual, si es así seguramente el trabajador tendrá otras cualidades como puede ser el orden, que representa también a una persona que es responsable. La puntualidad es un valor y es necesario para dotar a nuestra personalidad de carácter, orden y eficacia, pues al vivir este valor en plenitud estamos en condiciones de realizar más actividades, desempeñar mejor nuestro trabajo, ser merecedores de confianza.

(Medina Jaime, 2015) en su tesis titulada “El Comportamiento de los Trabajadores Contratados y de Locación de Servicios del Instituto Nacional de Estadística e Informática” menciona que son diversas las razones que aducen los trabajadores para justificar la impuntualidad: el 33% (49 trabajadores) aducen que por la distancia. el 12% (29 trabajadores) que por el horario y 19% por razones de salud. Si un porcentaje importante ingresan tarde al centro de trabajo, tenemos un número significativo de personal NO ASISTE.

El comportamiento inadecuado se manifiesta igualmente en las tardanzas en el personal, la impuntualidad es el efecto de un factor predictor: la distancia entre el lugar de trabajo y la vivienda del trabajador, agudizándose con el transporte público y los escasos recursos económicos. Las condiciones de salud es otro factor inductor para los casos de impuntualidad para el ingreso al centro de trabajo, es muy frecuente o se utiliza como recurso para justificar las tardanzas. El clima laboral negativo trabaja cómo precipitante para la impuntualidad, el trabajador hostilizado, acosado por un entorno laboral desfavorable induce al retraso en el ingreso, necesita del trabajo, desearía sin embargo no trabajar por los procesos de acoso en el trabajo.

(Castillo, 2011) en su trabajo de investigación titulado “La impuntualidad y su repercusión en la productividad dentro del ámbito laboral en las empresas comerciales de línea blanca de la ciudad de Loja” tiene como finalidad determinar la repercusión de la impuntualidad dentro de la productividad laboral en las empresas comerciales de línea blanca, se realizó un análisis con el propósito de determinar las causas como también las consecuencias conociendo más a fondo la realidad de la impuntualidad en las empresas.

Del total del 100% de los empleados de las casas de línea blanca el 42% de estos se identifican como personas impuntuales dentro del desempeño laboral.

En la evaluación del proyecto se evidencio que los factores más reincidentes que establecen los empleados son por problemas domésticos, por el tránsito vehicular, por vivir lejos, por la despreocupación y falta de compromiso laboral como personal con la empresa donde se desempeñan.

El retardo es llegar tarde al horario de entrada establecido por la empresa, mismo que fue aceptado y firmado en el contrato que el empleado firmó al comenzar la relación laboral.

Todos los trabajadores deben asistir a sus labores iniciando y terminando con puntualidad la jornada de trabajo que les corresponda, según lo establecido en su nombramiento, y cumplir con las disposiciones que se dicten para comprobar su asistencia.

La puntualidad es una cualidad muy apreciada que da distinción a las personas tanto en los negocios como en la vida diaria. Puede ser definida como el cuidado, la diligencia y la exactitud para cumplir con las obligaciones a su debido tiempo. El asistir a una cita a la hora convenida, por ejemplo, permite actuar con más desenvoltura y con mayor seguridad, puesto que no se ha abusado arbitrariamente del tiempo de los demás (Clotilde, 1999). Así mismo, según González (s/f), la puntualidad, si bien es una regla en las empresas, es un hábito personal acertado que refleja el respeto que se siente por el tiempo de las otras personas.

Dentro del ámbito laboral, la impuntualidad puede ser definida como llegar al trabajo después del tiempo acordado entre el empleador y el empleado. Este comportamiento se manifiesta en muchas organizaciones, lo cual trae implicaciones tanto para el empleado individual como para la organización entera (Koslowsky, 2010). De hecho, diversos autores sugieren que la impuntualidad del empleado conduce a sustanciales costos financieros a las organizaciones, como pérdida de la productividad del empleado y de sus equipos de trabajo, pérdida del tiempo de los supervisores e interrupción de la agenda de trabajo del día, ocasionando que las citas puedan no tener lugar en la hora planteada. Así mismo, la tardanza del empleado, especialmente aquella que no es penalizada, puede tener una influencia negativa en los empleados que, si llegan a tiempo, específicamente en aquellos que deben cubrir a los impuntuales (Gary, August 1994). La impuntualidad es una conducta reiterada en la vida personal y laboral de muchas personas.

Asimismo, el retraso reduce la productividad laboral. Es errado creer que retirarse más tarde del trabajo compensará, dado que el horario operativo en una empresa debe funcionar en coordinación y las personas trabajan de manera simultánea. Si la persona se queda media hora más en el trabajo para equilibrar el atraso, estará sola y no tendrá la información que solicita a compañeros de labor, ni respuestas a los mails.

Quien llega atrasado a reuniones, pierde información conversada. También proyecta hacia su empresa una imagen de irresponsabilidad cuando se relaciona con público o clientes.

En ocasiones la persona que llega reiteradamente atrasada al trabajo es aislada socialmente por compañeros de labor. Los colegas comienzan a enfadarse cuando la persona impuntual perjudica el trabajo en cadena, no entrega información a tiempo o deben contestar el teléfono y recibir recados para el atrasado, lo que daña el trabajo en equipo.

La puntualidad es sinónimo de responsabilidad; compromiso con la labor; dedicación e interés por el trabajo. Por esa razón, su contraria: la impuntualidad, debe ser atendida como una problemática laboral; precisamente, porque genera todo lo contrario: inconvenientes y pérdidas para la empresa.

Según (Medina Jaime, 2015), la puntualidad es el compromiso que tiene una persona de cumplir su trabajo en determinada fecha, hora y lugar convenidos con la organización u alguna persona. Muchos empleados no son puntuales en tener sus trabajos listos puntualmente, cuando esto sucede es muy dañino para la organización puesto que, si dicha organización está bien estructurada y tiene planes de acción, dicha impuntualidad no favorece a que la organización cumpla con sus objetivos en los tiempos previstos. Cuando un empleado es impuntual las causas pueden ser muchas, ya sea por un exceso de carga emocional o problemas personales serios, pero una de las causas es la no satisfacción que encuentra en la realización del trabajo, lo cual se expresa en apatía y total desinterés en él. Este desinterés es el causante de que los empleados se conviertan en empleados de "paso", solo laboran para la organización por un tiempo limitado y luego piden su renuncia. Este tipo de empleados no son favorables para la organización, ya que posiblemente la empresa ya haya invertido en su capacitación y el hecho de que dejen de laborar para ella le provoca una pérdida de tiempo y dinero.

El valor de la puntualidad es la disciplina de estar a tiempo para cumplir nuestras obligaciones, la impuntualidad muestra la escasa o nula organización de nuestro tiempo, de planeación de nuestras actividades, del uso de agenda. El trabajo de investigación sobre "La falta de puntualidad y duración en el empleo" aporta en nuestra discusión donde se precisa: "Que la puntualidad es el compromiso que tiene una persona de cumplir su trabajo en determinada fecha, hora y lugar convenidos con la organización cuando los empleados no son puntuales ... es dañino para la organización ..., la impuntualidad no favorece para que la organización cumpla con sus objetivos en los tiempos previstos ..."

La impuntualidad demuestra indisciplina. Una característica de uno que administra bien su tiempo es la puntualidad, al llegar siempre tarde, damos a conocer que no sabemos organizar nuestra vida y nuestro tiempo. El Sr. Donald Whitney dijo: "Una vida piadosa es el resultado de una vida moral disciplinada, y en el centro de una vida espiritual disciplinada está la disciplina del tiempo." El ser puntual es una disciplina básica e importante de la vida. (Castillo, 2011).

Otro de los problemas de la impuntualidad es que es altamente contagiosa, mayormente los empleados nuevos suelen llegar a la hora establecida, con el correr del tiempo, ellos observan que este no es el caso con los empleados más antiguos, y pronto comienzan a seguir su mal ejemplo.

La impuntualidad afecta en la dinámica social y productiva de las empresas, ya que genera patrones culturales de conducta que no estimulan el crecimiento, ni el respeto.

La poca valoración del tiempo se expresa en la impuntualidad y en la pérdida casi irracional del tiempo en vez del estudio y el trabajo. Una explicación histórica de esta limitación de nuestro desarrollo personal, que desmitifique la impuntualidad como cuestión graciosa o idiosincrásica de nuestro pueblo, debería hacernos recapacitar acerca del valor del tiempo que es, en realidad, la valoración de nuestra propia vida y lo que significamos en términos de valor para los demás.

En términos recíprocos, el mal uso o no uso del tiempo, debemos aceptar que es fatal para el desarrollo personal y de la sociedad. Usar el tiempo debidamente es lo mismo que emplear el tiempo con responsabilidad, es decir, como resultado de una convicción moral: felizmente, al aprender a trabajar al servicio de los demás, se forma la convicción de emplear en forma autónoma y efectiva la norma que nos obliga a emplear el tiempo en el trabajo social de toda la vida. Debemos convencernos de que del mal uso o no uso del tiempo, depende que tengamos menos cantidad de conocimientos, menos posibilidad de rendir un examen satisfactorio, menos posibilidad de cumplir una promesa. (Ortiz, 2004) El mal uso del tiempo impide que tengamos lo necesario para cumplir con las exigencias de cualquier tarea cotidiana.

### **OBJETIVO GENERAL**

Conocer los factores de la impuntualidad que se tiene el personal de la empresa y cuáles de estos factores son los de mayor incidencia.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Recopilar información de los posibles factores que originan la impuntualidad e inasistencia.

Comparar los factores predominantes y definirlos para generar una encuesta de recolección de datos.

Analizar los resultados obtenidos y presentar resultados.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

La mayor parte de las empresas tienen problemas de impuntualidad, esto es es una problemática laboral que genera pérdidas a las organizaciones, también provoca incomodidades en los equipos de trabajo; tanto para quien es impuntual como para el resto de los empleados. La puntualidad es sinónimo de responsabilidad; compromiso con la labor; dedicación e interés por el trabajo. Por esa razón, su contraria: la impuntualidad, debe ser atendida como una problemática laboral; precisamente, porque genera todo lo contrario: inconvenientes y pérdidas para la empresa.

### **METODOLOGÍA**

Según algunas investigaciones, el hábito de ser impuntual no resulta tan fácil de corregir. La persona impuntual, a pesar de que muchas veces se haga el firme propósito de llegar a la hora, no puede evitar hacer alguna cosa más, antes de salir de casa que, podría haber muchos motivos debido a este efecto y para tener un enfoque más metodológico realizamos una investigación explicativa, se utilizaron diversos instrumentos, como encuestas y entrevistas a los empleados, lo cual permite tener un enfoque cuantitativo.

**Se utilizó un muestreo aleatorio simple para seleccionar una muestra representativa de los trabajadores de la empresa, aplicando un total de 311 encuestas y 1 entrevista al Gerente.**

Para esta investigación utilizamos la plataforma de Forms donde la encuesta es la siguiente:

1. ¿Falta usted frecuentemente al trabajo?
2. ¿Cuántas faltas presenta al mes aproximadamente?
3. ¿A qué se deben sus retardos?
4. ¿Recibe alguna bonificación por no tener retardos?
5. ¿Que lo motivaría por llegar puntualmente al trabajo?
6. ¿Utiliza el transporte de la empresa?
7. Si su respuesta fue no, escriba en que se traslada para llegar

También realizamos una pequeña encuesta al Gerente de la empresa, las cuales son las siguientes preguntas con su respectiva respuesta:

1. ¿Por qué cree que las personas sean impuntuales?

Hay una serie de motivos por los que una persona es impuntual, pero muchas encontramos que son personas mal organizadas, que no saben administrarse bien con los tiempos o por otro lado que tengan una agenda muy intensa o de plano que no les interese su trabajo.

2. ¿Durante que temporadas es más común que la gente llegue impuntual?

Siempre ocurre cuando son fechas de fiesta, en el mes de septiembre que son días de feria, la gente suele llegar tarde debido a que se desvelaron, o en diciembre que suele haber más eventos o bailes.

3. ¿Como se actúa con las personas impuntuales?

Para comenzar, podría ser que ni siquiera se dé cuenta de que su impuntualidad molesta a los demás, se le realiza una advertencia verbal en primera instancia donde se le explica que a 5 retardos consecutivos, será acreedor a una falta, y de ser recurrente, será acreedor a una suspensión sin goce de sueldo de tres días.

Si esto no tiene su efecto, tiene que sufrir las consecuencias de su impuntualidad.

4. ¿Que estrategias utiliza para evitar la impuntualidad?

A todos los trabajadores se les da un bono de puntualidad que viene íntegro al sueldo, que cuando ocurre un retardo se les hace el rebaje.

5. ¿Qué les aconsejaría a esas personas para no llegar tarde?

Que establezcan bien sus horarios las personas puntuales no son menos ocupadas que las impuntuales, la recomendación es planear menos actividades para que cumpla cabalmente con las que tiene.

## FASES DEL DESARROLLO

Recopilar, comparar y analizar información sobre la situación de la impuntualidad que se tiene en la empresa y cuáles son los factores que se consideran más influyentes para que esta situación se esté repitiendo con cierta incidencia.

Entender cuál es la postura que adopta la empresa ante esta situación y conocer cuáles consideran que son los motivos, cómo se plantea y cuál es su respuesta ante esta problemática.

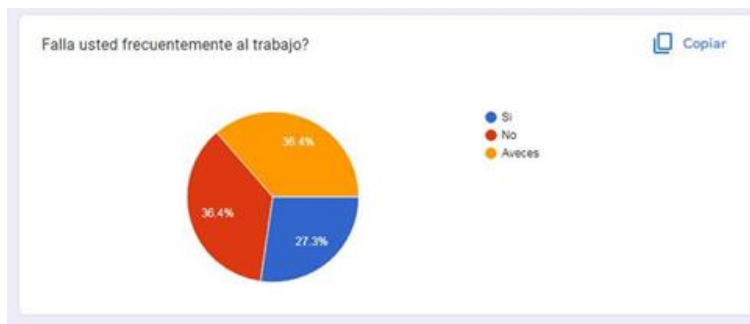
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la postura de la empresa, se han realizado varias estrategias para evitar impuntualidad o insistencia en temporadas de feria, la que más ha funcionado es anticipar producción, es decir se produce un poco de más durante el mes previo a las fiestas, lo cual genera tiempo a favor de los empleados, esto es previo a una negociación con ellos, para que de esta manera se tenga cubierta la producción de los días de fiesta y no se vea afectado el trabajador por su inasistencia. Es una solución que beneficia tanto a la empresa como al trabajador.

Se obtuvieron los siguientes resultados de la encuesta realizada:

**Figura 1**

*Fallas al Trabajo*

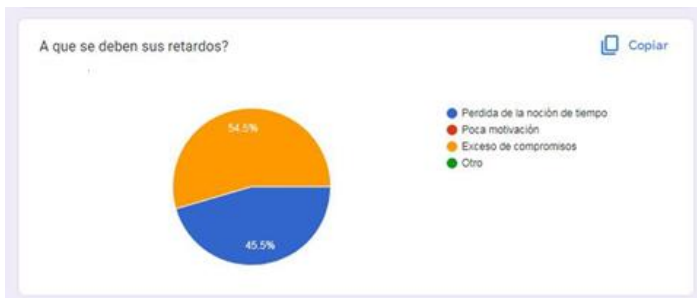


Nota: Fuente propia

Como se observa en la Figura 1 los porcentajes referentes a la inasistencia al trabajo son los siguientes el 27.3% manifiesta faltar a trabajo, mientras que el 36.4% respondió faltar ocasionalmente a sus labores y la igual cantidad el 36.4% expresa no faltar a sus funciones.

**Figura 2.**

*Causa de los Retardos*



Al cuestionar al personal de la empresa sobre la causa de sus retardos, el 54.5% opina que es debido a el exceso de compromisos, mientras que el 45.5% menciona que es por la perdida de la noción del tiempo.



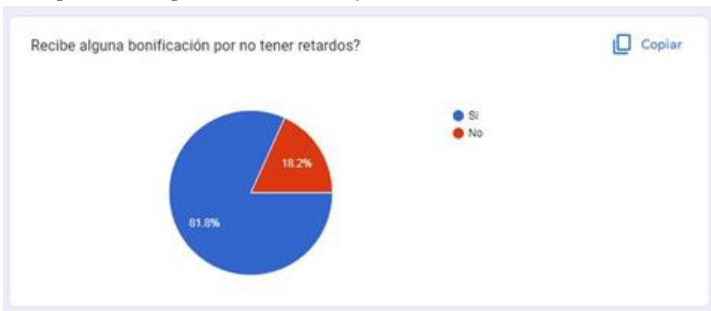
**Figura 3**  
*Cantidad de Inasistencias*



Nota: Fuente propia

Según las respuestas obtenidas el 63.6% menciona faltar a sus labores una vez al mes, mientras que el 27.3% menciona no faltar durante el mes a sus labores y el 9.1% respondió que sus inasistencias son de 2 o más veces en el mes.

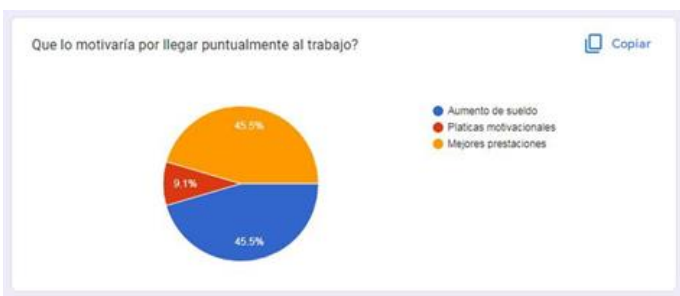
**Figura 4**  
*Compensación por Puntualidad y Asistencia*



Nota: Fuente propia

En cuanto a las respuestas referentes a si reciben los trabajadores alguna bonificación por no tener retardos, en 81.8% mencionaron recibir algún tipo de bonificación y el 18.25% respondió que no recibían ninguna compensación por su puntualidad.

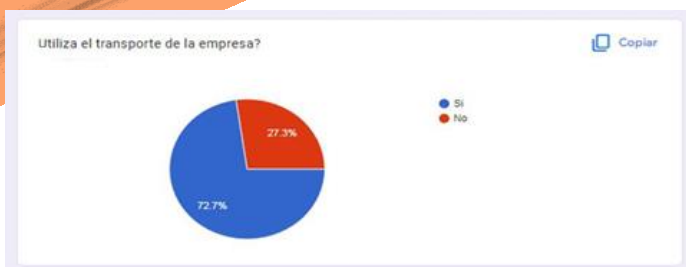
**Figura 5**  
*Motivación*



Nota: Fuente propia

Al cuestionar al personal de la empresa si recibían alguna motivación por llegar puntualmente a sus labores, el 45.5% respondió que reciben mejores prestaciones, por otra parte, el 45.5% contestó que reciben aumento de salario, mientras que el 9.1% mencionó que reciben pláticas motivacionales para mejorar su puntualidad y asistencia.

**Figura 6**  
*Transporte*



Nota: Fuente propia

Al preguntar a los trabajadores a cerca del tipo de transporte que utilizan para trasladarse a su lugar de trabajo, el 72.7% de los

empleados encuestados respondieron que se trasladan en el transporte proporcionado por la empresa, mientras que el 27.3% comentan no utilizar el camión proporcionado por la empresa.

Con estos resultados se puede observar que al menos 54.5% de los empleados encuestados, su retraso se debe al exceso de compromiso no sin dejar a lado la perdida de noción de tiempo y falta de organización.

Es preciso destacar que, el 45.5% aseguran que obtener mejores prestaciones les motivaría a no llegar tarde a la empresa como obtener un aumento de sueldo, pero sin ignorar también que el 9.1% hace preferencia por las pláticas motivacionales y hay que recordar que este punto es muy vital ya que las empresas deben mantener motivados a los trabajadores porque estos son el motor de la empresa, los que la hacen funcionar. Con base en objetivo general que es la detección de factores que influyen en la impuntualidad de los trabajadores de la planta, podemos decir que a través de esta investigación se obtuvo el conocimiento necesario para poder plantear algunas alternativas de solución a la empresa.

### **CONCLUSIÓN**

Con la presente investigación se concluye lo que hemos visto en diversos libros de comportamiento organizacional, si el recurso humano no se siente motivado ya sea monetariamente o verbalmente, no se siente parte de la empresa, no se siente valorado y por ende no comparte la visión de la empresa.

En la teoría de necesidades, según Abraham Maslow nuestras acciones nacen de la motivación dirigida, hacia el objetivo de cubrir ciertas necesidades, sin embargo también menciona que la seguridad la da el reconocimiento y la satisfacción de necesidades, sin embargo el ser humano ha ido modificando conductas conforme va cambiando la sociedad, ya que al cumplir diversos roles, no existe una organización adecuada de tiempos, duerme menos horas, vive más estresado por no cumplir con todas las actividades del día lo que genera que llegue tarde a los lugares donde debería estar puntual. Causando que por su impuntualidad tanto la empresa como las personas con las que trabajen se vean afectadas ya que retrasaría el avance del trabajo y afectando las metas que se tenían esperadas lograr en un día de producción.

Alternativas de solución: bono por puntualidad en base a porcentaje de producción, tener hasta 3 personas capacitadas para cada actividad de tal manera que si alguien no llega a tiempo la producción no se detenga, implementar las actividades dirigidas al bienestar del trabajador, donde se sienta valorado por la organización.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Carolina Hurtado Bosco, A. V. (2005). *Influencia de la satisfacción laboral, el compromiso organizacional, la urgencia de tiempo y variables sociodemográficas en la puntualidad laboral*. Venezuela : UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO (VENEZUELA) -- TESIS.

Castillo, D. M. (2011). <https://dspace.unl.edu.ec/>. Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/9766>

Hernandez, D. F. (2019). *Impuntualidad laboral* . Colombia : Libros en Línea .

Martin, R. (12 de mayo de 2021). ¿Por qué es importante la puntualidad en el trabajo? *Forbes.es*, págs. <https://forbes.es/empresas/5692/por-que-es-importante-la-puntualidad-en-el-trabajo/>.

Medina Jaime. (2015). *MEL COMPORTAMIENTO EN LOS TRABAJADORES CONTRATADOS-CAS Y DE LOCACIÓN DE SERVICIOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI) • DIRECCIÓN NACIONAL DE CENSOS· ENCUESTAS Y : ESTABLECIMIENTOS-LIMA· 2014"*. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

# Diseño de un aerogenerador de baja potencia

Eddie Eliud Vázquez Alexandre<sup>1</sup>, Juan Flores García<sup>2</sup>, Sergio Eduardo Bailon Juarez<sup>3</sup>, Mauro Axel Mireles Ruiz<sup>4</sup>, Jonathan Josue Salas Castillo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Matamoros, e-mail: [eddie.vazquez@utmatamoros.edu.mx](mailto:eddie.vazquez@utmatamoros.edu.mx)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Matamoros, e-mail: [juan.flores@utmatamoros.edu.mx](mailto:juan.flores@utmatamoros.edu.mx)

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Matamoros, e-mail: [sergio.bailon@utmatamoros.edu.mx](mailto:sergio.bailon@utmatamoros.edu.mx) <sup>4</sup> Universidad Tecnológica de Matamoros, e-mail: [mauro.mireles@utmatamoros.edu.mx](mailto:mauro.mireles@utmatamoros.edu.mx) <sup>5</sup> Universidad Tecnológica de Matamoros, e-mail: [2110419@utmatamoros.edu.mx](mailto:2110419@utmatamoros.edu.mx)

**Línea de investigación:** Innovación Tecnológica Aplicada a Problemáticas Educativas

## RESUMEN

Los aerogeneradores son dispositivos utilizados para convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. Han sido ampliamente utilizados en la generación de energía renovable debido a su capacidad para producir electricidad de manera limpia y sostenible. Sin embargo, los aerogeneradores convencionales suelen ser costosos y están diseñados para generar grandes cantidades de energía, lo que puede no ser viable en todas las situaciones. Por lo tanto, el objetivo del presente artículo es diseñar un aerogenerador de baja potencia, que sea más accesible y adaptable a entornos de menor escala, como zonas rurales o aplicaciones domésticas. Mediante una metodología de desarrollo tecnológico se diseña el generador dando solución a las problemáticas del suministro y desabastecimiento eléctrico, tanto en las poblaciones de zonas urbanas y rurales, como donde se requiera este servicio.

**PALABRAS CLAVE:** Aerogenerador, Cinética, Energía, Diseño

## ABSTRACT

Wind turbines are devices used to convert the kinetic energy of the wind into electrical energy. They have been widely used in renewable energy generation due to their ability to produce electricity in a clean and sustainable manner. However, conventional wind turbines are often expensive and designed to generate large amounts of power, which may not be feasible in all situations. Therefore, the objective of this paper is to design a low-power wind turbine that is more affordable and adaptable to smaller-scale environments, such as rural areas or domestic applications. By means of a technological development methodology, the generator is designed to provide a solution to the problems of electricity supply and shortage, both in urban and rural areas, as well as wherever this service is required.

**KEYWORDS:** Energy, Design, Kinetics, Wind turbine

## INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía renovable y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han impulsado el desarrollo y la implementación de fuentes de energía limpia y sostenible. Entre las diversas opciones disponibles, la energía eólica ha demostrado ser una alternativa prometedora, aprovechando la energía cinética del viento para generar electricidad de manera eficiente. Los aerogeneradores convencionales han sido ampliamente utilizados en proyectos de generación de energía a gran escala, pero su alto costo y requisitos de infraestructura limitan su aplicabilidad en áreas de menor escala, como comunidades rurales y aplicaciones domésticas. En este contexto, el diseño y construcción de aerogeneradores de baja potencia se presenta como una solución viable y accesible para abordar estas necesidades.

El objetivo de este estudio es presentar el diseño de un aerogenerador de baja potencia que sea capaz de aprovechar eficientemente la energía eólica en entornos de menor escala. A través de un enfoque basado en la optimización de componentes y tecnologías, se busca desarrollar un sistema que sea económicamente viable, fácilmente implementable y respetuoso con el medio ambiente.

La investigación se centrará en aspectos clave del diseño, como la selección adecuada del tamaño y tipo de aerogenerador, el diseño de las palas para maximizar la captura de energía, el desarrollo de sistemas de control adaptativos y la elección de componentes eficientes y duraderos. Además, se abordarán consideraciones de seguridad y minimización de impacto ambiental para garantizar un funcionamiento seguro y sostenible.

Se espera que los resultados de este estudio contribuyan al avance en el campo de la energía eólica de baja potencia, proporcionando una solución práctica y rentable para la generación de electricidad en áreas de menor escala. Además, se espera que los conocimientos adquiridos y las lecciones aprendidas durante el proceso de diseño y construcción del aerogenerador sean aplicables a futuros proyectos similares, impulsando así la adopción de energías renovables en todo el mundo.

## DESARROLLO

### 1. La energía cinética

Es sostenible, limpia e ilimitada. Este tipo de energía es la que se obtiene del movimiento que posee un cuerpo a causa de su aceleración (Iberdrola, 2023). En los últimos años, la conciencia medioambiental y el respeto por el planeta está llevando a los seres humanos y a las compañías energéticas a pensar en el desarrollo de energías sostenibles, como las energías renovables que son naturales y se regeneran por sí solas. Son limpias e ilimitadas. La solar o la eólica serían las más conocidas, pero hay más.

Un buen ejemplo de este tipo de energía renovable limpia y sostenible sería la cinética. Es la que produce un cuerpo con su movimiento. La definición técnica es: La energía cinética (EC) “es la energía que posee un objeto debido a su movimiento” (Bueche y Hetch, 2023, p. 63). Si un objeto de masa  $m$  tiene velocidad  $v$  y la energía cinética la podemos distinguir dos tipos:

1. La energía cinética de traslación, en la que el objeto describe una trayectoria lineal.
2. La energía cinética de rotación, en la que el objeto gira sobre sí mismo. La cual esta dada por:

$$EC = \frac{1}{2} mv^2$$

Cuando  $m$  está en kg y  $v$  en m/s, las unidades de EC son joules.

LA Energía Potencial Gravitacional (EPG) “es la energía que posee un objeto debido a su posición en el campo gravitacional, un cuerpo de masa  $m$ , al caer una distancia vertical  $h$ , puede realizar un trabajo de magnitud  $mgh$ .” (Bueche y Hetch, 2023, p. 63). Si un objeto está a una altura  $h$  sobre el nivel cero (o de referencia), se tiene

$$EP_G = m * g * h$$

donde  $g$  es la aceleración debida a la gravedad. Adviértase que  $mg$  es el peso del objeto. Las unidades de la EPG son joules cuando  $m$  está en kg,  $g$  en  $m/s^2$  y  $h$  en m.

La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma de un tipo a otro. (La masa puede considerarse como una forma de energía), (Bueche y Hetch, 2023, P.63). En el caso de la energía mecánica se puede concluir que, energía se degrada en forma de calor y la energía mecánica del sistema no se conserva y sin intervención de ningún trabajo externo, la suma de las energías cinética y potencial permanece constante. Este fenómeno se conoce con el nombre de Principio de conservación de la energía mecánica.

$$E_m = E_c + E_p = Constante$$

Donde  $E_m$  es Energía Mecánica;  $E_c$  es Energía Cinética;  $E_p$  es Energía Potencial.

Para ser más visual, el proceso de energía Cinética en los aerogeneradores de baja potencia se desarrollade esta forma; la Energía Cinética que se obtiene de las corrientes del viento impactan en su hélices en el cual por sudiseño de aspa capta la mayor energía proporcionada del viento para hacer girar el sistema de hélices del aerogenerador hasta alcanzar una Energía potencial la cual es aprovechada por un eje conectado al alternador el cual necesita la energía mecánica obtenida por el sistema de energía Eólico de baja potencia y con ello se está logrando el general energía eléctrica. Con esto se cumple la Ley de la Conservación de la Energía.

La empresa más reconocida internacionalmente en el área de energías alternas sustentables, Iberdrola (2023), no da a conocer las ventajas y desventajas de la energía cinética las cuales a continuación se mencionan.

Una de las principales ventajas de la energía cinética es su alta eficiencia energética. Cuando se utiliza adecuadamente, la energía cinética puede ser transformada en otras formas de energía útiles, como la eléctrica o la mecánica, sin desperdiciar grandes

cantidades de energía en el proceso.

Otra ventaja importante de la energía cinética es que es una fuente de energía renovable. No se agota con su uso, ya que siempre hay objetos en movimiento que pueden generar energía cinética. Esto la convierte en una alternativa sostenible a las fuentes de energía no renovables, como los combustibles fósiles.

La energía cinética también tiene bajas emisiones de carbono. A diferencia de los combustibles fósiles, que generan grandes cantidades de dióxido de carbono al ser quemados, la energía cinética no produce emisiones directas de gases de efecto invernadero. Esto contribuye a la reducción del impacto ambiental y al combate del cambio climático.

La energía cinética puede aplicarse en una amplia gama de actividades y sectores. Desde la generación de electricidad mediante turbinas eólicas hasta el impulso de vehículos eléctricos, esta forma de energía ofrece versatilidad en su uso y es adaptable a diferentes necesidades y tecnologías.

Por último, la energía cinética puede contribuir a la reducción de costos en varios aspectos. Al aprovechar el movimiento natural de objetos, se pueden evitar gastos en combustibles fósiles y en el mantenimiento de otras fuentes de energía más costosas. Además, al ser una fuente renovable, ayuda a disminuir la dependencia de recursos no renovables y a estabilizar los precios de la energía a largo plazo.

Una desventaja de la energía cinética es su dependencia del movimiento. Para producir energía cinética, se requiere que los objetos estén en movimiento constante. Esto puede limitar su uso en lugares donde no haya un movimiento constante o suficiente para generar la energía necesaria.

Otra desventaja es la variabilidad en la generación de energía cinética. La cantidad de energía que se puede obtener está directamente relacionada con la velocidad y el tamaño de los objetos en movimiento. Esto puede dificultar la estandarización y planificación de la producción de energía cinética.

La generación de energía cinética puede tener un impacto en el entorno donde se lleva a cabo. Por ejemplo, la instalación de turbinas eólicas para aprovechar la energía cinética del viento puede afectar el paisaje y la vida silvestre en determinadas áreas. Es importante considerar y minimizar estos impactos ambientales al utilizar la energía cinética.

Para aprovechar al máximo la energía cinética, se requiere la construcción de infraestructura adecuada, como turbinas, generadores y sistemas de almacenamiento de energía. Esto implica inversiones significativas en términos de tiempo, recursos y espacio físico.

Por último, la energía cinética también tiene limitaciones técnicas. Aunque se ha avanzado en la tecnología de captura y transformación de energía cinética, todavía existen desafíos en términos de eficiencia, capacidad de almacenamiento y escalabilidad para satisfacer las demandas energéticas a gran escala.

### **Turbinas eólicas y aerogenerador de baja potencia**

La energía eólica se ha convertido en una fuente crucial de energía renovable en todo el mundo. Las turbinas eólicas son dispositivos clave en la generación de electricidad a partir del viento, aprovechando su energía cinética y convirtiéndola en energía mecánica y, finalmente, en electricidad. En este artículo se exploran los diferentes tipos de turbinas eólicas y se centran en los aerogeneradores de baja potencia, que desempeñan un papel importante en la electrificación de áreas remotas y el desarrollo sostenible.

Existe dos tipos de turbinas eólicas: las turbinas de eje horizontal y las turbinas de eje vertical. Las turbinas de eje horizontal son las más comunes en los parques eólicos a gran escala. Tienen un rotor horizontal con palas que giran alrededor de un eje central. Estas turbinas pueden captar el viento desde diferentes direcciones y velocidades, lo que las hace altamente eficientes en la generación de electricidad. Según Smith y O'Gallagher (2019), las turbinas de eje horizontal representan aproximadamente el 95% de la capacidad eólica instalada en todo el mundo.

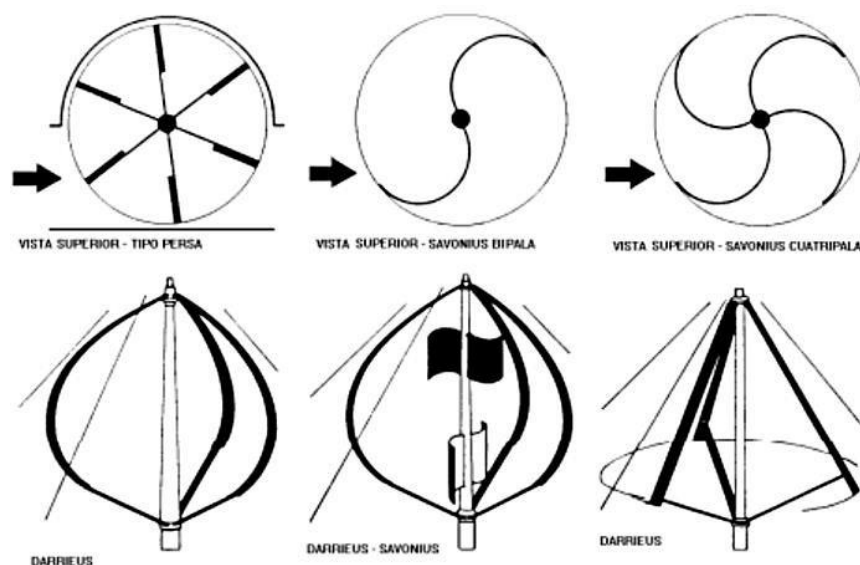
Las turbinas de eje vertical tienen su rotor y las palas dispuestas verticalmente. Aunque su eficiencia es menor en comparación con las turbinas de eje horizontal, presentan ventajas significativas. Estas turbinas son más compactas, más fáciles de mantener y pueden captar vientos provenientes de cualquier dirección. Según Kim et al. (2020), las turbinas de eje vertical son adecuadas para aplicaciones de menor escala, como la generación de electricidad en áreas urbanas y rurales.

Dentro de las turbinas eólicas de eje vertical también existen distintos modelos, algunos de los cuales se pueden observar en la Figura 1. De estos, lo más notables son la turbina Savonius y la turbina tipo Darrieus, que se diferencian entre sí porque la primera genera energía a partir de la fuerza de arrastre, pero la segunda lo hace a partir del efecto de la sustentación en sus aspas. Las mayores ventajas de estas turbinas son que pueden aceptar viento desde cualquier dirección y que suelen ser de tamaños mucho más reducidos.



Figura 1

## Turbinas de eje vertical



Fuente: (Pinilla,2021).

Por otro lado, se tienen los aerogeneradores de baja potencia, que son sistemas más pequeños que generan electricidad a partir del viento. Estos sistemas son de particular importancia en comunidades rurales y regiones aisladas donde la electrificación puede ser limitada. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2018), los aerogeneradores de baja potencia ofrecen una solución rentable y sostenible para el suministro de energía en áreas remotas donde la red eléctrica convencional no está disponible.

Estos sistemas son de fácil instalación, tienen requisitos de mantenimiento más bajos y son más asequibles en comparación con las turbinas eólicas a gran escala. Según Rahman et al. (2019), los aerogeneradores de baja potencia pueden utilizarse para alimentar viviendas, escuelas, centros de salud y otras instalaciones en áreas rurales y remotas, mejorando así la calidad de vida de las comunidades.

Teniendo en cuenta lo anterior, este diseño, se enfocará en el modelo de turbina eólica Savonius, cuyo diseño es muy simple y, por ende, se puede replicar con mayor facilidad en comparación con el resto. La idea es manufacturar una turbina pequeña que tenga una capacidad de producción energética de 5 VDC.

Las turbinas Savonius son rotores de eje vertical con un diseño sencillo, que pueden operar independientemente de la dirección del viento y empiezan a girar a bajas velocidades de viento. Según el estudio de Bhusal et al. (2017), las turbinas de tipo Savonius son especialmente eficientes en vientos de baja velocidad, lo que las hace adecuadas para su implementación en entornos urbanos o áreas donde las velocidades del viento son limitadas. Aunque su eficiencia no es tan alta como la de las turbinas de tipo Darrieus o las de eje horizontal, las turbinas Savonius son más simples de construir y su funcionamiento es menos sensible a la dirección del viento. Además, su diseño robusto y resistente las hace adecuadas para aplicaciones en áreas con condiciones climáticas adversas.

Las turbinas eólicas y los aerogeneradores de baja potencia proporcionan una forma de generación de electricidad limpia y sostenible. Al aprovechar el viento como fuente de energía, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y se disminuye la dependencia de los combustibles fósiles.

### El viento, energía en movimiento

El viento es el movimiento de aire de un área de alta presión a una zona de baja presión (Cavallo et al. 1993). De hecho, el viento existe porque el sol calienta en forma desigual la superficie de la Tierra. Así, a medida que el aire caliente se eleva, el aire frío se mueve para llenar el vacío. El aire en movimiento ha sido aprovechado de distintas maneras por diferentes culturas. En la última década, el empleo de las turbinas de viento ha aumentado más de un 25% por año. Y aunque aún representa una pequeña fracción de la energía mundial, la energía eólica está en auge (Epec, 2023).

La transformación de la energía cinética del viento se realiza a través de aerogeneradores. En éstos, la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador que produce energía eléctrica. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área barrido del rotor y de la velocidad del viento (Epec, 2023). Si el suministro eléctrico va a ser puntual (una vivienda aislada, granjas, otros), se utilizan equipos de baja potencia.

La constancia y la uniformidad del viento son dos características que determinan si el recurso eólico, en un lugar, es apto para ser aprovechado. La topografía, flora y las construcciones (entre otros obstáculos), pueden hacer variar la uniformidad del viento y su

constancia, generando turbulencias y alteraciones constantes que impidan el emplazamiento de las turbinas. También es importante considerar la densidad del aire (condicionada por la temperatura de este), ya que afecta la productividad de un aerogenerador. En términos generales no se requieren grandes velocidades de viento para producir energía, más bien al contrario, cuando el viento es demasiado intenso se hace necesario detener los equipos para evitar deterioro (Epec, 2023).

México cuenta con uno de los potenciales más altos de generación de energía eólica en el mundo la energía eólica en México representa un importante potencial que permite visualizar al país como un importante productor de infraestructura eólica. En el país, aunque a paso lento, la energía eólica continúa creciendo y las nuevas políticas y el marco legal resultante de la reforma energética, aprobada por el Senado el 11 de diciembre de 2013, fomenta la rápida evolución en el uso de este tipo de energía.

El Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, 2022), destacó que México tiene un potencial eólico de 3,669 MW ubicado en las zonas de mayor potencial eólico en los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León y Baja California (ver Imagen 1). Esta capacidad potencial podría generar 15 veces la demanda estimada de México para 2024.

En la zona norte del Estado de Tamaulipas, lugar desde donde se desarrolla este proyecto, se tiene que según observaciones con instrumentaria, los vientos soplan del Este Noreste en los meses de octubre a marzo y el resto del año del Sureste.

### **Justificación**

La justificación de este estudio radica en la necesidad de desarrollar aerogeneradores de baja potencia que sean económicamente viables y prácticos para su implementación en áreas de menor escala. Estos aerogeneradores podrían brindar una solución sostenible y rentable para satisfacer las necesidades energéticas locales, especialmente en zonas rurales donde la electrificación es limitada o inexistente.

Además, el diseño y la construcción de aerogeneradores de baja potencia fomentan la autonomía energética y la diversificación de la matriz energética, reduciendo así la dependencia de los combustibles fósiles y fortaleciendo la resiliencia energética de las comunidades locales.

Otro aspecto relevante de este estudio es la contribución al conocimiento científico y tecnológico en el campo de la energía eólica. A través del diseño de un aerogenerador de baja potencia, se podrán explorar nuevas tecnologías, estrategias y enfoques que mejoren la eficiencia, la confiabilidad y la durabilidad de estos sistemas. Esto, a su vez, podría generar avances en la ingeniería de aerogeneradores, la optimización de componentes y sistemas de control, y la aplicación de materiales más eficientes y sostenibles. Ante esta necesidad se propone el diseño de un aerogenerador de baja potencia.

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un aerogenerador de baja potencia que sea capaz de aprovechar eficientemente la energía eólica en entornos de menor escala con salida de 5 VCD.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Analizar el comportamiento del viento para el diseño.
2. Proponer el aerogenerador diseñado con materiales de bajo costo.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

Diseño de un aerogenerador de baja potencia.

### **METODOLOGÍA**

La metodología que se plantea en este trabajo es del tipo de desarrollo tecnológico.

### **FASES DEL DESARROLLO**

La metodología, está desarrollada en 4 fases: observar y determinar el problema, diseño del aerogenerador, impresión del diseño en 3D y diseño eléctrico. A continuación, se desarrollan cada una de ellas.

#### **Fase 1: Observar y Determinar el problema**

A pesar de la evolución de las distintas fuentes de energía, actualmente se estima que más de 1% de las viviendas en México no cuentan con energía eléctrica según datos del INEGI (2022). En Tamaulipas el 0.3% de las viviendas no cuenta con energía eléctrica en sus viviendas (INEGI, 2022).

La mayoría de las viviendas que no cuentan con luz eléctrica están localizadas especialmente en zonas rurales, dichas viviendas sólo cuentan con fuentes de energía tradicional como leña, carbón vegetal o estiércol para satisfacer sus necesidades energéticas. Además, estas personas tampoco tienen acceso a los procesos de conversión de energía, por lo que no pueden acceder a servicios como la iluminación, la refrigeración, el bombeo de agua o el transporte, todos ellos derivados de la electricidad.

Por lo que en estas zonas llega a ser de mucha utilidad una cantidad, aunque sea mínima de energía que les puede servir para la electricidad en su casa ya sea para utilizar dispositivos de iluminación de bajo voltaje o incluso para poder utilizar aparatos electrónicos de bajo consumo.

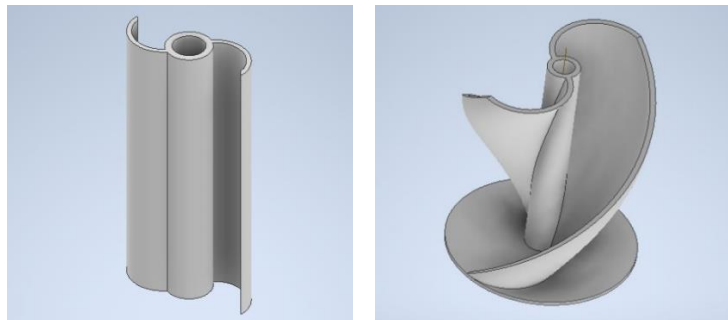
Considerando que uno de los principales problemas es la falta de energía en algunas zonas rurales de México y que en el país se cuenta con corrientes de aire adecuadas para el impulso de la energía eólica, se establece que una solución a la problemática sería el diseño y posterior construcción de un aerogenerador de baja potencia.

## Fase 2: Diseño del aerogenerador.

La parte del diseño se elaboró con el software de *Inventor* el cual tienen una gran facilidad con softwares de impresión 3D, permitiendo una mayor facilidad para imprimir de manera correcta todas las piezas diseñadas. El material que se considera para la impresión es PLA ya que se trata de un material muy poco pesado, pero con buena resistencia (BCN3D, 2023).

La primera pieza que se decidió diseñar fue la hélice, se optó por dos tipos de diseños si un diseño de hélices verticales, u otro de hélices helicoidales como se observa en la figura 1.

**Figura 1**

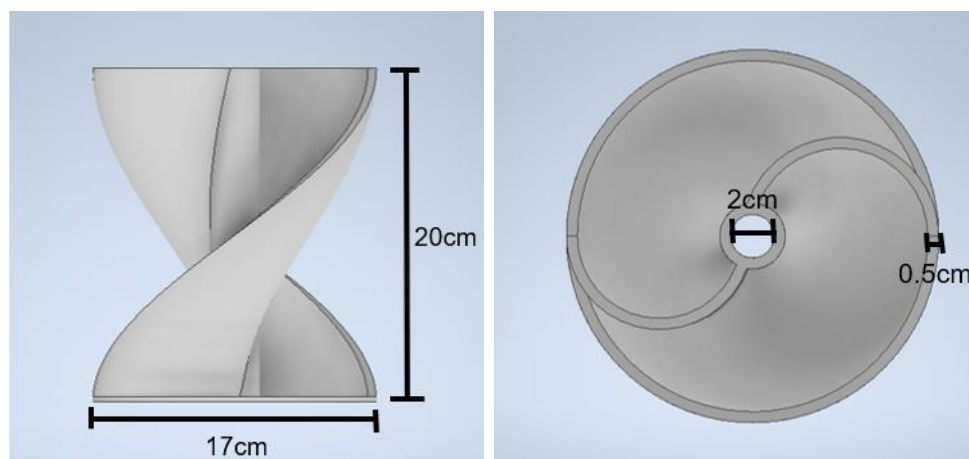


*Diseños de Hélice*

Para la elección del más óptimo estilo de hélice, se consideraron las ventajas y desventajas de cada una de ellas. Las Hélices verticales tiene como ventaja que debido a su posición es más fácil que reciba las corrientes de aire con mayor eficacia, ya que al topar las corrientes de aire con las hélices provoca mayor fuerza de arrastre lo que es de mucha utilidad ya que entre más vueltas den las hélices la obtención de voltaje es más continuo lo que significa que tendrá mayor tiempo de generar dicho voltaje.

Conviene mencionar que el aerogenerador fue diseñado con las medidas necesarias que tienen normalmente las impresoras 3D más utilizadas en el mercado debido a que las piezas se imprimirán en este tipo de proceso. Las medidas de la hélice se muestran en la figura 2.

**Figura 2**



*Medidas de Hélice Helicoidal, vista frontal y superior*

La segunda pieza diseñada fue el eje, la cual es una pieza generalmente no tan compleja de hacer, lo que se consideró para la elaboración del eje fueron las medidas de los baleros, estos se muestran en la figura 4. El eje tiene de altura 24 cm y de ancho 2cm, se muestra el diseño del eje en la figura 3.

**Figura 3**

*Eje del prototipo de aerogenerador*



Los baleros utilizados se denominan baleros de rodillo cónico (figura 4), ya que este tipo de baleros por su estructura interna pueden soportar cargas pesadas en ambas direcciones. Son autoalineables y se adaptan a desalineaciones y flexiones del eje, prácticamente sin aumentar la fricción ni la temperatura, de esta manera, aunque el aerogenerador se incline por la fuerza del viento hacia los lados, se lograría que siga girando y de esa manera generando voltaje.

**Figura 4**

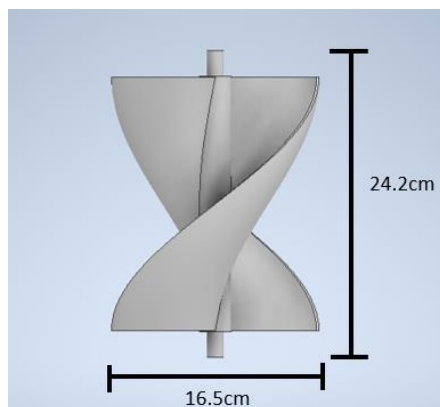
*Balero de rodillo cónico.*



Para solucionar y ahorrar el problema de la hélice y el eje, se decidió realizar un diseño conjunto lo que ayudará a que no genere mayor vibración; considerando ese cambio se corrigieron fallos de tamaño de anteriores diseños como se muestra en la figura 5.

**Figura 5**

*Diseño con medidas de hélice final*



El motor generador propuesto para el diseño es de energía eólica o hidráulica de baja potencia el cual genera 1.5v de salida, el tamaño del generador permitió se diseñaran piezas de pequeño tamaño que se acoplen para mantenerlo fijo y no provocar variaciones, las medidas se muestran en la figura 6.

**Figura 6**

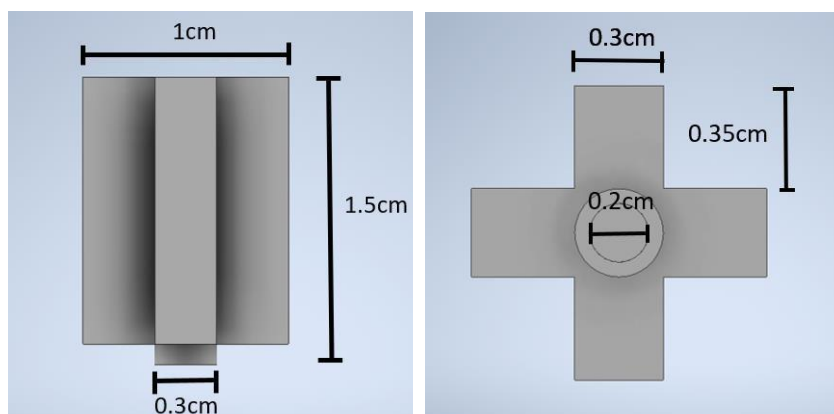
*Motor considerado para el funcionamiento del prototipo*



Después de considerar el motor propuesto para el diseño y realizar las mediciones necesarias se empezó a diseñar la pieza de acople de motor hacia eje que se muestra en la figura 7. Esta pieza está diseñada a medida considerando el eje de la flecha del generador, esta pieza es de mucha ayuda porque evita daños hacia el motor por la fricción y fuerza del viento, siendo así una pieza de seguridad indispensable en el prototipo el cual se encuentra en la intemperie.

**Figura 7**

*Pieza de acople de motor hacia eje, vista frontal e inferior*



Después de diseñar la pieza anterior se empezó la con el diseño de las piezas más importantes que son los soportes de superior y inferior los cuales sostienen todas las piezas anteriores, su función es mantener fijas las piezas y sin movimiento para que haya variaciones que puedan afectar el funcionamiento del prototipo.

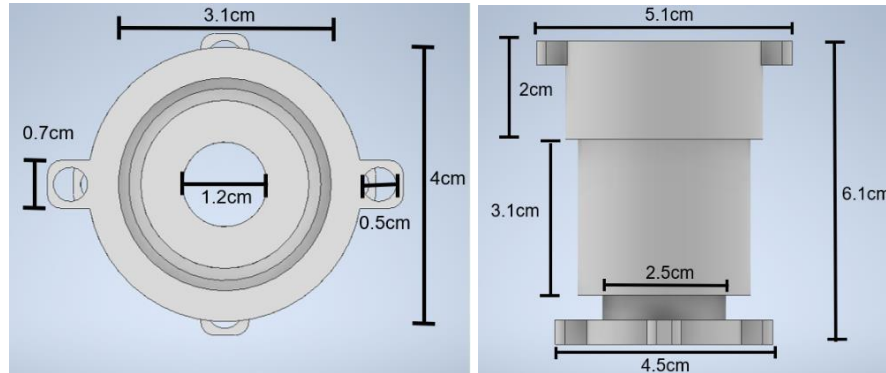
El soporte de inferior que se muestra en la figura 8. Es el más importante porque es el que sostiene el motor para que haga su función correctamente, esta pieza a su vez también sostiene el balero en una posición fija para que no tenga ningún roce ni



variación con el motor y con cualquier pieza diseñada.

**Figura 8**

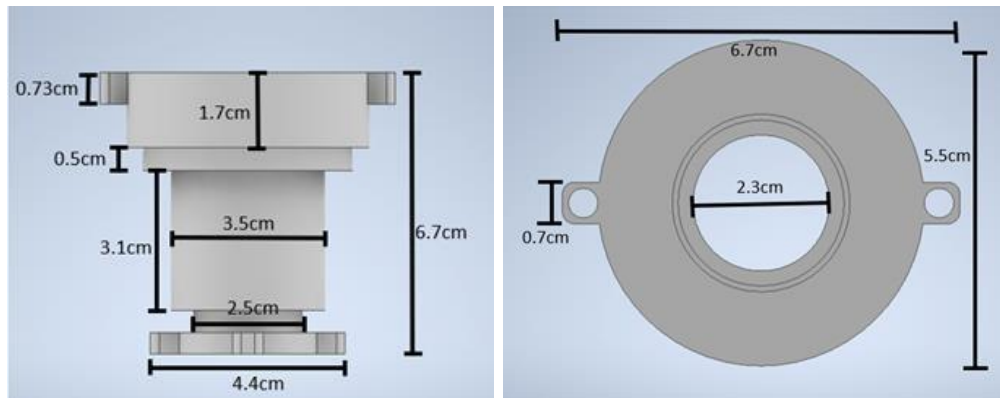
*Soporte de la parte inferior visto de frente y desde arriba.*



El soporte superior que se observa en la figura 9. Se diseñó con el propósito de sostener el balero de la partesuperior, esta pieza tiene mediciones exactas para que el balero entre a presión, igual que el inferior para que no genere fricción con las paredes de la pieza, se afloje o pueda desviarse.

**Figura 9**

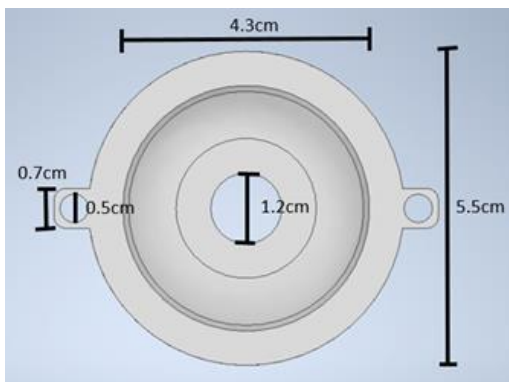
*Soporte de la parte superior, vista lateral y arriba*



Para mantener el balero aislado para que el ambiente no oxidara o provocara corrosión, se crearon unas tapas aislantes que se muestran en la figura 10. Las cuales también permitirán que el balero se mantenga fijo y sin variación en el movimiento. Estas tapas están diseñadas para poder utilizarse en los dos soportes anteriormente mencionados.

**Figura 10**

*Tapa aislante de soportes.*

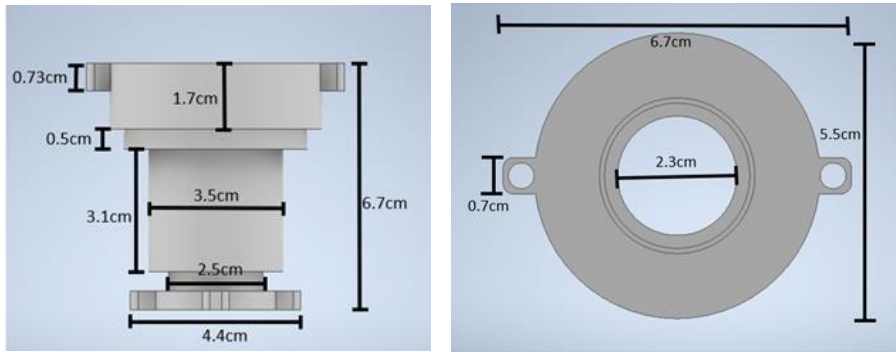


La siguiente pieza diseñada fue los acoples de base que se observan en la figura 11. Esta pieza tiene como propósito unir los soportes superior y inferior hacia la base las cual se mencionará más adelante, la pieza sirve para generar una fuerte unión de pieza a base la cual nos ayuda a que el prototipo tenga mucha resistencia contra las corrientes de aire.

Esto es muy importante para que no se dañe el prototipo con una caída y que ya no funcione correctamente, la pieza tiene las medidas necesarias para que se pueda ensamblar en un tubo de media pulgada que es el tamaño de nuestra base.

**Figura 11**

*Soporte de piezas de acoples hacia la base, vista superior y frontal*

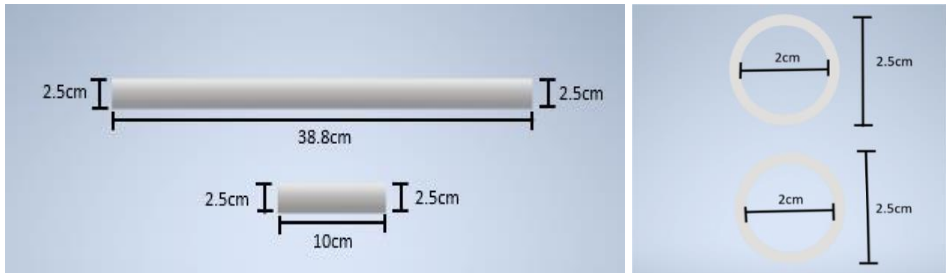


### Fase 3: Ensamble del aerogenerador

Despues de diseñar las piezas anteriores, se tomó la decisión de trabajar en la base; se planteó una estructura base con tubos de PVC de una pulgada como se muestra en la figura 12. Esta base fue decidida bajo ciertos propositos, los tubos son de mucha ayuda para poder poner los cables internamente y protegiendolos de la humedad y del sol para que tengan mayor y mejor durabilidad.

**Figura 12**

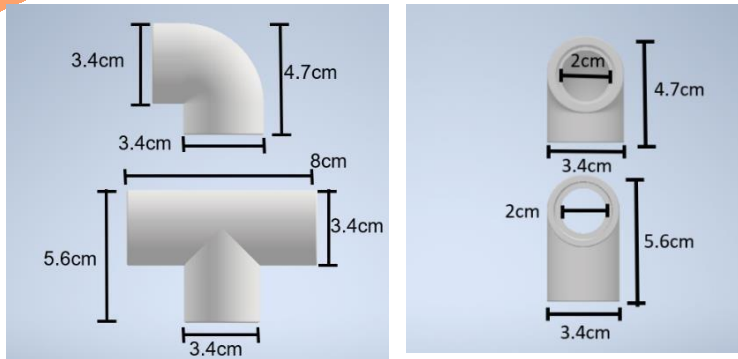
*Tubos utilizados vista frontal y vista lateral*



Uno de los principales problemas que tenían algunos modelos diseñados con anterioridad, fue que al tener una base recta, las corrientes de viento golpeaban directamente lo que provocaba que se safara o callera el aerogenerador, para prevenir este problema se decidió usar los tubos ya que al no tener una superficie recta, las corrientes de viento no golpearían con gran fuerza, a su vez tambien se considera un buen punto de agarre lo cual ayuda a estabilizar de una manera correcta el aerogenerador.

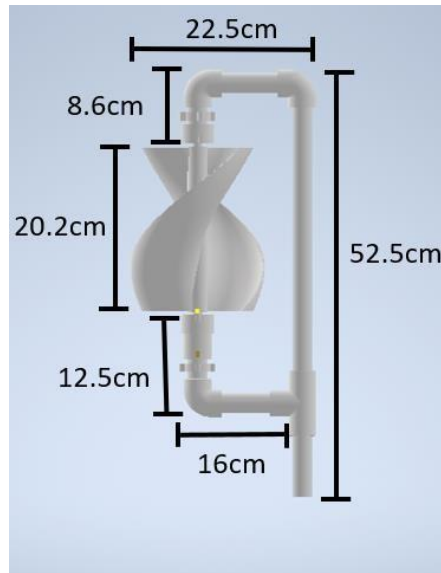
Para unir las los tubos se utilizaron las uniones de codo y las uniones T de una pulgada las cuales se observan en la figura 13, termiannndo el diseño completo y unido como se muestra en la figura 14.Figura 13

*Uniones de codo y uniones T vista frontal y vista lateral*



**Figura 14**

*Diseño de aerogenerador terminado vista frontal.*



#### **Fase 4: Impresión del diseño en 3D**

Las piezas se pueden elaborar mediante un procedimiento de impresión de 3D, se considera para ello una impresora Ender 3 V2 NEO también conocida como 3D open source (permite cualquier tipo de modificación).

Para la impresión de las piezas del aerogenerador se recomienda el filamento PLA, este material es uno de los más utilizados tanto en la impresión 3D industrial como en las impresoras domésticas. “Lejos de ser un material plástico de producción tradicional o altamente contaminante, el PLA es un filamento más respetuoso con el medio ambiente ya que no requiere de recursos finitos como el petróleo.

El PLA (ácido poli láctico) ofrece buenas prestaciones al combinar una alta velocidad de impresión con unos bordes muy definidos siempre y cuando el material se enfríe correctamente. Este tipo de filamento posee una vida útil de al menos 12 meses si se conserva entre 15 y 25° grados, por lo que es apto para almacenamiento. Su origen se encuentra en materias primas como el almidón de maíz, las raíces de tapioca o la caña de azúcar. De estas féculas y alimentos se obtiene un plástico ecológico y renovable que, en ciertas condiciones de temperatura y humedad, puede ser biodegradable.

Las piezas impresas con PLA son resistentes, flexibles y tienen una baja inflamabilidad.

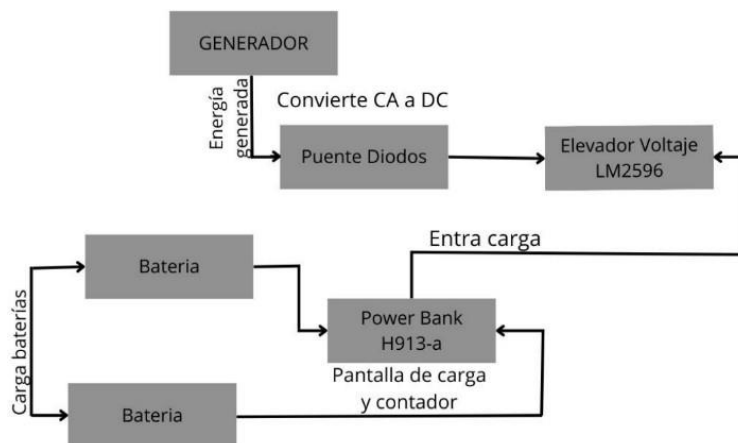
#### **Fase 5: Diseño eléctrico de los elementos del aerogenerador**

Un diagrama de flujo eléctrico utiliza símbolos y líneas para representar componentes eléctricos como interruptores, resistencias, fuentes de energía. Ayuda a visualizar la dirección del flujo de corriente y la interconexión de los elementos en un circuito.

Es útil para el diseño, análisis y solución de problemas en sistemas eléctricos, dicho diagrama se puede observar en la figura 15.

**Figura 15**

*Diagrama de flujo eléctrico*

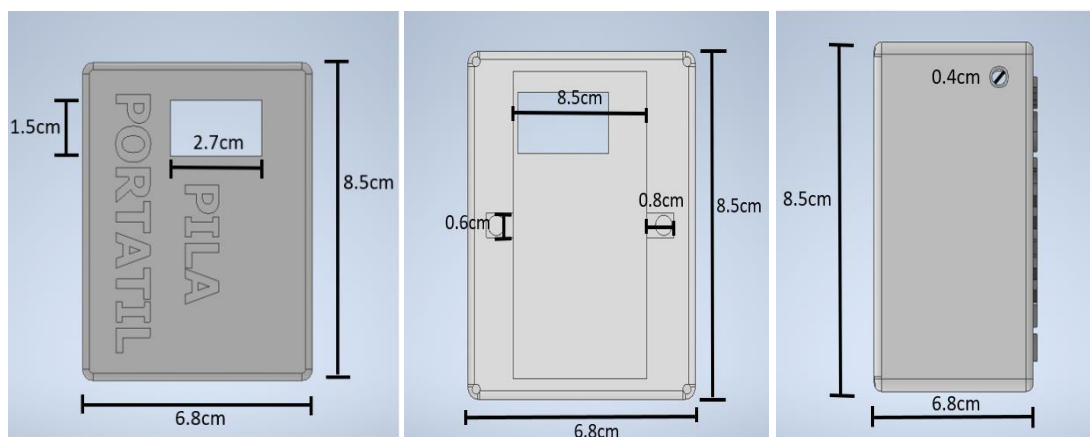


Para el prototipo, se consideran los siguientes elementos: banco de baterías, power bank, generador, elevador de voltaje y un puente de diodos. Además, se propone que el cableado sea de calibre número doce.

Por último, se diseñó la carcasa de la pila que se muestra en la figura 16; la cual estará conectada al aerogenerador, el objetivo de esta carcasa es mantener aislado los componentes que se ocupan para el almacenamiento de la energía, la carcasa está diseñada a precisión de cada componente para que se coloquen ocupando el menor espacio posible, esto fue necesario para que la carcasa fuera lo más compacta posible. para poder transportarla de una manera sencilla.

**Figura 16**

*Diseño de carcasa de pila portátil vista frontal, vista trasera y vista lateral*



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron fueron muy satisfactorios ya que con base a diseños anteriormente realizados y cambios durante dos meses se obtuvo un diseño de aerogenerador tipo savonius de baja potencia con salida de 5V.

El diseño completo cuenta con aspas y eje, acople de motor, soporte de parte superior e inferior, tapas aislantes para los baleros y soportes para la base, a su vez se diseñó un modelo de carcasa de pila portátil el cual es de mucha ayuda para la implementación del circuito del aerogenerador.

Todas las piezas de este prototipo fueron diseñadas con medidas exactas para impresión 3D en cualquier modelo de impresora del mercado.

Se obtuvo un diseño con facilidad de adaptación a diferentes entornos, considerando aspectos como la variabilidad climática y la topografía local.

La simplicidad en la estructura y la incorporación del ensamble de las diferentes piezas, facilitando el auto mantenimiento, pueden hacer que el aerogenerador sea más atractivo para comunidades rurales con recursos limitados.

Se sugiere realizar estudios detallados de aerodinámica para optimizar la forma de las palas del aerogenerador, buscando maximizar la captura de energía eólica a bajas velocidades del viento, características comunes en entornos de menor escala.

Se recomienda priorizar el uso de materiales sostenibles y de bajo costo en la construcción del aerogenerador, facilitando así su acceso y reduciendo el impacto ambiental durante su ciclo de vida. Así también, se recomienda la integración de sistemas de monitoreo remoto que permitan supervisar el rendimiento del aerogenerador, facilitando la detección temprana de posibles fallos y mejorando la eficiencia en el mantenimiento.

## CONCLUSIONES

En el contexto de diseñar un aerogenerador de baja potencia para entornos de menor escala, se destaca la importancia de abordar no solo los aspectos técnicos, sino también los socioeconómicos y culturales. La optimización del diseño, la selección de materiales sostenibles, la adaptabilidad y la participación comunitaria son elementos clave para lograr un sistema accesible y efectivo.

La implementación de tecnologías de monitoreo y la simplificación del mantenimiento son aspectos esenciales para garantizar la durabilidad y la eficiencia a largo plazo del aerogenerador. Asimismo, la colaboración estrecha con comunidades locales no solo promueve la aceptación del proyecto, sino que también asegura que las soluciones propuestas estén alineadas con las necesidades específicas de cada entorno.

En resumen, el desarrollo de un aerogenerador de baja potencia para entornos de menor escala implica un enfoque holístico que combina innovación tecnológica con consideraciones sociales y ambientales, con el objetivo final de proporcionar una fuente de energía sostenible y accesible para comunidades rurales y aplicaciones domésticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bhusal, P., Maharjan, A., & Maskey, R. K. (2017). Performance analysis of Savonius wind turbine with different aspect ratios. *International Journal of Renewable Energy Research*, 7(3), 1241-1249.
- BCN3D (18 de Septiembre 2023), *BCN3D Technologies, Inc.* <https://www.bcn3d.com/es/filamento-pla-los-pros-y-los-contras-de-este-material-basico/>
- Bueche, F. J. y Hetch, E. (2023) *Física General*. 10ma Edición interamericana. <https://drive.google.com/file/d/0B55mbuskny1gdVo5MWJ2YVpWVEE/edit?resourcekey=0-jdR-cqdeAuq6D6byIzkJdg>
- Cavallo, A.J., Hock, S.M., Smith, D.R. (1993). *Wind Energy: technology and economics*. Island Press.
- Epec (15 de Noviembre 2023), *La energía eólica*, <https://web.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/eolica.pdf>
- Iberdrola, (2023) *¿Qué es la energía cinética y cuáles son sus ventajas?*. <https://www.iberdrola.es/blog/sostenibilidad/que-es-energia-cinetica-usos>
- IEA (Agencia Internacional de Energía). (2018). *Off-Grid Renewables: Accelerating access to energy*. <https://www.iea.org/reports/off-grid-renewables>
- INEGI (2022), Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en viviendas (ENCEVI 2018), <https://www.inegi.org.mx/programas/encevi/2018/>
- Kim, J., Nili, M., & Zhang, L. (2020). *Vertical axis wind turbine: A comprehensive review*. *Renewable Energy*, 153, 1080-1102.
- NREL (Laboratorio Nacional de Energía Renovable). (10 de Septiembre 2023). *Mexico Clean Energy Report—Executive Summary*. <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/82580.pdf>
- Rahman, S., Islam, M. R., & Khan, M. J. (2019). Techno-economic analysis of micro-wind turbines for off-grid electrification in remote areas. *Energy Conversion and Management*, 198, 111918.
- Pinilla, A. (2021). *Notas de lectura - Curso electivo Aerodinámica Básica*, <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55707/26191.pdf?sequence=1>
- Smith, P., & O'Gallagher, J. (2019). Horizontal-axis wind turbine design for efficient small-scale energy conversion. *Renewable Energy*, 139, 30-42.



# Producción ajustada para empresa de fundición

A. Alicia Fernanda Galindo Manrique<sup>1</sup>, B. Reimundo Moreno Cepeda<sup>2</sup>, C. Raymundo Diaz Robles<sup>3</sup>,  
D. Jose Antonio Romo Duron<sup>4</sup>, E. Alejandro Hernandez Briones<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, e-mail: [alicia.galindo@tec.mx](mailto:alicia.galindo@tec.mx)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Coahuila, e-mail: [reimundo.moreno@uadec.edu.mx](mailto:reimundo.moreno@uadec.edu.mx)

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, email: [Raymundo.diaz@tec.mx](mailto:Raymundo.diaz@tec.mx)

<sup>4</sup> Universidad del Valle de México, email: [jose\\_romod@my.uvm.edu.mx](mailto:jose_romod@my.uvm.edu.mx)

<sup>5</sup> Universidad del Valle de México, email: [alejandro\\_hernandezbr@my.uvm.edu.mx](mailto:alejandro_hernandezbr@my.uvm.edu.mx)

## Línea de investigación: OTRAS INGENIERÍAS

### Resumen

Resultado del crecimiento global del sector de autopartes, una compañía del ramo de la fundición integró sus tres divisiones en una para dar un mejor servicio a sus clientes, la cual atiende a más de 50 clientes en la industria automotriz en seis países, que representan los principales mercados de la industria automotriz. Dicha compañía se dedica a la fabricación de partes y componentes para diferentes sistemas del vehículo, en específico para el tren motriz, para frenos y para chasis, por lo cual requiere cumplir no solo con estándares internacionales en cuanto a sus productos, sino también ser eficiente en sus procesos para poder ser competitivo.

La producción ajustada es un método para la manufactura que busca mejorar la producción de los diferentes tipos de productos, mejorar la calidad, así como reducir los costos y eliminar los residuos. Las herramientas básicas que se tienen son los checklist, la reducción de inventarios mediante el método de Justo a tiempo, la identificación y clasificación de residuos, así como la circulación del producto mediante el uso de Tarjetas de control o Kanban.

Se identificó que algunos de los productos podían tener mayor producción y algunos productos no necesitaban de tanto personal, por lo cual se podrían eficientar con una buena distribución del flujo de proceso y tareas asignadas. El presente trabajo busca establecer formaciones de equipos de trabajo de producción, mejorar el flujo de materiales, y eliminar residuos por sobreproducción, movimientos innecesarios y tiempos de espera alargados.

*Palabras clave: Estudio, Producción, Movimientos, Residuos.*

### Abstract

As a result of the global growth of the auto parts sector, a foundry company integrated its three divisions into one to better serve its customers, which serves more than 50 customers in the automotive industry in six countries, representing the main markets of the automotive industry. This company is dedicated to the manufacture of parts and components for different vehicle systems, specifically for the powertrain, for brakes and for chassis, for which it requires not only to comply with international standards in terms of its products, but also to be efficient in its processes to be competitive.

Lean production is a method for manufacturing that seeks to improve the production of different types of products, improve quality, as well as reduce costs and eliminate waste. The basic tools available are checklists, inventory reduction through the just-in-time method, waste identification and classification, as well as product circulation through the use of control cards or Kanban.

It was identified that some of the products could have higher production and some products did not need so many personnel, so they could be made more efficient with a good distribution of the process flow and assigned tasks. The present work seeks to establish formations of production work teams, improve the flow of materials, and eliminate waste due to overproduction, unnecessary movements and long waiting times.

*Keywords: Study, Production, Movements, Waste.*

## INTRODUCCIÓN

Fue hacia el año de 1964 cuando la empresa de estudio incursiona en la industria automotriz, en aquellos años el Gobierno mexicano estaba buscando sustituir las importaciones, por lo cual existía un programa para impulsar la industria a nivel nacional para la fabricación de autopartes. Siendo una empresa de fundición de metales varios y el hierro nodular, esto representó un aspecto clave para la fabricación de autos en el norte de México.

Si bien se tuvo un crecimiento constante en los últimos 20 años, también aumentaron los requerimientos de los clientes; lo cual impulsó a la empresa a conformar un corporativo con sus tres líneas comerciales para hacer frente a los nuevos retos, no solo cubriendo las necesidades del mercado local y de Estados Unidos, sino también de Europa y hoy en día de China, lo que representa un mercado potencial por su crecimiento en los últimos años. Entre sus productos se cuenta con:

- *Cigüeñales de hierro para el tren motriz,*
- *Brackets, callister y discos para los frenos,*
- *Knuckles, platos de clutch, volantes de inercia y cajas diferenciales para chasis.*

Si bien el área fuerte de la compañía es la fundición, hoy en día los clientes requieren del producto final ya terminado y listo para su instalación, por lo que la implementación de procesos de maquinado y conformado de partes se está implementando en la empresa.

Se tiene como objetivo el establecimiento de tiempos estándar para cada operación, la mejora del flujo de las operaciones al eliminar bloqueos y rutas ineficientes, lo que permitirá mejorar los índices de producción. Así mismo, eliminar los residuos y partes rechazadas al identificar si es la arena aplicada o material en exceso en la fabricación.

## DESARROLLO

La empresa cuenta con los siguientes recursos a su disposición: Terrenos y edificios, Materiales, Maquinas y Mano de obra. El uso que se hace de todos estos recursos combinados determina la productividad de la empresa. Si se descomponen todas las actividades en los tiempos necesarios para su ejecución se puede evaluar su eficiencia. Entonces, si al concepto de Productividad se le añade el factor tiempo, se puede calcular la misma tomando como base la cantidad de productos que se obtiene de una maquina o de un trabajador en un tiempo dado y se le puede expresar como la producción de productos o servicios en “horas-hombre” o bien, de “horas-maquina”

El departamento de mejora continua es el responsable de establecer los métodos y técnicas de trabajo, teniendo como objetivo la implementación de tiempos estándares o predeterminados; se ocupa del desarrollo, mejora, implantación y evaluación de sistemas integrados de gente, dinero conocimientos, información, equipamiento, materiales y procesos. También trata con el diseño de nuevos prototipos para ahorrar dinero y hacerlos mejores. Tiene sus bases en los principios y métodos del análisis y síntesis de la Ingeniería y el diseño para especificar, predecir, evaluar los resultados obtenidos y trabajan para eliminar los desperdicios de todos los recursos.

Los Sistemas de Tiempos Predeterminados (*PMTS-Predetermined Motion Time Systems*) se utilizan para perfeccionar los métodos de trabajo y establecer los tiempos de producción. Por tanto, es una herramienta utilizada en el diseño de las operaciones que se realizan en los puestos.

La ejecución del proyecto considera la elaboración inapropiada de las partes, transportes innecesarios, defectos de los productos y la sobreproducción.

Los cambios de producto fueron tradicionalmente un trabajo que consumía tiempo. Hoy en día, estandarizar los herramientas, moldes o troqueles facilitan los procesos mediante la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die, Cambio rápido de moldes).

Observe la figura 1.

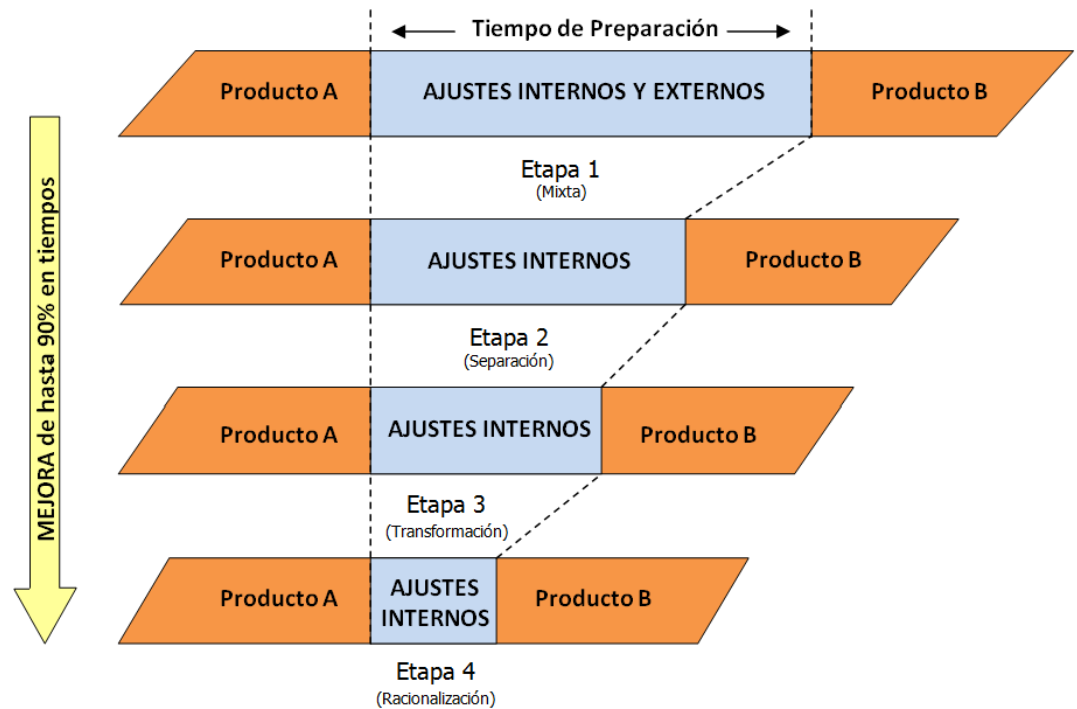
## OBJETO DE ESTUDIO

La empresa tiene como objeto de estudio el área de producción, determinado que líneas no cuentan con el volumen de producción esperado y determinar deficiencias en los procesos. Considera tres aspectos clave:

- *Mejoramiento de la producción actual (Improve Productivity),*
- *Acondicionamiento en el área de trabajo (Work área), así como*
- *Evaluación de los puestos (Evaluation of positions)*

**Figura 1**

La mejora de los procesos se da al eficientar los cambios rapidos en los productos y estandarizar las oeperaciones. SMED es una buena herramienta para ello.



**Formulación del problema.** ¿Cuáles son las consideraciones para disminuir el rechazo de partes y los retrabajos?

### **METODOLOGÍA**

**Hipótesis.** El acomodo de los operadores consta de 4 pasos principales:

1. **Producto de baja o alta demanda.** Significa que tiene un alto requerimiento, puede ser un producto, o una carrera de alta demanda, y se establece por la Oferta y la Demanda.
2. **Dependiendo de los moldes producidos en el área de fundición.** En fundición, la exactitud en el dimensionado final de la pieza depende en parte del proceso y en parte de la naturaleza de cada dimensión. Los principales errores son a) las dimensiones del molde (contracción o distorsión), y b) moldes utilizados (comúnmente en dos partes, molde y contra molde).
3. **Habilidad del operador.** Tener algunas habilidades de mecánica básica relacionadas al equipo en particular que se está utilizando es importante. Aunque la mayoría de las compañías cuentan con profesionales responsables del mantenimiento y reparaciones de la maquinaria, los operadores de ésta deben tener suficientes habilidades mecánicas como para realizar inspecciones básicas antes de comenzar su trabajo diario. Por ejemplo, un operador de esmeril debe ser capaz de revisar los componentes del disco, inspeccionar el motor, mangueras; y asegurarse de que su piedra esmeril este apropiadamente antes de comenzar su trabajo.
4. **El producto ya paso la etapa de enfriamiento en el área de QTC.** La quiebra de piezas es la separación de colada, requiere una habilidad muy útil ya que a los trabajadores se les capacita cada semana. No solo es una parte importante de las operaciones, también ayuda a no tener retrabajos en el área de acabado.

### **OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Aprovechar al máximo cada línea de acabado, subir la producción y tener producto suficiente en almacén para dar el servicio esperado por el cliente.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Eliminar los Retrabajos y en caso de que hubiese alguno, que sea en el menor tiempo posible,
- Reducir la espera y bloqueos en el flujo de proceso, ya que algunas veces los operarios esperan a que la banda transportadora desplace la pieza hasta el área de trabajo.

## FASES DEL DESARROLLO

**Marco Teórico.** Los estudios mediante la metodología de Lean Manufacturing consideran el uso de diversas herramientas que permiten eficientar los procesos: Just In Time para la disminución de inventarios, Kanban para el control de los materiales en movimiento y el SMED para el cambio rápido de moldes. La producción ajustada es un derivado de la metodología Lean (KALPAKJIAN, 2012).

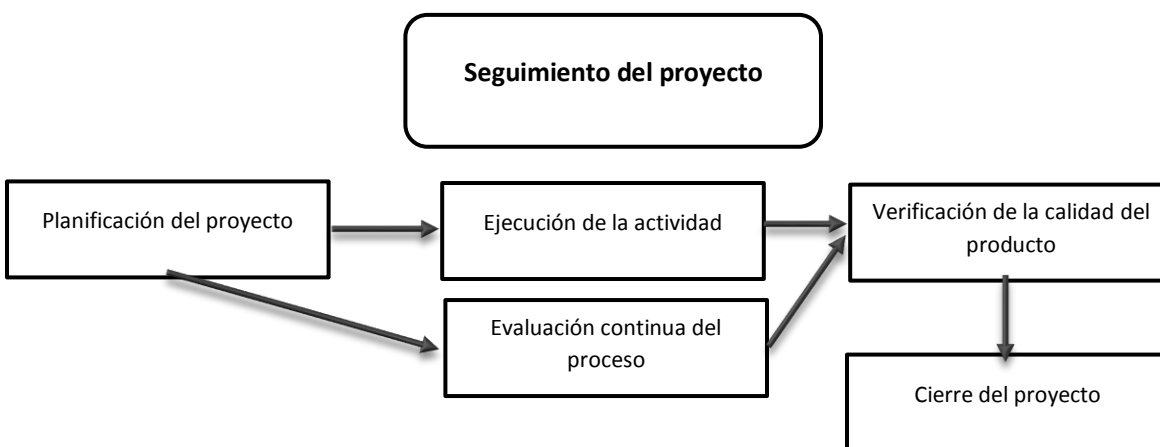
### Metodología de la investigación

El tipo de investigación aplicada es descriptiva, se analizan las distintas herramientas para el estudio de tiempos y movimientos. El proceso que seguir en la documentación de los procesos y seguimiento a las partes requiere de los siguientes pasos:

1. Definir el alcance del proyecto de aprobación de partes,
2. Recabar la información de las diferentes piezas producidas por turno,
3. Elaborar los formatos para pruebas de formación de partes vaciadas en las distintas líneas de acabado,
4. Evaluación y autorización del proceso.

**Figura 2**

Diagrama de la metodología a seguir para elaborar el proceso de aprobación de partes.



### Desarrollo del estudio

La cuestión más importante que el analista tiene que plantear cuando estudia los eventos del diagrama de operaciones es "¿Por qué?"

Las preguntas típicas que se deben hacer son:

"¿Por qué es necesaria esta operación?"

"¿Por qué esta operación se efectúa de esta manera?"

"¿Por qué son tan estrechas estas tolerancias?"

"¿Por qué se ha especificado este material?"

"¿Por qué se ha asignado esta clase de operario para ejecutar el trabajo?"

El analista no debe considerar nada como cosa ya sabida. Debe hacer citas y otras preguntas pertinentes acerca de todas las fases del proceso, y luego proceder a reunir la información necesaria para contestar adecuadamente todas las preguntas de modo que pueda introducirse una mejor manera de hacer el trabajo.

## FASES DE EJECUCIÓN

**ETAPA 1.** Reunir los materiales a utilizar. La metodología para realizar un estudio del proceso requiere tener todas las herramientas de trabajo necesarias como lo son: cronometro, Checklist de partes, diagramas de flujo de proceso, una tabla cómoda y un lápiz o pluma. La figura 3 muestra el área donde se habrá de realizar el estudio.

**Figura 3**  
Área de acabado.



**ETAPA 2.** Comunicar el objetivo del estudio. Al llegar con el operador, es importante hablar con el operador, presentarse con él y explicarle cual es el objetivo del estudio a realizar. Es importante registrar los datos siguientes:

- *Nombre de la pieza que está corriendo en el momento,*
- *Fecha,*
- *Nombre de la operación,*
- *Turno y horario en que fueron tomados los datos*

Después de esto se observa cada uno de los movimientos que realiza la persona, alrededor de 5 ciclos por cada pieza para poder establecer un tiempo estándar promedio.

Las actividades que conforman el proceso son:

1. Abastecedor. El operador quita los excesos de las piezas, para que los esmeriles no batallen en la operación, en caso de encontrar mucha colada en una pieza se inspecciona todo el contenedor para evitar retrabajos en la línea.
2. Piedra esmeril. El operador del esmeril toma la pieza y con la piedra esmeril tumba la rebaba de la pieza esto para que salga más "pura" en caso de que el esmeril se pase de las especificaciones, se deposita en un contenedor designado para volver a fundirla en el horno.
3. Esmeril de punta fija. El operador del esmeril toma la pieza y con la punta fija da detalles en la pieza en los orificios, ya que las piezas son sub-ensambles los orificios deben de ser inspeccionados para evitar rechazos del cliente.
4. Inspección. El operador inspecciona la pieza con un gage, esto para verificar que la pieza que este saliendo sea funcional; los gage son provenientes de los clientes y se implementaron en 2017.
5. Empacado. El operador inspecciona por último la pieza de manera visual y es acomodada de manera ordenada, la empresa utiliza cajas de cartón en sus productos, esto para ayudar al medio ambiente; cada caja tiene capacidad de 300 a 500 piezas dependiendo del modelo que este saliendo. Observe la siguiente figura (4).



**Figura 4**

El trabajador aplica la piedra esmeril para el acabado de la pieza, posteriormente la pieza se inspecciona mediante un gage.



**ETAPA 3.** Muestra de partes de producción. El departamento de calidad revisa por procedimiento que las piezas cumplan con los parámetros dimensionales, por lo que las muestras son enviadas al laboratorio para un estudio de cromo y dureza. En la figura 5 se puede observar el registro de producción y el muestreo enviado al laboratorio.

**Figura 5**

Registro de la inspección de partes.

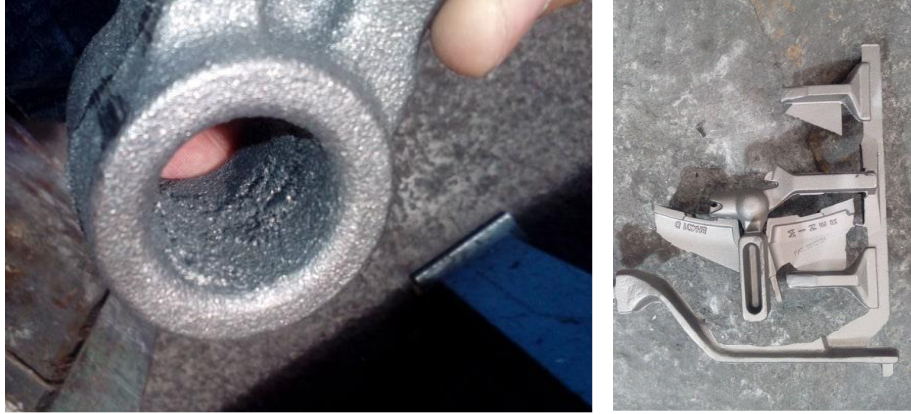
**ETAPA 4.** Seguimiento a las piezas de rechazo. Se tienen dos tipos de rechazo:

**Método 1. Arena.** Algunas de las piezas inspeccionadas mostraron el detalle de alojar arena en el interior, lo que ocasiona mal formaciones; si bien algunas partes se pueden retrabajar, cerca del 10% no se pueden retrabajar, por lo que se dirigen al contenedor de rechazo.

**Método 2. Exceso de colada en la pieza.** Se inspeccionó el contenedor de rechazo y se visualizó que la mayoría de las piezas contaban con demasiada colada, esto provocó al abastecedor de línea que tuviera carga excesiva de trabajo y paros de línea innecesarios, por lo que se informó a los supervisores de línea para que inspeccionaran los contenedores de piezas antes de vaciarlas al contenedor para evitar retrabajos y paros de línea. Observe la siguiente figura (6).

**Figura 6**

Piezas con exceso de arena y con exceso de material



### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La producción ajustada es un método de manufactura que busca la calidad del producto y la productividad, reducir los costos y eliminar los residuos. En esencia, la producción ajustada busca “utilizar lo menos posible y producir lo mas posible”, creando un sistema de manufactura optimizado (TOOLINGU, 2008).

La revisión constante de los procesos y actividades que lo conforman permitieron identificar las fallas en su ejecución y posteriormente realizar un plan de mejora. Esto permitió en el tiempo promedio de cuatro semanas reducir a solo un 2% las piezas rechazadas y reducir a la mitad los retrabajos realizados.

El manejo eficiente de los inventarios permite no solo reducir costos en los materiales, sino en la operación y el contar con piezas suficientes y de acuerdo con los requerimientos del cliente.

### **CONCLUSIÓN**

La reducción de los inventarios es un reto. Las compañías deben desarrollar sistemas de arrastre y circulación de materiales mediante el uso de tarjetas de control para identificar la carga y flujo actual, lo que permite una rápida respuesta al cliente.

Para eliminar los residuos las compañías deben enfocarse en la eliminación de todo lo que ocasione complicaciones para la producción de las piezas.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Introducción a la Producción ajustada. (2008). Tooling University.

Groover, Mikell P. (2007). Fundamentos de Manufactura Moderna. Tercera Edición. McGraw Hill.

Kalpakjian, S. y Schmid S. R. (2012). Manufactura, ingeniería y tecnología. Quinta edición. Pearson Educación.

Schroeder, Roger G. y Goldstein Susan Meyer (2011). Administración de operaciones, conceptos y casos contemporáneos. McGraw Hill.

# Desarrollo y funcionalidad de un Sistema de Identificación Facial en Tiempo Real para Control de Acceso a Instituciones

Glendy Marisol Perera Góngora<sup>1</sup>, Ricardo Luna Santos<sup>2</sup>, Marco Antonio Ramírez Hernández<sup>3</sup>, Norma García Romero<sup>4</sup>, Héctor Valderrábano González<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, [glendy.perera@utxicotepec.edu.mx](mailto:glendy.perera@utxicotepec.edu.mx),

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, [ricardo.luna@utxicotepec.edu.mx](mailto:ricardo.luna@utxicotepec.edu.mx),

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, [marco.ramirez@utxicotepec.edu.mx](mailto:marco.ramirez@utxicotepec.edu.mx),

<sup>4</sup>Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, [norma.garcia@utxicotepec.edu.mx](mailto:norma.garcia@utxicotepec.edu.mx),

<sup>5</sup>Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, [hector.valderrabano@utxicotepec.edu.mx](mailto:hector.valderrabano@utxicotepec.edu.mx)

## Línea de investigación: Desarrollo Software

### Resumen

El presente trabajo consiste en la creación de un sistema de reconocimiento facial múltiple que determine el acceso de alumnos de una institución educativa. Línea de investigación: Software. Objetivo Desarrollar un sistema que incluya el reconocimiento facial de uno o más rostros de forma simultánea en alumnos de una institución educativa que a través de la comunicación con una API gestione la información en una base de datos verificando su funcionalidad mediante el ensayo y error en la implementación de prueba. Metodología: El proyecto fue desarrollado utilizando la metodología del modelo en Cascada el cual es uno de los más sencillos para el proceso del desarrollo de software. Las pruebas de funcionalidad se llevan a cabo a través de la observación y registro. Resultados: después de la observación e identificación y trabajo de áreas de mejora se observó que, el modelo mostró una mejora significativa en su capacidad para reconocer rostros en diversas condiciones. Uno de los logros más importantes del proyecto es el reconocimiento simultáneo de rostros a través de una red neuronal convolucional y que, a través de una API que se encuentra conectada a una base de datos, la aplicación sirve como fuente de información en tiempo real. Conclusiones: La aplicación facial es una herramienta con futuro prometedor puesto que los resultados finales muestran que es una solución eficiente que puede ser implementada desde dispositivos móviles hasta sistemas de acceso empresarial.

Palabras clave: control de acceso, inteligencia artificial, reconocimiento facial, redes neuronales.

### Abstract

The present work consists of the creation of a multiple facial recognition system that determines the access of students of an educational institution. research line: Software. Objective Develop a system that includes facial recognition of one or more faces simultaneously in students of an educational institution that, through communication with an API, manages the information in a database, verifying its functionality through trial and error in the test implementation. Methodology: The project was developed using the Cascade model methodology, which is one of the simplest for the software development process. Functionality testing is carried out through observation and recording. Results: After observation and identification and work on areas of improvement, the model showed a significant improvement in its ability to recognize faces in various conditions. One of the most important achievements of the project is the simultaneous recognition of faces through a convolutional neural network and, through an API that is connected to a database, the application serves as a source of information in real time. Conclusions: The facial application is a tool with a promising future since the final results show that it is an efficient solution that can be implemented from mobile devices to business access systems.

Keywords: access control, artificial intelligence, facial recognition, neural networks.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, el ser humano está obligado a evolucionar a la par de la tecnología, incluso a desarrollar más y mejores sistemas a partir de los que ya existen, todo esto como resultado de las diversas necesidades que presenta y a partir de las situaciones que ha padecido, como ejemplo se puede mencionar la reciente pandemia, en donde lo único que podía acercarlo a otro ser humano...era la tecnología. Hoy en día la IA (Inteligencia artificial), es parte de la vida cotidiana del hombre, este se ha convertido en solo una voz que puede manipular y crear, por ejemplo, imágenes, presentaciones, códigos, etc., que son generados a partir de una solicitud o instrucción específica. Por otra parte, la IA como ciencia, no es tan fácil en su construcción e implementación, pues, requiere de la aplicación de las matemáticas para elaborar algoritmos que analicen información y que con ello construyan herramientas que permitan el análisis de señales, tales como imágenes, audio e inclusive vídeo. La aplicación de esto último trae grandes beneficios a los diversos sectores, brindando así una herramienta que sirva como apoyo a las personas en sus diferentes actividades, específicamente en el área de seguridad. Lo anterior, fue el parteaguas para el desarrollo de un proyecto pensado en la seguridad de la población de estudiantes de un sistema educativo, su finalidad es la creación de un sistema de reconocimiento facial múltiple que determine el acceso de estos alumnos, identificándolos en un sistema de control, de tal manera que se registre su entrada o salida con el simple hecho de ser detectados por una cámara de vídeo y que, los padres o tutores sean notificados a través de mensajes de texto, que además, gestione la información obtenida a un sistema de control de acceso a través de una base de datos, misma que podrá administrar información académica con fines de toma de decisiones.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### Objetivo General

Desarrollar un sistema que incluya el reconocimiento facial de uno o más rostros de forma simultánea en alumnos de una institución educativa que a través de la comunicación con una API gestione la información en una base de datos verificando su funcionalidad mediante el ensayo y error en la implementación de prueba.

### Objetivos Específicos

1. Desarrollar un sistema de reconocimiento facial que identifique un rostro.
2. Desarrollar dentro del sistema las funciones que permitan el reconocimiento facial simultáneo de más de un rostro.
3. Verificar su funcionalidad a partir de pruebas de ensayo y error en la implementación de prueba.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio del presente proyecto es precisamente la funcionalidad del desarrollo del sistema de reconocimiento facial de uno o más rostros de forma simultánea en alumnos de una institución educativa, el proyecto está basado en la creación de inteligencia artificial con redes neuronales convolucionales, para el procesamiento de imágenes y su lectura, se diseñó la arquitectura del modelo CNN y se compila con función de pérdida y optimizador. La funcionalidad verificada a través del entrenamiento permite al modelo aprender patrones y características en las imágenes. Se valida y evalúa el rendimiento en conjuntos de validación y prueba, ajustándolo para mejorar la precisión. Finalmente, se implementa el modelo entrenado para aplicaciones de reconocimiento y clasificación en tiempo real. La creación de este prototipo permite que esto sea de ayuda a la hora de ingresar a un plantel en cuanto a la seguridad del mismo, pueda reconocer múltiples personas en tiempo real que sean parte del mismo.

## METODOLOGÍA

El proyecto fue desarrollado utilizando la metodología del modelo en Cascada, el cual es uno de los más sencillos para el proceso del desarrollo de software. Como se muestra en la Figura 1, las fases de este modelo se inician siempre que haya sido concluida la fase anterior a esta.

**Figura 1**

*Modelo en Cascada*



Nota. Representa las fases del ciclo de vida del modelo en cascada. Tomado de Material de Curso Ingeniería de Software. 2008. Universidad Complutense de Madrid



Las fases del modelo en Cascada son las siguientes:

- Análisis de requisitos del software.

En esta etapa se busca la necesidad del usuario y la forma en que se va a presentar la solución.

- Diseño y arquitectura del software.

En esta etapa se define una subdivisión del proyecto por funciones y la forma de comunicación para su interacción. El diseño debe proporcionar una completa idea de lo que es el Software, implementando todos los requisitos explícitos contenidos en el análisis y todos los requisitos que desea el cliente.

- Desarrollo e Implementación del software.

Es la fase de programación propiamente dicha. Aquí se desarrolla el código fuente, haciendo uso de prototipos, dependiendo del lenguaje de programación. Durante la implementación del sistema software pueden surgir cambios, para corregir errores o bien para introducir mejoras.

- Pruebas de funcionalidad de software.

Se lleva a cabo mediante el método de observación y registro, con el fin de identificar posibles fallas y necesidades que requieran de replantear el rediseño del sistema en alguna de sus fases, antes de ser utilizado por el usuario final.

## **FASES DEL DESARROLLO**

### **1. Análisis de requerimientos**

En esta fase, se realizó la identificación de las funcionalidades y características necesarias del sistema, así como los objetivos y el alcance del proyecto.

Para este sistema se consideraron los siguientes aspectos (Rodríguez & Chacón, 2020):

- Uso de vídeos existentes en la red y de licencia abierta, así como el análisis de imágenes en tiempo real a través de la captura de vídeo con cámara web. En primera instancia, utilizaron vídeos en el que se analizó un solo objetivo, posteriormente se utilizaron vídeos donde se pueden analizar varios objetivos a la vez.
- Uso de librerías para la delimitación del área de análisis. Para este proyecto se utilizaron librerías de uso libre desarrolladas por Intel, específicamente Open CV que permite el uso de la Inteligencia Artificial para la visión por computadora.
- Uso de librerías para realizar el correcto etiquetado de los datos como requisito para el entrenamiento de la red neuronal convolucional.
- Diseñar las pruebas de funcionamiento de la red neuronal y con ello, realizar los ajustes necesarios para mejorar el rendimiento en su implementación.

### **2. Diseño y desarrollo de software**

Esta fase se realiza el diseño y preparación de cada elemento para el desarrollo del sistema, para ello, se siguen los siguientes pasos:

- Se consideran los dispositivos de entrada disponibles y que cumplan con los requisitos para una captura de datos que satisfaga las necesidades de la red neuronal, entre ellos se mencionan la cámara digital, de vídeo, de vigilancia o cámara web. Un ejemplo de ello se muestra en la Figura 2.
- Se elige o diseña el entorno de captura de datos, considerando factores de iluminación, reflejo de luz o generación de sombras, que permita una captura de datos idónea para el sistema de reconocimiento facial.
- Diseñar el marco o región de interés, en otras palabras, fijar las características que permitan al sistema identificar qué sección de interés que delimitan el rostro en los dispositivos de captura.
- Se instruye a las personas sobre la posición o posiciones ideales mismas que permitan a la cámara obtener información sustancial y necesaria para la aplicación facial. Además, la importancia de capturar diversos movimientos y expresiones faciales, que ayuden a alimentar más el entrenamiento para la identificación facial.
- Cada imagen o vídeo capturado debe ser etiquetado correctamente para señalar a que persona o personas le corresponde. Esta información se almacena en una base de datos o estructura de almacenamiento adecuada y delimitada por el equipo para su entrenamiento.

#### *Detección de múltiples rostros*

- A partir de las condiciones mencionadas anteriormente, es importante identificar el mejor algoritmo para la detección de rostro de entre los ya existentes, entre los que se destacan los métodos: Viola-Jones y las CNN (Redes Neuronales Convolucionales).
- Al aplicar el algoritmo a los datos obtenidos por medio de la cámara, se obtienen regiones de la imagen o vídeo que representan los rostros, esto es a través de un enfoque basado en ventanas deslizantes, donde se examina la imagen en diferentes escalas y ubicaciones para detectar posibles rostros. A partir de esto, se realiza una clasificación y filtrado de la información para verificar si realmente se obtuvo un rostro. Todo este proceso se realiza a través de la aplicación de umbrales de confianza, técnicas de aprendizaje automático o análisis de características específicas de los rostros.



**Figura 2**

*Obtención y Etiquetado de Datos*

```
import cv2
import os
import imutils
personName='Es Diego'
dataPath =
'C:/Users/52764/Desktop/bueno1.1/datafotos'
personPath = dataPath + '/' + personName

if not os.path.exists(personPath):
    print('Carpeta creada: ',personPath)
    os.makedirs(personPath)
```

Nota: Instrucción para la creación de carpetas generando imágenes de rostros y etiquetado del mismo.

### *Detección de múltiples rostros*

- A partir de las condiciones mencionadas anteriormente, es importante identificar el mejor algoritmo para la detección de rostro de entre los ya existentes, entre los que se destacan los métodos: Viola-Jones y las CNN (Redes Neuronales Convolucionales).
- Al aplicar el algoritmo a los datos obtenidos por medio de la cámara, se obtienen regiones de la imagen o vídeo que representan los rostros, esto es a través de un enfoque basado en ventanas deslizantes, donde se examina la imagen en diferentes escalas y ubicaciones para detectar posibles rostros. A partir de esto, se realiza una clasificación y filtrado de la información para verificar si realmente se obtuvo un rostro. Todo este proceso se realiza a través de la aplicación de umbrales de confianza, técnicas de aprendizaje automático o análisis de características específicas de los rostros.

### *Reconocimiento de múltiples rostros*

- Para la extracción de características se utilizan técnicas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático, esto con el fin de recolectar características distintivas, en las que se incluyen la forma de rostro, texturas, contornos, entre otras.
- Para el entrenamiento del modelo, se utiliza una Red Neuronal Convolucional o un algoritmo de reconocimiento basado en características, de tal manera que el modelo aprenda a reconocer y asocial los rostros con las etiquetas o nombres asociados a las imágenes o vídeos.
- Por último, se valida el modelo entrenado a partir de información nueva (nuevas imágenes o vídeos) capturados para verificar la fiabilidad del entrenamiento realizado.

Para el desarrollo del sistema se utilizó el lenguaje de programación Python que es una herramienta que aporta mucho en el aprendizaje automático, la ciencia de datos y la inteligencia artificial por el uso de bibliotecas que facilitan la tarea de la IA, tanto para programadores principiantes o experimentados.

Una vez obtenidos los datos, se realiza el preprocesamiento de las imágenes, en la Figura 3 se muestran algunas instrucciones:

- Redimensión: Las imágenes son homogéneas en tamaño, 128 x 128 píxeles.
- Normalización: La normalización de los píxeles se realiza dividiendo cada valor de píxel por 125, siempre que los valores originales sean de 0 a 255, obteniendo un resultado de entre 0 y 1 por cada píxel.
- División en conjuntos: de los datos obtenidos, se clasifican los datos en tres conjuntos: entrenamiento, validación y prueba. Para este sistema se utilizó un 70% de los datos para entrenamiento, 30% para validación y se obtuvieron datos nuevos para la prueba en tiempo real.
- Etiquetado de datos: se realiza la asignación de la marca o etiqueta de la imagen o vídeo de cada persona con una sintaxis determinada por el equipo de trabajo, por ejemplo: matrícula\_nombreAlumno.

Con los datos obtenidos y etiquetados, se realiza el diseño de la CNN a través de los siguientes pasos:

- Capas de entrada: se determina el tamaño de la imagen (128x128x3) para imágenes con color.
- Capas convolucionales y activación: se determina el número de capas de filtrado de información, así como las funciones de activación de extracción de características. Para ello se utilizó la función “relu” que es común en las capas convolucionales; la función “softmax” se utiliza en la capa de salida para la clasificación.

**Figura 3**  
*Instrucciones Python*

```

1 # Recopilación de datos.py
2 import cv2
3 import os
4 import imutils
5
6 personName = 'Octavio' # aquí va el nombre del usuario a reconocer
7 dataPath = 'C:/Users/52777/Desktop/Reconocimiento facial/datos' # ruta de la carpeta donde se almacenan las fotos
8 # depende donde las almacenes
9
10 personPath = dataPath + '/' + personName # es lo que une las dos líneas anteriores
11
12 if not os.path.exists(personPath):
13     print('Carpeta creada: ', personPath)
14     os.makedirs(personPath)
15
16 cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)
17
18 # se ejecuta el archivo del que brinda open cv, lo que hace es que detecte solo los rostros
19 faceClassifier = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.haarcascades + 'haarcascade_frontalface_default.xml')
20 count = 0
21
22 while True:
23     ret, frame = cap.read()
24     if ret == False: break
25     frame = imutils.resize(frame, width=640)
26     # función que recorta las imágenes a una altura adecuada
27     gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
28     # auxFrame = frame.copy()
29     # adapta el color usando escala de grises y mejorando la calidad de las imágenes
30     faces = faceClassifier.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
31
32     for (x, y, w, h) in faces:
33         cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 255, 0), 2)
34         rostro = auxFrame[y:y+h, x:x+w]
35         # es lo que se encarga de tener las medidas del recuadro verde que detecta el rostro
36
37
38
39

```

Nota: Parte del código utilizado para la obtención de datos y preprocesamiento de los mismos.

Una vez diseñada la red, se compila el modelo especificando la función de pérdida y el optimizador. Luego, se utiliza el conjunto de entrenamiento para entrenar la red neuronal. El proceso de entrenamiento implica ajustar los pesos de la red para que sea capaz de hacer predicciones precisas en el conjunto de datos. Se utilizó un generador de datos para cargar y pre-procesar las imágenes de manera eficiente.

Este proceso permitió entrenar un modelo de reconocimiento facial de múltiples rostros usando una CNN en Python.

Después de entrenar el modelo, se evalúa utilizando el conjunto de datos de prueba; se mide la precisión para evaluar su rendimiento; en caso necesario se realizan ajustes en la arquitectura de la red, los hiperparámetros o las técnicas de preprocesamiento para mejorar su rendimiento.

Para todo ello se utilizan las siguientes herramientas:

- Detección y captura de rostros: OpenCV.
- Extracción de características: Histogram of Oriented Gradients (HOG) de OpenCV.
- Entrenamiento del Modelo: Se utilizó el método EigenFaces que es una herramienta que implementa una CNN. En la Figura 4 se proporciona una muestra del código implementado para el entrenamiento.

### 3. Implementación de software

En este punto, se requiere del uso de la aplicación final en ambiente propicio o similar al entorno de aplicación final.

- Se realiza la instalación de la cámara y todos los recursos necesarios en el entorno de aplicación.
- Es importante reunir a un grupo muestra de personas que podrían ser parte del uso de la aplicación final.

### 4. Pruebas de software

- Se realiza la captura de datos en tiempo real de manera exhaustiva para verificar si el sistema cumple con los requisitos establecidos. Es importante mencionar que estos datos deben ser datos separados del conjunto de datos muestra, utilizado para el entrenamiento.
- Se realiza el cálculo de métricas necesarias como la precisión, exhaustividad y/o F1-score para la toma de decisiones con respecto a la eficacia del modelo en la verificación de detección de múltiples rostros.

Con el fin de buscar mejoras significantes, se utilizó la matriz de confusión o matriz de error que proporciona Python, que permite calcular la exactitud, precisión, sensibilidad, especificidad, puntaje F1. Para este proyecto se realizó el cálculo de F1-score (Artola, 2019).

Python permite utilizar esta herramienta de 3 maneras:

1. Sklearn (aprendizaje)
2. Cálculo Manual
3. Reporte de clasificación

En este caso se utilizó el método reporte de clasificación donde se observó que algunas clases tenían un puntaje muy bajo, lo que significó realizar un ajuste para clasificar los datos y corregir el error.

**Figura 4**  
**Entrenamiento**

```
1 // Entrenamiento de datos
2 // Importar librerías
3 // Importar cv2 de cv
4 // Importar os
5 // Importar numpy de np
6 // Importar time de time
7 // Definir la ruta de la carpeta de datos
8 // Definir la ruta de la carpeta de datos
9 // Definir la ruta de la carpeta de datos
10 // Definir la ruta de la carpeta de datos
11 // Definir la ruta de la carpeta de datos
12 // Definir la ruta de la carpeta de datos
13 // Definir la ruta de la carpeta de datos
14 // Definir la ruta de la carpeta de datos
15 // Definir la ruta de la carpeta de datos
16 // Definir la ruta de la carpeta de datos
17 // Definir la ruta de la carpeta de datos
18 // Definir la ruta de la carpeta de datos
19 // Definir la ruta de la carpeta de datos
20 // Definir la ruta de la carpeta de datos
21 // Definir la ruta de la carpeta de datos
22 // Definir la ruta de la carpeta de datos
23 // Definir la ruta de la carpeta de datos
24 // Definir la ruta de la carpeta de datos
25 // Definir la ruta de la carpeta de datos
26 // Definir la ruta de la carpeta de datos
27 // Definir la ruta de la carpeta de datos
28 // Definir la ruta de la carpeta de datos
29 // Definir la ruta de la carpeta de datos
30 // Definir la ruta de la carpeta de datos
31 // Definir la ruta de la carpeta de datos
32 // Definir la ruta de la carpeta de datos
33 // Definir la ruta de la carpeta de datos
34 // Definir la ruta de la carpeta de datos
35 // Definir la ruta de la carpeta de datos
36 // Definir la ruta de la carpeta de datos
37 // Definir la ruta de la carpeta de datos
38 // Definir la ruta de la carpeta de datos
39 // Definir la ruta de la carpeta de datos
40 // Definir la ruta de la carpeta de datos
41 // Definir la ruta de la carpeta de datos
42 // Definir la ruta de la carpeta de datos
43 // Definir la ruta de la carpeta de datos
44 // Definir la ruta de la carpeta de datos
45 // Definir la ruta de la carpeta de datos
46 // Definir la ruta de la carpeta de datos
47 // Definir la ruta de la carpeta de datos
48 // Definir la ruta de la carpeta de datos
49 // Definir la ruta de la carpeta de datos
50 // Definir la ruta de la carpeta de datos
51 // Definir la ruta de la carpeta de datos
52 // Definir la ruta de la carpeta de datos
53 // Definir la ruta de la carpeta de datos
54 // Definir la ruta de la carpeta de datos
55 // Definir la ruta de la carpeta de datos
56 // Definir la ruta de la carpeta de datos
57 // Definir la ruta de la carpeta de datos
58 // Definir la ruta de la carpeta de datos
59 // Definir la ruta de la carpeta de datos
60 // Definir la ruta de la carpeta de datos
61 // Definir la ruta de la carpeta de datos
62 // Definir la ruta de la carpeta de datos
63 // Definir la ruta de la carpeta de datos
64 // Definir la ruta de la carpeta de datos
65 // Definir la ruta de la carpeta de datos
66 // Definir la ruta de la carpeta de datos
67 // Definir la ruta de la carpeta de datos
68 // Definir la ruta de la carpeta de datos
69 // Definir la ruta de la carpeta de datos
70 // Definir la ruta de la carpeta de datos
71 // Definir la ruta de la carpeta de datos
72 // Definir la ruta de la carpeta de datos
73 // Definir la ruta de la carpeta de datos
74 // Definir la ruta de la carpeta de datos
75 // Definir la ruta de la carpeta de datos
76 // Definir la ruta de la carpeta de datos
77 // Definir la ruta de la carpeta de datos
78 // Definir la ruta de la carpeta de datos
79 // Definir la ruta de la carpeta de datos
80 // Definir la ruta de la carpeta de datos
81 // Definir la ruta de la carpeta de datos
82 // Definir la ruta de la carpeta de datos
83 // Definir la ruta de la carpeta de datos
84 // Definir la ruta de la carpeta de datos
85 // Definir la ruta de la carpeta de datos
86 // Definir la ruta de la carpeta de datos
87 // Definir la ruta de la carpeta de datos
88 // Definir la ruta de la carpeta de datos
89 // Definir la ruta de la carpeta de datos
90 // Definir la ruta de la carpeta de datos
91 // Definir la ruta de la carpeta de datos
92 // Definir la ruta de la carpeta de datos
93 // Definir la ruta de la carpeta de datos
94 // Definir la ruta de la carpeta de datos
95 // Definir la ruta de la carpeta de datos
96 // Definir la ruta de la carpeta de datos
97 // Definir la ruta de la carpeta de datos
98 // Definir la ruta de la carpeta de datos
99 // Definir la ruta de la carpeta de datos
100 // Definir la ruta de la carpeta de datos
```

Nota: Parte del código implementado para el entrenamiento de los datos.

### Mejoras implementadas

Dentro de las mejoras realizadas a partir de las debilidades identificadas en la evaluación se realizó:

- Aumento de datos: para aumentar el número de datos se utilizaron técnicas de rotación de imágenes y volteo horizontal para hacer más robusto el conjunto de datos, además de proporcionar más información sobre iluminación y ángulos.}
- Transferencia de aprendizaje: se realizó un ajuste de las capas finales para alimentar con información más precisa obtenida de las capas anteriores.
- Regularización: se añadieron más capas para reducir sobreajustes y una regularización para evitar los pesos sean demasiado grandes.

Todo sistema cumple con un ciclo de vida, sin embargo, que se llegue al final de las etapas no implica que el sistema esté completamente funcional, es por ello que se requiere de la información arrojada en las pruebas para la toma de decisiones, en otras palabras, realizar corrección de errores, implementar mejoras, agregar nuevas funcionalidades de ser necesario.

Dentro de las acciones recomendadas para el mantenimiento de una red neuronal convolucional se encuentra:

- Actualización de datos: incorporar información nueva o actualizada sobre los datos utilizados para el entrenamiento, que incorpore más y mejores datos al sistema entrenado.
- Reentrenamiento: a partir de los nuevos datos, se requiere realizar un nuevo entrenamiento de la red neuronal para ayudar a la detección y precisión de la aplicación final.
- Realizar el etiquetado de los nuevos datos y alimentar la base de datos que almacena dicha información.
- Optimización de parámetros: se realizan los ajustes de parámetros, umbrales de detección o datos específicos de la red neuronal que permita mejore la eficacia del reconocimiento facial.
- Monitoreo de errores: supervisar de manera periódica la eficiencia de la aplicación para evitar o corregir errores recurrentes. Además, es importante realizar supervisión de la eficiencia del hardware para su correcto funcionamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de las mejoras, el modelo mostró una mejora significativa en su capacidad para reconocer rostros en diversas condiciones. La matriz de confusión y las métricas de precisión reflejaron un rendimiento más uniforme entre las clases.

Uno de los resultados notables es la implementación exitosa de la detección y extracción de características de los rostros. A través de la biblioteca OpenCV, se ha logrado detectar y capturar rostros en tiempo real a partir de imágenes o videos en vivo. La aplicación de algoritmos como Histogram of Oriented Gradients (HOG) ha permitido una extracción precisa de características únicas de cada rostro, lo que ha sentado las bases para la etapa de entrenamiento del modelo.

Uno de los aspectos más cruciales de este proyecto ha sido el entrenamiento de una red neuronal convolucional (CNN) para el reconocimiento facial. La red se ha alimentado con características extraídas de los rostros de los usuarios autorizados y ha aprendido a diferenciar entre las características únicas de cada individuo. El entrenamiento se ha realizado a través de múltiples iteraciones, ajustando los hiperparámetros y optimizando el modelo para lograr la máxima precisión en la detección y el reconocimiento.

Otro logro importante, emocionante y exitoso del proyecto, es la verificación de autenticación en tiempo real a través de un API que conecta con una base de datos que se encuentra en la nube y que es parte de un sistema integral de control de acceso a instituciones educativas. Durante el proceso de inicio de sesión, el sistema compara las características del rostro del usuario con las características almacenadas en la base de datos. Si las características coinciden por encima de un umbral predefinido, el usuario es autenticado y se le concede el acceso. Esta verificación en tiempo real ha demostrado ser rápida y precisa, brindando una experiencia de usuario fluida.

Un resultado destacado ha sido la integración de la aplicación de reconocimiento facial con una interfaz de usuario intuitiva y amigable, que es parte de un prototipo de sistema de control de accesos, donde los usuarios pueden realizar el proceso de inicio de sesión, registrar

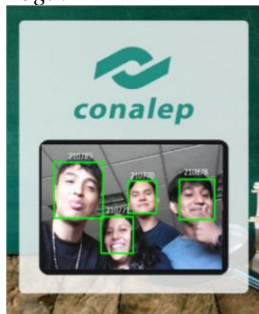
nuevos usuarios y gestionar la base de datos. La interfaz ha sido diseñada pensando en la facilidad de uso y en proporcionar retroalimentación clara durante el proceso de autenticación.

Se realizaron diferentes pruebas locales, donde el reconocimiento solo alcanza en movimiento de 5 a 6 personas como se muestra en la Figura 6, mientras de manera eficiente, sin embargo, si el perfil de las personas permanece fijo, alcanza una detección eficiente de hasta 15 rostros de manera simultánea. Validamos las predicciones comparándolas con las etiquetas reales de las imágenes. Aseguramos que el sistema funcione de manera confiable en una variedad de escenarios y situaciones de iluminación.

La métrica principal evaluada es la precisión del modelo; a través de la observación y una lista de cotejo, se determinó que se alcanzó una precisión general de reconocimiento del 94.5% en el conjunto de prueba. Esto significa que nuestro modelo es capaz de identificar de manera significativa a la gran mayoría de las personas.

**Figura 5**

*Login*



Nota: Implementación de la aplicación de reconocimiento facial con detección múltiple.

## **CONCLUSIÓN**

Este proyecto no solo representa un logro técnico, sino que también abre la puerta a un futuro donde la autenticación con IA se convierte en una parte integral de la seguridad digital. Los resultados finales respaldan la idea de que el reconocimiento facial puede ser una solución viable y eficaz para autenticar a los usuarios en una amplia variedad de aplicaciones, desde dispositivos móviles hasta sistemas de acceso empresarial.

Es importante tener en cuenta las consideraciones éticas y de privacidad en el proyecto de reconocimiento facial y asegurarse que los datos utilizados fueran obtenidos y almacenados de manera ética y que se cumplieran las regulaciones de protección de datos.

El modelo también ha demostrado ser eficaz en el reconocimiento de múltiples rostros en una sola imagen. Durante las pruebas, ha identificado de manera satisfactoria hasta cinco rostros de personas en movimiento en una única imagen con gran precisión y en pocos segundos. Esta capacidad es crucial para aplicaciones en grupos y eventos sociales.

Este trabajo de investigación fue la tercera fase de un proyecto integral que combina un despliegue de un sistema de control de acceso a estudiantes y que permite notificar al tutor de los tiempos de entrada y salida sin la necesidad de utilizar recursos físicos para su identificación y, así como el sistema de reconocimiento es una fuente de alimentación para el sistema integral, su aplicación se puede expandir a cualquier área de las ciencias y como una herramienta de uso cotidiano.

## **REFERENCIAS**

- Artola, A. (2019). Clasificación de imágenes usando redes neuronales convolucionales en Python. Trabajo de fin de grado para obtener el grado de Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. Recuperado de: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/89506/TFG-2402-ARTOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, G. (2008). Proceso Software y Ciclo de Vida. Material de Curso. Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: <http://147.96.85.71/profesor/gmendez/docs/is0809/02-ProcesoCicloDeVida.pdf>
- Rodríguez, D., Chacón, F. (2020). Prototipo para un sistema de acceso de múltiple factor basado en un reconocimiento facial en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.

# Uso de la minería de datos en un sistema de apoyo a la toma de decisiones para determinar el tratamiento clínico adecuado

Ismael Zarate Hernández<sup>1</sup>, Guillermo de los Santos Torres<sup>2</sup>, Eric Ramos Méndez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/ [liczaher@gmail.com](mailto:liczaher@gmail.com)

<sup>2</sup>universidad Juárez Autónoma de Tabasco/ [guillermo.delossantos@ujat.mx](mailto:guillermo.delossantos@ujat.mx)

<sup>3</sup> universidad Juárez Autónoma de Tabasco

**Línea de investigación:** Inteligencia artificial.

**Palabras claves:** CRISP-DM, dataset, diagnóstico clínico, minería de datos.

## Resumen

EL proyecto de investigación “Uso de la minería de datos en un sistema de apoyo a la toma de decisiones para determinar el tratamiento clínico adecuado”, tiene como objetivo crear un sistema de apoyo a la toma de decisiones para mejorar la precisión del diagnóstico de enfermedades como la diabetes, la influenza, la neumonía y las enfermedades del corazón. Se utilizará la minería de datos para analizar los datos almacenados en la base de datos llamada Registros de Urgencias para generar el modelo de minería de datos que sea útil para generar recomendaciones que ayuden a los médicos a realizar diagnósticos más precisos y de esta manera aplicar el tratamiento mas adecuado para cada enfermedad.

El sistema puede ayudar a los médicos a diagnosticar enfermedades de manera más precisa y oportuna, lo que puede conducir a tratamientos más efectivos y a una mejor calidad de vida para los pacientes.

## Abstract

The research project “Use of data mining in a decision support system to determine appropriate clinical treatment” aims to create a decision support system to improve the accuracy of disease diagnosis. such as diabetes, influenza, pneumonia and heart disease. Data mining will be used to analyze the data stored in the database called Emergency Records to generate the data mining model that is useful to generate recommendations that help doctors make more precise diagnoses and in this way apply the most appropriate treatment for each disease.

The system can help doctors diagnose diseases more accurately and in a timely manner, which can lead to more effective treatments and a better quality of life for patients.



## **INTRODUCCIÓN**

Disminuir el error médico y mejorar los procesos de salud es prioridad de todo el personal sanitario. En este contexto surgen los Sistemas de Soporte a la Decisión (DSS), los cuales pueden ser utilizados como una herramienta útil para los profesionales de la salud como un apoyo para la toma de decisiones médicas.

“Un DSS es un sistema de información diseñado para apoyar a los usuarios en la toma de decisiones, proporcionando acceso a datos, análisis y modelos”. Turban, Rainer y Potter (2005)

La Minería de Datos (MD) es una técnica para analizar grandes volúmenes de datos que ayudan a descubrir información valiosa para las organizaciones. Con el avance de las tecnologías de la información cada vez es más común encontrar que las grandes organizaciones aplican minería de datos para el análisis de su información, con el fin encontrar información útil que puedan utilizar para la toma de decisiones. Por este motivo el campo de la medicina ha optado por su implementación, para el análisis de la información que se genera.

El comunicado de prensa número 419/23 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) publicado el 26 de julio del 2023 menciona que en el año 2022 las enfermedades que causaron más muertes en la población mexicana fueron las enfermedades del corazón con 200535 muertes, la diabetes mellitus con 115,681 muertes, los tumores malignos con 90018 muertes y la influenza y neumonía con 30062 muertes.

En el análisis de los datos médicos de los pacientes, los historiales clínicos e incluso detalles personales de cada uno de ellos, existe una gran cantidad de información que puede ser analizada por una herramienta de minería de datos para identificar factores de riesgo que están asociados a una enfermedad como por ejemplo la diabetes, se pueden obtener datos que ayuden a los profesionales de la salud a identificar si en un paciente existe riesgo de esta enfermedad, y con los datos obtenidos se pueden determinar diagnósticos más precisos. La aplicación de la minería de datos en el campo de la medicina ha permitido encontrar información útil y relevante que puede ayudar a mejorar la calidad en la atención médica.

## **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un sistema de soporte a la toma de decisiones médicas como apoyo al diagnóstico en enfermedades como son: la diabetes, la influenza, neumonía y enfermedades del corazón. Utilizando la minería de datos, que sirva a los médicos de la clínica del ISSSTE de Tacotalpa, Tabasco.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Seleccionar y procesar los datos que serán descargados del sitio web del gobierno de México <https://datos.gob.mx/busca/dataset/urgencias>.
- Limpiar y transformar los datos para crear el Dataset que será utilizado en el modelo de minería de datos.
- Evaluar las técnicas de minería de datos para seleccionar la que será utilizada en el proyecto.
- Evaluar las herramientas de minería de datos de software libre para elegir la que más se adecue al proyecto a desarrollar.

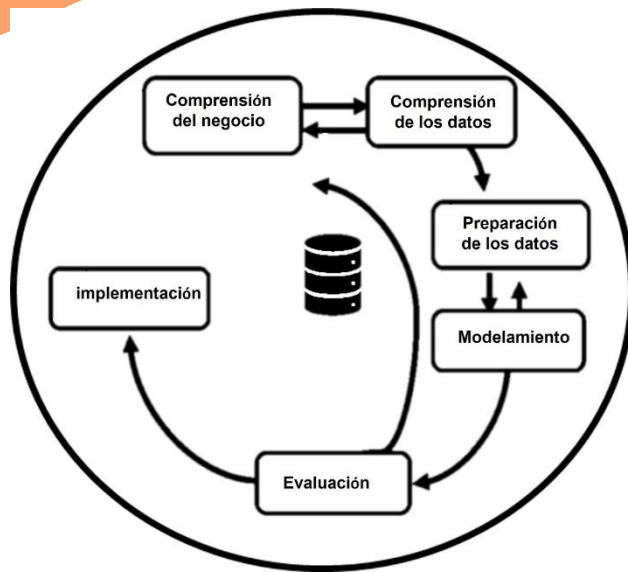
## **OBJETO DE ESTUDIO**

Se analizarán los registros almacenados en la base de datos Urgencias del sitio de datos abiertos del gobierno de México de los años 2022, 2021 y 2020 para crear el dataset que va a ser utilizado para entrenar el modelo de minería de datos que ayude a la detección de la diabetes, la influenza, neumonía y enfermedades del corazón e implementarlo en un sistema informático que pueda ser utilizado por los médicos de la clínica del ISSSTE de Tacotalpa, Tabasco. El sistema se podrá utilizar como apoyo a la toma de decisiones para determinar el tratamiento adecuado de estas enfermedades.

## **METODOLOGÍA PARA APLICAR**

Para el desarrollo de esta investigación se utilizará la metodología con enfoque cualitativo con un método hermenéutico digital. Para crear el modelo de minería de datos se utilizará la metodología CRIP-DM (Cros Industry Estándar Process for Data Mining por sus siglas en inglés). Es una metodología que se utiliza para proyectos de minería de datos, esta metodología es de distribución libre y se puede trabajar con sus herramientas para desarrollar cualquier proyecto que se enfoque en la implementación de inteligencia artificial.

**Figura 1**  
*Metodología CRIP-DM*



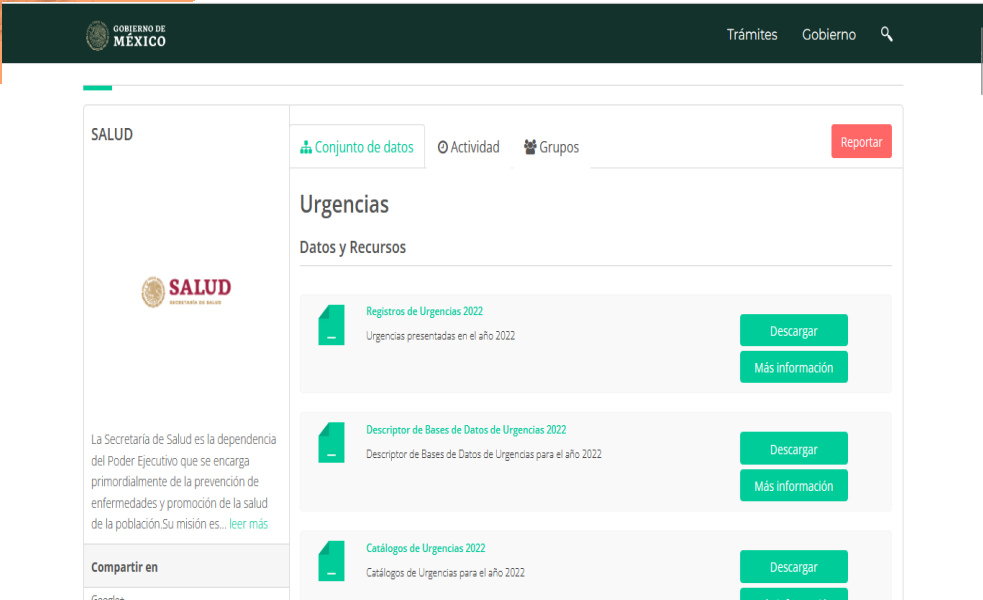
Nota. Metodología CRISP-DM (Arancibia, 2010)

Las fases que integran la metodología CRISP-DM son, la comprensión del negocio o análisis del problema, la comprensión de los datos, preparación de los datos, modelamiento, evaluación e implementación. A continuación, se describen como se aplicaron estos pasos para el desarrollo del proyecto.

**Comprensión del negocio o análisis del problema:** en esta fase se identificaron las expectativas y requerimientos del proyecto, para tener una visión general del problema con el fin de realizar un plan preliminar en el cual se pueda dar solución y llegar al objetivo planteado.

**Comprensión de los datos:** En esta fase se realizó la recolección de los datos, lo cual permitió establecer un contacto inicial con el problema. Los datos que serán utilizados para la ejecución del proyecto de investigación fueron descargados de la plataforma de datos abiertos del gobierno de México que se encuentran alojados en el sitio web <https://datos.gob.mx/busca/dataset/urgencias>. Se descargaron las bases de datos de Registro de Urgencias correspondientes a los años 2022, 2021 y 2020.

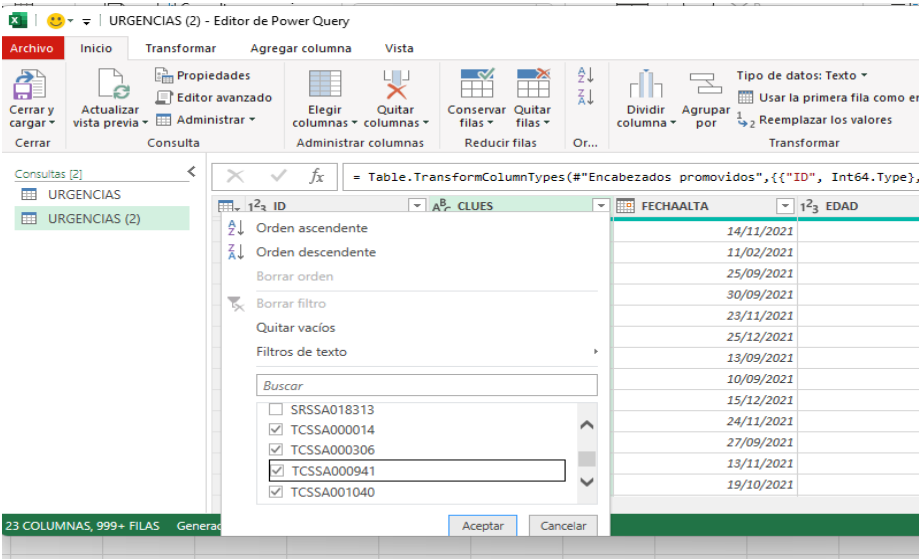
Figura 2  
Página de Datos Abiertos del Gobierno de México.



Nota. Elaboración propia.

La base de datos descargada contiene las tablas de Urgencias, Afecciones, Medicamentos y Procedimientos. Se revisaron cada una de las tablas para conocer los datos que contienen y de qué manera se relacionan cada una de las tablas que pertenecen a la base de datos. **Preparación de los datos:** En esta fase se realizaron las tareas de selección, limpieza y transformación de los datos para crear el data set. En la selección de los datos se eligieron únicamente los registros que pertenecen al estado de Tabasco, encontrando en el año 2022 318,009 registros, en el año 2021 245,784 registros y en el año 2020 185932 registros. En la figura 2 se muestra parte del proceso de filtrado y selección de los datos del estado de Tabasco.

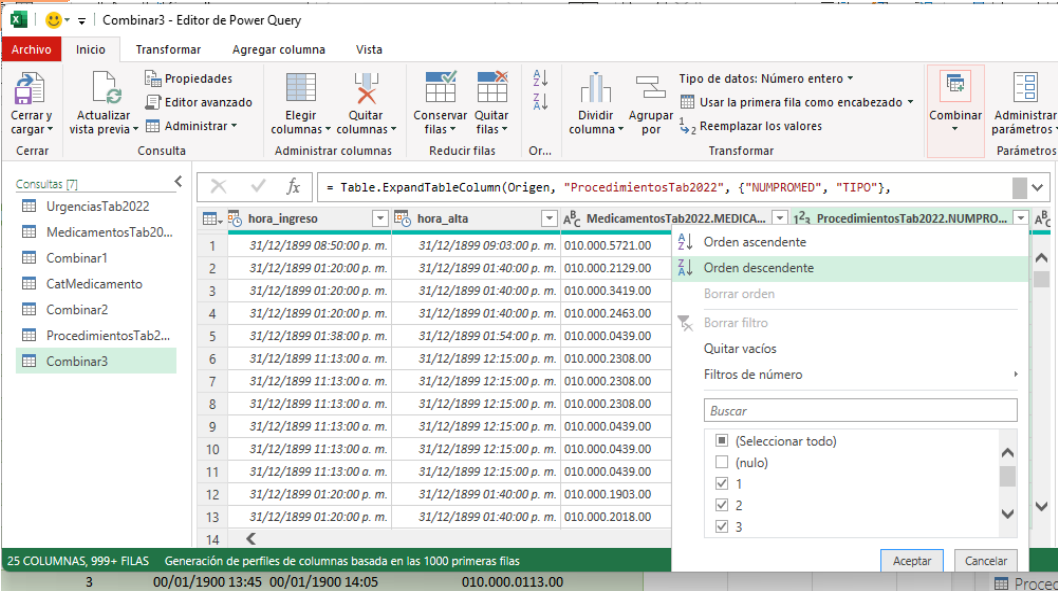
Figura 3  
Filtrado de Datos por Estado



Nota. Elaboración propia

En la limpieza de los datos se eliminaron 368995 registros que contenían datos nulos, quedando la tabla principal llamada Urgencias con 368995 registros. En la figura 3 se muestra parte del proceso realizado para eliminar los datos nulos de cada tabla.

**Figura 4**  
*Eliminación de datos Nulos*



Nota. Elaboración propia.  
En la tabla 1 se muestran los registros que contiene la tabla Urgencias después de hacer el filtrado de los datos y eliminar los registros con datos nulos.

**Tabla 1**  
descripción de la tabla Urgencias

Nombre	Descripción	Tipo de dato
ID	Identificador de registro	Number
CLUES	Clave Única de Establecimientos en Salud	Text
EDAD	Edad cumplida	Number
SEXO	Sexo	Text
MUNRESIDENCIA	Clave del Municipio de Residencia del Paciente.	Text
TIPOURGENCIA	Tipo de Urgencia	Text
AFECPRIN	Código CIE-10 de la reselección de la afección principal	Text
IRA	IRA Sintomática o con Antibiótico; en caso de IRA en menor de 5 años.	Text
PLANEDA	Plan otorgado en caso de Eda en menor de 5 años	Text
Afecciones	Afecciones de comorbilidad	Text
Medicamentos	Código del Medicamento	Text
PROMED	Código del procedimiento médico a 4 dígitos	Text
TIPO	Tipo de procedimiento médico	Text

Nota. Elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualmente se está trabajando en la creación del dataset con un avance del 80 %, una vez que el dataset sea creado se comenzará a desarrollar el modelo de minería de datos que servirá para realizar el diagnóstico de las enfermedades propuestas en esta investigación. Para la creación del modelo de minería de datos se utilizará python que es un software de código libre y la técnica de minería de datos redes neuronales.

## CONCLUSIÓN

Mejora la precisión del diagnóstico: La minería de datos puede ayudar a los médicos a identificar patrones en los datos que pueden indicar la presencia de una enfermedad. Esto puede conducir a un diagnóstico más preciso, lo que puede conducir a un tratamiento más adecuado.

Reduce el tiempo de diagnóstico: La minería de datos puede automatizar algunas tareas de diagnóstico, lo que puede liberar tiempo a los médicos para concentrarse en otras tareas. Esto puede reducir el tiempo de diagnóstico, lo que puede ser importante para los pacientes que necesitan tratamiento urgente.

## REFERENCIAS

- Arancibia, J. A. G. (2010). *Metodología para el Desarrollo de Proyectos en Minería de Datos CRISP-DM*. [http://oldemarrodriguez.com/yahoo\\_site\\_admin/assets/docs/Documento\\_CRISP-DM.2385037.pdf](http://oldemarrodriguez.com/yahoo_site_admin/assets/docs/Documento_CRISP-DM.2385037.pdf).
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). *CRISP-DM 1.0. CRISP-DM Consortium*.
- Hernandez Gomez, H (2014) *Aplicación de minería de datos a información de pacientes prediabéticos*. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial.
- Romero-Saldivar, Y., Ramírez-Pérez, J.F., Soto-Pelegrin, L., (2022). *La minería de datos en apoyo a la toma de decisiones clínicas*. Revista Cubana de Transformación Digital, 3(2),1-10 <http://portal.amelica.org/ameli/journal/389/3893437005/>.
- Turban, E., Rainer, R. K., Potter, R. E. (2005). *Introducción a la tecnología de la información*. John Wiley & Sons, 2005.



# Uso de la minería de datos para identificar los municipios que generan la mayor producción de ganado bovino en el estado de Tabasco, México.

Jose Alberto Fuentes Díaz<sup>1</sup>, Ramón de Jesús Estudillo Estudillo<sup>2</sup>, Marco Antonio Gómez Jiménez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/Jose Alberto Fuentes [Diaz/212h19011@alumno.ujat.mx](mailto:Diaz/212h19011@alumno.ujat.mx)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/Ramón de Jesús Estudillo [Estudillo/212h19015@alumno.ujat.mx](mailto:Estudillo/212h19015@alumno.ujat.mx).

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/ Marco Antonio Gómez Jiménez/ [212H19006@alumno.ujat.mx](mailto:212H19006@alumno.ujat.mx).

**Línea de investigación:** Minería de datos.

**RESUMEN:** La minería de datos es una forma innovadora para extraer información comercial crucial mediante el exhaustivo análisis de los datos contenidos en la base de datos de una empresa o institución. El presente artículo no solo revela información valiosa sobre las regiones tabasqueñas que generan mayores ganancias según la raza bovina, sino que también permite identificar los municipios con mayor actividad en la comercialización de ganado. A través de la creación de perfiles detallados de ganaderos y el análisis de su producción de ganado bovino en pie por especie, se puede detectar a aquellos productores con potencial similar pero limitados por diversas circunstancias. Esto posibilitaría la optimización de sus condiciones para obtener mejores precios en la comercialización de su ganado. Los hallazgos de esta investigación no solo se limitan a estos aspectos; son fundamentales para la formulación de políticas públicas en distintos municipios o localidades. Estas políticas estarían diseñadas para incentivar la venta de ganado bovino a precios más favorables, así como para identificar y apoyar a más ganaderos que se ajusten a los perfiles ideales, proporcionándoles capacitación y recursos para incrementar su producción. En esencia, este proceso de análisis de datos no solo implica la identificación de patrones comerciales, sino que también se convierte en un motor para el desarrollo económico y la capacitación en el sector ganadero, aprovechando al máximo el potencial de aquellos que podrían elevar su producción pero que se ven limitados por circunstancias ajenas a su capacidad productiva.

*Palabras claves:* Análisis de dato, ganado, minera de datos, rapid miner, trazabilidad bovina.

**ABSTRACT:** Data mining is an innovative way to extract crucial commercial information through comprehensive analysis of data within a company's or institution's database. This article not only reveals valuable insights into the Tabasqueño regions generating higher profits based on bovine breeds but also pinpoints municipalities with increased activity in livestock trading. By crafting detailed profiles of ranchers and scrutinizing their live bovine production per species, it becomes possible to identify producers with similar potential but constrained by various circumstances. This could facilitate optimizing their circumstances to secure better prices for their livestock. The findings from this research extend beyond these realms; they are pivotal in shaping public policies across different municipalities or localities. These policies would aim to incentivize the sale of bovine livestock at more favorable prices while identifying and supporting more ranchers aligning with ideal profiles, providing them training and resources to enhance production. Essentially, this data analysis process is not merely about identifying commercial patterns; it becomes an engine for economic development and training in the livestock sector, maximizing the potential of those who could amplify production but are hindered by external factors beyond their productive capacity.

*Keywords:* Bovine traceability, cattle, data analysis, data mining rapid miner.

## INTRODUCCIÓN

En México se explotan alrededor de treinta razas bovinas que son destinadas para uso cárnico, entre las más importantes se encuentran: Angus, Simbrah, Charolais, Nelore, Bramahan y Cebu, dentro de la producción lechera bovina las razas que destacan para esta actividad son Holstein Fresian y Pardo Suiza Americana, donde la carne es el principal producto que se extrae del ganado bovino y en México se produce casi 2 millones de toneladas al año de las cuales casi el 85% se exporta a los Estados Unidos. La importación y exportación de ganado a pie es otra actividad dentro de la ganadería bovina, México exporta un millón de cabezas al año [1].

Lo anterior toma relevancia ya que la ganadería es una actividad de importancia económica, debido a que proporciona el producto de la carne que es una materia prima que genera economía, alimento y empleos.

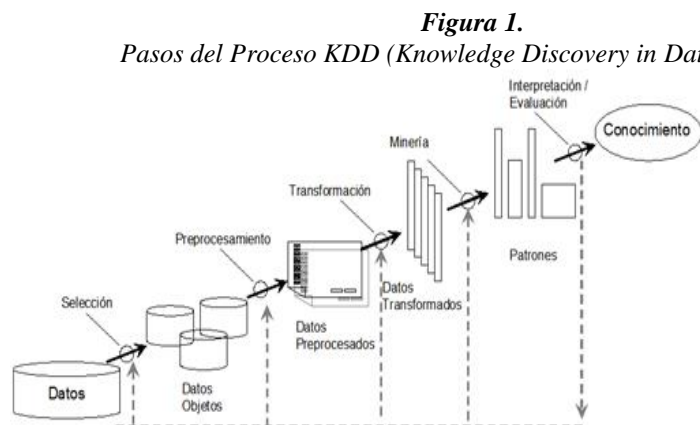
La situación descrita, trajo consecuencias benéficas en el subsector pecuario y en la economía nacional. Entre éstas destacan su efecto sobre el nivel de ingresos que se generan en poco más de un millón de unidades productoras; la creación de 1.1 millones de empleos directos y de 3 millones en forma indirecta [2].

Tabasco es uno de los 32 Estados de la república mexicana, ubicado en el sureste del país, tiene como actividad preponderante la industria petrolera y la actividad ganadera, donde tiene un total de 1,720,870 hectáreas destinadas a la ganadería con un total de 60,542 unidades de producción (ranchos o predios) donde se encuentran 2,600,063 bovinos en pie [3].

En el 2021, se movilizaron solamente en el estado de Tabasco un total de 1,306,177 cabezas de ganado bovino dentro del estado así como también a otros destinos de la república, cada movilización única fue registrada en 231,744 documentos denominados como guía de tránsito[4], donde se especifica el nombre del productor de donde salen los animales, el número identificador único de cada animal, sexo, edad, raza, localidad, número único asignado al predio de donde sale el ganado, así como también el nombre del productor destino, su número único asignado al predio donde llegaran los animales, los folios de los documentos sanitarios, la ruta que seguirán cuando se movilicen y los datos del transporte. Ese documento puede ser tramitado en cualquiera de los 40 centros expedidores de guías de tránsito del estado de Tabasco.

Toda la información que resulte de cada movilización de ganado bovino queda en resguardo de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca, mediante el sistema informático nacional denominado Registro Electrónico de la Movilización (REEMO) que está administrado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), por lo que se permite tener la seguridad de conocer con certeza donde nació un bovino y saber cuál ha sido su recorrido de un predio a otro, hasta llegar al rastro o establecimiento de matanza donde fue sacrificado, por lo que la trazabilidad en cada punto de la cadena de movilización de ganado bovino está registrada de una manera eficaz y comprobable.

El proceso para descubrir el conocimiento KDD es un proceso interactivo de siete pasos que se van dando a medida que se obtienen resultados preliminares que requieren replantear las variables iniciales. Los pasos de la metodología KDD son: Limpieza de datos, integración de datos, selección de datos, transformación y adaptación de datos, minería de datos, evaluación de patrones, generación de conocimiento representados en la figura 1 [5].



Nota. KDD Process Model, adapted from Fayyad et al. 1996.

Este artículo tiene como objetivo analizar mediante la técnica de minería de datos cuáles son los municipios del estado de Tabasco que más ganado bovino movilizan por vía terrestre y consignados bajo el motivo de venta que se movilizan a otros estados de la república mexicana, ya sea para sacrificio inmediato o para la modalidad de engorda de ganado. Por lo que la minería de datos sería el proceso para detectar toda aquella información que pueda ser analizada y que nos arroje la información que nos permita conocer los patrones de movilización de ganado bovino que se realizan como origen en el estado de Tabasco, bajo el concepto de venta. Debido a que son más de doscientos mil registros que se deben de procesar, transformar para obtener una evaluación correcta de toda la información que se tiene disponible.

## **DESARROLLO**

Se analizaron más de doscientos mil registros electrónicos que contiene información sobre la movilización animal dentro del estado de Tabasco, datos que pertenecen al periodo del 2021 y que fueron obtenidos por medio de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP) del gobierno del estado de Tabasco, dicha información será la base para determinar cuales son los municipios del estado de Tabasco que tienen mayor producción animal, cuyo valor es obtenido mediante la tasa de extracción de ganado bovino.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados con anterioridad será necesario utilizar la técnica de minería de datos que nos ayudará a manejar el volumen de información presentada por la institución correspondiente (SEDAFOP) y nos ayudará a encontrar patrones en las movilizaciones de ganado bovino.

## **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **Objetivo General**

- Identificar los municipios que más ganado bovino producen para su comercialización en el estado de Tabasco.

### **Objetivos Específicos**

- Medir la relación de producción de ganado bovino de todos los municipios del Estado de Tabasco.
- Elaborar un modelo mediante el software de Rapid Miner Studio 9.10.11 de minería de datos que permita encontrar patrones de movilización de ganado.

## **OBJETO DE ESTUDIO**

El objeto de estudio de este artículo se centra en las movilizaciones de ganado bovino y la producción de este en los municipios del estado de Tabasco, la importancia de este estudio es debido a que el producto obtenido del ganado bovino es vital para la alimentación de 130 millones de mexicanos que dependen de la carne, la leche y sus derivados.

Conocer los orígenes del ganado y mas aun de los municipios donde mejor se desarrolla esta actividad seria de un impacto positivo para planificar políticas publicas para incentivar esta actividad.

## **METODOLOGÍA**

El desarrollo de este artículo se llevó a cabo mediante la metodología cuantitativa, debido a que se utiliza un software que procesa datos y nos arroja resultados estadísticos y numéricos, los cuales se pueden analizar e interpretar adecuadamente.

## **FASES DEL DESARROLLO**

Entre los materiales que se emplearon para la elaboración de este artículo se encuentra una base de datos que recopila todas las movilizaciones de ganado bovino en pie, que tiene como origen el estado de tabasco, entre los datos que se registran encontramos la fecha de la movilización, el centro expedidor que realizo el documento, el folio asignado a ese documento, el municipio de origen, el número de folio asignado al predio o rancho de donde sale el ganado, la cantidad de animales a movilizar, si la movilización fue por venta, reubicación o cesión, nombre del productor origen, el municipio y estado destino, nombre del productor destino, el número de folio asignado al predio o rancho a donde llegara la movilización, folios de los documentos legales que amparan la movilización, los datos del vehículo y el folio asignado a cada bovino que se moviliza.

La herramienta digital que se utilizó para aplicar la técnica de minería de datos fue Rapid Miner Studio v.9.10.11, es un programa informático para el análisis y minería de datos. Permite el desarrollo de procesos de análisis de datos mediante el encadenamiento de operadores a través de un entorno gráfico.

Aunque existen muchas metodologías para la realización de proyectos de minería de datos, la metodología KDD (knowledge discovery in databases) fue la seleccionada para la implementación del proceso de minería de datos para este artículo y consta de cinco procesos secuenciales en el que se buscan patrones [7].

Los cinco procesos que conforman esta metodología son:

- Selección.
- Preprocesamiento / limpieza.
- Transformación / reducción.
- Minería de Datos.
- Interpretación / evaluación.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Después de cargar el conjunto de datos y evaluarla en el software Rapid Miner Studio v.9.10.11 utilizando un total de 789,612 registros, los cuales se muestra una pequeña parte en la figura 2.

**Tabla 1.**  
Estructura de salida de datos en Rapid Miner.

ID	AFILIACION	Centro Expe...	No. REEMO	MES	AÑO	Fecha	UPPP/SG/PG	TIPO_MOV	Municipio O...	Nombre o ...	UPPP/SG/PG...	Municipio D...	Estado
1	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320991	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270015541001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	JOSE JUAN ...	270010011P...	BALANCAN	TABASC
2	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320988	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270013227001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	JOSE JUAN ...	270010011P...	BALANCAN	TABASC
3	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320984	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270015542001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	JOSE JUAN ...	270010011P...	BALANCAN	TABASC
4	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320982	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270013168001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	OBED CRU...	270010102P...	BALANCAN	TABASC
5	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320981	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270013234001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	JOSE JUAN ...	270010011P...	BALANCAN	TABASC
6	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320977	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270013233001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	JOSE JUAN ...	270010011P...	BALANCAN	TABASC
7	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320971	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270012266001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	JOSE JUAN ...	270010011P...	BALANCAN	TABASC
8	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320967	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270016038002	2 ESTATAL	BALANCAN	RAUL MIGU...	270070363001	EMILIANO ZA...	TABASC
9	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320960	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270011570002	2 ESTATAL	BALANCAN	RAUL MIGU...	270070363001	EMILIANO ZA...	TABASC
10	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320957	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270014708001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	MUNICIPAL ...	2085	BALANCAN	TABASC
11	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320952	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270010006001	2 ESTATAL	BALANCAN	RAUL MIGU...	270070363001	EMILIANO ZA...	TABASC
12	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320951	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270014536001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	MUNICIPAL ...	2085	BALANCAN	TABASC
13	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320926	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270016476001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	TEODORO ...	270010089P...	BALANCAN	TABASC
14	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320920	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270014737001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	TEODORO ...	270010089P...	BALANCAN	TABASC
15	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320882	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270010198P...	1 MUNICIPAL	BALANCAN	JOSE JESU...	270010007P...	BALANCAN	TABASC
16	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320881	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270015871001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	CORRALES...	270010015P...	BALANCAN	TABASC
17	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320871	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270011183001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	GUSTAVO A...	270015871001	BALANCAN	TABASC
18	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320869	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270015036001	1 MUNICIPAL	BALANCAN	RUBICEL M...	270016192001	BALANCAN	TABASC
19	CONFEDERA...	ASOCIACION...	320862	ENERO	2019	Jan 31, 2019	270010078P...	1 MUNICIPAL	BALANCAN	ERNESTO ...	270010366P...	BALANCAN	TABASC

En el conjunto de datos analizados, en el campo de género, se le asigna el valor de 1 para las hembras y el valor de 0 para los machos. Por lo que la tabla quedaría como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 2.**  
Transformación en el campo de género.

Raza	Peso kg	Precio/kg	Utilidad	Genero	Municipio	Tipo de Raza
Suizo	350	52.50	0.25	0	Centro	Redituable
Nelore	250	52.50	0	1	Macuspana	Descartado
Brahman	300	52.50	0.25	0	Jonuta	Redituable
Simmental	400	52.50	0.5	0	Teapa	Ideal
Charolais	450	52.50	0.5	0	Huimanguillo	Ideal
Beefmaster	400	52.50	0.5	0	Tacotalpa	Ideal
Cebú	250	52.50	0	1	Tenosique	Descartado

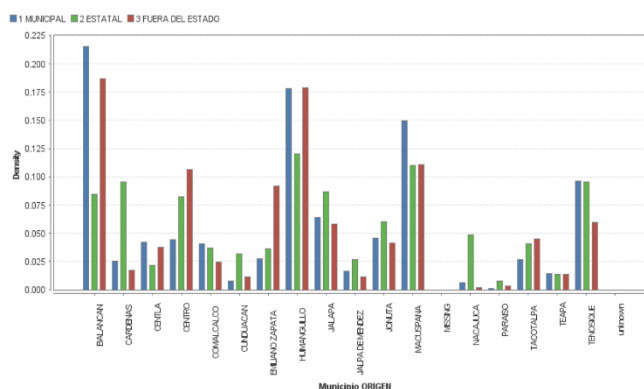
Aplicando la conversión de los datos de acuerdo al algoritmo de vecinos cercanos, la utilidad se agrupa por rangos de manera que se les asigna el valor que se muestra en la tabla 2.

Raza	Utilidad	Rango	

Raza	Utilidad	Rango	Conversión	Género	Tipo de Raza
Nelore	13125.00	<15000	0	1	Descartado
Brahman	15750.00	15000 ~ 20000	0.25	0	Redituable
Simmenthal	21000.00	>20000	0.5	0	Ideal

El siguiente paso es encontrar el municipio o región donde el número de animales se ajusten a los parámetros ya definidos anteriormente, donde se separa las condiciones de aquellos animales bovinos que salen del estado de Tabasco por el concepto de venta, tal como se indica en la figura 6.

**Figura 2.**  
Municipio que más ganado producen.



Siguiendo los parámetros establecidos se determina que el municipio de Balancán es el que más se ajusta a las condiciones planteadas como el mejor productor de ganado bovino, seguido del municipio de Huimanguillo y Macuspana.

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos, la minería de datos con el software de Rapid Miner Studio 9.10.11, resulta ser una opción funcional y atractiva para obtener información que nos permita conocer información específica de una manera estructurada, metódica y profesional, cuya técnica permitió revelar los municipios que más ganado producen para venta en otros estados y dentro del mismo Estado.

La realización de este proyecto y su resultado satisfactorio permitirá que Organismos gubernamentales que tienen su ámbito de competencia en salud animal y movilización de ganado, puedan proyectar programas específicos para las regiones que más ganado producen o enfocarse en aquellas que no producen lo suficiente, ya que contarán con una herramienta que les permita minimizar el esfuerzo para conocer los datos aquí obtenidos.



## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores y el trabajo presentado, no presentan conflictos de intereses con ningún patrocinador o agencia con interés en los resultados del proyecto.

- Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

## REFERENCIAS

- [1] Gobierno de México, “Ganadería bovina y sus derivados” 2015. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/ganaderia-bovina-y-sus-derivados>.
- [2] AMEG. “Carne de bovino, Indicadores económicos” 2020. [Online]. Available: <https://www.ameg.org.mx/estadisticas.html>.
- [3] SINIIGA. “ESTADÍSTICA Pecuaria PGN Bovinos” 2021. [Online]. Available: <http://www.pgn.org.mx/estadistica-rep.php>.
- [4] SEDAFOF. “ESTADÍSTICA REEMO GENERAL 2021” 2022.
- [5] H. Jiawei, M. Kamber, J. Han, M. Kamber, and J. Pei, Data Mining: Concepts and Techniques. 2012.
- [6] KDD Process Model, adapted from Fayyad et al. 1996.
- [7] Cabena, P., Hadjinian, P., Stadler, R., Verhees, J. Zanasi, A. (1998). Discovering Data Mining: From Concept to Implementation. [Online]. Available: <http://www.zanasi-alessandro.eu/publications/cabena-p-hadjinian-p-stadler-r-verhees-j-zanasi-a-1998-discovering-data-mining-from-concept-to-implementation/>

# Sistema web para Gestión de Operaciones de Centro de Cómputo de una Institución Educativa en Tabasco

Alejandro López Rivera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Administración de Tecnologías de la Información en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [ale.mati0395@gmail.com](mailto:ale.mati0395@gmail.com)

**Línea de investigación: Administración, diseño e implementación de proyectos de TI en la organización.**

## **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo implementar una herramienta de Tecnologías de la Información para apoyar la Gestión de Operaciones (GO) de la Coordinación de Cómputo (CC), perteneciente a una Institución Educativa en Tabasco, con el objetivo de mejorar la calidad de los servicios de Tecnologías de la Información (TI) que allí se ofrecen. El software a implementar en este trabajo consiste en un sistema web, el cual será desarrollado utilizando el modelo en cascada. Se espera que con este trabajo se mejore la eficacia de la GO de la CC, haciendo uso del software desarrollado en este trabajo.

*Palabras clave: Administración, Gestión, Operaciones, Sistema Web.*

## **Abstract**

The objective of this work is to implement an Information Technology tool to support the Operations Management (GO) of the Computing Coordination (CC), belonging to an Educational Institution in Tabasco, with the objective of improving the quality of services of Information Technologies (IT) offered there. The software to be implemented in this work consists of a web system, which will be developed using the waterfall model. It is expected that this work will improve the effectiveness of CC GO, making use of the software developed in this work.

*Keywords: Administration, Management, Operations, Web System.*

## INTRODUCCIÓN

Los centros de cómputo en conjunto con el factor humano, administran la mayor parte de la infraestructura de TI de las organizaciones educativas (Crabtree, 2013). La GO contempla la planeación, dirección, control y ejecución de las actividades, con el objetivo de lograr la mejora continua de los procesos que entregan productos o servicios a diferentes grupos de interés. El presente trabajo presenta una propuesta de investigación cuyo objetivo es desarrollar una herramienta de TI que apoye a la GO de CC de una Institución Educativa (IE) ubicada en el sureste de México. La finalidad del trabajo es mejorar la calidad de los servicios. Se aplicará una metodología secuencial denominada “en cascada” que consta de cinco fases: Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas y Servicio. Los resultados esperados contemplan un sistema web y la mejora de la eficacia de la GO de la organización.

## DESARROLLO

En la literatura existe una disciplina dedicada al estudio de cuestiones operativas en las organizaciones y se conoce como Administración de Operaciones (AO) o Gestión de Operaciones (GO). Estas disciplinas centran su estudio en la planificación, dirección, control y ejecución de actividades propias de las organizaciones (Cruz 2006). Un caso de estudio donde la GO toma relevancia es el de una IE ubicada en el sureste de México, específicamente su CC. Las actividades y servicios como de trámites escolares, soporte técnico y mantenimiento de la infraestructura de TI que llevan a cabo en el CC reflejan áreas de oportunidad en su operación. Es por ello por lo que este trabajo busca mejorar la calidad de los servicios, haciendo eficiente la operación mediante un sistema web.

La población presente en la IE publica, muestra un crecimiento exponencial debido a la demanda de las carreras profesionales, maestrías y doctorados que allí se imparten, esta y otras poblaciones como las docentes, administrativas, centros de idiomas, bibliotecas, entre otras reciben los servicios proporcionados por el CC, a estas poblaciones le denominaremos usuarios.

Por lo anterior, el principal objetivo de este trabajo es mejorar la eficiencia de la operación del CC y para ello se deben cumplir una serie de objetivos específicos como: identificar las necesidades de la prestación de servicios de TI mediante un diagnóstico inicial de las operaciones para identificar áreas de mejora y requisitos específicos del sistema web; evaluar soluciones de aplicaciones web uso libre, ad hoc a las necesidades identificadas; adquisición, personalización y puesta en producción; evaluar el desempeño de las operaciones a través del sistema web; y establecer indicadores claves de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés) relacionados con la eficiencia operativa y de los servicios.

Para lograr los objetivos planteados en este trabajo, se pretende utilizar el modelo en cascada, el cual consta de cinco fases, en las que cada una se debe ejecutar una sola vez y cada fase sirve como base para las fases posteriores, estas fases consisten en análisis, diseño, implementación, pruebas y servicios.

## OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema basado en web para apoyar la eficiencia operativa del Centro de Cómputo en una Institución Educativa del sureste de México.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las necesidades sobre prestación de servicios para identificar áreas de mejora y requisitos específicos del sistema web.
- Evaluar soluciones de aplicaciones web de uso libre acorde a las necesidades identificadas.
- Realizar la adquisición, personalización y puesta en producción.
- Realizar la evaluación ex post del desempeño de las operaciones a través del sistema web.

## OBJETO DE ESTUDIO

El proceso de evaluación de operaciones en las organizaciones es de vital importancia, ya que, gracias a este, podemos saber en qué áreas el trabajo se realiza con eficiencia y eficacia.

Las actividades de acondicionamiento, corrección, reparación, implementación, asesoramiento, actualización y gestión en general de la infraestructura de TI, es realizada normalmente en las áreas y por personal de TI, estas actividades pueden ser desencadenadas por una obligación del puesto, un requerimiento o mejora de servicios y la orden puede provenir de los altos mandos de la institución.

Actualmente las actividades que se desarrollan en el CC carecen de una forma óptima de administrarlas respecto al tiempo y control de las mismas. La solicitud para la realización de alguna actividad, se realiza mediante la comunicación verbal personal o empleando herramientas informales como llamadas telefónicas o mensajería instantánea. Así mismo, cuando la alta dirección, encargados de área o solicitantes, requieren saber el estatus de la actividad, acuden directamente al personal o área que lo está desarrollando, de acuerdo a la solicitud y dependiendo del nivel de urgencia o relevancia, puede llegarse a posponer, omitir u olvidarse en su totalidad.

La omisión, retraso y calidad de los trabajos repercute directamente en la satisfacción de los clientes finales, la eficacia de las áreas y en la misma organización (Tarí, 2000).

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se utilizará el modelo en cascada, la cual se describe a continuación:

IONOS (2019) la define como un proyecto general el cual se divide en fases, estas fases se ejecutan sólo una vez y los resultados de cada una sirven como base para las siguientes fases de desarrollo, se consideran cinco fases en esta metodología:

- Análisis: Incluye un estudio de viabilidad y una definición de los requisitos.

- **Diseño:** Se formula una solución específica en base a las exigencias, tareas y estrategias definidas en la fase anterior.
- **Implementación:** La fase de diseño se ejecuta en la fase de implementación, en la que se incluye la programación del software, la búsqueda de errores y las pruebas unitarias.
- **Prueba:** La fase de prueba incluye la integración del software en el entorno seleccionado. Por norma general, los productos de software se envían en primer lugar a los usuarios finales seleccionados en versión beta (pruebas beta).
- **Servicio:** prueba ha concluido con éxito, se autoriza la aplicación productiva del software.

### **FASES DEL DESARROLLO**

Las fases de desarrollo de este trabajo para el CC, son aquellas descritas por la metodología a utilizar, en este caso el modelo en cascada, las cuales se describen a continuación:

- **Análisis:**
  - Solicitar la documentación de descripción de puestos para documentar el proceso de atención a los usuarios.
  - Identificar las necesidades específicas de la prestación de servicios de TI.
  - Documentar las actividades que desempeña el personal y diagramar como se realizan los procesos.
  - Evaluar el desempeño de las operaciones realizadas.
  - Determinar áreas de mejora y requisitos específicos del sistema web.
- **Diseño:**
  - Evaluar diferentes soluciones de aplicaciones web de software libre ad hoc a las necesidades identificadas.
  - Realizar la adquisición y personalización.
- **Implementación:**
  - Realizar la configuración del servidor.
  - Realizar la implementación en un servidor de pruebas.
- **Pruebas:**
  - Realizar pruebas de ejecución de la operación
  - Realizar adecuaciones
  - Capacitar al personal.
- **Servicio:**
  - Puesta en producción.
  - Realizar posible soporte técnico.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados esperados de este trabajo consisten en la implementación de una aplicación web para GO, que permita al personal encargado de atender las solicitudes de servicios que se brindan en el CC, mejorar los tiempos de respuesta de los servicios, generar un historial de soluciones aplicadas a casos especiales y evaluar la conformidad de los usuarios.

Que los indicadores estadísticos obtenidos por la herramienta de gestión, conforme a periodos, permitan conocer la eficiencia del personal y áreas de trabajo, así como la toma de decisiones y creación de estrategias para mejorar la atención de los usuarios.

Al mantener el control de la operación del CC permita a los directivos estar al tanto de las actividades que se están desarrollando en las áreas, el personal que está atendiendo y el cliente que al que se está atendiendo, la organización tendrá un sitio donde visualizar, atender y tener contacto con los usuarios, evitando así la omisión o retraso de la operación.

Este trabajo brindará, además, un modelo y una herramienta de TI, específico para GO de CC con base en el caso de estudio.

## CONCLUSIÓN

El sistema de control y seguimiento de las operaciones actual carece de una forma óptima de administrarlas con respecto al tiempo y eficacia. Las solicitudes de órdenes de los servicios no cuentan con un procedimiento establecido formalmente para el inicio y conclusión, ocasionando que los usuarios tengan que aumentar el número de visitas para realizar el seguimiento de los servicios con la consecuente pérdida de la productividad de sus áreas de trabajo o bajo rendimiento de las actividades académicas; molestias por la baja eficacia y eficiencia en la atención, que genera potencial de conflictos por reclamos y menor aprovechamiento de la infraestructura de TI. Un sistema basado en web permitirá mejorar la GO de todo el CC, brindar un mejor servicio, comunicación con los usuarios y personal del CC, obtener indicadores de rendimiento de las áreas, además que servirán como base para que los directivos puedan generar estrategias y tomar decisiones. Este trabajo no solo puede ser implantado para el CC, sino que puede ser escalado a toda la IE y así obtener los mismos beneficios de la herramienta.

## REFERENCIAS

- Crabtree, A. M. (2013). Diseño e implementación de Software para la administración del centro de cómputo de la facultad de contaduría y administración. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California]. Repositorio Institucional. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/5725/1/TIJ099999.pdf>
- Cruz, J. G. (2006). Un modelo de productividad y competitividad para la gestión de operaciones. Mercados y Negocios, (14), 61-78. <https://www.redalyc.org/pdf/5718/571864035004.pdf>
- IONOS. (21 de marzo de 2019). El modelo en cascada: desarrollo secuencial de software. IONOS. <https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/el-modelo-en-cascada/>
- Tarí, J. J. (2000). Calidad total: fuente de ventaja competitiva. Universidad de Alicante. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/13445>



# Rendimiento del algoritmo Evolución Diferencial en Optimización Numérica con Restricciones

Abimelec Pérez Flores<sup>1</sup>, Betania Hernández Ocaña<sup>2</sup>, Oscar Alberto Chávez Bosquez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [222h21002@alumno.ujat.mx](mailto:222h21002@alumno.ujat.mx).

<sup>2</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [betania.hernandez@ujat.mx](mailto:betania.hernandez@ujat.mx).

<sup>3</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [oscar.chavez@ujat.mx](mailto:oscar.chavez@ujat.mx).

**Línea de investigación:** Inteligencia Artificial

## Resumen

En este estudio, se propone aplicar el algoritmo de Evolución Diferencial (ED) para un problema de optimización numérica con restricciones con 5 variables y 6 restricciones. Con el objetivo de evaluar la eficacia del ED, se realizó una comparación con el algoritmo de optimización basado en el forrajeo de bacterias modificado con dos nados (TS-MBFOA, por sus siglas en inglés) como alternativa de optimización. Es importante mencionar que, ED es un algoritmo evolutivo y el TS-MBFOA es un algoritmo de inteligencia colectiva, donde su principal diferencia es el elitismo que lleva a cabo el ED de manera generacional, mientras que TS-MBFOA da la oportunidad a soluciones no tan prometedoras de sobrevivir generacionalmente. Se desarrolló una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI, por sus siglas en inglés) para ED y se utilizó el *framework* JMetaBFOP con una GUI para TS-MBFOA, ambos codificados en el lenguaje de programación Java. Para medir el rendimiento de ambos se llevaron a cabo un conjunto de 30 ejecuciones del algoritmo ED y del enfoque de TS-MBFOA en un problema de prueba del CEC 2006 con el mismo número de evaluaciones para hacer una comparación justa. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante la prueba no paramétrica llamada *Wilcoxon signed rank test* para determinar si existían diferencias significativas en el rendimiento entre ambos métodos. Los hallazgos encontrados al analizar los resultados permiten conocer que hay una diferencia significativa con un 95% de confianza y un *p-value* de 0.00001 entre los algoritmos comparados.

*Palabras clave:* algoritmos de inteligencia colectiva, algoritmos evolutivos, evolución diferencial, metaheurística, optimización.

## Abstract

In this study, we propose the application of the differential evolution (DE) algorithm to a constrained numerical optimization problem with 5 variables and 6 constraints. To evaluate the effectiveness of DE, a comparison was made with the two-swim modified bacterial foraging optimization algorithm (TS-MBFOA) as an optimization alternative. It is important to mention that DE is an evolutionary algorithm and TS-MBFOA is a collective intelligence algorithm, where its main difference is the elitism that the DE performs in a generational manner, while TS-MBFOA gives the opportunity to solve problems that are not so promising to survive generationally. A graphical user interface (GUI) was developed for DE, and the JMetaBFOP framework was used with a GUI for TS-MBFOA, both coded in Java. To measure the performance of both, a set of 30 runs of the DE algorithm and the TS-MBFOA approach were performed on a CEC 2006 test problem with the same number of evaluations to make a fair comparison. The results obtained were statistically analyzed using the nonparametric Wilcoxon signed rank test to determine if there were significant differences in performance between the two methods. The findings found when analyzing the results indicate a significant difference with 95% confidence and a *p-value* of 0.00001 between the compared algorithms.

*Keywords:* swarm intelligence algorithms, evolutionary algorithms, differential evolution, metaheuristics, optimization.

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la optimización numérica, Evolución Diferencial (ED) se presenta como una técnica metaheurística poderosa y versátil que busca encontrar soluciones óptimas en espacios de búsqueda complejos, el cual fue conceptualizado por primera vez en un reporte técnico por Storn (1996). Según Bilal et al (2020), ED pertenece a la familia de algoritmos evolutivos, los cuales están inspirados en procesos biológicos y se destacan por su capacidad para abordar problemas de optimización numérica de manera eficiente.

De acuerdo con Song y Li (2021) los problemas de optimización numérica con restricciones (PONR) representan una categoría desafiante en la cual la búsqueda de soluciones óptimas se ve limitada por un conjunto de condiciones llamadas restricciones que deben cumplirse. Este tipo de problemas se encuentran omnipresentes en diversas disciplinas, desde ingeniería y economía hasta ciencias de la computación. La complejidad inherente a estas restricciones impulsa la necesidad de desarrollar enfoques innovadores y eficaces para abordarlos.

Como expresa Mezura-Montes y Coello (2011) los PONR pueden definirse como (1):

Encontrar  $\vec{x}$  que minimice

$$\begin{cases} f(\vec{x}) \\ \text{Sujeto a: } g_i(\vec{x}) \leq 0, & i = 1, \dots, m \\ h_j(\vec{x}) = 0, & j = 1, \dots, p \end{cases} \quad (1)$$

Donde  $\vec{x} \in \mathbb{R}^n$  es el vector de soluciones  $\vec{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ ,  $m$  es el número de restricciones de desigualdad y  $p$  es el número de restricciones de igualdad. Cada  $x_k, k = 1, \dots, n$  está delimitado por los límites superior e inferior  $L_k \leq x_k \leq U_k$  que define el espacio de búsqueda  $S$ .  $F$  comprende el conjunto de todas las soluciones que satisfacen las restricciones de los problemas y se denomina región factible. Tanto la función objetivo como las restricciones pueden ser lineales o no lineales.

En este contexto, las metaheurísticas, como la Evolución Diferencial, emergen como herramientas valiosas para resolver problemas reales modelados matemáticamente. Estas estrategias de búsqueda basadas en heurísticas y técnicas de optimización global permiten enfrentarse a la alta dimensionalidad y no linealidad de los problemas, superando las limitaciones de los métodos tradicionales. Además, las metaheurísticas ofrecen la flexibilidad necesaria para adaptarse a diversas formas de restricciones, lo que las convierte en candidatas ideales para enfrentar problemas complejos y prácticos.

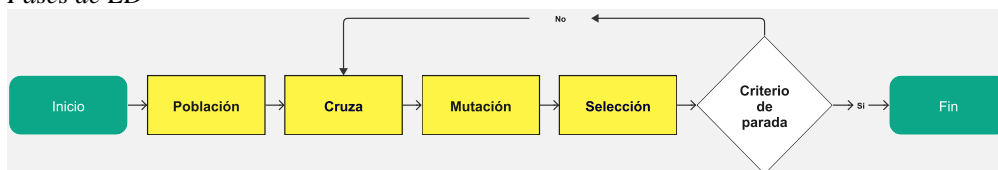
En el presente estudio, nos enfocamos en la aplicación de ED a un problema específico de optimización numérica con restricciones que involucra 5 variables y 6 restricciones. Para evaluar la eficacia del algoritmo ED, lo comparamos con el algoritmo de Optimización Basado en el Forrajeo de Bacterias Modificado con Dos Nados (TS-MBFOA, por sus siglas en inglés), que representa una alternativa de optimización basada en inteligencia colectiva.

Se utilizó un problema de prueba de la conferencia internacional en computación evolutiva (CEC, por sus siglas en inglés) 2006 del instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés), y empleando análisis estadístico riguroso, se buscó no solo destacar la capacidad del algoritmo de Evolución Diferencial para abordar problemas específicos, sino también proporcionar una comparación integral con el TS-MBFOA. Este enfoque contribuye a la comprensión de las capacidades de optimización de la Evolución Diferencial en el contexto de problemas de optimización con restricciones, arrojando luz sobre su viabilidad y eficacia en escenarios del mundo real.

## ED

ED consta de cuatro fases, población, cruza, mutación y selección, como se muestra en la figura 1. Según Mohamad (2022), la población es un proceso de una sola vez, mientras que las tres fases restantes se repiten en el proceso de búsqueda del ED en un espacio de solución D-dimensional.

**Figura 1**  
Fases de ED



Fuente: Elaboración propia de los autores

### Población

Para buscar una solución óptima global real ubicada en un vector D-dimensional con un espacio de parámetros, es la población. Las soluciones iniciales para un problema de optimización multidimensional dado consisten en vectores aleatorios NP de parámetros de valores reales, donde NP representa el valor real de la población ED. Durante la iteración t-ésima, cada solución individual i-ésima de ED se puede representar como un vector D-dimensional como en (2).

$$X_i^t = (X_{i,1}, X_{i,2}, \dots, X_{i,D}) \quad (2)$$

donde  $i = 1, 2, \dots, NP$ . La condición de la población inicial comienza en  $t = 0$ . Las soluciones candidatas iniciales se pueden generar durante la etapa de inicialización sobre la base del límite inferior y superior del espacio de búsqueda de soluciones representado por (3) y (4), a continuación:

$$X_{min} = (X_{min,1}, X_{min,2}, \dots, X_{min,D}) \quad (3)$$

$$X_{max} = (X_{max,1}, X_{max,2}, \dots, X_{max,D}) \quad (4)$$

Para cada  $i$ -ésima solución ED, el componente dimensional  $j$ -ésimo se puede inicializar generando aleatoriamente un valor intermedio, el límite superior de  $X_{max,j}$  y el límite inferior de  $X_{min,j}$ , como se muestra en (5).

$$X_{i,j}^{(0)} = X_{min,j} + rand_{i,j}[0,1](X_{max,j} - X_{min,j}) \quad (5)$$

donde  $rand_{i,j}[0,1]$  es una distribución uniforme que puede generar cualquier valor real entre el rango  $[0,1]$ .

#### Cruza

En este paso, tanto el vector mutante como el objetivo cruzan sus componentes de manera probabilística para producir un vector prueba (descendencia). Este proceso permite que la solución objetivo herede los atributos de la solución donante. Se conocen dos operadores de cruce de uso común como el cruce uniforme y el cruce exponencial. El esquema de cruce uniforme puede ser definido de la siguiente manera:

$$Z_i^t = \begin{cases} Y_{i,j}^t & \text{si } rand_{i,j}[0,1] \leq CR \text{ o } j = k \\ X_{i,j}^t & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (6)$$

donde  $rand_{i,j}$  es un número aleatorio que se encuentra en el rango de  $[0,1]$  y  $k \in 1, 2, \dots, D$  es un índice de dimensión seleccionado aleatoriamente para garantizar que al menos un componente dimensional de la solución de prueba  $Z_i^t$  se herede del vector donante  $Y_{i,j}^t$ .

#### Mutación

En el contexto de la computación, la mutación es un proceso de perturbación aleatorio realizado en variables de decisión seleccionadas. Un vector donante se denota como  $Y_i^t$ , el cual es construido a partir de un proceso de mutación sobre la base de un determinado vector objetivo de  $X_i^t$ . Generalmente, la estrategia de mutación se puede representar como 'ED / \* /n' donde  $n$  se refiere al número de vectores involucrados y  $*$  representa el vector objetivo considerado durante el proceso de mutación.

El propuesto para este trabajo se representa en (7) como:

$$Y_i^t = X_{r1}^t + F(X_{r2}^t - X_{r3}^t) \quad (7)$$

donde  $r1$  es el índice de población de la solución ED seleccionada como el vector base;  $r2$  y  $r3$  son los índices poblacionales de soluciones de ED seleccionadas al azar para construir el vector mutante; y  $F$  es un factor de escala utilizado para controlar el proceso de mutación y tiene un valor de rango entre  $[0,1]$ .

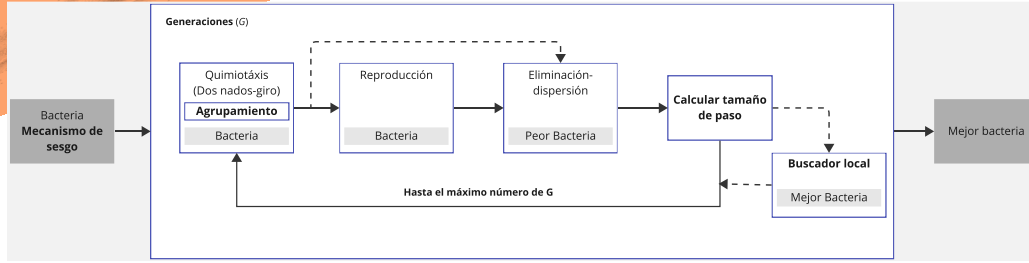
#### Selección

En este proceso se determina la supervivencia de un objetivo (padre) o una solución (hijo) en la siguiente iteración  $X_i^{t+1}$ , manteniendo el tamaño de la población para el proceso de búsqueda. Cuando la nueva población ha sido formada se inicia el proceso de cruce, mutación y selección hasta que se cumplan los criterios de terminación (Mohamad et al., 2022).

#### TS-MBFOA

Con base en Hernández-Ocaña et al. (2016) TS-MBFOA es un algoritmo propuesto para resolver PONR. Una bacteria  $i$  es una solución potencial y se denota como  $\theta^i(j, G)$ , donde  $j$  es el ciclo quimiotáxico y  $G$  es el ciclo generacional representado. En la figura 2 se presenta el proceso general de TS-MBFOA.

**Figura 2**  
**Proceso de TS-MBFOA**



Fuente: <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/2335>

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar y comparar la eficacia del algoritmo ED aplicado a un problema de optimización numérica con restricciones de 5 variables y 6 restricciones, mediante el análisis estadístico de su rendimiento frente a TS-MBFOA, con el fin de proporcionar una evaluación integral de las capacidades de optimización del ED en el contexto de este tipo de problemas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ajustar los parámetros de ED y TS-MBFOA.
- Realizar 30 ejecuciones independientes con 30000 evaluaciones al problema del CEC 2006 usando ED y TS-MBFOA.
- Realizar un análisis estadístico utilizando la prueba no paramétrica *Wilcoxon signed-rank test* para determinar si existen diferencias significativas en el rendimiento entre los algoritmos ED y TS-MBFOA.
- Interpretar y documentar los hallazgos del análisis estadístico.

## OBJETO DE ESTUDIO

En el presente trabajo se usa el problema g04 del CEC 2006 que se define en (8) y (9):

Minimizar:

$$f(\vec{x}) = 5.3578547x_3^2 + 0.8356891x_1x_5 + 37.293239x_1 - 40792.141 \quad (8)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} g_1(\vec{x}) &= 85.334407 + 0.0056858x_2x_5 + 0.0006262x_1x_4 - 0.0022053x_3x_5 - 92 \leq 0 \\ g_2(\vec{x}) &= -85.334407 - 0.0056858x_2x_5 - 0.0006262x_1x_4 + 0.0022053x_3x_5 \leq 0 \\ g_3(\vec{x}) &= 80.51249 + 0.0071317x_2x_5 + 0.0029955x_1x_2 - 0.0021813x_3^2 - 110 \leq 0 \\ g_4(\vec{x}) &= -80.51249 - 0.0071317x_2x_5 - 0.0029955x_1x_2 + 0.0021813x_3^2 + 90 \leq 0 \\ g_5(\vec{x}) &= 9.300961 + 0.0047026x_3x_5 + 0.0012547x_1x_3 + 0.0019085x_3x_4 - 25 \leq 0 \\ g_6(\vec{x}) &= -9.300961 - 0.0047026x_3x_5 - 0.0012547x_1x_3 - 0.0019085x_3x_4 + 20 \leq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Donde  $78 \leq x_1 \leq 102, 33 \leq x_2 \leq 45$  y  $27 \leq x_i \leq 45$  ( $i = 3, 4, 5$ ). La mejor solución es:  $\vec{x}^* = (78, 33, 29.9952560256815985, 45, 36.7758129057882073)$  donde  $f(\vec{x}^*) = -3.066553867178332e^{+004}$ . Con dos restricciones activas ( $g_1$  y  $g_6$ ). (Liang et al., 2006)

## METODOLOGÍA

1. Ajustar los parámetros en la GUI de ED y el *framework* de TS-MBFOA.
2. Realizar 30 ejecuciones independientes con 30000 evaluaciones del problema g04 del CEC 2006.
3. Aplicar la prueba no paramétrica *wilcoxon signed rank test* a los mejores resultados de las 30 ejecuciones de ED y TS-MBFOA.
4. Analizar y comparar los resultados obtenidos mediante ED y TS-MBFOA.
5. Documentar los resultados obtenidos de la prueba no paramétrica *wilcoxon signed rank test*.

## FASES DEL DESARROLLO

Tanto ED como TS-MBFOA se ejecutaron en una computadora personal con un procesador AMD Ryzen 5 5600G 3.9 GHz, memoria RAM de 16 GB y sistema operativo Windows 11 de 64-bits. Para evaluar el problema se realizaron 30 ejecuciones independientes con 30000 evaluaciones.

En la tabla 1 se muestran los valores de los parámetros de ED, estos son valores de moda obtenidos de la revisión del estado del arte del artículo Ahmad et al. (2022) en el cual se analizaron 192 artículos.

**Tabla 1***Ajuste de Parámetros ED*

Parámetro	Valor
NP	100
F	0.5
CR	0.9
Evaluaciones	30000

Nota: NP es el tamaño de la población, F es el operador de mutación y CR es el operador de cruza. Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la tabla 2 se muestran los valores de los parámetros de TS-MBFOA, estos son valores obtenidos del artículo García-López et al. (2023) donde se resolvieron problemas de optimización global.

**Tabla 2***Ajuste de Parámetros TS-MBFOA*

Parámetro	Valor
Bacteria	14
Tamaño de paso	0.0005
Ciclos quimiotáxicos	7
Factor de escala	1.95
Bacterias para reproducirse	1
Frecuencia de reproducción	100
Evaluaciones	30000

Fuente: Elaboración propia de los autores.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Al comparar los resultados de las 30 ejecuciones independientes de ED y TS-MBFOA en las tablas 3 y 4 para la minimización del problema se puede observar que ambos algoritmos encuentran resultados óptimos y cercanos al mejor valor encontrado de acuerdo con el estado del arte, el cual es -30665.538617834. Es importante notar que ED requiere de configurar menos parámetros que TS-MBFOA y aun así obtiene buenos resultados. De acuerdo con la prueba no paramétrica de *Wilcoxon signed rank test* con un 95% de confianza, existe una diferencia significativa entre los resultados de ED y TS-MBFOA con un *p-value* de 0.00001, para ello se tomaron las mejores soluciones de cada ejecución independiente. En la tabla 5 se hace una comparación de las estadísticas básicas entre ED y TS-MBFOA.



**Tabla 3**  
*Resultados de ED*

<b>Ejecución</b>	<b><math>x_1</math></b>	<b><math>x_2</math></b>	<b><math>x_3</math></b>	<b><math>x_4</math></b>	<b><math>x_5</math></b>	<b>Función objetivo</b>
1	78.0000004	33.0000001	29.9952563	44.9999988	36.7758127	-30665.5386
2	78.0000001	33.0000001	29.9952562	44.9999999	36.7758125	-30665.5386
3	78.0000001	33	29.9952561	44.9999999	36.7758128	-30665.5386
4	78.0000001	33.0000001	29.9952561	45	36.7758127	-30665.5386
5	78	33.0000001	29.9952561	44.9999999	36.7758128	-30665.5387
6	78.0000001	33.0000002	29.9952562	44.9999991	36.7758128	-30665.5386
7	78.0000003	33.0000003	29.9952563	44.9999989	36.7758129	-30665.5386
8	78.0000003	33	29.9952564	44.9999999	36.775812	-30665.5386
9	78.0000001	33.0000005	29.9952563	44.9999996	36.7758124	-30665.5386
10	78.0000003	33.0000002	29.9952563	44.999999	36.7758127	-30665.5386
11	78.0000001	33.0000002	29.9952563	44.9999997	36.7758124	-30665.5386
12	78.0000004	33.0000001	29.9952562	44.9999993	36.7758126	-30665.5386
13	78.0000004	33.0000001	29.9952561	44.9999998	36.7758127	-30665.5386
14	78.0000007	33.0000001	29.9952561	45	36.7758125	-30665.5386
15	78	33.0000001	29.9952561	44.9999995	36.7758128	-30665.5386
16	78	33.0000002	29.9952565	44.9999997	36.7758119	-30665.5386
17	78.0000001	33.0000001	29.9952562	44.9999998	36.7758126	-30665.5386
18	78	33.0000003	29.9952562	44.9999996	36.7758126	-30665.5386
<b>19</b>	<b>78</b>	<b>33</b>	<b>29.9952561</b>	<b>44.9999999</b>	<b>36.7758128</b>	<b>-30665.5387</b>
20	78.0000001	33.0000005	29.9952567	44.9999997	36.7758115	-30665.5385
21	78	33.0000001	29.9952561	44.9999998	36.7758128	-30665.5386
22	78.0000003	33	29.9952564	44.9999994	36.7758127	-30665.5386
23	78.0000007	33.0000002	29.9952561	44.9999998	36.7758125	-30665.5386
24	78.0000002	33.0000003	29.9952562	44.9999999	36.7758124	-30665.5386
25	78.0000003	33	29.9952561	44.9999998	36.7758129	-30665.5386
26	78.0000003	33.0000002	29.9952563	44.9999995	36.7758123	-30665.5386
27	78.0000001	33.0000004	29.9952563	44.9999998	36.7758123	-30665.5386
28	78.0000008	33.0000004	29.9952563	44.9999997	36.7758123	-30665.5386
29	78.0000007	33.0000001	29.9952561	44.9999999	36.7758126	-30665.5386
30	78	33.0000002	29.9952563	44.9999996	36.7758125	-30665.5386

Fuente: Elaboración propia de los autores.

**Tabla 4**  
*Resultados de TS-MBFOA*

Ejecución	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	Función objetivo
1	78	33	29.995256	44.9999999	36.7758128	-30665.5387
2	78	33	29.995256	44.9999999	36.7758128	-30665.5387
3	78.0000002	33.0000002	29.9952564	45	36.7758127	-30665.5385
4	78	33	29.995256	44.9999999	36.7758128	-30665.5387
5	78	33	29.995256	44.9999998	36.7758129	-30665.5387
6	78	33	29.9952561	44.9999998	36.7758128	-30665.5387
7	78	33	29.995256	44.9999995	36.7758128	-30665.5387
8	78	33	29.995256	44.9999999	36.7758125	-30665.5387
9	78	33	29.995256	44.9999998	36.7758126	-30665.5387
10	78	33	29.995256	44.9999996	36.7758126	-30665.5387
11	78	33	29.995256	44.9999998	36.7758127	-30665.5387
12	78	33	29.995256	44.9999999	36.7758124	-30665.5387
13	78	33	29.995256	44.9999997	36.7758124	-30665.5387
14	78	33	29.995256	45	36.7758125	-30665.5387
15	78	33	29.995256	44.9999996	36.7758125	-30665.5387
16	78	33	29.995256	44.9999991	36.7758128	-30665.5387
17	78	33	29.995256	44.9999998	36.7758123	-30665.5387
18	78	33	29.995256	44.9999998	36.7758125	-30665.5387
19	101.926384	39.7673186	40.4318712	44.9999999	36.7758126	-30665.5387
20	78	33	29.995256	44.9999996	36.7758124	-30665.5387
21	78	33	29.995256	44.9999993	36.7758126	-30665.5387
22	78	33	29.995256	44.9999995	36.7758123	-30665.5387
23	78	33	29.995256	44.999999	36.7758127	-30665.5387
<b>24</b>	<b>78</b>	<b>33</b>	<b>29.995256</b>	<b>44.9999999</b>	<b>36.775812</b>	<b>-30665.5387</b>
25	78	33	29.995256	44.9999997	36.7758119	-30665.5387
26	78	33	29.995256	44.9999988	36.7758127	-30665.5387
27	78	33	29.995256	44.9999989	36.7758129	-30665.5387
28	78	33	29.995256	44.9999997	36.7758123	-30665.5387
29	78	33	29.995256	44.9999994	36.7758127	-30665.5387
30	78	33	29.995256	44.9999997	36.7758115	-30665.5387

Fuente: Elaboración propia de los autores.

**Tabla 5***Comparación de Estadísticas Básicas de los Resultados de ED y TS-MBFOA*

<b>Criterio</b>	<b>ED</b>	<b>TS-MBFOA</b>
<b>Mejor</b>	-30665.53865258609	-30665.538671783335
<b>Media</b>	-30665.538610260493	-30665.538666529967
<b>Desviación estándar</b>	2.9998088E-5	2.7203E-05
<b>Peor</b>	-30665.538530931037	-30665.538520147216

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Según la tabla 5 se puede observar que tanto ED como TS-MBFOA encontraron soluciones óptimas y al existir poca diferencia entre los resultados se puede comparar el tiempo de ejecución de cada algoritmo para observar el costo computacional en un trabajo futuro.

### **CONCLUSIÓN**

El algoritmo de Evolución Diferencial destaca como una opción sobresaliente entre los Algoritmos Evolutivos para abordar la optimización de problemas numéricos con restricciones, teniendo como evidencian los resultados obtenidos en cada problema evaluado en este estudio. La eficacia de ED se puso de manifiesto al resolver con éxito el problema propuesto, requiriendo una mínima calibración de parámetros y utilizando principalmente los operadores de cruce y mutación.

### **AGRADECIMIENTO**

Al Consejo Nacional De Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por apoyar el programa de Maestría en Ciencias de la Computación de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Bilal, Pant, M., Zaheer, H., Garcia-Hernandez, L., Abraham, A. (2020). Differential Evolution: A review of more than two decades of research. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 90. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095219762030004X>
- García-López, A. & Chávez-Bosquez, O., Hernández-Torruco, J., Hernández-Ocaña, B. (2023). JMetaBFOP: A tool for solving global optimization problems. *SSRN Electronic Journal*. 23. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352711023001486>.
- Hernández-Ocaña, B., Pozos-Parra, M., Mezura-Montes, E., Portilla-Flores, E., Vega-Alvarado, E., Calva-Yáñez, M. (2016). Two-swim operators in the modified bacterial foraging algorithm for the optimal synthesis of four-bar mechanisms. *Computational Intelligence and Neuroscience*, doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4525294>
- Liang, J., Runarsson, T., Mezura-Montes, E., Clerc, M., Suganthan, P., Coello, C., Deb, K. (2006). Problem definitions and evaluation criteria for the CEC 2006 special session on constrained real-parameter optimization. Nanyang Technological University, Singapore, Tech. Rep. 41. Recuperado de [https://www.lania.mx/~emezura/util/files/tr\\_cec06.pdf](https://www.lania.mx/~emezura/util/files/tr_cec06.pdf)
- Mezura-Montes, E., Coello, C. (2011). Constraint-handling in nature-inspired numerical optimization: Past, present and future. *Swarm and Evolutionary Computation*, 1, p. 173-194. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210650211000538>
- Mohamad, F. A., Nor, A. M., Wei, H. L., & Koon, M. A. (2022). Differential evolution: A recent review based on state-of-the-art works. *Alexandria Engineering Journal*, 61, p. 3831-3872. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.09.013>
- Song, E., Li, H. (2021). Differential evolution using novel individual evaluation and constraint handling techniques for constrained optimization. *Soft Computing*. 25. doi:10.1007/s00500-021-05831-0.
- Storn, R. (1996) On the usage of differential evolution for function optimization. *Proceedings of North American Fuzzy Information Processing*, Berkeley, CA, USA, p. 519-523, doi: 10.1109/NAFIPS.1996.534789.

# Rendimiento de un algoritmo evolutivo usando mutación adaptativa, aleatoria y estática

<sup>1</sup>Pablo Hernández Ocaña

<sup>2</sup>Betania Hernández Ocaña

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, [pablohernandezocana4395@gmail.com](mailto:pablohernandezocana4395@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, [betania.h.o@gmail.com](mailto:betania.h.o@gmail.com)

## Línea de investigación:

### Resumen

El algoritmo Evolución diferencial es usado para resolver problemas de optimización de diferentes áreas y es muy usado debido al poco número de operadores a calibrar. Sin embargo, los operadores de mutación, cruza y selección se han estudiado en diferentes propuestas. En este trabajo se presenta una revisión del algoritmo Evolución Diferencial describiendo sus fases con el objetivo de evaluar el rendimiento al modificar el factor de mutación de manera dinámica, aleatoria y estática sin incrementar los parámetros definidos por el usuario final. Para conocer el rendimiento del algoritmo con cuatro tipos de mutaciones, este se aplicó a un problema de ingeniería, donde los resultados favorecen a la mutación dinámica descendente.

Palabras Clave: Evolución Diferencial, mutación, optimización, operadores de mutación.

### Abstract

The Differential Evolution algorithm is used to solve optimization problems in different areas and is widely used due to the small number of operators to calibrate. However, mutation, crossover, and selection operators have been studied in different proposals. In this work, a review of the Differential Evolution algorithm is presented, describing its phases with the objective of evaluating the performance by modifying the mutation factor in a dynamic, random, and static way without increasing the parameters defined by the end user. To know the performance of the algorithm with four types of mutations, it was applied to an engineering problem, where the results favor dynamic downward mutation.

Keywords: Differential Evolution, mutation, optimization, mutation operators.

## INTRODUCCIÓN

Los algoritmos evolutivos son un conjunto de algoritmos inspirados en la teoría de evolución de las especies desarrollada por Darwin. Surgen de la necesidad de desarrollar nuevas metaheurísticas que permitan resolver problemas de optimización con naturaleza multivariable, no lineales, no diferenciables y discontinuos. Los métodos de programación matemáticos tradicionales son optimizadores de problemas; sin embargo, se centran en la optimización de una característica requiriendo una gran comprensión de estas para seleccionar espacios de parámetros potenciales para obtener buenos resultados (Ahmad et al., 2022). Dentro del conjunto de algoritmos evolutivos podemos encontrar Evolución Diferencial (ED), Algoritmo Genético (AG), Programación Evolutiva (EP), Estrategias de Evolución (EE), los cuales comparten en común las fases descritas en la teoría de la evolución como mutación, cruza, selección y supervivencia del más apto.

Evolución diferencial es un algoritmo de búsqueda estocástica para optimizar funciones espaciales continuas (Storn & Price, 1997), por ejemplo, un problema general de programación no-lineal y se puede definir como: Minimizar o Maximizar  $f(\vec{x})$  sujeta a:  $g_i(\vec{x}) \leq 0, i = 1, \dots, m$  y/o  $h_i(\vec{x}) = 0, j = 1, \dots, p$ . Donde  $\vec{x} \in R^n$  tal que  $n \geq 1$ , es el vector de soluciones  $\vec{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^t$ , donde cada  $x_i, i = 1, \dots, n$  está delimitada por el límite inferior y superior  $L_i \leq x_i \leq U_i$ ;  $m$  es el número de restricciones de desigualdad y  $p$  es el número de restricciones de igualdad (en ambos casos, las restricciones podrían ser lineales o no lineales). Si denotamos con  $W$  a la región factible (donde se encuentran todas las soluciones que satisfacen al problema) y con  $S$  a todo el espacio de búsqueda, entonces  $W \subseteq S$ .

A partir del ED original se han desarrollado variantes con modificaciones en los operadores en la búsqueda de mejorar la velocidad de convergencia y calidad de los resultados. Las modificaciones incluyen distintas estrategias en los operadores de ED e incluyendo la hibridación con otros algoritmos (Ahmad et al., 2022). En la literatura se encuentran diferentes propuestas en el operador de mutación como la selección aleatoria de individuos según su ranking en la población (Gong & Cai, 2013), división de la población de individuos en subconjuntos y aplicar diferentes estrategias en cada uno (Ali et al., 2015), modificación del operador de mutación original para agregar el mejor individuo de un subconjunto aleatorio de la población (Islam et al., 2012), entre muchos más, las cuales buscan controlar el operador de mutación de manera dinámica, estática o aleatoria. En la mayoría de los casos, incorporando un parámetro más al algoritmo, el cual debe ser definido por el usuario final (Ahmad et al., 2022).

Este trabajo se centra en la adaptación del operador de mutación, siguiendo la forma del operador original. Se realizan las pruebas de rendimiento del algoritmo ED en un problema de optimización con restricciones usando cuatro diferentes operadores de mutación en diferentes ejecuciones independientes: Mutación Dinámica Ascendente (MDA) y Mutación Dinámica Descendente (MDD), Mutación Estática (ME) y Mutación Aleatoria (MA).

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar el rendimiento del algoritmo ED original modificando el factor de mutación de manera dinámica ascendente (MDA) y descendente (MDD), estática (ME) y aleatoria (MA) aplicado a un problema de ingeniería.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Crear fórmulas que permitan generar el factor de MDA y MDD sin agregar más parámetros al algoritmo definidos por el usuario final.
- Interfaz gráfica del ED con nuevos componentes de los tipos de mutación a evaluar
- Reporte de implementación y análisis de resultados de la ejecución del ED sobre el problema de optimización que minimiza un resorte tensión/compresión.
- Realizar las pruebas de variabilidad *Kruskal-Wallis* y Post-Hoc de Dunn en los resultados obtenidos.

### OBJETO DE ESTUDIO

Conocer el comportamiento del algoritmo ED frente a adaptaciones del operador de mutación.

### METODOLOGÍA

En este trabajo se realizó una revisión de algoritmo ED para proponer las modificaciones al operador de mutación. Aplicando investigación cuantitativa con el empleo de un método experimental para obtener los resultados de las corridas del algoritmo frente a un problema de ingeniería usando una interfaz gráfica desarrollada en el lenguaje de programación *opensource* Java y, posteriormente realizar un análisis cuantitativo de los datos obtenidos usando estadísticas básicas, gráficos y hojas de cálculo.

### FASES DE DESARROLLO

#### REVISIÓN DEL ALGORITMO ED

Se realizó una búsqueda de la literatura para conocer a detalle ED, las modificaciones propuestas en los operadores y los parámetros recomendados para realizar las evaluaciones del algoritmo. A continuación, una revisión del algoritmo ED.

#### Evolución Diferencial

ED es un algoritmo metaheurístico exitoso, existen diferentes versiones como: DE/rand/1, DE/rand/2, DE/best/1, DE/best/2, DE/current-to-best/1 (Ahmad et al., 2022). A continuación, una descripción simple de las fases de ED propuesto por Storn (DE/rand/1):



1) **Inicialización**, en ED un individuo es un vector de parámetros. Donde  $NP$  es el número de individuos.

$$x_i, G, i = 1, 2, \dots, NP(1)$$

donde  $G$  son el número de generaciones que se repetirán los procesos o fases del algoritmo. La población de vectores inicial se genera de manera aleatoria con distribución uniforme usando como límites los rangos de las variables del problema  $x_i$ .

2) **Mutación** es una alteración del ADN de un ser vivo. En ED la mutación tiene la finalidad de explorar nuevos campos de búsqueda. En esta fase se crea un vector mutante seleccionando 3 individuos aleatorios de la población siguiendo la siguiente fórmula 2 (una versión de ED llamada DE/rand/1):

$$V_i, G + 1 = x_{r1}, G + F (x_{r2}, G - x_{r3}, G) \quad (2)$$

Donde  $F$  es un factor de mutación,  $F \in [0,1]$ .

$x_{rn}, G$  es un individuo seleccionado de manera aleatoria,  $r_1, r_2, r_3 \in 1, 2, \dots, NP$ .

3) **Cruza**, en esta fase el individuo obtenido en la mutación se combina con el individuo actual. La combinación resultante es realizada siguiendo la fórmula 3:

$$u_i, G + 1 = (u_{1i}, G + 1, u_{2i}, G + 1, \dots, u_{Di}, G + 1) \text{ donde:}$$

$$u_{ji}, G + 1 = \begin{cases} v_{ji}, G + 1 & \text{if } (randb(j) \leq CR \text{ or } j = rnbr(i)) \\ x_{ji}, G + 1 & \text{if } (randb(j) > CR \text{ and } j \neq rnbr(i)) \end{cases} \\ j = 1, 2, \dots, D(3)$$

Donde  $randb(j)$  es un número real aleatorio en  $[0,1]$  y se genera por cada elemento del vector.  $CR$  es una constante de cruza y es un número real en  $[0,1]$ . Dependiendo el valor de  $randb(j)$  en comparación con  $CR$  se determina el gen que tomará el nuevo vector.

4) **Selección**, el individuo de prueba  $u_i, G + 1$  obtenido es evaluado en la función objetivo y su resultado es comparado con el individuo actual  $v_i, G + 1$ . Si el individuo de prueba es mejor, sustituye al individuo para la siguiente generación  $G + 1$ .

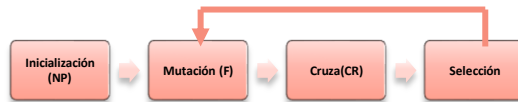
Al finalizar las generaciones de ED se selecciona al mejor individuo de la población evaluado por la función objetivo, los valores del vector corresponden a los mejores valores obtenidos a través de las generaciones y es una solución factible al problema.

ED es un algoritmo con escasos parámetros a definir por el usuario final, la versión más simple de ED tiene como parámetros  $NP$  (número de población),  $CR$  (constante de cruza),  $F$  (factor de mutación) y  $Gmax$  (Generaciones o repeticiones de los procesos del algoritmo).

El esquema de las fases del ED se muestra en la figura 1.

**Figura 59**

**Esquema del Algoritmo ED**



En una reciente revisión del estado del arte, el valor de moda de los parámetros del algoritmo ED son (Ahmad et al., 2022):  $Gmax=400$ ,  $CR=0.5$ ,  $NP=50$ , Iteraciones=30.

#### **Propuestas para Adaptar el Operador Mutación**

Para el operador con ME los valores comunes, de acuerdo con la revisión del estado del arte, son:  $F=0.1, 0.3, 0.5, 0.7$  y  $0.9$ .

El operador con MA pertenece al intervalo  $(0,1)$  y se actualiza en cada generación.

En este trabajo se optó por usar MDs que no agregaran más parámetros a definir por el usuario final, sino usar las ya existentes para poder crear el valor dinámico al factor de mutación.

Para las mutaciones dinámicas se establecieron las siguientes fórmulas y obtener el valor al factor de mutación en cada generación.

Mutación Dinámica Ascendente:

$$F = \frac{g + 1}{Gmax}, \quad g = 0, 1, \dots, Gmax(4)$$

Mutación Dinámica Descendente:

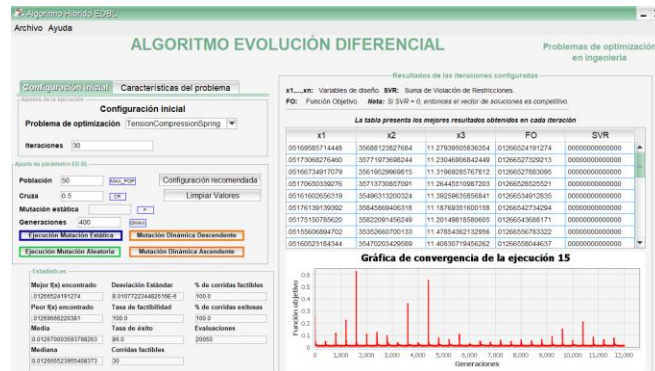
$$F = 1 - \frac{g}{Gmax}, \quad g = 0, 1, \dots, Gmax(5)$$

## Desarrolló una Interfaz Gráfica para el Algoritmo ED en JAVA

En esta se incluye la codificación del algoritmo ED y el problema de prueba. Además, el usuario puede configurar los parámetros y el tipo de mutación a emplear. Los resultados son mostrados en una tabla dentro de la interfaz gráfica y se generan hojas de cálculo junto las estadísticas que ayudan a evaluar la calidad de los resultados.

**Figura 60.**

**Interfaz gráfica de ED con distintas mutaciones**



El problema de prueba tiene como objetivo optimizar el peso de un resorte sujeto a restricciones de desviación mínima, tensión de corte, frecuencia de oleada y límites sobre el diámetro exterior (Mezura-Montes & Hernández-Ocana, 2008). El problema tiene las variables diámetro del rollo  $D(x_2)$ , diámetro del cable  $d(x_1)$  y número de rollos involucrados  $N(x_3)$ . La definición del problema es la siguiente:

Minimizar:  $(N + 2)Dd^2$ .

Bajo las restricciones:  $g1(X) = 1 - (D^3N/71785d^4) \leq 0$ ,  $g2(X) = (4D^2 - dD/12566(Dd^3 - d^4)) + (1/5108d^2) - 1 \leq 0$ ,  $g3(X) = 1 - (140.45d/D^2N) \leq 0$ ,  $g4(X) = (D + d/1.5) - 1 \leq 0$ .

Donde:  $0.05 \leq d \leq 2$ ,  $0.25 \leq D \leq 1.3$  y  $2 \leq N \leq 15$ .

Evaluaciones del Algoritmo ED frente al problema de Optimización

### RESULTADOS

Para evaluar el comportamiento del algoritmo ED, se calcularon las siguientes medidas de rendimiento para problemas de optimización restringidos inspirados en la naturaleza, tomadas de Liang et al. (2006):

- Solución factible: valores a las variables del problema dentro del rango que satisfacen a todas las restricciones del problema.
- Ejecución factible: ejecución donde se encuentra al menos una solución factible al problema dentro del número máximo de evaluaciones o generaciones permitidas por el algoritmo.
- Tasa de factibilidad= (número de ejecuciones factibles / ejecuciones totales) \*100.

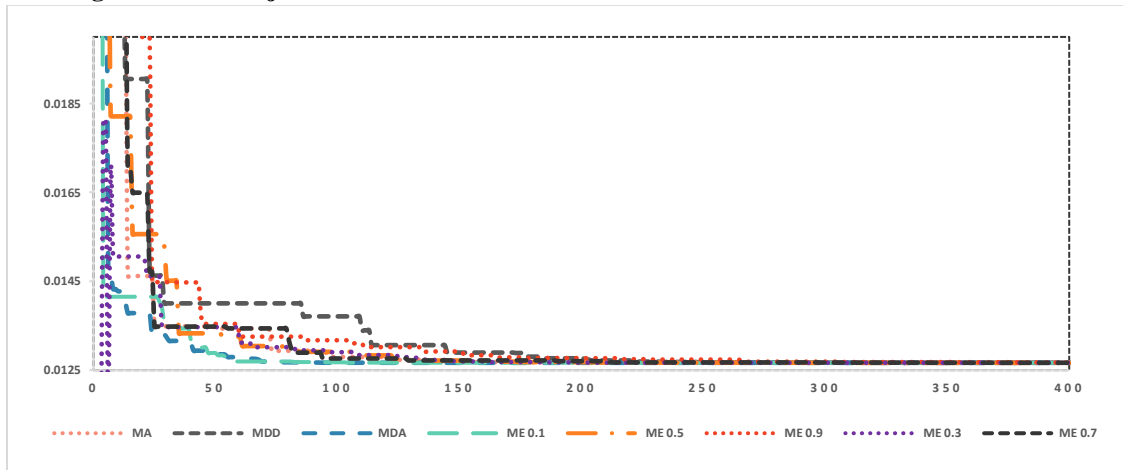
Los resultados estadísticos son presentados en la Tabla 1. Los mejores valores son remarcados en negritas, cabe mencionar que hay valores atípicos (\*) debido a que, en ciertas ejecuciones de ED con MA, MDA y ME con  $F=0.1$  y  $0.3$  existieron soluciones no factibles. Estadísticamente, la ME con  $F=0.3$  obtiene el mejor valor para la función objetivo del problema, seguido de MDD y MDA, todas estas soluciones similares o mejores al mejor valor conocido en el estado del arte para este problema.

La desviación estándar de MDD es el segundo mejor después de un ME con  $F=0.9$ , lo cual indica que ED con este tipo de mutación tiene mayor consistencia de resultados. ED con MDD y ME con  $F=0.5$ ,  $0.7$  y  $0.9$  obtiene una tasa de factibilidad del 100, es decir, en cada una de las 30 ejecuciones independientes se encontraron soluciones factibles. Por lo tanto, estadísticamente, ED con MDD obtiene mejores resultados.

**Tabla 21**  
Estadísticas de las 30 ejecuciones independientes

ED	Mejor	Peor	Media	Mediana	Desviación Estándar	Tasa de factibilidad	No. ejecuciones factibles
MA*	0.0126653	0.0128755	0.0120224	0.0126834	0.0025454	93	28
MDA*	0.0126652	0.0177873	0.0105058	0.0129979	0.0053966	70	21
MDD	0.0126652	<b>0.0126967</b>	<b>0.0126700</b>	<b>0.0126665</b>	0.0000080	<b>100</b>	<b>30</b>
ME 0.1*	0.0126657	0.0204658	0.0131225	0.0133024	0.0036599	90	27
ME 0.3*	<b>0.0126652</b>	0.0139654	0.0124996	0.0127325	0.0018773	96	29
ME 0.5	0.0126653	0.0128338	0.0126830	0.0126713	0.0000325	<b>100</b>	<b>30</b>
ME 0.7	0.0126657	0.0127781	0.0126763	0.0126675	0.0000250	<b>100</b>	<b>30</b>
ME 0.9	0.0126675	0.0127046	0.0126763	0.0126740	<b>0.0000078</b>	<b>100</b>	<b>30</b>

**Figura 61**  
Convergencia de la Mejor Iteración de cada Evaluación



El experimento fue repetido un total de 30 veces y se seleccionó la muestra con mejor resultado según la función objetivo para realizar el gráfico de convergencia de la Figura 3. En el gráfico de convergencia se puede observar que los factores de mutación más cercanos a 0 tienen una convergencia más rápida al necesitar menor número de generaciones, específicamente ME con mutación 0.1 y MDA generan soluciones factibles a partir de la generación 100, esto significa que necesitan menor tiempo de cómputo. En contraparte, las restantes mutaciones generan soluciones factibles a partir de la generación 200.

Es visible notar escalones en todas las mutaciones donde no hay cambio en los resultados durante cierto número de generaciones, esto significa que encuentran un óptimo local en el espacio de búsqueda, pero son capaces de salir y seguir la exploración. En ninguno de los casos existe una convergencia no exitosa, todos muestran una convergencia exitosa progresiva. ME 0.3 viola las restricciones en las primeras generaciones por eso es visible los saltos inusuales que presenta al inicio de las generaciones.

La prueba no paramétrica *Kruskal-Wallis* (Liang et al., 2006) fue utilizada para saber si existe diferencia significativa entre los resultados de cada versión de ED con diferente mutación (8 versiones). Cabe mencionar que, para hacer una comparación justa, solo se usaron 21 ejecuciones factibles de cada grupo de 30 ejecuciones independientes por versión del ED, debido a que la versión de MDA solo obtuvo 21 de 30 ejecuciones independientes factibles. El conjunto de soluciones de las ejecuciones independientes de cada versión de ED fueron ordenadas de menor a mayor con respecto a la función objetivo y fueron descartadas las ejecuciones con soluciones no factibles. 8 grupos de 21 soluciones factibles (valores de la función objetivo) fueron introducidos a la calculadora online *Kruskal Wallis Test Calculator* de *Statistics Kingdom*, donde la prueba indicó que existe una diferencia significativa en la variable dependiente entre los diferentes grupos,  $\chi^2(7) = 90.88$ ,  $p < 0.001$ , con una puntuación de rango media de 81 para MA, 136.86 para MDA, 32.48 para MDD, 134.38 para ME0.1, 100.57 para ME0.3, 57.71 para ME0.5, 48.24 para ME0.7, 84.76 para ME0.9 (Statistics Kingdom, 2023)

La prueba Post-Hoc de Dunn que utiliza un alfa corregido de Bonferroni de 0.0018 indicó que los rangos medios de los siguientes pares son significativamente diferentes (ver Tabla 2, valores en color rojo indican diferencia significativa):

**Tabla 2**  
**Resultados de la Prueba No Paramétrica Kruskal-Wallis**

<b>Versión de ED</b>	<b>p-value</b>
MA-MDA	0.0001984
MA-MDD	0.001227
MA-ME0.1	0.0003764
MA-ME0.3	0.192303
MA-ME0.5	0.120846
MA-ME0.7	0.0290718
MA-ME0.9	0.8021171
MDA-MDD	3.56E-12
MDA-ME0.1	0.8689777
MDA-ME0.3	0.0156379
MDA-ME0.5	1.35E-07
MDA-ME0.7	3.56E-09
MDA-ME0.9	0.0005196
MDD-ME0.1	1.13E-11
MDD-ME0.3	5.724E-06
MDD-ME0.5	0.0927057
MDD-ME0.7	0.2937107
MDD-ME0.9	0.0004956
ME0.1-ME0.3	0.0243033
ME0.1-ME0.5	3.27E-07
ME0.1-ME0.7	9.55E-09
ME0.1-ME0.9	0.0009481
ME0.3-ME0.5	0.0043033
ME0.3-ME0.7	0.0004897
ME0.3-ME0.9	0.2922547
ME0.5-ME0.7	0.5278584
ME0.5-ME0.9	0.0715705
ME0.7-ME0.9	0.0149694

Las diferencias significativas prevalecen en las versiones de mutación dinámicas de acuerdo con la prueba no paramétrica *Kruskal-Wallis*. Cabe mencionar que, en las versiones dinámicas, el algoritmo ED reduce el número de parámetros a configurar por el usuario final, debido a que el factor  $F$  se calcula automáticamente en cada generación.

### CONCLUSIÓN

En este trabajo se describe el algoritmo Evolución Diferencial y sus fases para la solución de problemas de optimización haciendo énfasis en la fase de mutación donde se propone realizar variaciones en el factor de mutación  $F$  de manera: dinámica, aleatoria y estática y, por ende, evaluar el rendimiento del algoritmo frente a las variaciones presentadas. Como problema de optimización se empleó el resorte tensión/compresión y los resultados obtenidos muestran que para este problema la Mutación Estática con  $F=0.1$  y la Mutación Dinámica Ascendente convergen con mayor rapidez, sin embargo, la calidad de los resultados no son los más consistentes según las estadísticas reportadas. La Mutación Dinámica Descendente, aun cuando tiene la convergencia más lenta de todos los casos de variación de mutación, su desviación estándar, es por mucho la menor obtenida junto con la Mutación Estática con  $F=0.9$ ; al comparar estadísticamente estas propuestas, Mutación Dinámica Descendente obtiene mejores resultados en mejor, media y mediana.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, M. F., Isa, N. A. M., Lim, W. H., & Ang, K. M. (2022). Differential evolution: A recent review based on state-of-the-art works. *Alexandria Engineering Journal*, 61(5), 3831–3872. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.09.013>
- Ali, M. Z., Awad, N. H., & Suganthan, P. N. (2015). Multi-population differential evolution with balanced ensemble of mutation strategies for large-scale global optimization. *Applied Soft Computing*, 33, 304–327. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2015.04.019>
- Gong, W., & Cai, Z. (2013). Differential evolution with ranking-based mutation operators. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 43(6), 2066–2081.
- Islam, S. M., Das, S., Ghosh, S., Roy, S., & Suganthan, P. N. (2012). An Adaptive Differential Evolution Algorithm With Novel Mutation and Crossover Strategies for Global Numerical Optimization. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 42(2), 482–500. <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2011.2167966>
- Liang, J. J., Runarsson, T. P., Mezura-Montes, E., Clerc, M., Suganthan, P. N., Coello, C. A. C., & Deb, K. (2006). Problem definitions and evaluation criteria for the CEC 2006 special session on constrained real-parameter optimization. *Journal of Applied Mechanics*, 41(8), 8–31.
- Mezura-Montes, E., & Hernández-Ocana, B. (2008). Bacterial foraging for engineering design problems: preliminary results. *Memorias Del 4o Congreso Nacional de Computación Evolutiva (COMCEV'2008)*.
- Statistics Kingdom. (2023). *Kruskal Wallis Test Calculator*. <https://www.statskingdom.com/kruskal-wallis-calculator.html>
- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for global Optimization over Continuous Spaces. *Journal of Global Optimization*, 11, 341–359.



# Realidad Aumentada: Análisis de Tendencias Prácticas Educativas

Maria del Carmen Ramos Gallegos<sup>1</sup>

Erika Yunuen Morales Mateos<sup>1</sup>

Laura López Díaz<sup>1</sup>

Óscar Alberto González González<sup>1</sup>

*1 División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán - Jalpa KM. 1 Col. La esmeralda CP86690, Cunduacán, Tabasco, México.*

[192H16005@alumno.ujat.mx](mailto:192H16005@alumno.ujat.mx)

[erika.morales@ujat.mx](mailto:erika.morales@ujat.mx), [laura.lopez@ujat.mx](mailto:laura.lopez@ujat.mx), [oscar.gonzalez@ujat.mx](mailto:oscar.gonzalez@ujat.mx)

**Línea de investigación:** Realidad Virtual, Aumentada y Virtual

## Resumen

Los entornos virtuales han tenido un impacto significativo en la educación, transformando la forma en que se enseña y se aprende. Estos entornos, que incluyen plataformas en línea, software de simulación, Realidad Virtual y Realidad Aumentada, han traído consigo varios cambios: acceso global a la educación, flexibilidad y aprendizaje a distancia, variedad de recursos, personalización del aprendizaje, colaboración y participación, experiencias inmersivas, reducción de costos, desafíos tecnológicos, necesidad de autodisciplina.

Los entornos virtuales han revolucionado la educación al hacerla más accesible, flexible y personalizada. Sin embargo, también presentan desafíos que deben ser abordados para maximizar su impacto positivo en el aprendizaje, el cual en su mayoría se ha implementado con un gran impacto dentro del campo del patrimonio cultural que busca el fin de atraer más visitantes o turistas dentro de algún centro turístico, un museo, zonas arqueológicas, entre muchas otras más. La Realidad Aumentada en el patrimonio cultural es una aplicación que combina la tecnología digital con la preservación y promoción del patrimonio histórico y cultural. La combinación de la realidad aumentada con el patrimonio cultural no solo enriquece la experiencia del visitante, sino que también contribuye a la preservación y difusión de la historia y la cultura de una manera más accesible y atractiva, es una herramienta versátil que mejora la forma en que los estudiantes interactúan con la información y el conocimiento, también puede mejorar la retención de la información al proporcionar experiencias más inmersivas y significativas. La Realidad Aumentada en la educación es una herramienta versátil que mejora la forma en que los estudiantes interactúan con la información y el conocimiento. Además, contribuye a la adaptación de la educación a las tecnologías emergentes, preparando a los estudiantes para un mundo cada vez más digitalizado. Esto debido a que los estudiantes pueden explorar virtualmente lugares históricos, interactuar con objetos culturales y participar en experiencias educativas inmersivas desde cualquier ubicación.

En este documento se presenta una investigación de tipo cualitativo, para lo cual se revisaron diferentes artículos recuperados de diferentes plataformas académicas que vinculan la Realidad Aumentada con el campo de la educación y el patrimonio cultural, se analizó la información encontrada y se comparan los elementos claves de los documentos consultados, como lo son el objetivo, las herramientas utilizadas, público a quien se dirige, año en que se realizó, entre otras. Los resultados muestran que el patrimonio cultural es el campo en donde la Realidad Aumentada se ha implementado con mayor fuerza para acercar de forma tecnológica a las personas con la vida real, dentro de este análisis se encontró que la plataforma que más demanda tiene para realizar este tipo de aplicaciones móviles es un kit de desarrollo de software que está conformado por Unity y Vuforia, otro resultado encontrado es que el público al que se dirigen la mayoría de las aplicaciones móviles es al público en general. Haciendo comparación a las diversas maneras con las que una persona puede interactuar con lo real y los diferentes componentes interactivos, la Realidad Aumentada ha ayudado a que esto sea posible de una forma fácil y agradable para los usuarios.

**Palabras clave:** Educación, Entornos Virtuales, Patrimonio Cultural, Realidad Aumentada.

## Abstract

Virtual environments have had a significant impact on education, transforming the way teaching and learning takes place. These environments, which include online platforms, simulation software, Virtual Reality and Augmented Reality, have brought about several changes: global access to education, flexibility and distance learning, variety of resources, personalization of learning, collaboration and participation, immersive experiences, cost reduction, technological challenges, need for self-discipline.

Virtual environments have revolutionized education by making it more accessible, flexible and personalized. However, they also present challenges that must be addressed to maximize their positive impact on learning, most of which has been implemented with great impact within the field of cultural heritage that seeks to attract more visitors or tourists within a tourist center, a museum, archaeological sites, among many others. Augmented Reality in cultural heritage is an application that combines digital technology with the preservation and promotion of historical and cultural heritage. The combination of augmented reality with cultural heritage not only enriches the visitor experience, but also contributes to the preservation and dissemination of history and culture in a more accessible and engaging way, it

is a versatile tool that enhances the way students interact with information and knowledge, it can also improve information retention by providing more immersive and meaningful experiences. Augmented Reality in education is a versatile tool that improves the way students interact with information and knowledge. It also contributes to the adaptation of education to emerging technologies, preparing students for an increasingly digitized world. This is because students can virtually explore historical sites, interact with cultural artifacts and participate in immersive educational experiences from any location.

This document presents qualitative research, for which different articles recovered from different academic platforms that link Augmented Reality with the field of education and cultural heritage were reviewed, the information found was analyzed and the key elements of the documents consulted were compared, such as the objective, the tools used, the target audience, the year in which it was carried out, among others. The results show that cultural heritage is the field where Augmented Reality has been implemented with greater force to bring people closer to real life in a technological way, within this analysis it was found that the platform that is most in demand for this type of mobile applications is a software development kit that consists of Unity and Vuforia, another result found is that the target audience for most mobile applications is the general public. Comparing the various ways in which a person can interact with the real and the different interactive components, Augmented Reality has helped to make this possible in an easy and enjoyable way for users.

## INTRODUCCIÓN

En la era de la tecnología digital y la interconexión global, los entornos virtuales han emergido como una innovadora frontera en la educación y la experiencia humana. Estos espacios simulados, alimentados por avances en la informática y la visualización, han transformado la manera en que se interactúa, se aprende y se explora el mundo que nos rodea. En su esencia, los entornos virtuales son espacios digitales que buscan replicar aspectos de la realidad física o crear entornos completamente imaginarios, ofreciendo a los usuarios la oportunidad de experimentar una interacción inmersiva que trasciende las limitaciones físicas.

Autores influyentes en el campo de la educación y la tecnología han explorado y conceptualizado los entornos virtuales desde diversas perspectivas. Uno de estos autores es Papert (1993), quien en su obra "Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas" abogó por el uso de la tecnología para empoderar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, destacando cómo los entornos virtuales pueden brindar un espacio donde los estudiantes pueden construir activamente su conocimiento a través de la exploración interactiva.

En el contexto de la realidad virtual, Howard (1992) en su libro "Virtual Reality", exploró cómo los entornos virtuales podrían cambiar la forma en que interactuamos y nos comunicamos. Rheingold señaló la capacidad de la realidad virtual para crear experiencias inmersivas que permiten a los usuarios explorar nuevos mundos y perspectivas sin necesidad de estar físicamente presentes en ellos.

Además, autores como Lanier (2017), han examinado las implicaciones sociales y psicológicas de los entornos virtuales. Lanier discute cómo la inmersión en entornos virtuales puede afectar la percepción de la realidad y cómo los individuos se relacionan entre sí, planteando cuestionamientos cruciales sobre la relación entre la tecnología y la identidad humana.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### Objetivo general:

Mostrar características de tendencias actuales en las prácticas educativas usando Realidad Aumentada,

### Objetivos específicos:

- Investigar información sobre las prácticas educativas más recientes que están surgiendo en el ámbito académico a nivel local e internacional empleando la RA.
- Analizar el papel de las nuevas tecnologías RA en la transformación de las prácticas educativas y cómo estas están siendo integradas en el aula para mejorar la experiencia de aprendizaje.
- Analizar cómo las tendencias RA han impactado el proceso de enseñanza-aprendizaje, incluyendo aspectos como la participación del estudiante, la retención del conocimiento y el desarrollo de habilidades.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio del presente artículo sobre el estado del arte es proporcionar una visión integral y actualizada de la Realidad Aumentada, el artículo se basa en la revisión de la literatura existente sobre este tema que implica analizar las investigaciones realizadas tomando en cuenta las metodologías y el desarrollo de aplicaciones para obtener una comprensión profunda del estado del arte con la contribución de la RA.

## METODOLOGÍA

En el presente estudio se realizará una investigación de tipo cualitativo, para lo cual se revisaron diferentes artículos recuperados de diferentes plataformas académicas que vinculan la Realidad Aumentada con el campo de la educación y el patrimonio cultural. Se pretende obtener un panorama sobre aplicaciones móviles que involucran el uso de Entornos Virtuales y Realidad Aumentada en el área del turismo, patrimonio cultural y educación. Se han considerado investigaciones de los últimos cinco años en diversas plataformas en línea de publicaciones académicas: Google Académico, Redalyc, Repositorio Digital UNESUM. La mayoría de estos artículos muestra las herramientas que fueron utilizadas mediante el desarrollo de las aplicaciones con Realidad Aumentada dentro de lo cual también muestran el objetivo por el cual se desarrollan.

Posteriormente se realizó un análisis de la información obtenida recalcando los elementos más importantes dentro de ellas. Haciendo uso de tablas comparativas se presentan las investigaciones sobre las aplicaciones con Realidad Aumentada en las áreas de Patrimonio Cultural y Educación. Y por último se presentan los resultados obtenidos.

## **REALIDAD AUMENTADA**

La Realidad Aumentada (RA) asigna la interacción entre el entorno virtual y el mundo físico, permitiendo que ambos se fusionen a través de dispositivos tecnológicos como cámaras web, teléfonos móviles y tabletas (Grapsas, 2021). En otras palabras, esta tecnología incorpora objetos virtuales en un contexto físico y utiliza soporte tecnológico para presentárselos a los usuarios a través de interfaces del mundo real. Este recurso ha revolucionado la forma en que abordamos nuestras tareas y las tareas que asignamos a las máquinas.

### **Funcionamiento**

La integración del mundo físico y virtual son el principal objetivo de esta tecnología. Para que funcione la realidad aumentada, se necesita tres componentes básicos (Grapsas, 2021):

- Un objeto real que sirva de referencia para interpretar y crear objetos virtuales.
- Presencia de dispositivos con cámaras para transmitir imágenes del objeto real.
- Software encargado de interpretar la señal enviada por la cámara.

Por lo general, se comienza grabando la señal real, como audio o video. Estas señales son procesadas por un sistema de mejora de bordes de objetos para preparar imágenes para la segmentación o extracción de objetos, el reconocimiento de patrones y el marcador de referencia.

Permitiendo determinar en donde hay que reemplazarse los objetos reales por objetos virtuales, cual objeto virtual debe colocarse sobre el espacio real, en que posición y perspectiva (Grapsas, 2021).

### **Tipos**

El tipo de realidad aumentada determinará como se puede mostrar las imágenes e información. En la investigación de se menciona dos tipos (Corporation Microsoft, 2023):

- La realidad aumentada basada en marcadores. Se crea utilizando el reconocimiento de imágenes para identificar objetos ya programados en su dispositivo o aplicación AR. Al colocar objetos a la vista como puntos de referencia, pueden ayudar a su dispositivo AR a determinar la posición y orientación de la cámara. Esto generalmente se logra cambiando su cámara a escala de grises y detectando un marcador para comparar ese marcador con todos los demás en su banco de información. Una vez que su dispositivo encuentra una coincidencia, usa esos datos para determinar matemáticamente la postura y colocar la imagen AR en el lugar correcto.
- La realidad aumentada sin marcadores. Es más compleja, ya que no hay ningún punto de enfoque para el dispositivo. Debido a esto, el dispositivo debe reconocer los elementos a medida que aparecen a la vista. A través de un algoritmo de reconocimiento, el dispositivo buscará colores, patrones y características similares para determinar qué objeto es y luego, usando el tiempo, el acelerómetro, el GPS y la información de la brújula, se orientará y usará una cámara para superponer una imagen de lo que quiera dentro de su entorno en el mundo real.

### **Marcadores**

Los marcadores en la realidad aumentada son una especie de activadores, como lo pueden ser íconos o imágenes que superponen diferentes tipos de información cuando son detectados por un software determinad. Según pueden dividir en tres grupos (Antonio, 2023):

- Códigos QR. Son una especie de formas geométricas en blanco y negro que contienen información como URL, VCard, texto, correo electrónico, SMS, redes sociales, PDF, MP3, aplicación, imagen, número de teléfono, geolocalización. Pueden complementarse con figuras o logotipo.
- Markerless NFT. Son activadores de información que se basan en imágenes y objetos reales gracias a texturas, esquinas o bordes. Los objetos con relieves, imágenes o fotografías pueden mostrar datos en la pantalla.
- Marcadores. Son un tipo de marcador que adopta formas geométricas en blanco y negro finalizando con un cuadro. Estos pueden contener siglas o imágenes simples. Estos códigos generalmente son diseñados por editores de gráficos rasterizados.

### **Aplicaciones**

La realidad aumentada ha estado en constante evolución durante los últimos años, siendo aplicada en distintos campos como (Antonio, 2023):

- Cultura. Ha permitido mejorar la experiencia de un visitante de su ciudad o lugar de interés integrando contenido visual o de audio que brinde información sobre dónde se encuentra el visitante.
- Educación. La integración de la realidad aumentada con videos, sonidos o animaciones 3D ha servido de material de apoyo para los niños, que podrán disfrutar de este aprendizaje más eficaz. Además, ha permitido mejorar la instrucción de personal mejor cualificado.
- Industria. El desarrollo de varios softwares basados en realidad aumentada ha crecido notoriamente, mejorando la productividad industrial en los diferentes ciclos de trabajo.

- **Entretenimiento y publicidad.** Los avances recientes del desarrollo de aplicaciones móviles bajo la realidad aumentada, ha hecho posible que el usuario interactúe con el medio real que le rodea e incluso permite crear campañas de publicidad eficaces y creativas, donde el espectador se convierte en el protagonista.

### **REALIDAD AUMENTADA EN EL PATRIMONIO CULTURAL**

La Realidad Aumentada ha sido un gran aporte de la tecnología para diversos campos como bien he visto, sin embargo, la cultura o el patrimonio cultural es uno de los campos que ha sido beneficiado grandemente es por ello que a continuación se muestra información que dan a conocer los aspectos por los cuales la Realidad Aumentada ha beneficiado a este campo.

#### **Usos de la Realidad Virtual y Aumentada**

Entre los usos de la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada de acuerdo a las bibliografías encontradas se muestran las capacidades únicas de estas tecnologías para mejorar experiencias, aumentar la eficiencia y ofrecer nuevas formas de interacción que han ofrecido al patrimonio cultural (Invelon Technologies, 2022):

- **Architecture show-reel:** se trata de una especialidad que te permite visualizar cómo serían las diferentes partes de un edificio. En el caso del patrimonio, se vuelve especialmente significativo, ya que puedes ver la construcción por dentro, cómo era, y hacerte una idea exacta de cómo funcionaba el estilo arquitectónico. Una solución que puede realizarse con Realidad Virtual y especialmente con Realidad Aumentada, siendo una técnica muy empleada en muchos sectores, y fácilmente adaptable también al patrimonio histórico.
- **Representación de monumentos históricos:** un hito dentro de la realidad virtual. Hay una inmensa cantidad de espacios históricos monumentales de los que podemos obtener una recreación y que, sin embargo, no podemos ver ya en la realidad. Desde las ciudades griegas hasta la antigua Roma, hoy en día, la tecnología y los conocimientos nos permiten reconstruir por completo este tipo de estructuras. Por lo tanto, se puede crear una realidad virtual, y también aumentada, en la que los visitantes puedan ver cómo sería la vida en esos espacios. Un método o sistema de inmersión especialmente interesante.
- **Visualización de información no existente:** la realidad aumentada, al permitirte compaginar el entorno con otro tipo de imágenes virtuales, puede ser la clave para presentar la información de un modo diferente; mucho más interactivo. Piensa, por ejemplo, que estás en una exposición, y que gracias a un dispositivo de realidad aumentada puedes ver el texto informativo justo al lado de los objetos que estés visualizando. Y este sería un recurso que no solo serviría para el texto. Puedes complementar, en todo momento, la información presente que haya con otro tipo de datos o de imágenes que tengan relación y utilidad.

#### **Beneficios de la Realidad virtual y la Realidad Aumentada para el patrimonio cultural**

Las tecnologías que se han estado mencionado ofrecen una variedad de beneficios y la mayoría de ellos se aplican en el campo del patrimonio cultural, estos son (Invelon Technologies, 2022):

- **Modernización de la información:** El hacer uso de las nuevas tecnologías permite que la información que se tiene se adapte a nuevos formatos que está al alcance de todos dado que el público cada vez está más adaptado a este tipo de sistemas o de tecnologías.
- **Un mayor interés del público:** Otro beneficio muy importante es la atracción que el público siente por obtener la información de forma interactiva, por ello hace que se sientan más interesados.
- **Dinamismo:** El dinamismo ayuda a terminar con los esquemas clásicos en los cuales solo se tiene texto y un pequeño fragmento del material ya que ofrece la capacidad de adaptarse, evolucionar y responder rápidamente a los cambios que traen las nuevas tecnologías.
- **Una mejor información:** En el campo del patrimonio cultural es muy útil introducir las nuevas tecnologías para presentar de forma atractiva la información porque no es lo mismo leer sobre un monumento antiguo que el poder verlo.

### **REALIDAD AUMENTADA EN EDUCACIÓN**

La realidad aumentada en la educación es la tecnología aplicada al campo educativo permite recrear la realidad de un aula y dar vida a los objetos para su estudio, aplicando así la tecnología como recurso de Cursos online de hematología, la realidad aumentada en la educación forma parte de lo que se denominan pedagogías emergentes (Euroinnova Business School, 2023).

Uno de los objetivos de la realidad aumentada en la educación es lograr un alto grado de participación e interactividad, en los que el alumno sea capaz de construir, diseñar, de esta manera hacer que su participación sea más activa en su proceso de aprendizaje. De esta manera hay que destacar su capacidad para crear los que se denominan aulas virtuales o interactivas, las cuáles proporcionan una mayor inmersión a los alumnos y potencian su interés en las materias.

#### **Usos de la realidad Aumentada en Educación**

Las TIC evolucionan frenéticamente y los docentes deben actualizarse. El proceso de enseñanza-aprendizaje cambia, el alumno es el protagonista de su aprendizaje adquiriendo un rol más participativo.

En las aulas la realidad aumentada en la educación es muy versátil, se adapta a los diferentes niveles educativos, a las necesidades e intereses del alumnado desarrollando su capacidad de Cursos online de hematología y motivación hacia los contenidos (Euroinnova Business School, 2023).

- Prácticas en laboratorio: vídeos que ayudan a comprender las herramientas de las que disponen, archivos audibles.
- Eventos: acudir a exposiciones o jornadas donde la información se presenta a través de folletos con aplicaciones de códigos QR.
- Visitas a museos o empresas donde la RA está incorporada en sus recorridos mediante información audiovisual. Los estudiantes aprenden sobre el tema de la visita al mismo tiempo que desarrollan la destreza tecnológica.
- Aprendizajes experimentales: casi todas las destrezas permiten utilizar la realidad aumentada en la educación haciendo el contenido más atractivo. Por ejemplo, en arquitectura e ingeniería los modelos en 3D son muy útiles para el alumnado.

#### **PLATAFORMAS DE REALIDAD AUMENTADA**

En los últimos años se han estado mostrando y dando a conocer las diferentes plataformas que permiten realizar aplicaciones con Realidad Aumentada. Algunas de ellas no son de acceso público, dado que la mayoría requieren de licencias para poder hacer uso de ellas. En este apartado se presentan algunas de estas plataformas con sus respectivas características.

La primera plataforma que es muy conocida para la realización de aplicaciones con RA es Unity. Unity es una plataforma de desarrollo de videojuegos y aplicaciones interactivas en 2D, 3D y realidad virtual/aumentada. Es conocida por su versatilidad y su capacidad para crear experiencias visuales e interactivas en una variedad de plataformas, incluyendo computadoras, consolas, dispositivos móviles y más. Unity proporciona un entorno integral que permite a los desarrolladores crear contenido interactivo utilizando herramientas visuales y programación. Dentro de las características que Unity tiene están los motores renderizados, comunidad activa, el soporte de realidad virtual y aumentada, entre otros. Unity ofrece creación de escenas, optimización y rendimiento, física y simulación y sobre todo animación (Unity, 2023).

Otra plataforma que está enfocada a la realización de Realidad Aumentada y en su caso también de Realidad Mixta es Vuforia. Vuforia es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR) multiplataforma, con seguimiento robusto y rendimiento en una variedad de hardware (incluyendo dispositivos móviles y monitores de realidad mixta montados en la cabeza (HMD) como Microsoft HoloLens). La integración de Unity en Vuforia permite crear aplicaciones y juegos de visión para Android y iOS utilizando un flujo de trabajo de creación de arrastrar y soltar. Un paquete de muestras Vuforia AR + VR está disponible en Unity Asset Store, con varios ejemplos útiles que demuestran las características más importantes de la plataforma. Es una plataforma de realidad aumentada (RA) líder en el mercado, propiedad de PTC Inc. Esta plataforma proporciona a los desarrolladores las herramientas necesarias para crear experiencias de RA inmersivas y robustas, algunas de sus características son que contiene el reconocimiento de objetos y entornos, amplia comunidad y soporte, experiencias inmersivas y en tiempo real y sobre todo su enfoque en la facilidad de uso (Unity Manual, 2022).

Y por último una plataforma que se utiliza como complemento para cumplir con el fin de la Realidad Aumentada es Blender. Blender tiene una amplia variedad de herramientas que lo hacen adecuado para casi cualquier tipo de producción de medios. Profesionales, aficionados y los estudios de todo el mundo lo usan para crear animaciones, activos de juegos, gráficos en movimiento, programas de televisión, arte conceptual, guiones gráficos, comerciales y largometrajes. Blender es un popular software de gráficos por computadora de código abierto y una de las herramientas más versátiles para la creación de modelos 3D, animaciones, efectos visuales, juegos y más. Algunas de las características principales de Blender es el modelado 3D, la simulación, la animación y sobre todo es multiplataforma. Estas características hacen de Blender una opción atractiva para artistas 3D, animadores, diseñadores de juegos y profesionales de efectos visuales que buscan una solución completa y gratuita para sus necesidades de creación de contenido (Blender manual, 2023).

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se realizó un análisis para demostrar la forma en que la Realidad Aumentada ha impactado de gran forma en distintos campos que han sido presentadas mediante la investigación.



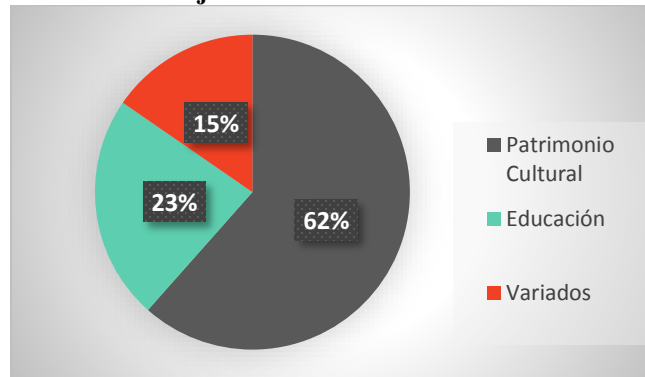
**Tabla 1**

Clasificación	Títulos	Nacional/Internacional
Patrimonio Cultural	Aplicación móvil de realidad aumentada para secciones de museo amantes de sumpa.	Internacional
	Aplicación móvil para el aprendizaje del reino fungi en bosques de selva alta con realidad aumentada, gamificación y microlearning.	Internacional
	Desarrollo de una Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para el Museo de Ciencias de la Universidad de la Salle.	Internacional
	Aplicación móvil de realidad aumentada en la Calidad de la información del recorrido Turístico de un sitio arqueológico de Trujillo.	Internacional
	Aplicación móvil con realidad aumentada para promover el turismo en las cascadas “bajo grande” de la parroquia el anegado.	Internacional
	Realidad Aumentada con aprovechamiento turístico: una aplicación para el Camín Real de la Mesa (tramo somedano).	Internacional
	Realidad aumentada para la promoción turística del cantón Pelileo.	Internacional
	Realidad Aumentada como propulsora del turismo y desarrollo cultural en Ciudad del Carmen, Campeche.	Nacional
	Impacto de la aplicación móvil “jaku” en la experiencia turística multisensorial en los alumnos de 4° año de la carrera de turismo y hotelería.	Internacional
Educación	Aplicación de realidad aumentada centrada en el niño como recurso en un ambiente virtual de aprendizaje.	Nacional
	Desarrollo de una Aplicación de Realidad Aumentada, para mejorar el proceso de enseñanza de grafemas (letras) y sílabas a niños de 6 a 7 años en la Unidad Educativa CERIT.	Internacional
	Aplicación móvil de información registral para el contexto de la planificación urbana con realidad aumentada y códigos QR.	Internacional
Variados	Aplicación móvil “AppIndustria 4.0”: una herramienta para la evaluación de las organizaciones en industria 4.0	Nacional
	Xebra: aplicación móvil para la prevención de las infecciones de transmisión sexual en adolescentes. 2019.	Internacional

**Artículos Clasificados.**

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 1 que hacen referencia a la clasificación de algunos artículos encontrados en la Web que han implementado el uso de las tecnologías de la información como lo es la Realidad Aumentada para lo cual se consultaron diversas fuentes y poder obtener información de gran uso. Como se observa en la Figura 1 de los artículos consultados que el 62% son del campo del Patrimonio Cultural, 23% del campo de Educación y un 15% son artículos de diferentes campos. Adicionalmente, 11 de los artículos han sido realizados sobre aplicaciones creadas fuera del país son internacionales y 3 de ellos son de origen nacional. En conclusión, a este análisis realizado se logra visualizar que en el campo del patrimonio cultural es donde más se ha empleado el uso de la Realidad Aumentada dado que en la mayoría de los lugares turísticos o museos buscan promover la cultura del lugar con el fin de atraer más visitantes o turistas.

**Figura 62**  
**Porcentaje de la Clasificación de Artículos**



Para conocer un poco más acerca de las aplicaciones con Realidad Aumentada se realizó una segunda tabla que contempla el objetivo, las herramientas, a quien ha sido dirigido, en que año y por cual institución o empresa fue realizado.

**Tabla 2.**  
**Objetivo y Herramientas de los Artículos Clasificados.**

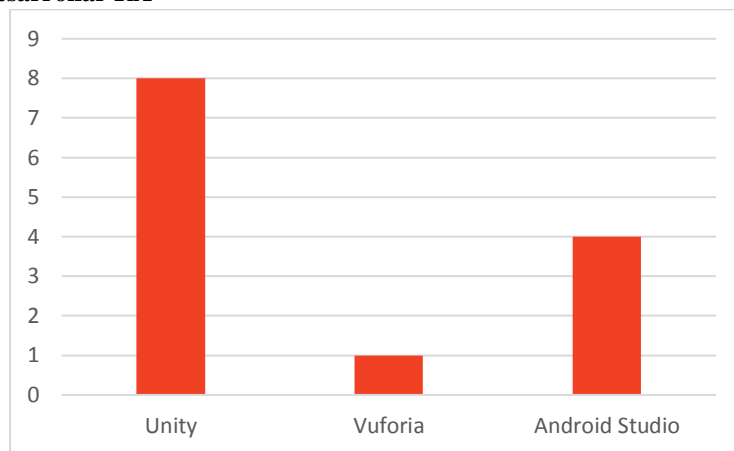
Nombre Artículo	Objetivo	Herramientas	A quien se dirige	Lugar	Año	Institución/Emplea
Aplicación móvil "AppIndustria 4.0": una herramienta para la evaluación de las organizaciones en industria 4.0	El objetivo de este artículo es presentar una aplicación móvil, AppIndustria 4.0, que permite evaluar el nivel de implementación de la Industria 4.0 en las organizaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Android Studio el software indicado para realizar la programación.</li> <li>se decidió utilizar herramientas gratuitas ofrecidas por Google como la creación y diseño de formularios.</li> <li>Python versión 2.7.8</li> </ul>	Organizaciones	Monterrey, Mexico	2021	Tecnológico Nacional de México.
Xebra: aplicación móvil para la prevención de las infecciones de transmisión sexual en adolescentes. 2019[	Esta investigación se propone construir una aplicación móvil dirigida a adolescentes con información sobre las infecciones de transmisión sexual y otros elementos clave para mantener la salud sexual y reproductiva.		Adolescentes	La Habana, Cuba	2020	Revista Cubana de Informática Médica
Impacto de la aplicación móvil "Jaku" en la experiencia turística multisensorial en los alumnos de 4° año de la carrera de turismo y hotelería	Evaluar el impacto de la aplicación "Jaku" en la experiencia turística multisensorial, en los alumnos del año de la carrera de Turismo y Hotelería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>IDE de Android Studio en la versión 2.1.3.0</li> <li>se utilizaron adaptadores, fragmentos y módulos que permitieron conectarse con Google Maps API, Cloud Functions API y Google Directions API</li> <li>la base de datos se utilizó FireBase empezó desde la creación de un dominio en Firebase Hosting y la posterior descarga del archivo google-services.json</li> <li>El prototipo utilizo un entorno de aplicaciones móviles con Android Studio IDE, que proporciona funcionalidad mediante códigos QR basados en Java.</li> <li>Unity y Vuforia se utilizaron como motores y bases de datos para proporcionar capacidades de desarrollo para entornos de realidad aumentada.</li> </ul>	Alumnos de la carrera Turismo y Hotelería.	Cajamarca, Perú	2018	Universidad Privada del Norte
Aplicación móvil de información registral para el contexto de la planificación urbana con realidad aumentada y códigos QR	Impulsar el uso de realidad aumentada combinada con códigos QR para facilitar la gestión de información catastral cuando se realizan inspecciones de campos donde se requiere conocer datos precisos del bien inmueble.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unity y Vuforia se utilizaron como motores y bases de datos para proporcionar capacidades de desarrollo para entornos de realidad aumentada.</li> </ul>	Habitantes del cantón	Guayaquil, Ecuador	2021	Universidad Politécnica Salesiana
Realidad Aumentada como propulsora del turismo y desarrollo cultural en Ciudad del Carmen, Campeche	Proporcionar información, basada en la geolocalización del usuario, sobre dónde encontrar sitios de interés turísticos y comercios cercanos, así como indicarle la ruta para llegar al sitio elegido	<ul style="list-style-type: none"> <li>Photoshop para mejorar las imágenes de los sitios turísticos.</li> <li>Unity para la visualización en RA y RV.</li> <li>Vuforia creó la aplicación.</li> <li>Blender modelado, iluminación, animación y creación de gráficos.</li> <li>Unity</li> </ul>	Turistas, público en general	Campeche, México	2020	Universidad Autónoma del Carmen

Aplicación móvil de realidad aumentada para secciones de museo amantes de sumpa	Implementar una aplicación móvil utilizando realidad aumentada como herramienta alternativa en la obtención interactiva de información del contenido museográfico del museo Amantes de Sumpa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IDE Android Studio</li> <li>• Firebase</li> <li>• Arcore</li> <li>• Blender</li> </ul>	Turistas, público en general	La Libertad, Ecuador	2021	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Aplicación móvil para el aprendizaje del reino fungi en bosques de selva alta con realidad aumentada, gamificación y microlearning	Determinar el efecto de la aplicación móvil para el aprendizaje del reino Fungi en bosques de selva alta con realidad aumentada, gamificación y microlearning.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma Unity Target Manager de Vuforia</li> <li>• Tecnología: Blander y Recap Pro</li> <li>• Lenguaje de programación: Java</li> <li>• Base de datos: Firebase</li> <li>• IDE: Android Studio</li> <li>• Unity</li> <li>• Vuforia</li> </ul>	Personas consumidoras de hongos silvestres	Lima, Perú	2022	Universidad César Vallejo
Desarrollo de una Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para el Museo de Ciencias de la Universidad de la Salle	Desarrollar de una aplicación móvil de realidad aumentada que permita determinar si aplicando su uso mediante la metodología mobile-D, mejora la facilidad de exposición y el interés de los visitantes en los temas expuestos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blender</li> <li>• Unity</li> </ul>	Visitantes, público en general	Bogotá, Colombia	2021	Universidad de La Salle
Aplicación móvil de realidad aumentada en la Calidad de la información del recorrido Turístico de un sitio arqueológico de Trujillo	Determinar la influencia de una Aplicación Móvil de Realidad Aumentada en la Calidad de la Información del Recorrido Turístico de un sitio arqueológico ubicado en la provincia de Trujillo en el año 2019.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blender</li> <li>• Unity</li> </ul>	Turistas, público en general	Trujillo, Perú	2019	Universidad Privada del Norte
Aplicación móvil con realidad aumentada para promover el turismo en las cascadas “bajo grande” de la parroquia el anegado	Implementar una aplicación móvil con realidad aumentada para promover el turismo en las cascadas “Bajo Grande” de la parroquia el Anegado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vuforia</li> <li>• Android Studio</li> <li>• Google Maps API o Mapbox API</li> <li>• SQLite</li> <li>• Unity</li> <li>• Vuforia</li> </ul>	Turistas, público en general	Manabí, Ecuador	2023	Universidad Estatal del Sur de Manabí
Realidad Aumentada con aprovechamiento turístico: una aplicación para el Camín Real de la Mesa (tramo somedano)	Proponer el uso de las nuevas tecnologías, como es la Realidad Aumentada, dentro del ámbito turístico en un entorno natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vuforia</li> <li>• Unity</li> <li>• SQLite</li> </ul>	Visitantes, público en general	Asturias, España	2019	Universidad de Oviedo
Aplicación de realidad aumentada centrada en el niño como recurso en un ambiente virtual de aprendizaje.	Comprender las actividades realizadas en el aula para el aprendizaje del inglés y la vinculación del padre y los docentes en la formación del estudiante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vuforia</li> <li>• Unity</li> <li>• SQLite</li> </ul>	Estudiantes de 9 a 12 años	Jalisco, México	2020	Universidad de Guadalajara, Sistema de Universidad Virtual
Desarrollo de una Aplicación de Realidad Aumentada, para mejorar el proceso de enseñanza de grafemas (letras) y sílabas a niños de 6 a 7 años en la Unidad Educativa CERIT.	Desarrollar una aplicación de realidad aumentada, para mejorar al proceso de enseñanza de grafemas (letras) y sílabas a niños de 6 a 7 años en la Unidad Educativa “CERIT”.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vuforia</li> <li>• SQLite</li> </ul>	Maestros de educación primaria y estudiantes de 6 a 7 años	Latacunga, Ecuador	2023	Universidad de las Fuerzas Armadas
Realidad aumentada para la promoción turística del cantón Pelileo	Desarrollar una Aplicación de Realidad Aumentada para la promoción turística del cantón “San Pedro de Pelileo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unity</li> <li>• Lenguajes de programación: JavaScript, C# o C Sharp y Boo.</li> </ul>	Visitantes, público en general	Ambato, Ecuador	2017	Repositorio Institucional Uniandes

Como se observa en la Tabla 2, después de analizar el desarrollo de cada aplicación realizada en cada uno de los artículos mostrados, se logró identificar las diferentes plataformas que son utilizadas para la realización de cada aplicación que conlleva la implementación de la Realidad Aumentada. El objetivo por el cual se han realizado más aplicaciones en el campo del Patrimonio Cultural es dar a conocer los lugares turísticos o los museos que hay dentro de diferentes entidades con el fin de atraer más turistas o visitantes al lugar, por lo que igual el público al cual han sido dirigidas la mayoría de las aplicaciones es a turistas y visitantes que hay en cada lugar. La herramienta y/o plataforma más utilizada para realizar estas aplicaciones es Unity que mayormente va de la mano de Vuforia, como se observa en la figura 2, Unity tiene un total de 9 aplicaciones realizadas en esta plataforma, 4 realizadas en Android Studio y una fue realizada implementando solo Vuforia.

**Figura 63**

**Plataformas utilizadas para desarrollar RA**



También se menciona el año en que han sido realizadas que de ellas dos fueron en el 2023, una en el 2022, cuatro en el 2021, tres en el 2020, dos en el 2019, una en el 2018 y la más antigua es del 2017. De las aplicaciones realizadas que son internacionales se encuentra que 5 son del país de Ecuador, 3 de Perú y las restantes son de Cuba, Colombia y España. Y por último se analizó la institución/empresa que realizó dicha aplicación de las cuales 11 fueron desarrolladas en distintas universidades y tres por instituciones variadas.

**CONCLUSIÓN**

Para conocer el panorama actual de la Realidad Aumentada es necesario tener en cuenta los componentes que son de forma dispensable su funcionamiento y como parte de ello también es de gran importancia el conocer cuáles son las áreas en las cuales la Realidad Aumentada se ha implementado como bien se mostró que es el ámbito del patrimonio cultural en donde se concentra la mayoría de las aplicaciones móviles. En este documento se han consultado en un total de 14 artículos de diferentes plataformas académicas y se han realizado análisis sobre los elementos importante de ellos y procedimientos de realización. Se construyeron dos tablas para comparar como se han implementado la Realidad Aumentada con respecto a las áreas investigadas en donde se ha utilizado con mayor fuerza, el objetivo que quieren alcanzar, las herramientas que han utilizado y el público a quien va dirigido. En general, se puede encontrar información variada en la red con respecto a la Realidad Aumentada, pero es un poco reducida la información que es concreta de acuerdo al tema. Aunque existen todos los elementos positivos del uso de esta herramienta en los procesos de aprendizaje, queda aún por explorar sus efectos en los estudiantes en entornos tecnológicos ya que se encuentran en constante cambio. En comparación a las diversas maneras con las que una persona puede interactuar con lo real y los diferentes componentes interactivos, la Realidad Aumentada ha ayudado a que esto sea posible de una forma fácil y agradable para los usuarios.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Antonio, T. P. M. (2023, 14 agosto). *APLICACIÓN WEB CON GALERÍA DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA VISUALIZACIÓN DE PIEZAS ARQUEOLÓGICAS DEL MUSEO SALANGO*. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5507>
- Benavente Turriate, J. Y., & Vásquez Aguirre, K. A. (2022). Aplicación móvil con realidad aumentada y gamificación para guiar a los turistas en el museo —Casa De Aliagal del Cercado de Lima. *Repositorio Digital Institucional*. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97241>
- Bezares Molina, F. G., Toledo Toledo, G., Aguilar Acevedo, F., & Martínez Mendoza, E. (2020). Aplicación de realidad aumentada centrada en el niño como recurso en un ambiente virtual de aprendizaje. *Redalyc*. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://www.redalyc.org/journal/688/68863614006/68863614006.pdf>
- Blender Manual*. (s. f.). Introducción — Blender manual. Recuperado 10 de octubre de 2023, de [https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting\\_started/about/introduction.html](https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting_started/about/introduction.html)
- Cabrera, C. E., & Vigo, J. L. (2018). Impacto de la aplicación móvil “Jaku” en la experiencia turística multisensorial en los alumnos del 4° año de la carrera de Turismo y Hotelería [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. *Repositorio de la Universidad Privada del Norte*. Recuperado 17 de agosto de 2023, de <https://hdl.handle.net/11537/14749>
- CHILAN PINCAY, A. R. (2023). APLICACIÓN MÓVIL CON REALIDAD AUMENTADA PARA PROMOVER EL TURISMO EN LAS CASCADAS “BAJO GRANDE” DE LA PARROQUIA EL ANEGADO. *UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ*. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5510/1/CHILAN%20PINCAY%20ALAN%20ROLANDO.pdf>
- Corporation Microsoft (2023). *¿Qué es la realidad aumentada (AR)?* / Microsoft Dynamics 365. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://dynamics.microsoft.com/es-mx/mixed-reality/guides/what-is-augmented-reality-ar/>

- Díaz, R. R., & Vilca, M. J. (2019). Aplicación móvil de realidad aumentada en la calidad de la información del recorrido turístico de un sitio arqueológico de Trujillo (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <http://hdl.handle.net/11537/23431>
- Díaz-Martínez, Marco A., Ruíz-Hernández, Santos, Román-Salinas, Reina V., & Estrada-Cadena, Gabriela. (2021). Aplicación móvil "AppIndustria 4.0": una herramienta para la evaluación de las organizaciones en industria 4.0. *Información tecnológica*, 32(4), 53-64. Recuperado 17 de agosto de 2023, de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000400053>
- Euroinnova Business School. (2023, 14 septiembre). Mapas interactivos. *Euroinnova Business School*. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://www.euroinnova.mx/blog/realidad-aumentada-en-la-educacion>
- González López, A. (2019, julio). Realidad Aumentada con aprovechamiento turístico: una aplicación para el Camín Real de la Mesa (tramo somedano). *Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo*. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/52703>
- Grapsas, T. (2021, 12 febrero). Conoce la realidad aumentada y las posibilidades de interacción que la hacen sobresalir en el mundo digital. *Rock Content - ES*. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>
- Hernández Rosado, C. E. G., Ocaña Jiménez, J., Cordero García, A. del R., & Pérez Rejón, J. Á. (2020a, agosto 31). Realidad Aumentada como propulsora de turismo y desarrollo cultural en Ciudad del Carmen, Campeche. *Acalán*. Recuperado 10 de octubre de 2023, de [http://www.repositorio.unacar.mx/jspui/bitstream/1030620191/539/1/articulo111\\_realidad33.pdf](http://www.repositorio.unacar.mx/jspui/bitstream/1030620191/539/1/articulo111_realidad33.pdf)
- Hidalgo Ortiz, B. A. (2023, 27 febrero). Desarrollo de una Aplicación de Realidad Aumentada, para mejorar el proceso de enseñanza de grafemas (letras) y sílabas a niños de 6 a 7 años en la Unidad Educativa CERIT. *Repositorio ESPE*. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36011/2/T-ESPEL-SOF-0093.pdf>
- Láinez Vera, Eduardo Javier (2021). Aplicación móvil de realidad aumentada para secciones de museo Amantes de Sumpa. *La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones*. 112p. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6232>
- Lozada Torres, E. F., & Chiliquinga Moreta, J. M. (2017, enero). REALIDAD AUMENTADA PARA LA PROMOCIÓN TURÍSTICA DEL CANTÓN PELILEO. *Repositorio Institucional Uniandes*. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/7519>
- Mederos Villalón, Lídice, Flechilla, Adriano, Pérez Acuña, Yainerys, Hevia Salgebiel, Amaury, & Ferrer Savigne, Yoire. (2020). Xebra: aplicación móvil para la prevención de las infecciones de transmisión sexual en adolescentes. 2019. *Revista Cubana de Informática Médica*, 12(2), e354. Epub 01 de diciembre de 2020. Recuperado en 17 de agosto de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18592020000200010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592020000200010&lng=es&tlng=es).
- Mora Alvarado, M. L. (2021). Aplicación móvil de información registral para el contexto de la planificación urbana con realidad aumentada y códigos QR. *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. Recuperado 17 de agosto de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21702/1/UPS-GT003575.pdf>
- Munevar Barrera, L. G. (2021). Desarrollo de una Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para el Museo de Ciencias de la Universidad de la Salle. Recuperado 27 de agosto de 2023, de [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_automatizacion/802](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/802)
- PAPERT, S. (1993). *Children, Computers, and Powerful Ideas* (2nd ed.). Basic Books.
- Rheingold, H. (1992). *Realidad Virtual*. Simon & Schuster.
- Technologies, I. (2022, 28 marzo). Realidad virtual y realidad aumentada en el patrimonio cultural | Invelon Technologies. *invelon*. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://invelon.com/vr-applications-realidad-virtual-y-realidad-aumentada-en-el-patrimonio-cultural/>
- Unity Manual. (2022). Vuforia - Unity Manual. Recuperado 13 de octubre de 2023, de <https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/vuforia-sdk-overview.html>
- Unity. (2023). ¿Quieres saber qué es Unity? conoce nuestra historia y nuestros planes para el futuro | Unity. Unity. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://unity.com/es/our-company>



# Propuesta de implementación de Modelo Analítico de Autoservicio basado en Bussines Intelligent para despacho contable.

José Alberto Gutiérrez Rosique 1

1Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, E-mail: [alberto72ross@gmail.com](mailto:alberto72ross@gmail.com)

## Línea de investigación:

### Resumen

*La implementación del Modelo Analítico de Autoservicio basado en Bussines Intelligent (MAABI) para Despacho Contable se realizará en etapas, mediante el uso Metodologías ágiles Scrum de Schwaber y Sutherland (2017), con flexibilidad para adaptarse a los cambios, la arquitectura del MAABI, sigue la metodología de Lih Ong et al (2011), que consta de cinco capas: fuentes de datos, proceso ETL, almacenes de datos, metadatos y usuario final.*

*Palabras clave: Modelo Analítico de Autoservicio, metodologías ágiles Scrum, Bussines Intelligent, proceso ETL, Despacho Contable.*

### Abstract

*The implementation of the Self-Service Analytical Model based on Business Intelligent (SSAMBI) for the Accounting Firm will be carried out in stages, through the use of agile Scrum methodologies from Schwaber and Sutherland (2017), with flexibility to adapt to changes, the SSAMBI architecture follows the methodology of Lih Ong et al. (2011), which consists of five layers: data sources, ETL process, data warehouses, metadata and end user.*

*Keywords: Self-Service Analytical Model, agile Scrum methodologies, Business Intelligent, ETL process, Accounting Firm.*

## INTRODUCCIÓN

La transformación de la contabilidad en la era digital subraya la necesidad de que los profesionales contables adquieran competencias y conocimientos esenciales para enfrentar los desafíos tecnológicos contemporáneos, la adopción de nuevas tecnologías se ha vuelto fundamental para los contadores públicos, siendo esencial para el progresivo dominio de la innovación y la implementación de nuevos procesos en su ejercicio profesional. La transformación digital se presenta como una opción indispensable en pleno siglo XXI, adquiriendo una importancia primordial al desarrollar estrategias financieras y tributarias en las organizaciones asesoradas por los contadores. Además, esta transformación convierte al profesional en un administrador, evaluador e incluso diseñador de herramientas tecnológicas, contribuyendo a optimizar la operatividad y la gestión de sus clientes (LÓPEZ D., 2022). Este empoderamiento les posibilitará la utilización de herramientas de Business Intelligence (BI) con el propósito de perfeccionar la toma de decisiones, agregar valor y desempeñar un papel significativo en el dentro de las organizaciones. La implementación de un *MAABI* en el DC traerá beneficios palpables en la toma de decisiones, al mejorar la eficiencia operativa y facilitará la supervisión de indicadores clave de rendimiento (Joyanes Aguilar, 2019). Además, aportará una visión completa y comprensiva de la situación financiera de los clientes. Este enfoque contribuirá a lograr una gestión financiera más efectiva, permitirá la optimización de recursos y potenciará la capacidad del despacho para brindar servicios de alta calidad, otorgándole así una ventaja competitiva.

## DESARROLLO

El DC se encuentra en una situación donde los datos necesarios para su operatividad diaria son generados por un sistema Enterprise Resource Planing (ERP por sus siglas en inglés) y almacenados localmente. Sin embargo, debido a la gran cantidad de información, están considerando migrar a un servidor en la nube por las limitaciones de almacenamiento y procesamiento del servidor local. El DC realiza diversas actividades, como registro contable, determinación de impuestos, análisis financiero y elaboración de Key Performance Indicators o indicadores clave de rendimiento (KPI por sus siglas en inglés) para la toma de decisiones de sus clientes.

Dada la necesidad de manejar grandes volúmenes de información en tiempo real, se propone la implementación de un *MAABI*. Este modelo incluiría una arquitectura de Data Warehouse para gestionar eficientemente los procesos de Extracción, Transformación y Carga (ETL), calidad de datos y gestión de metadatos. También se sugiere la creación de una capa semántica administrada para que el negocio pueda entender los datos, con roles adecuados para el autoservicio y Data as a Service (DaaS).

Después de reuniones con los stakeholders, se recomienda unánimemente el uso de Microsoft Power BI como herramienta de inteligencia empresarial. Sin embargo, se destaca la necesidad de gestionar cuidadosamente el acceso a los datos para evitar sobrecargar los sistemas ERP. Se propone la adopción de una arquitectura de cinco capas, utilizando Microsoft Power BI para obtener datos directamente desde la fuente original. Además, se sugiere el uso de un Almacén Operacional de Datos (ODS) para integrar datos de diversas fuentes antes de transferirlos a la base de datos intermedia.

La creación de una capa semántica es fundamental para presentar los datos de manera uniforme y facilitar la comprensión por parte de los usuarios de negocios. Esto implica el desarrollo de un diccionario de datos semánticos para asociar definiciones a los diferentes campos. Una vez completado este proceso, el sistema estará listo para que los usuarios finales accedan a un conjunto de datos fácilmente reconocibles. La propuesta busca mejorar la eficiencia en la toma de decisiones y optimizar los procesos del DC mediante la implementación del *MAABI*.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### Objetivo general

Proponer la implementación del *MAABI* para DC.

### Objetivos específicos

- Identificar las fuentes de datos disponibles en el DC y evaluar su calidad y relevancia para el análisis.
- Seleccionar y herramientas de BI adecuadas para las necesidades del despacho.
- Desarrollar un modelo analítico que incluya KPI relevantes para la operación del DC.
- Establecer un marco de gobernanza de datos que garantice la integridad y seguridad de la información utilizada en el modelo analítico.
- Elaborar una propuesta detallada para la implementación completa del *MAABI*.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio en esta investigación interdisciplinaria aborda aspectos relacionados con la tecnología, la formación y el fortalecimiento del papel de los profesionales contables en la era digital. Esto involucra la adquisición de las aptitudes y el conocimiento esencial para abordar los desafíos tecnológicos y digitales actuales, en otras palabras, los contadores pueden emplear sus competencias y las Tecnologías de la Información y Comunicación para reforzar su influencia en la toma de decisiones, la creación de valor y su efecto en las organizaciones.

La implementación del *MAABI* para el DC ofrece una serie de beneficios, que incluyen la toma de decisiones informadas, eficiencia operativa, mejora en la precisión, seguimiento de KPI, satisfacción del cliente, empoderamiento del personal, personalización de informes, ahorro de costos, competitividad, cumplimiento de las Leyes Fiscales y una visión amplia de la situación financiera de sus clientes. Estos beneficios contribuyen a una gestión financiera efectiva, la optimización de recursos y la capacidad de ofrecer servicios de alta calidad a los clientes. (TABLEAU SOFTWARE, 2023)

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el enfoque mixto ya que es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos, su alcance fue de tipo descriptivo. Como fuentes de información primaria se realizaron entrevistas con los miembros del despacho para comprender las necesidades y expectativas específicas con respecto al modelo analítico (Hernández-Sampieri, 2018). La implementación del MAABI se llevará a cabo en etapas, permitiendo al DC ajustarse a posibles cambios en los requisitos o necesidades a lo largo del tiempo. Se emplearán métodos ágiles como Scrum para administrar el proyecto, enfocándose en entregas progresivas y acumulativas (Schwaber y Sutherland, 2017).

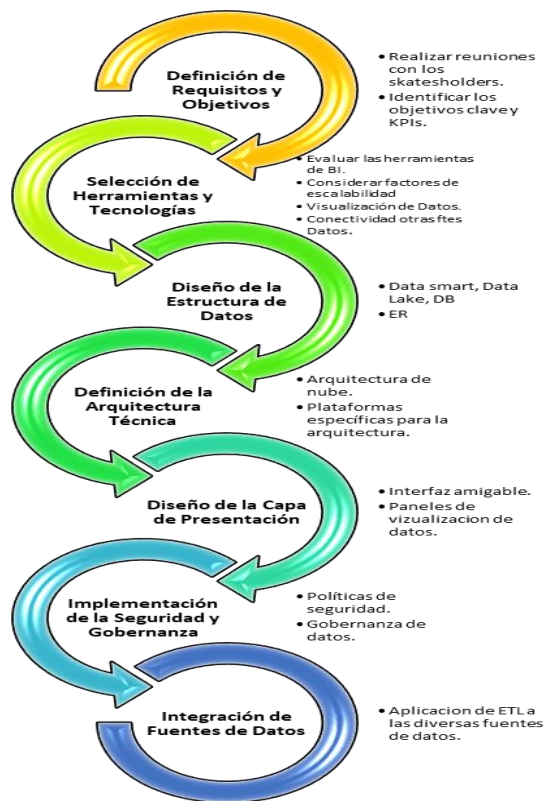
La arquitectura del MAABI para el DC se llevará a cabo siguiendo la metodología propuesta por Lih Ong et al (2011). Esta metodología, que considera factores como el valor y la calidad de los datos mediante el proceso de calidad de los datos, así como el flujo de información del sistema a través del proceso de gobierno de los datos, consta de cinco capas. Estas capas incluyen la Capa de fuentes de datos, la capa de proceso ETL, la capa de almacenes de datos (Data Warehouse, Data Mart), la Capa de metadatos y la Capa de usuario final, que se dedica al análisis y la visualización de los resultados (Joyanes Aguilar, 2019).

## FASES DEL DESARROLLO

Para llevar a cabo el diseño de la arquitectura del MAABI en el DC, se deben seguir una serie de pasos y consideraciones (INTUS, 2023). A continuación, se presenta la propuesta detallada en a Figura 1.

**Figura 1**

Arquitectura del MAABI en el despacho. *Elaboración propia con base en investigaciones del autor.*



### Definición de Requisitos y Objetivos

- Se realizaron reuniones con los stakeholders del DC para entender sus necesidades y expectativas con respecto al modelo analítico. Después de las conversaciones con las partes interesadas del DC, se propone la implementación de un sistema de autoservicio analítico a través de una estructura de Data Warehouse. En este enfoque, se busca gestionar los procesos de ETL, la calidad de los datos, la administración de metadatos, y se propone la creación de una capa semántica gestionada para facilitar la comprensión de los datos por parte del negocio. Además, se plantea la asignación de roles adecuados para permitir la creación de modelos de datos en modalidad autoservicio y para brindar servicios de datos (DaaS) (Microsoft, 2023).
- La identificación de objetivos clave, KPI y métricas que se deben incluir en la arquitectura, elementos que exponen los resultados económicos de una empresa durante el periodo analizado. Estos indicadores son esenciales para examinar el rendimiento de la organización y desempeñan un papel fundamental en el proceso de toma de decisiones. Los cinco principales

KPI financieros para supervisar el estado del negocio incluyen la liquidez, la rentabilidad, el retorno de inversión, el volumen de facturación y la deuda (MyABCM corporative, 2023).

### Selección de Herramientas y Tecnologías

- Después de evaluar de las herramientas de BI disponibles en el mercado para determinar cuáles son las más adecuadas para las necesidades del despacho, hemos llegado a un consenso para notificar al gerente el empleo del software conocido como **Microsoft Power BI**. Este software, clasificado como una herramienta de BI, ofrece licencias adicionales para un extenso grupo de usuarios empresariales con habilidades analíticas. Las funcionalidades que ofrece permiten la transformación, desarrollo y análisis de informes a partir de los datos internos, brindando así recursos valiosos para la toma de decisiones (INTUS, 2023).Mostrado en la Figura 2.

**Figura 2**

**Costo de la inversión de software. Fuente: elaboración propia con base en las investigaciones realizadas por el autor.**

Power BI Pro		Power BI Premium	
Costo por usuario	Costo por usuario	Costo por capacidad	
\$211 Por usuario/mes	\$422 Por usuario/mes	\$105,395 Por capacidad/mes	
Características del servicio	Características del servicio	Características del servicio	
Adquiera una licencia para usuarios individuales con análisis modernos de autoservicio para visualizar datos en paneles e informes interactivos y compartir conocimientos con toda la organización.	Adquiera una licencia para usuarios individuales que les permita utilizar IA avanzada para preparar datos con funciones de autoservicio para macrodatos y simplificar la administración de datos y el acceso a ellos sea cual sea el tamaño de la empresa.	Adquiera una licencia para usuarios individuales que les permita utilizar IA avanzada para preparar datos con funciones de autoservicio para macrodatos y simplificar la administración de datos y el acceso a ellos sea cual sea el tamaño de la empresa. Y todo sin necesidad de adquirir licencias de usuario para consumidores de contenido.	
Power BI Pro está incluido en Microsoft 365 E5.	Incluye todas las características disponibles en Power BI Pro.	Se necesita una licencia de Power BI Pro para poder publicar contenido en la capacidad de Power BI Premium.	
		Habilite la escalabilidad automática con su suscripción de Azure para escalar automáticamente la capacidad de Power BI Premium.	

En conceso con los directivos del despacho contable se llegó al acuerdo de contratar el servicio Power BI Premium, donde se adquirirán licencias individuales por usuarios pagando su renta mensual por usuario.

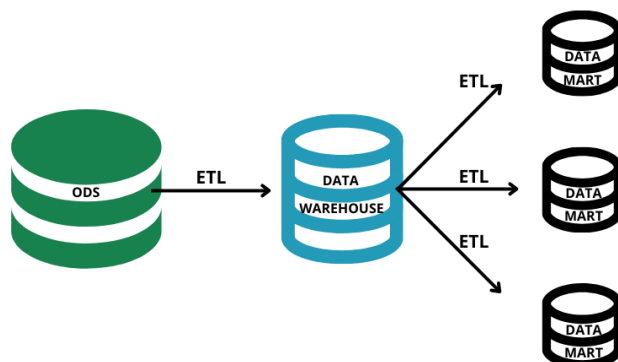
### Diseño de la Estructura de Datos

- Definir la estructura de las bases de datos y almacenes de datos que servirán como fuente para el modelo analítico del despacho contable. El almacenamiento de datos comprenderá tres elementos: el ODS, el Data Warehouse y los Data Marts corporativos. La secuencia de transferencia de datos sigue desde el ODS hacia el Data Warehouse y, posteriormente, hacia los Data Marts. El Data Warehouse representa uno de los componentes esenciales dentro de la arquitectura de un sistema de Inteligencia de Negocios (Joyanes Aguilar, 2019). Los cuales se observan en la Figura 3.

**Figura 3**

Estructura de la base de datos y almacenes de datos, Fuente: modificado del modelo de Joyanes Aguilar, 2019.

#### ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS Y ALMACENES DE DATOS



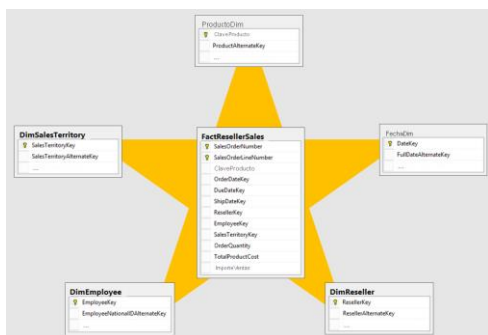
En el despacho se podrá establecer relaciones entre las diferentes entidades de datos para permitir un análisis efectivo. Las relaciones de las diferentes entidades de datos se realizarán mediante el esquema de estrella y varios conceptos vinculados presentados en este artículo son esenciales para la creación de modelos en Power BI que sean óptimos tanto en rendimiento como en facilidad de uso. Es importante destacar que cada visualización de informes en Power BI genera una consulta que se transmite al modelo de Power BI, denominado por el servicio Power BI como un conjunto de datos. Estas consultas se utilizan para filtrar, agrupar y resumir los datos del modelo, logrando un modelo bien estructurado que ofrece tablas destinadas para filtrado y agrupación, así como tablas para resumen. Este enfoque se alinea eficazmente con los principios de los esquemas de estrella:

- Las tablas de dimensiones respaldan las funciones de filtrado y agrupación.
- Las tablas de hechos respaldan las funciones de resumen, véase la Figura 4.

Un diseño de modelo efectivamente organizado deberá contener tablas que se clasifiquen como del tipo de dimensiones o del tipo de hechos. Se aconseja evitar la combinación de ambos tipos en una única tabla. Asimismo, se buscará esforzarse por proporcionar el número adecuado de tablas con relaciones aplicadas de manera apropiada. Además, resultará fundamental que las tablas del tipo de hechos siempre carguen datos en un nivel de detalle coherente (Microsoft , 2023).

**Figura 4**

Esquema Entidad-Relación de estrella para los modelos de Power BI. Fuente: Microsoft, 2023



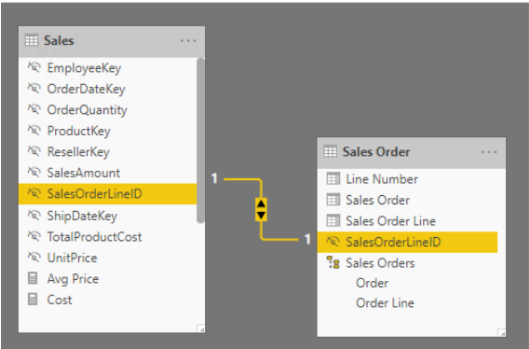
#### Relación uno a uno

Es factible establecer una relación uno a uno cuando ambas tablas comparten una columna con valores comunes y únicos. Hay dos situaciones que involucran relaciones uno a uno (Microsoft , 2023):

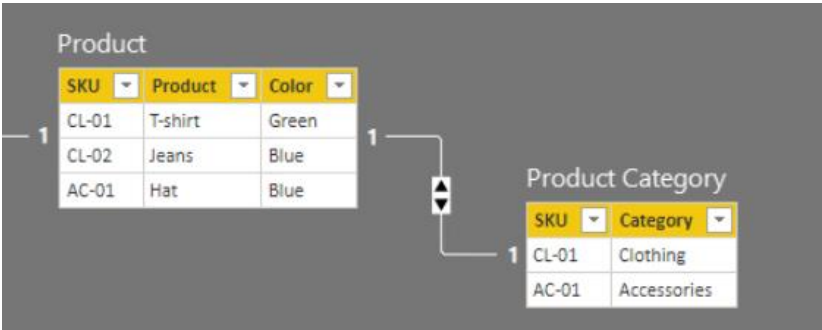
- Dimensiones Degeneradas: Puede derivar una dimensión degenerada desde una tabla de tipo de hechos, vea Figura 5.
- Distribución de Datos entre Tablas: Una entidad de negocio o tema único se carga como dos (o más) tablas de modelo, posiblemente porque sus datos provienen de almacenes de datos distintos. Este caso puede ser común en las tablas de tipos de dimensión. Por ejemplo, los detalles básicos de los productos se almacenan en un sistema de ventas operativo, mientras que los detalles adicionales pueden provenir de una fuente diferente, se muestra en la Figura 6.



**Figura 5.**  
Esquema Relacional uno a uno, dimensión degenerada. Fuente: Microsoft, 2023.



**Figura 6.**  
Esquema Relacional uno a uno, Distribución de Datos entre Tablas. Fuente: Microsoft,2023.

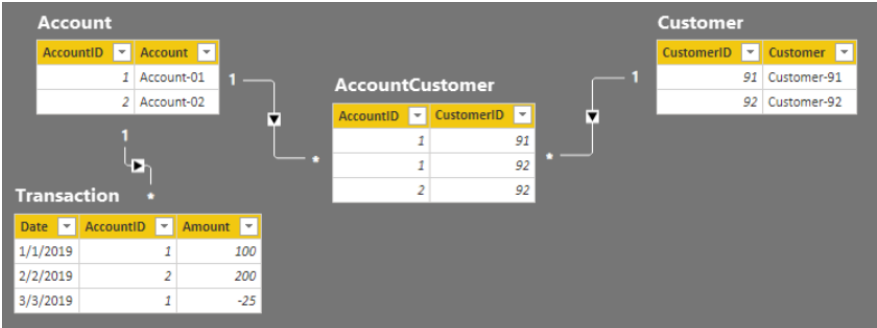


No obstante, es poco común establecer una relación uno a uno entre dos tablas de tipo de hechos. Esto se debe a que ambas tablas de tipo de hechos deben tener la misma dimensionalidad y granularidad. Además, cada tabla de tipo de hechos requeriría columnas únicas para posibilitar la creación de la relación de modelo (Microsoft , 2023).

**Modelado de varios a varios**

- Existen tres situaciones en las cuales pueden darse relaciones varios a varios. Estas se presentan cuando es necesario establecer:
- Relación entre dos tablas del tipo dimensión, Figura 7.
  - Relación entre dos tablas del tipo hecho, Figura 8.
  - Relaciones entre tablas de tipo hecho con un nivel de detalle superior. Esto sucede cuando la tabla de tipo hecho almacena filas con un nivel de detalle más elevado que las filas de la tabla de tipo dimensión, véase Figura 9.

**Figura 7.**  
Relación entre dos tablas del tipo dimensión. Fuente: Microsoft, 2023.



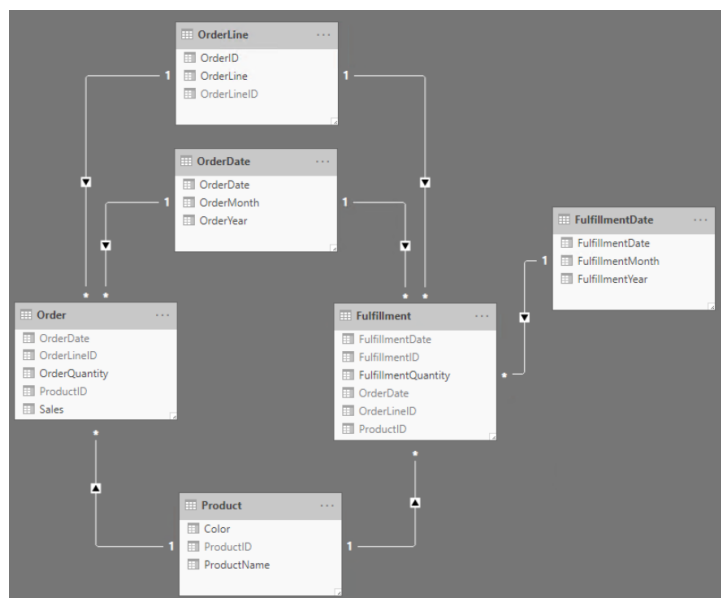
En la situación es clásica en el ámbito contable, se establece una relación entre dos entidades: clientes de un banco y cuentas bancarias. Supongamos que los clientes pueden tener múltiples cuentas y que las cuentas pueden estar asociadas con varios clientes. Cuando una cuenta tiene varios titulares, generalmente se les denomina titulares conjuntos.

El modelado de estas entidades es directo. Se almacenan las cuentas en una tabla de tipo dimensión y los clientes en otra. Como es habitual en las tablas de tipo dimensión, ambas cuentan con una columna identificadora. Para representar la relación entre ambas, se requiere una tercera tabla, conocida como tabla de puente. En este caso, su propósito es registrar una fila por cada asociación entre cuenta y cliente. Es interesante notar que cuando esta tabla únicamente contiene columnas identificadas, se la denomina tabla de hechos sin hechos (Microsoft, 2023).

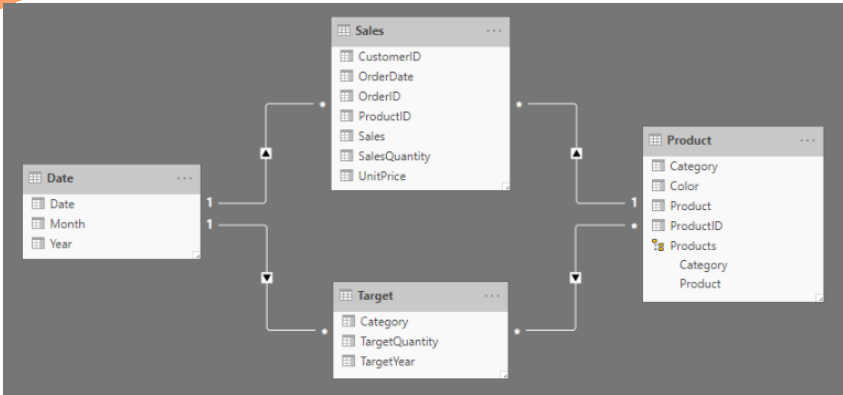
Se agregan dos relaciones uno a varios para relacionar las tablas. Este es un diagrama de modelo actualizado de las tablas relacionadas. Se ha agregado una tabla de tipo de hechos denominada Transaction (Transacción). Registra las transacciones de las cuentas. Se han ocultado la tabla de puente y todas las columnas de identificador. Generalmente, no se aconseja establecer una relación directa de varios a varios entre dos tablas de tipo de hechos. La razón principal radica en que este modelo carecerá de flexibilidad para que los objetos visuales de informe realicen filtros o agrupaciones. En el ejemplo mencionado, únicamente sería posible que los objetos visuales realicen filtros o agrupaciones mediante la columna OrderID de la tabla Order. Un motivo adicional está vinculado con la calidad de los datos, ya que, si hay problemas de integridad, algunas filas podrían omitirse durante las consultas debido a la naturaleza de la relación débil. En lugar de establecer relaciones directas entre tablas de tipo de hechos, se sugiere seguir los principios de diseño del esquema de estrella. Para lograrlo, se añaden tablas de tipo de dimensión. Estas tablas se relacionan con las tablas de tipo de hechos mediante relaciones de uno a varios. Este enfoque de diseño es robusto, ya que proporciona opciones de informe flexibles, permitiendo la filtración o agrupación mediante cualquier columna de tipo de dimensión y la síntesis de cualquier tabla de tipo de hechos relacionados (Microsoft, 2023).

**Figura 8.**

Relación entre dos tablas del tipo hecho. Fuente: Microsoft, 2023.



**Figura 9.** Relaciones entre tablas de tipo hecho con un nivel de detalle superior. Fuente: Microsoft, 2023.



**Definición de la Arquitectura Técnica**

- Determinar si se utilizará una arquitectura de nube, on-premise o híbrida para alojar el modelo analítico. Consideramos factores como escalabilidad, capacidad de visualización de datos, conectividad con fuentes de datos, entre otros. Se podría disponemos de Data Warehouses en la nube altamente robustos que posibilitan la implementación de arquitecturas flexibles y escalables, con un modelo de pago por uso. Esto no solo contribuye a la reducción de costos, sino que también permite dirigir los esfuerzos hacia los procesos esenciales del DC, por lo que se le plantea el uso de un depósito de datos en la nube totalmente administrado, adaptable y con un rendimiento óptimo diseñado específicamente para análisis en tiempo real y adaptación flexible a diversos casos de uso en el ámbito analítico. Disponibles tanto en IBM Cloud como en AWS (IBM, 2023).
- Capacidades analíticas en memoria.
- Integración de aprendizaje automático.
- Flujo continuo de datos para análisis de baja latencia.
- Medidas de seguridad, copias de seguridad y asistencia al cliente disponibles en todo momento, mostrados en la Figura 10.

**Figura 10**  
IBM Cloud como en AWS. Fuente: IBM/Price

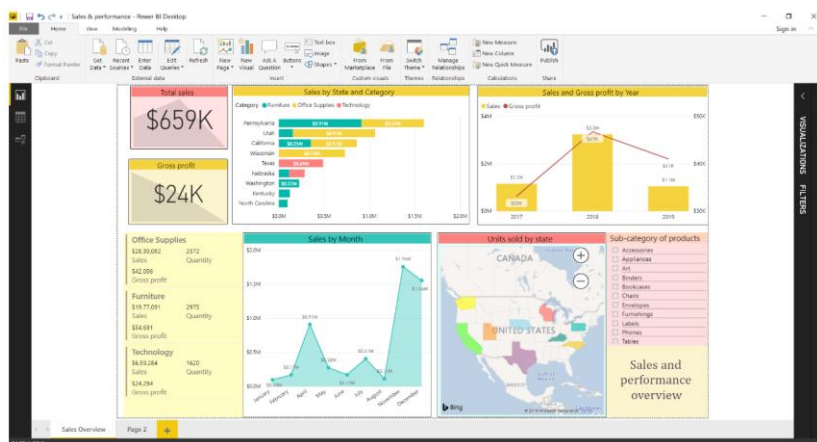
Plan	Características y funciones	Tarifas
Flex One	Una instancia de partición única diseñada para empresas en crecimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,23 \$ USD/Instance-Hour</li> <li>• 0,09 \$ USD/VPC-Hour</li> <li>• 0,009 \$ USD/10 Gigabyte-Hour</li> <li>• 0,60 \$ USD/Replication-5-Gigabytes</li> <li>• 86,25 \$ USD/ServiceEndpointConnectivity_INSTANCE</li> <li>• 977,50 \$ USD/ServiceEndpointDedicatedConnectivity_INSTANCE</li> </ul>
* La instancia básica proporciona una base de datos con almacenamiento de disco de 40 GB y 6 núcleos de procesador virtual (VPC). Escale el almacenamiento hasta 4 TB, y escale el cálculo hasta 28 VPC.		

**Diseño de la Capa de Presentación**

- Crear una interfaz de usuario intuitiva y amigable que permita a los usuarios del despacho interactuar con los datos de manera efectiva. Considerando la inclusión de paneles de control, gráficos, informes y herramientas de exploración de datos. El DC puede incorporar visualizaciones claves o destacadas generadas en la herramienta de desarrollo de Power BI en un panel. Cada visualización se presenta como un mosaico en el panel, proporcionando una apariencia más ordenada y comprensible. Para agregar una visualización de su informe a un panel, basta con anclarla en el panel. Un usuario o consumidor puede acceder al informe original desde el cual se realiza la visualización al hacer clic en su mosaico, mostrado en la Figura 11.
- Los diseñadores podrán crear un panel y lo publican en plataformas compartidas de Power BI, y los usuarios accederán a los paneles desde allí. Los usuarios no tiene la capacidad de modificar un panel; en su lugar, utilizará el panel con objetivos analíticos, obtendrá una visión rápida de su negocio o tomar decisiones importantes basadas en la información proporcionada en el panel (DataFlair, 2023).

**Figura 11.**

Panel de visualización o Dashboard. Fuente: Data Flair, 2023.



### Implementación de la Seguridad y Gobernanza

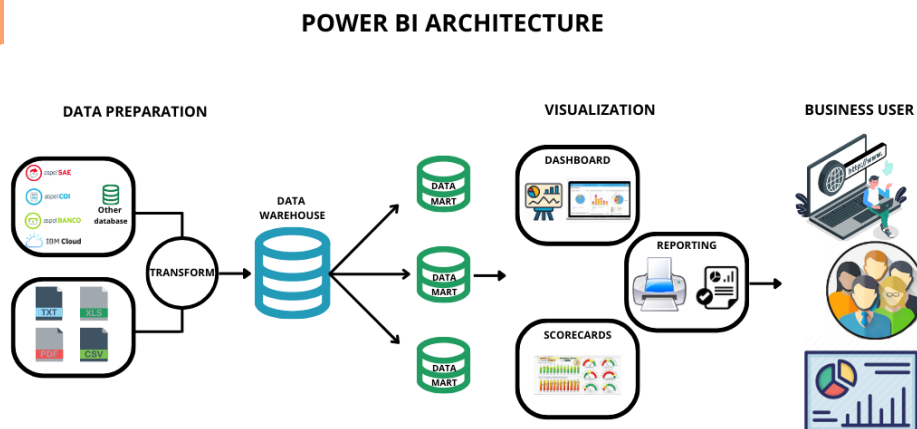
- Establecer políticas de seguridad para garantizar que solo los usuarios autorizados tengan acceso a determinados conjuntos de datos. En el DC, implementar políticas de seguridad es esencial para asegurar que solo usuarios autorizados accedan a conjuntos de datos específicos. Esto implica identificar claramente a los usuarios y asignar roles según sus responsabilidades, utilizar herramientas de seguridad integradas en la base de datos y en las herramientas de BI, establecer políticas de contraseñas sólidas, cifrar datos sensibles, auditar y registrar actividades relacionadas con el acceso a datos, proporcionar entrenamiento sobre políticas de seguridad, y mantener políticas actualizadas con un enfoque continuo en la seguridad informática. Este enfoque integral garantiza la protección de información financiera y confidencial, promoviendo la conciencia de seguridad y adaptándose a cambios en la estructura de datos y amenazas potenciales (Kimball y Ross, 2013).
- Implementar un marco de gobernanza de datos para asegurar la integridad y calidad de la información en el DC, se centrará en diversos aspectos clave tales como la estructura organizacional clara, esencial para asegurar que las responsabilidades y roles estén definidos en relación con la gestión de datos. La definición de políticas y estándares de calidad de datos establece las pautas para garantizar la precisión y confiabilidad de la información. El minucioso inventario de datos y la ejecución de procesos de calidad de datos demuestran un enfoque proactivo para mantener la integridad de los datos. La garantía de seguridad y privacidad de la información es crucial, especialmente en entornos contables que manejan datos sensibles (Kimball y Ross, 2013).

### Integración de Fuentes de Datos

- Configurar los procesos de ETL para integrar datos de diversas fuentes, como sistemas contables, bases de datos internas y externas, entre otros. En el DC se realizaría este proceso como se describe a continuación; La extracción implicaría identificar y recopilar datos relevantes de diversas fuentes, ya que, por lo general, los datos de fuentes internas y externas no están integrados y pueden ser incompletos o duplicados. Este proceso es esencial para seleccionar datos significativos para la toma de decisiones de esta organización. Los datos extraídos se dirigen a un área de almacenamiento temporal antes de la transformación y limpieza. La transformación implicaría convertir los datos para su respectivo análisis acorde a las necesidades del DC, con funciones de normalización y estandarización, para lograr formatos coherentes que faciliten la generación de informes y análisis. Una vez que los datos han sido limpiados y transformados, se almacenan en el área temporal. La última etapa del proceso ETL consiste en cargar los datos desde el área temporal de almacenamiento al repositorio de destino, que combinado incluye un Data Warehouse y Data Marts, a menudo a través de un almacén de datos ODS, al finalizar esta serie de pasos, el sistema estará preparado para que los usuarios finales accedan al conjunto de datos fácilmente identificables. La propuesta tiene como objetivo mejorar la eficiencia en la toma de decisiones y optimizar los procesos del DC mediante la implementación del *MAABI* (Joyanes Aguilar, 2019); véase la Figura 12.

**Figura 12.**

Integración de Fuentes de Datos. Fuente: Modificado del modelo de Joyanes Aguilar, 2019.



### Pruebas y Validación

- Realizar pruebas exhaustivas para asegurarse de que el modelo analítico funcione correctamente y cumpla con los requisitos definidos en la fase de diseño.

### Capacitación y Documentación

- Proporcionar capacitación a los usuarios del despacho sobre cómo utilizar el modelo analítico y aprovechar al máximo sus capacidades. La capacitación y concientización de los empleados son herramientas valiosas para promover una cultura de datos responsable. Un sistema robusto de monitoreo y auditoría permite evaluar continuamente los datos y detectar posibles problemas.
- La gestión eficaz de cambios es vital en un entorno en constante evolución, asegurando que las políticas y prácticas se ajustan a las necesidades actuales. La documentación de políticas y procesos proporciona una referencia clara para todos los involucrados. La promoción de la colaboración interdepartamental destaca la importancia de la comunicación y la cooperación entre diferentes áreas del despacho. Este enfoque se presenta como una estrategia completa para garantizar la integridad y calidad de la información, adaptándose a las necesidades específicas del despacho y cumpliendo con normativas y estándares de privacidad (Kimball y Ross, 2013).

### Implementación Piloto y Ajustes

- Lanzar una versión piloto del modelo analítico en un entorno controlado para evaluar su desempeño y recopilar comentarios.
- Realice ajustes según las sugerencias y retroalimentación recibidas durante la fase piloto.

Siguiendo estas fases, el DC estará en una posición sólida para implementar un *MAABI* que satisfaga sus necesidades y objetivos específicos. Es importante recordar que el proceso de diseño de la arquitectura debe ser iterativo y estar sujeto a ajustes a medida que se obtenga más información y se recopilen comentarios (Schwaber y Shuderland, 2017).

### CONCLUSIÓN

En esta investigación, se identificaron desafíos importantes en la gestión de datos del DC, que dependía de un sistema local con restricciones de almacenamiento y procesamiento.

- La propuesta de migrar a un servidor en la nube y adoptar un *MAABI* destaca la necesidad de gestionar grandes volúmenes de información en tiempo real.
- Al proponer una arquitectura con un Data Warehouse para ETL, se buscaría mejorar la comprensión de los datos en el negocio.
- La elección de Microsoft Power BI puntualiza la importancia de gestionar con precaución el acceso a los datos.
- La sugerencia de adoptar una arquitectura de al menos cinco capas y el uso de un ODS refleja una visión integral para optimizar los procesos del DC.
- Además, la creación de una capa semántica respaldada por un diccionario de datos se considera esencial para presentar los datos de manera uniforme.
- Como comentario final, la propuesta tiene como objetivo mejorar la eficiencia en la toma de decisiones y perfeccionar los procesos del DC mediante un *MAABI*.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Hernández-Sampieri, R. (2018). Metodología de la Investigación: las rutas cualitativa, cuantitativa y mixta. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, SA DE CV.
- Joyanes Aguilar, L. (2019). Inteligencia de Negocios y Analítica de Datos: Una visión global de Business y Analytics. Bogotá: Alfa Grupo editor, México.
- Kimball, R. y. (2013). The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. Wiley India.

## **REFERENCIAS**

- DataFlair. (2023). Introducción a Power BI. Obtenido de <https://data-flair.training/blogs/power-bi-tutorials-home/>
- IBM. (2023). D2B Pricing. Obtenido de <https://www.ibm.com/mx-es/products/db2/pricing>
- INTUS. (2023). INTUS. Obtenido de <https://www.intus.com.mx/post/cuando-implementar-mejorar-data-warehouse/>
- LÓPEZ D., D. J. (11 de 2022). Transformación digital del contador público en Venezuela. Actualidad Contable FACES, 25-52. Recuperado el 15 de 11 de 2023, de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/actualidadcontable/article/view/18555>
- Microsoft . (noviembre de 2023). Microsoft Ignite. Obtenido de <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/guidance/powerbi-implementation-planning-usage-scenario-personal-bi>
- MyABCM corporative. (2023). Blog MyABCM. Obtenido de <https://myabcm.com/es/5-top-kpis-financieros/#:~:text=Los%20indicadores%20clave%20de%20rendimiento,proceso%20de%20toma%20de%20decisiones.>
- Schwaber, K. y. (Noviembre de 2017). Scrum-Guide-Spanish\_SouthAmerican. Obtenido de <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Spanish-SouthAmerican.pdf>
- TABLEAU SOFTWARE, L. E. (2023). ¿Qué es el Business Intelligence? Tu guía para la inteligencia de negocios y por qué es importante. Obtenido de <https://www.tableau.com/es-mx/learn/articles/business-intelligence>
- Vicente, S. e. (2016). Repositorio académico UPC. Recuperado el 05 de septiembre de 2023, de <http://hdl.handle.net/10757/621359>

# Predicción riesgo de crédito inmobiliario, utilizando la metodología KDD y el algoritmo “Vecinos más cercanos”.

## Prediction of real estate credit risk, using the KDD methodology and the “Nearest Neighbors” algorithm.

Alejandro Rivera Hernández<sup>1</sup>, Luis Arturo Castillo Pérez<sup>2</sup>, Jaime Pérez Díaz<sup>3</sup>, Eduardo Izquierdo Izquierdo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/9931938342, e-mail: [rivera\\_lex@hotmail.com](mailto:rivera_lex@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/9932071099, e-mail: [lacp22@hotmail.com](mailto:lacp22@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/9934264788, e-mail: [japedia@gmail.com](mailto:japedia@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/993204621, e-mail: [eduardoizquierdoizquierdo@outlook.com](mailto:eduardoizquierdoizquierdo@outlook.com)

**Línea de investigación:** Minería de Datos, Probabilidad

### RESUMEN

El presente trabajo, nos permite conocer el estatus de las condiciones del crédito para predecir la cartera vencida del Instituto de Vivienda de Tabasco. Debido a las condiciones del sector inmobiliario y a la inflación que nos afecta de manera general, se tomó la decisión de conocer la proyección de la cartera de clientes que tienen un crédito de vivienda en el Estado y cuáles de ellos caerán en cartera vencida. Esto nos permitirá tomar en cuenta el anteproyecto de presupuesto del programa operativo anual, el cual determina el gasto de inversión a seguir en materia de vivienda. La metodología a utilizar es la de KDD con el algoritmo de vecinos cercanos usando el software Rapidminer, esto para crear una clasificación supervisada y buscar dentro de las bases de datos, las condiciones dominantes de cada cliente que puede determinar en un resultado esperado. Debido a la cantidad de créditos otorgados se estableció que sea el municipio de Centro, la ciudad de Villahermosa, Tabasco donde se tome una muestra de 269 registros, que corresponden de los años 2019 al 2021, para determinar nuestra muestra de estudio y compararlo con muestras aleatorias para comprobar su eficacia. En conclusión, se determina que, bajo ciertas condiciones específicas, se cumplen los criterios para determinar el estatus de un crédito y este sea finiquitado o caiga en cartera vencida.

*Palabras clave:* Crédito, Inmobiliario, Metodología KDD, Rapidminer, Riesgo, Vecinos cercanos..

### Abstract

The present work allows us to know the status of the credit conditions to predict the accurate expiration of the Tabasco Housing Institute. Due to the conditions of the real estate sector and the inflation that affects us in a general way, the decision was made to know the projection of the portfolio of clients who have a housing loan in the State and which of them will fall into non-performing loans. This will allow us to take into account the draft budget of the annual operating program, which determines the investment expenditure to be followed in housing matters. The methodology to be used is that of KDD with the algorithm of close neighbors using the Rapidminer software, this to create a supervised classification and search within the databases, the dominant conditions of each client that can determine an expected result. Due to the amount of credits granted, it was determined that it be the municipality of Centro, the city of Villahermosa, Tabasco, where a sample of 269 records is taken, corresponding to the years 2019 to 2021, to determine our study sample and compare it with samples. randomized to test its effectiveness. In conclusion, it is determined that, under certain specific conditions, the criteria to determine the status of a loan are met and it is settled or falls into past-due portfolio.

*Keywords:* Credit, KDD methology, K nearest neighbor, Rapidminer, Real state, Risk

## INTRODUCCIÓN

Determinar el valor de un inmueble es uno de los mayores retos a los que puede enfrentarse ya sea el comprador o el vendedor. Como un apoyo en esta difícil tarea, existen empresas prestadoras de servicios de consultoría o intermediación en materia inmobiliaria, quienes se convierten en intermediarios tanto de compradores como de vendedores. Determinan los precios, si bien de primera mano con el avalúo de un perito certificado en la materia, también se suele utilizar elementos que son un poco difíciles para su medición como son las actividades productivas extraordinarias cercanos a la zona donde se encuentre el inmueble, o su proximidad con centros comerciales o de servicios. De manera especial se pueden considerar los acabados o materiales especiales que tenga el inmueble, así como su antigüedad. De esta forma resulta entonces evidente que no es lo mismo comprar un inmueble en el primer cuadro de la ciudad que comprarlo en las afueras de la misma.

En el Estado de Tabasco los costos de los inmuebles están sobrevalorados esto a partir del boom petrolero en los años 70's, actualmente el crecimiento de las actividades del sector petrolero en la región, están contribuyendo a la demanda de renta y compra de inmuebles en la ciudad. Los precios de la vivienda en Villahermosa, Tabasco, han incrementado los últimos dos años entre un 20% y un 40%.

La idea desarrollada de este proyecto surge en la inquietud de determinar la capacidad de cumplimiento de un crédito bajo el comportamiento de ciertas condiciones ya identificadas. Esto nos permitirá conocer la capacidad futura de adquisición de créditos y poder afinar las condiciones de ingresar en los esquemas de apoyo que otorga el Instituto de Vivienda de Tabasco.

## DESARROLLO

Determinar el valor de un inmueble es uno de los mayores retos a los que puede enfrentarse ya sea el comprador o el vendedor. Como un apoyo en esta difícil tarea, existen empresas prestadoras de servicios de consultoría o intermediación en materia inmobiliaria, quienes se convierten en intermediarios tanto de compradores como de vendedores. Determinan los precios, si bien de primera mano con el avalúo de un perito certificado en la materia, también se suele utilizar elementos que son un poco difíciles para su medición como son las actividades productivas extraordinarias cercanos a la zona donde se encuentre el inmueble, o su proximidad con centros comerciales o de servicios. De manera especial se pueden considerar los acabados o materiales especiales que tenga el inmueble, así como su antigüedad. De esta forma resulta entonces evidente que no es lo mismo comprar un inmueble en el primer cuadro de la ciudad que comprarlo en las afueras de la misma.

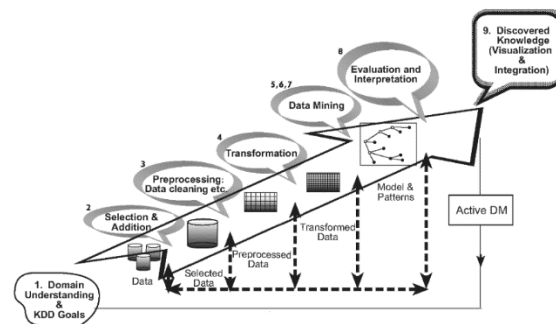
En el Estado de Tabasco los costos de los inmuebles están sobrevalorados esto a partir del boom petrolero en los años 70's, actualmente el crecimiento de las actividades del sector petrolero en la región, están contribuyendo a la demanda de renta y compra de inmuebles en la ciudad. Los precios de la vivienda en Villahermosa, Tabasco, han incrementado los últimos dos años entre un 20% y un 40%.

La idea desarrollada de este proyecto surge en la inquietud de determinar la capacidad de cumplimiento de un crédito bajo el comportamiento de ciertas condiciones ya identificadas. Esto nos permitirá conocer la capacidad futura de adquisición de créditos y poder afinar las condiciones de ingresar en los esquemas de apoyo que otorga el Instituto de Vivienda de Tabasco.

La Minería de Datos en realidad es el núcleo de todo un proceso llamado Descubrimiento de Conocimiento en Base de Datos (Knowledge Discovery in Databases – KDD) (ver fig. 1), el cual es un proceso metodológico para encontrar un “modelo” válido, útil y entendible que describa patrones de acuerdo a la información, y como modelo entendemos que es la representación que intenta explicar ese patrón en los datos.

Es importante mencionar que hablar de “modelo” como fórmula mágica no significa que existe una solución para cualquier problemática, sino todo lo contrario, pues existen muchos métodos o algoritmos que podrían satisfacer las necesidades dependiendo de los objetivos del estudio y de los datos que se quieran analizar.

**Figura 1.** Esquema del descubrimiento de conocimiento en base de datos



Fayyad en 1996 define el *Knowledge Discovery from Databases*, también conocido como KDD, o descubrimiento de conocimiento en bases de datos como “el proceso no trivial de identificar patrones válidos, novedosos, potencialmente útiles y, en última instancia, comprensibles a partir de los datos.” En esta definición se introducen las propiedades deseables del conocimiento extraído:

- **válido:** los patrones deben ser precisos para nuevos datos y no solo para aquellos que se han utilizado en su concepción, con un cierto grado de incertidumbre.
- **novedoso:** debe aportar algo que previamente se desconocía.

- **potencialmente útil:** que debe devolver algún tipo de beneficio.
- **comprensible:** la información incomprensible no aporta conocimiento en cuanto a su utilidad.

Otra acepción define el *Knowledge Discovery from Databases* como el proceso que inicia un sujeto, normalmente una empresa o una entidad, con el fin de obtener un conocimiento en forma de patrón.

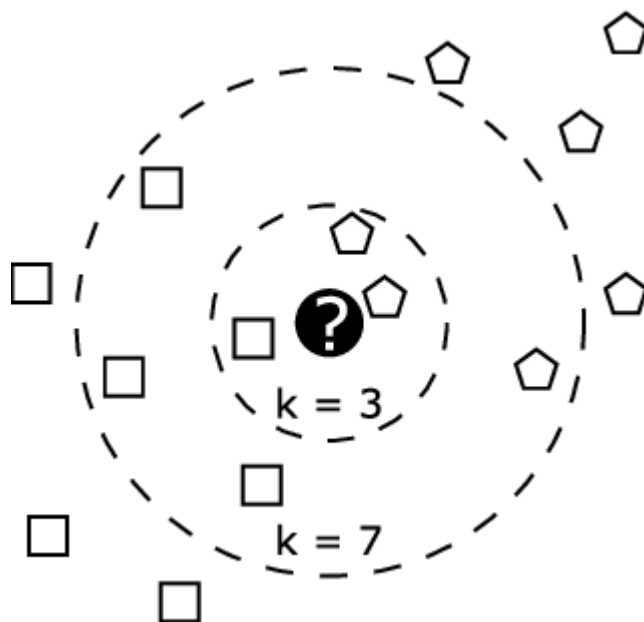
Por tanto, el objetivo del KDD es **averiguar la naturaleza, cualidades o relaciones entre elementos**.

#### ALGORITMO KNN (VECINOS MÁS CERCANOS)

K Vecinos más Cercanos es un algoritmo de aprendizaje máquina (ML por sus siglas en inglés) de tipo no paramétrico y de aprendizaje perezoso (Lazy Learning). Lo que significa que no hace suposiciones sobre la distribución del conjunto de datos y no realiza ningún trabajo de preprocesamiento del tipo entrenamiento. Es un algoritmo de clasificación de objetos desconocidos. Utiliza un conjunto de datos etiquetados, que poseen atributos cuantificables. La clasificación se realiza midiendo la semejanza de un objeto a clasificar con el conjunto completo de datos, obteniendo los  $k$  objetos más similares, para definir una etiqueta a partir de estos.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de clasificación, en donde se aprecia que existen dos tipos de clase (Pentágonos y Cuadrados). Con un número  $k$  arbitrario se clasifica el objeto desconocido o hipótesis de acuerdo a los individuos más cercanos. Se puede observar si se utiliza la Moda, para  $k = 3$  el objeto se clasificaría como pentágono y para  $k = 7$  sería cuadrado. Mostrando la dependencia del algoritmo hacia un valor óptimo de  $k$ .

**Figura 2.** Algoritmo de clasificación  $kNN$ . Se observa en el diagrama la dependencia hacia un valor óptimo de  $k$  del algoritmo. En este ejemplo en concreto, siendo  $k = 3$  el objeto a clasificar sería un pentágono, mientras que con  $k = 7$  sería un cuadrado.



La simplicidad del algoritmo permite su utilización para realizar regresión (la tarea de pronóstico se puede plantear como un problema de regresión). Además, esta simplicidad es la que hace que sea utilizado en un amplio rango de campos que van desde: visión computacional, geometría computacional, grafos, entre muchos otros.

El algoritmo asume que los datos se encuentran en un espacio de características y que los puntos de datos se pueden ubicar en un espacio métrico. Los datos pueden ser escalares o vectores multidimensionales, pero deben tener una noción de distancia; la métrica de la distancia Euclidiana es la más comúnmente utilizada.

Usando la regresión con un, el pronosticador de series de tiempo puede resolverse de manera similar a la clasificación. Al pronosticar se hace uso de valores continuos, por lo tanto, todos los valores calculados poseen un margen de error que es medible por distintas funciones.

Entre los problemas del algoritmo se encuentran los tiempos largos de ejecución para conjuntos de datos de grandes dimensiones, su dependencia hacia un valor óptimo de  $K$  y problemas inherentes a las series de tiempo como los outliers o los valores nulos.

Los tiempos de ejecución largos del algoritmo al utilizar conjuntos grandes de datos hacen que el proceso no sea apto para soluciones en tiempo real. Esto es causado por la particularidad del aprendizaje perezoso del algoritmo, ya que no realiza trabajo alguno de

preprocesamiento o modelado de datos. Por lo que para cada pronóstico o clasificación es necesario realizar una gran cantidad de operaciones.

La selección de un valor óptimo de K es otra de las desventajas del método. Un número adecuado de k cambia el resultado obtenido por el algoritmo. Por lo general se selecciona un número arbitrario. Aunque también se puede obtener mediante técnicas de optimización, causando una sobrecarga a un mayor en los tiempos de ejecución.

### **ESTADO DEL ARTE**

Chiluiza Molina y Oscar Wladimir en su trabajo “Desarrollo de un modelo predictivo para la evaluación del riesgo crediticio en la cooperativa de ahorro y crédito virgen del cisne” del año 2021, a través de minería de datos, consiguieron determinar que si se desarrolla un modelo predictivo entonces se evaluará el riesgo crediticio, optimizando el otorgamiento de créditos en la Cooperativa de Ahorro y Crédito Virgen del Cisne, con un 95% de efectividad en los algoritmos usados a través de la minería de datos.

En la investigación del 2009, (Yeh and C. Lien, “The comparisons of data mining techniques for the predictive accuracy of probability of default of credit card clients”) se enfoca en el caso de incumplimiento de los pagos de los clientes en Taiwán y compara la precisión predictiva de la probabilidad de incumplimiento entre seis métodos de minería de datos, entre los que destaca el clasificador del k-vecino más cercano (KNN), Regresión logística, análisis discriminante, clasificador bayesiano, redes neuronales y árboles de decisión.

Desde la perspectiva de la gestión de riesgos, el resultado de la precisión predictiva de la probabilidad estimada de incumplimiento será más valiosa que el resultado binario de la clasificación - clientes creíbles o no creíbles. Debido a que la probabilidad real de incumplimiento es desconocida, este estudio presentó un "Método Suavizado de Clasificación" para estimar la probabilidad real de incumplimiento.

### **OBJETIVO GENERAL**

Predecir el comportamiento de la cartera de clientes del Instituto de Vivienda de Tabasco, mediante el uso de la metodología KDD y el algoritmo “Vecinos más cercanos”.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Preparar la base de datos con 269 registros de los créditos otorgados por el Instituto de Vivienda de Tabasco, en el período de 2019 al 2021 en la ciudad de Villahermosa, municipio de Centro, Tabasco; para agregarla al Sistema Rapidminer.

Comparar los diferentes resultados emitidos por el Sistema Rapidminer, para determinar la opción mas viable con el Valor de K (Vecino más cercano) más adecuado.

Elaborar planes de capacitación enfocados al personal del área financiera del Instituto de Vivienda de Tabasco; para la adecuada adopción del Sistema RapidMiner.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

Este trabajo se desarrollará en 269 créditos otorgados por el Instituto de Vivienda de Tabasco en los años de 2019 a 2021 debido a la relevancia que representa el poder determinar el posible comportamiento financiero (cuplido o moroso) de un potencial cliente de vivienda. Para lo cual se utilizará el sistema informático RapidMiner.

### **METODOLOGÍA**

Se realizará una investigación cualitativa realizando diversas pruebas en el Software Rapidminer, para lo cual se realizarán varias iteraciones modificando el valor del vecino más cercano (valor de K) para encontrar el valor más adecuado en la muestra.

Se hará una investigación de tipo Descriptiva Simple, ya que solo incluye una variable (valor diferente de K).

Se hará una investigación No experimental ya que no se manipulará la variable de estudio y se trabajará con software ya existente.

Para la realización de este proyecto, se usó el software Rapidminer, el cual es una de las herramientas de minería de datos más utilizada y más sencilla de utilizar por lo que es muy recomendada para su uso en entornos menos técnicos. Su sistema de programación visual (Drag&Drop) requiere de una menor curva de aprendizaje logrando mayor productividad en menos tiempo.

El sistema de programación visual es su punto fuerte. Sin demasiados conocimientos técnicos puede lograr soluciones predictivas en base a grandes volúmenes de datos, gestionado por perfiles más de negocio que técnicos. Es perfecta para crear modelos y realizar análisis predictivos basados en Big Data en cualquier área o sector de negocio.

Gracias a su sistema de flujo de trabajo reduce el uso del código para el modelado de los datos agilizando los análisis incluso por personal con menor cualificación técnica. A pesar de su sistema de construcción de análisis Drag&Drop, RapidMiner es capaz de procesar ingentes cantidades de datos de multitud de fuentes diferentes

### **FASES DEL DESARROLLO**

La base de datos a utilizar, es la que generó el Instituto de Vivienda de Tabasco, de los créditos otorgados en el período de 2019 al 2021 en la ciudad de Villahermosa, municipio de Centro, Tabasco, debido a la alta concentración de créditos por ser la capital del Estado, con un total de 269 créditos otorgados en ese período.



**Figura 3. Base de datos INVITAB**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	nombre	antigüedad	costo	rango	hijos	genero	edocivil	lugar	tipocliente
2	Emma Throver	5	110,193.65	Entre 100 Mds y 200 Mds	No	Mujer	Soltero	Tabasco	Moroso
3	Kalli Giuron	10	109,668.57	Entre 100 Mds y 200 Mds	No	Mujer	Soltero	Tabasco	Cumplido
4	Manda Yessenin	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	No	Mujer	Casado	Tabasco	Moroso
5	Maude Fergie	9	121,779.90	Entre 100 Mds y 200 Mds	Si	Mujer	Viudo	Tabasco	Moroso
6	Erhard Thurske	5	110,193.64	Entre 100 Mds y 200 Mds	Si	Hombre	Viudo	Tabasco	Moroso
7	Tirrell Yoxall	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Viudo	Tabasco	Moroso
8	Arnaldo Caldeyroux	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Divorciado	Tabasco	Moroso
9	Jennifer Nealey	5	41,826.31	Menor a 100 Mds	Si	Mujer	Soltero	Tabasco	Moroso
10	Jacki Idale	8	30,000.00	Menor a 100 Mds	Si	Mujer	Casado	Tabasco	Moroso
11	Carolynn Jury	8	216,263.51	Mayor a 200 Mds	No	Mujer	Viudo	Tabasco	Cumplido
12	Marjrie Brennan	5	41,826.31	Menor a 100 Mds	Si	Mujer	Viudo	Tabasco	Moroso
13	Zitella Duffree	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Mujer	Soltero	Tabasco	Moroso
14	Steward Gregorczyk	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Divorciado	Tabasco	Moroso
15	Ariadne Mathers	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Mujer	Casado	Tabasco	Moroso
16	Ephrem Paff	10	493,883.33	Mayor a 200 Mds	No	Hombre	Viudo	Tabasco	Moroso
17	Bartholomeo Hedau	10	71,649.81	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Soltero	Tabasco	Cumplido
18	Joella Crasford	8	216,263.51	Mayor a 200 Mds	No	Mujer	Casado	Tabasco	Cumplido
19	Essa McIlherran	7	30,000.00	Menor a 100 Mds	Si	Mujer	Viudo	Tabasco	Moroso
20	Beverley Coughlan	12	111,132.67	Entre 100 Mds y 200 Mds	No	Mujer	Divorciado	Tabasco	Cumplido
21	Dieter Burfoot	10	65,404.40	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Soltero	Tabasco	Moroso
22	Lynellie Sexty	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Mujer	Soltero	Tabasco	Moroso
23	Crichton Cressair	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Casado	Tabasco	Moroso
24	Care Gamblin	10	54,387.45	Menor a 100 Mds	No	Hombre	Viudo	Tabasco	Moroso
25	Farilee Shire	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	No	Hombre	Casado	Tabasco	Moroso
26	Thorsten Olivazzi	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Soltero	Tabasco	Moroso
27	Lin Minchi	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Divorciado	Tabasco	Moroso
28	Thatcher Adolphine	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Hombre	Viudo	Tabasco	Moroso
29	Costa Barras	5	11,132.50	Menor a 100 Mds	No	Hombre	Casado	Tabasco	Moroso
30	Dalenna Cottie	8	76,800.00	Menor a 100 Mds	Si	Mujer	Soltero	Tabasco	Moroso

Como se observa en la figura 3, la base de datos de los deudores contiene los principales campos que se utilizarán para poder ser insertada en el software informático Rapidminer. Esta base de datos se genera a partir de un sistema local, el cual lo exporta a formato de hoja de cálculo para poder ser manipulado y procesado en la siguiente etapa de la minería de datos.

Para poder utilizar los datos tendremos que realizar la preparación de los datos o el normalizado de la información, para ser usados en el programa Rapidminer.

**Figura 4. Base de datos normalizada**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	nombre	antigüedad	tipocliente	costo	hijos	genero	edocivil	lugar				
2	Emma Thro	5	Moroso		0.5	No	Mujer	Soltero	Tabasco			
3	Kalli Giuron	10	Cumplido		0.5	No	Mujer	Soltero	Tabasco			
4	Manda Yese	8	Moroso		0	No	Mujer	Casado	Tabasco			
5	Maude Ferg	9	Moroso		0.5	Si	Mujer	Viudo	Tabasco			
6	Erhard Thurs	5	Moroso		0.5	Si	Hombre	Viudo	Tabasco			
7	Tirrell Yoxall	8	Moroso		0	Si	Hombre	Viudo	Tabasco			
8	Arnaldo Cali	8	Moroso		0	Si	Hombre	Divorciado	Tabasco			
9	Jennifer Nei	5	Moroso		0	Si	Mujer	Soltero	Tabasco			
10	Jacki Idale	8	Moroso		0	Si	Mujer	Casado	Tabasco			
11	Carolynn Jur	8	Cumplido		1	No	Mujer	Viudo	Tabasco			
12	Marjrie Bren	5	Moroso		0	Si	Mujer	Viudo	Tabasco			
13	Zitella Duffr	8	Moroso		0	Si	Mujer	Soltero	Tabasco			
14	Steward Grz	8	Moroso		0	Si	Hombre	Divorciado	Tabasco			
15	Ariadne Mar	8	Moroso		0	Si	Mujer	Casado	Tabasco			
16	Ephrem Paff	10	Moroso		1	No	Hombre	Viudo	Tabasco			
17	Bartholome	10	Cumplido		0	Si	Hombre	Soltero	Tabasco			
18	Joella Crasfo	8	Cumplido		1	No	Mujer	Casado	Tabasco			
19	Essa McIlthe	7	Moroso		0	Si	Mujer	Viudo	Tabasco			
20	Beverley Coi	12	Cumplido		0.5	No	Mujer	Divorciado	Tabasco			
21	Dieter Burfo	10	Moroso		0	Si	Hombre	Soltero	Tabasco			
22	Lynellie Sext	8	Moroso		0	Si	Mujer	Soltero	Tabasco			
23	Crichton Cre	8	Moroso		0	Si	Hombre	Casado	Tabasco			
24	Care Gambli	10	Moroso		0	No	Hombre	Viudo	Tabasco			
25	Farilee Shire	8	Moroso		0	No	Hombre	Casado	Tabasco			
26	Thorsten Oli	8	Moroso		0	Si	Hombre	Soltero	Tabasco			
27	Lin Minchi	8	Moroso		0	Si	Hombre	Divorciado	Tabasco			
28	Thatcher Ad	8	Moroso		0	Si	Hombre	Viudo	Tabasco			
29	Costa Barras	5	Moroso		0	No	Hombre	Casado	Tabasco			

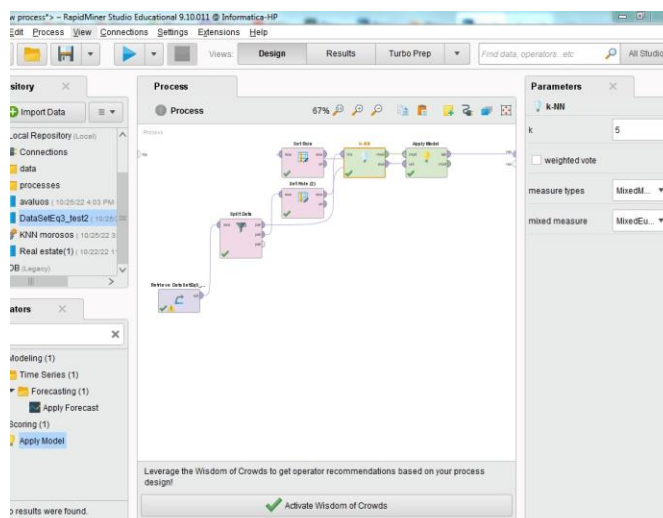
Como se observa en la figura 4, la base de datos ya normalizada puede ser convertida a un formato de archivo de texto de valores separados por comas (csv) para cargarse en el software Rapidminer. Una vez realizado esto, procedemos a realizar los procesos con el algoritmo vecinos más cercanos para empezar a crear nuestro set de testeo y de entrenamiento.

**Figura 5. Datos cargados en Rapidminer**

Row No.	nombre	antigüedad	costo	hijos	genero	edocil	lugar	tipo cliente
1	Kati Giuron	10	0.500	No	Mujer	Soltero	Tabasco	Cumplido
2	Manda Yesen	8	0	No	Mujer	Casado	Tabasco	Moroso
3	Tineil Yosal	8	0	Si	Hombre	Vuado	Tabasco	Moroso
4	Jennifer Neal	5	0	Si	Mujer	Soltero	Tabasco	Moroso
5	Jacki Idale	8	0	Si	Mujer	Casado	Tabasco	Moroso
6	Carolyn Juty	8	1	No	Mujer	Vuado	Tabasco	Cumplido
7	Marje Brenn	5	0	Si	Mujer	Vuado	Tabasco	Moroso
8	Zilela Cuffee	8	0	Si	Mujer	Soltero	Tabasco	Moroso
9	Steward Grae	8	0	Si	Hombre	Divorciado	Tabasco	Moroso
10	Ariadne Math	8	0	Si	Mujer	Casado	Tabasco	Moroso
11	Ephrem Paf	10	1	No	Hombre	Vuado	Tabasco	Moroso
12	Bartholomeo	10	0	Si	Hombre	Soltero	Tabasco	Cumplido
13	Joela Crasford	8	1	No	Mujer	Casado	Tabasco	Cumplido
14	Essa Mother	7	0	Si	Mujer	Vuado	Tabasco	Moroso

Como se observa en la figura 5, si los datos han sido importados correctamente, el sistema Rapidminer los visualiza de tal manera que podemos proceder a realizar nuestros procesos elaborando nuestro mapa en el software.

**Figura 6. Mapa del algoritmo KNN**



La figura 6 muestra el mapa completo de la prueba con el Rapidminer, iniciando de izquierda a derecha con una salida de datos lo cual se indica con la línea azul a la derecha del indicador de la Aplicación del modelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del período de entrenamiento y testeó con la base de datos, se corrió el proceso en toda la base de datos y se encontraron 81 ejemplos en 7 dimensiones con las clases moroso y cumplido.

**Figura 7. Resultados Algoritmo KNN en Rapidminer**

Class	Count
Moroso	81
Cumplido	0

Como se observa en la figura 7, el modelo genera valores mas precisos con un valor de K=5, lo cual es demostrado por la creación de una tabla con la clase definida tomando como base las condiciones introducidas en la base de datos que cumplen con los criterios entrenados en las pruebas realizadas.

**Figura 8. Base de datos después de haber realizado el algoritmo KNN**

Row No.	prediction	confidence	nombre	antigüedad	costo	hijos	género
1	Cumplido	0.400	Kali Giuron	10	0.500	No	Mujer
2	Moroso	0.500	Manda Yesen...	8	0	No	Mujer
3	Moroso	1	Timeli Yoxali	8	0	Si	Hombre
4	Moroso	0.800	Jennifer Neal...	5	0	Si	Mujer
5	Moroso	1	Jacki Idale	8	0	Si	Mujer
6	Cumplido	0.200	Carolynn Jury	8	1	No	Mujer
7	Moroso	0.800	Marije Brenn...	5	0	Si	Mujer
8	Moroso	1	Zitella Duffree	8	0	Si	Mujer
9	Moroso	1	Steward Gica...	8	0	Si	Hombre
10	Moroso	1	Ariadne Math...	8	0	Si	Mujer
11	Moroso	1	Ephrem Palf	10	1	No	Hombre
12	Moroso	0.500	Bartholomeo ...	10	0	Si	Hombre
13	Moroso	0.500	Joella Crasford	8	1	No	Mujer
14	Moroso	0.800	Essa Midherr...	7	0	Si	Mujer
15	Moroso	0.500	Dieter Burfoot	10	0	Si	Hombre
16	Moroso	1	Lynelle Sedly	8	0	Si	Mujer

Como se observa en la figura 8, el Software genera una nueva columna en la tabla a la cual denomina 'prediction', la cual contiene la predicción del modelo para cada valor contenido en la base de datos de prueba.

### CONCLUSIÓN

Después de haber realizado el entrenamiento y los procesos con el algoritmo KNN se generó una coincidencia en 81 usuarios de crédito que pueden no cumplir con las condiciones de pago, esto representa un 30% del universo definido para este proyecto.

Entre las características que se encontraron en la realización de esta actividad fue:

- Aprendizaje supervisado definiendo los criterios y valores de la base de datos
- Predicción de riesgo en 30 % de la muestra a consultar.
- Se necesita una preparación de los datos que sea acorde a las necesidades de lo que se quiere buscar y asignarle un valor a cada criterio.
- Nos permite evaluar las condiciones crediticias particulares de cada usuario.

### BIBLIOGRAFÍA

- Admin. (4 de julio de 2019). *¿Qué es el KDD o Proceso de descubrimiento de conocimiento?*. Diagramas UML. Diagramas UML Recuperado de <https://diagramasuml.com/que-es-el-kdd-o-proceso-de-descubrimiento-de-conocimiento/>
- Landa Javier, (19 de febrero de 2016). *¿Qué es KDD y Minería de Datos?*. F(x) Tratamiento de los datos. Javier Landa Blog Recuperado de <https://fcojlanda.me/es/ciencia-de-los-datos/kdd-y-mineria-de-datos-espanol/>
- Oded Maimon and Lior Rokach. 2005. *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA
- Universidad de las Fuerzas Armadas. (2021). Desarrollo de un modelo predictivo para la evaluación del riesgo crediticio en la Cooperativa de Ahorro y Crédito Virgen del Cisne. Ecuador. ESPE Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/27322/2/ESPEL-MAS-0036-P.pdf>

# Modelo de red neuronal convolucional para detección de intrusos en redes de IoT e IIoT

Oricel Diacén Coureaux<sup>1</sup>, José Adán Hernández Nolasco<sup>2</sup>, Noel Zacarías Morales<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [222h21004@alumno.ujat.mx](mailto:222h21004@alumno.ujat.mx)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [adan.hernandez@ujat.mx](mailto:adan.hernandez@ujat.mx)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [201h18002@egresados.ujat.mx](mailto:201h18002@egresados.ujat.mx)

## Línea de investigación: Ciberseguridad

### Resumen

Este estudio se centra en la detección de intrusos en entornos de Internet de las Cosas (IoT) e Internet de las Cosas Industrial (IIoT) mediante el empleo de redes convolucionales. La investigación se basa en el uso del dataset EDGE-IIOTSET, un conjunto de datos realista y actualizado que refleja escenarios de ciberataques modernos. Se aborda la problemática de la desactualización de los datos utilizados para entrenar sistemas de detección de intrusos, proponiendo un enfoque que capitaliza las capacidades de las redes convolucionales para analizar patrones en el tráfico de red.

*Palabras clave: Detección de intrusos, Redes convolucionales, ciberseguridad, aprendizaje profundo..*

### Abstract

This study focuses on intruder detection in Internet of Things (IoT) and Industrial Internet of Things (IIoT) environments using convolutional neural networks. The research is based on the utilization of the EDGE-IIOTSET dataset, a realistic and updated dataset reflecting scenarios of modern cyberattacks. The issue of outdated data for training intrusion detection systems is addressed, proposing an approach that capitalizes on the capabilities of convolutional networks to analyze patterns in network traffic.

*Keywords: Intruder detection, Convolutional networks, cybersecurity, deep learning.*

## INTRODUCCIÓN

Significativos avances tecnológicos han marcado los últimos años, destacando especialmente los progresos en el ámbito del Internet de las Cosas (IoT), que constituye una red de dispositivos interconectados capaces de intercambiar datos entre sí y proporcionar información a los usuarios a través de Internet.

El vertiginoso crecimiento experimentado por el Internet de las Cosas (IoT) en la última década se atribuye, en parte, a su notable aplicabilidad, escalabilidad e inteligencia inherente. La mayoría de las aplicaciones de IoT ejecutan tareas de manera automatizada, con escasa o nula interacción humana u objeto físico. En este contexto, surge el Internet de las Cosas Industrial (IIoT), una subclase del IoT orientada a entornos industriales que busca optimizar el uso de valiosos recursos al tiempo que incrementa la productividad [6].

El rápido y extenso desarrollo del Internet de las Cosas conlleva la necesidad de establecer políticas de privacidad y seguridad acordes con los desafíos contemporáneos, con el propósito de prevenir posibles vulnerabilidades y amenazas.

Para abordar estas amenazas, los investigadores han propuesto diversos sistemas de Detección de Intrusos (IDS) destinados a salvaguardar contra ataques y mal uso. Estas soluciones abarcan desde la monitorización de la actividad de red hasta la auditoría de configuraciones de red y sistemas en busca de vulnerabilidades, así como el análisis de la integridad de los datos, entre otras medidas. La elección de los métodos de detección determina beneficios directos e incidentales asociados al uso de un IDS [4].

En el ámbito de la ciberseguridad, la comunidad de investigadores ha dirigido su atención hacia el aprendizaje profundo, una disciplina ampliamente utilizada en el procesamiento de datos a gran escala, tanto en el Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP) como en el Procesamiento de Imágenes.

Dentro del ámbito del aprendizaje profundo, las Redes Convolucionales, una arquitectura que se especializa en procesar datos espaciales como imágenes, han ganado relevancia. A diferencia de los Transformers, las Redes Convolucionales se centran en extraer características locales a través de filtros convolucionales, siendo especialmente efectivas en tareas de visión por computadora.

Las investigaciones más recientes en aprendizaje profundo se han orientado principalmente hacia modelos basados en Redes Convolucionales aplicados a la ciberseguridad. Estos enfoques han demostrado resultados notables en diversas tareas de visión artificial de última generación. La inclusión de capas convolucionales permite a estas redes focalizarse en patrones cruciales de los datos, lo cual se traduce en un rendimiento mejorado.

La incorporación de Redes Convolucionales en el ámbito de la ciberseguridad ha cobrado cada vez más relevancia en los últimos años. En sintonía con la creciente influencia de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, las Redes Convolucionales han emergido como una herramienta poderosa para la detección y prevención de ataques cibernéticos. El propósito de esta investigación es explorar el potencial de las Redes Convolucionales en el campo de la ciberseguridad, evaluando su eficacia en la detección y mitigación de amenazas. Mediante el análisis exhaustivo de la investigación existente y la realización de experimentos, este estudio busca proporcionar información detallada sobre los beneficios y limitaciones asociados al uso de Redes Convolucionales en ciberseguridad, contribuyendo así al desarrollo de medidas de seguridad más sólidas y efectivas.

## DESARROLLO

El presente artículo aborda un estudio exhaustivo en el ámbito del sensado y procesamiento inteligente de datos en ciberseguridad, con el propósito de explorar y analizar de manera sistemática el impacto y la eficacia de las redes neuronales convolucionales aplicadas en la detección de intrusos. Esta investigación se fundamenta en la creciente relevancia de la ciencia de datos en diversos sectores, así como en la constante evolución de las tecnologías asociadas.

### OBJETIVO GENERAL

Construir un modelo de red neuronal convolucionales para implementar un IDS en un sistema de red de IoT e IIoT, utilizando el dataset Edge-IIoTset para mejorar la precisión de detección al 90%.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar la arquitectura de red neuronal convolucional.

Codificar el modelo para una detección binaria de IDS.

Alcanzar en el modelo entrenado valores de eficiencia y detección igual o superior al 90%.

### OBJETO DE ESTUDIO

La comunidad de seguridad cibernética ha canalizado significativos esfuerzos hacia el desarrollo de herramientas y estrategias avanzadas destinadas a salvaguardar a los usuarios y los datos en los sistemas de Tecnologías de la Información convencionales.

Las intrusiones pueden manifestarse de diversas formas, abarcando desde ataques externos perpetrados por agentes que acceden a los sistemas desde Internet, hasta usuarios autorizados que intentan obtener privilegios no autorizados, así como aquellos que abusan de los privilegios asignados. Con la proliferación de amenazas innovadoras capaces de comprometer las redes del Internet de las Cosas (IoT) [1], se hace imperativo explorar enfoques avanzados para la detección e investigación de comportamientos maliciosos. Esto incluye el empleo de técnicas forenses de redes, ampliamente aplicadas para investigar el tráfico de red y detectar dispositivos comprometidos participando en ciberataques de magnitud.

Además, es esencial desarrollar soluciones de ciberseguridad especialmente adaptadas a los sistemas IoT e IIoT, como los sistemas de detección de intrusos, para abordar las limitaciones inherentes a estos entornos, tales como dispositivos con recursos limitados, restricciones energéticas y protocolos de red livianos [2].



La detección de intrusos emerge como una tarea crítica en el ámbito de la ciberseguridad, proporcionando información crucial sobre las amenazas que representan para los dispositivos de las víctimas y contribuyendo al diseño de contramedidas efectivas. Sin embargo, este proceso presenta el desafío de lograr una detección altamente precisa sin comprometer la latencia de inferencia.

La implementación de arquitecturas de redes neuronales convolucionales se revela como una estrategia poderosa en la detección de intrusos. Estas arquitecturas permiten la observación, vigilancia y descubrimiento de ataques a lo largo de su ciclo de vida, facilitando una respuesta eficaz ante amenazas modernas que podrían eludir las medidas de seguridad existentes, fortaleciendo así la eficiencia de las redes críticas para la seguridad industrial.

Aunque se han llevado a cabo diversas investigaciones abordando este panorama, es preocupante que la mayoría de estos estudios estén basados en datos recopilados en años anteriores, específicamente en 2017 y 2019. Esta discrepancia temporal entre la evolución del área de ciberseguridad y la persistencia de modelos entrenados con datos desactualizados constituye una preocupación fundamental. La creación del dataset EDGE-IIOTSET en 2022 ha marcado un hito al proporcionar acceso a un conjunto de datos actualizado, estructurado específicamente para el aprendizaje profundo y centrado en ataques modernos.

La desactualización de los datos utilizados para entrenar sistemas de detección de intrusos, y su consecuente incapacidad para prever y mitigar ciberataques modernos, constituye el punto de partida esencial para el desarrollo de la presente investigación.

## METODOLOGÍA

Se presenta los pasos a seguir para el desarrollo del modelo propuesto de redes neuronales convolucionales.

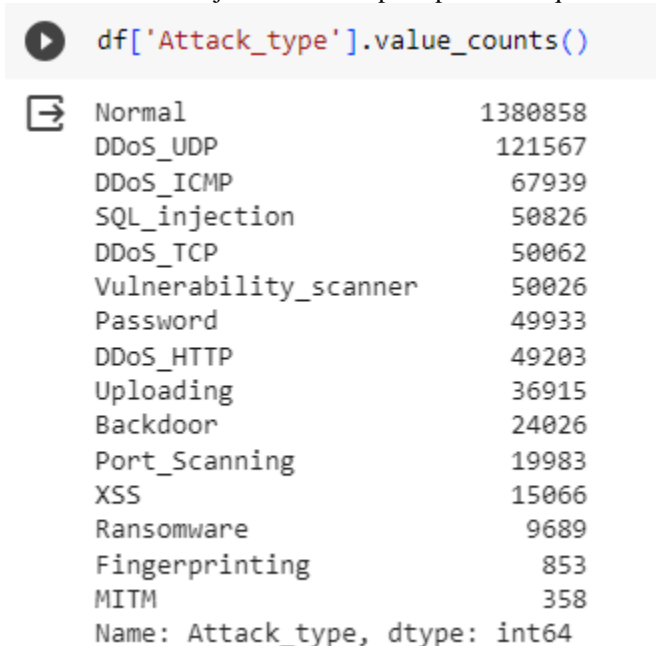
1. Preprocesamiento de datos de entrada.
2. Diseñar la arquitectura de redes neuronales convolucionales.
3. Determinar funciones de activación.
4. Normalización por lotes.
5. Elegir y ajustar tasa de aprendizaje.
6. Entrenar y ajustar el modelo para detección (binaria) de intrusos.
7. Validar el modelo de detección.

## FASES DEL DESARROLLO

Se presenta en [3] un nuevo conjunto de datos de seguridad cibernética realista y variado con tráfico de red de dispositivos de IoT e IIoT. Es un Dataset actualizado que contempla ataques modernos y permite prepararlos para el trabajo con aprendizaje profundo, ya sea por detección binaria, clasificación por ataques (como se muestra en la figura 1) o según las capas de red.

**Figura 1.**

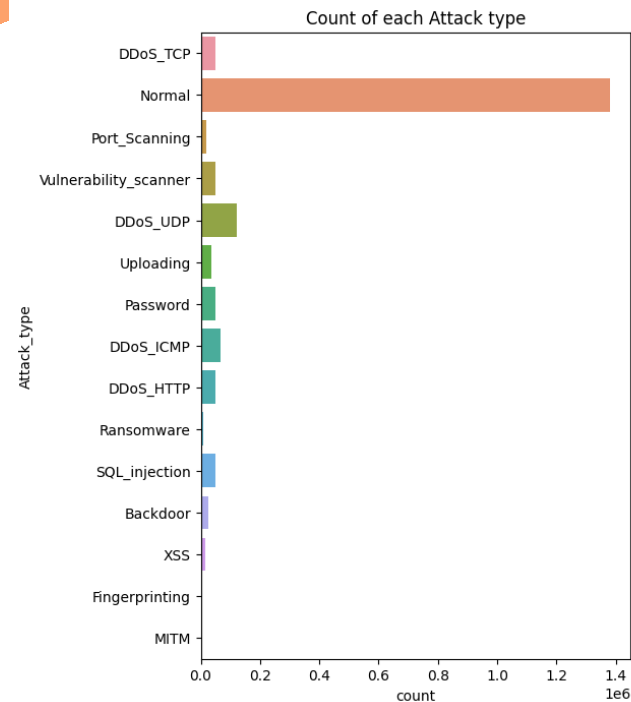
Distribución del conjunto de datos por tipos de Ataque.



El conjunto de datos Edge-IIoTset es un nuevo conjunto de datos de ciberseguridad para aplicaciones IoT e IIoT, que fue presentado por Ferrag et al. [3] para el entorno IoT como conjunto de datos de seguridad cibernética realista en 2022. Contiene 62 características con 14 tipos de ataque como se muestra en la Figura 2. Este conjunto de datos contiene 14 ataques distintos contra IoT y protocolos IIoT, clasificándolos en cinco peligros distintos: denegación de servicio y denegación de servicio distribuida, recopilación de

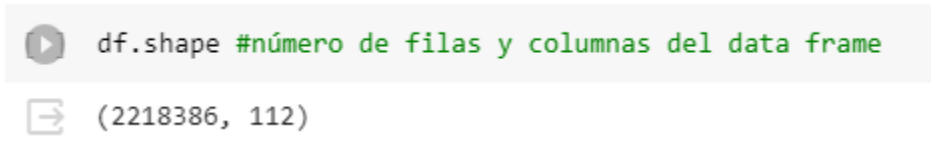
información, inyección, intermediario y malware. Edge-IIoTset reporta un total de 2219201 ataques, de los cuales 1615643 se consideran regulares y 603558 se consideran ataque.

**Figura 2.**  
Gráficas de los diferentes tipos de ataques en EDGE-IIot-set



Para construir un modelo de clasificación para la detección binaria de intrusos basado en redes neuronales convolucionales, el conjunto de datos original debe ser preprocesado utilizando técnicas como limpieza y transformación de datos. Los datos faltantes, distorsionados e incompletos se denominan "datos sucios". Las reglas internas en la información de datos original se rompen, lo que conduce a un rendimiento deficiente en el análisis y procesamiento de datos. Por lo tanto, se requiere limpiar los "datos sucios" y transformarlos en datos que satisfagan los estándares de calidad de datos. Los valores perdidos, los datos erróneos, los inadaptados y la distorsión son los principales obstáculos para la limpieza de datos. La solución es utilizar la misma constante para completar los datos que faltan y eliminar o reemplazar los símbolos especiales actuales y los códigos distorsionados. Nuestro conjunto de datos cuenta con un total de instancias igual a 2219201, luego de realizar el preprocesamiento y limpieza de los datos, esta suma se redujo a un total de 2218386 como se muestra en la figura 3.

**Figura 3.**  
Filas y columnas del datset después del preprocesamiento



**Figura 4.**  
Modelo Convolutional

```
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Conv1D, MaxPooling1D, Flatten, Dense

model = Sequential()
model.add(Conv1D(32, 3, activation='relu', input_shape=(input_shape)))
model.add(MaxPooling1D(2))
model.add(Conv1D(64, 3, activation='relu', input_shape=(input_shape)))
model.add(MaxPooling1D(2))
model.add(Conv1D(64, 3, activation='relu', input_shape=(input_shape)))
model.add(MaxPooling1D(2))
model.add(Conv1D(64, 3, activation='relu', input_shape=(input_shape)))
model.add(MaxPooling1D(2))
model.add(Conv1D(128, 3, activation='relu'))
model.add(MaxPooling1D(2))
model.add(Flatten())
model.add(Dense(64, activation='relu'))
model.add(Dense(num_classes, activation='softmax'))
```

Este modelo que se presenta sigue una arquitectura típica de CNN como se muestra en la figura 4 con capas de convolución, max pooling y capas completamente conectadas al final. El número de filtros, tamaños de kernel, funciones de activación y capas Dense pueden ajustarse según las necesidades del problema específico. Además, la última capa utiliza la función softmax para producir distribuciones de probabilidad sobre las clases en un problema de clasificación.

El modelo cuenta con 5 capas que realizan convoluciones 1D (procesamiento de series temporales unidimensionales). Se utilizan de 32 a 128 filtros (neuronas) con un tamaño de kernel de 3, y la función de activación 'relu' (unidad lineal rectificada) se aplica después de la convolución.

La capa MaxPooling1D realiza un submuestreo (pooling) mediante la operación de máximo pooling con un tamaño de ventana de 2. Esto ayuda a reducir la dimensionalidad y a extraer características importantes de la señal. El patrón de agregar capas de convolución seguido de capas de max pooling se repite varias veces para aprender jerarquías de características cada vez más complejas.

El modelo se compiló utilizando el optimizador Adam, la función de pérdida de entropía cruzada categórica y se selecciona la métrica de precisión ('accuracy') como medida de rendimiento durante el entrenamiento.

Usamos una opción de estratificación para mantener los porcentajes consistentes en todas las clases y usamos el 20 % de la muestra para las pruebas, mientras que el 80% restante se mantuvo para el entrenamiento.

La distribución de los datos de ataque del conjunto de datos Edge-IIoT son un desequilibrio en términos de la clase normal y las clases de ataque. Para reducir el sesgo durante el entrenamiento, se utilizó la técnica de sobremuestreo de minorías sintéticas (SMOTE) para abordar el desequilibrio de datos de la mejor manera posible.

#### Figura 5.

Balanceo de datos

```
# Aplica SMOTE para generar muestras sintéticas de la clase minoritaria
smote = SMOTE(random_state=42)
X_train_resampled, y_train_resampled = smote.fit_resample(X_train, y_train)

# Aplica submuestreo aleatorio para reducir la clase mayoritaria
undersampler = RandomUnderSampler(random_state=42)
X_train_resampled, y_train_resampled = undersampler.fit_resample(X_train_resampled, y_train_resampled)
```

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el contexto de este estudio, se ha implementado un modelo de red neuronal convolucional para la clasificación de datos, y los resultados obtenidos revelan un desempeño excepcional. La matriz de confusión evidencia una precisión perfecta en la clasificación, con 272,903 instancias correctamente identificadas como pertenecientes a la clase 0 y 109,032 instancias correctamente asignadas a la clase 1. Estos hallazgos traducen un rendimiento del 100% tanto en precisión como en recall para ambas clases, indicando que el modelo logra identificar de manera impecable tanto los positivos como los negativos verdaderos.

**Figura 6.**  
Métricas y Resultados Obtenidos

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	272903
1	1.00	1.00	1.00	109032
accuracy			1.00	381935
macro avg	1.00	1.00	1.00	381935
weighted avg	1.00	1.00	1.00	381935

La métrica de precisión global del modelo alcanza el 100%, lo que significa que clasifica correctamente la totalidad de las 381,935 instancias en el conjunto de datos evaluado. Este nivel de exactitud subraya la capacidad del modelo para realizar predicciones acertadas en todas las instancias.

Al considerar las métricas de f1-score, se observa un puntaje perfecto de 1.00 para ambas clases, lo que confirma la capacidad del modelo para lograr un equilibrio óptimo entre precisión y recall. Estos resultados son respaldados por el análisis macro promedio, que también arroja puntuaciones del 100% para precision, recall y f1-score, demostrando la consistencia del rendimiento del modelo en todas las categorías.

El análisis ponderado promedio de las métricas confirma la excelencia del modelo, con una precisión, recall y f1-score del 100%, proporcionando así una evaluación global positiva de su capacidad para generalizar y clasificar con precisión diversas instancias.

En conclusión, los resultados obtenidos con el modelo de red neuronal transformer destacan su eficacia y precisión sobresalientes en la clasificación de datos. Estos hallazgos sugieren que el modelo es altamente competente y confiable, lo que lo posiciona como una herramienta valiosa para aplicaciones que requieran una clasificación precisa y robusta en contextos científicos y prácticos.

### CONCLUSIÓN

En el presente estudio, hemos abordado de manera exhaustiva la detección de intrusos en entornos de Internet de las Cosas (IoT) e Internet de las Cosas Industrial (IIoT) mediante el uso de redes convolucionales, respaldado por el dataset EDGE-IIOTSET. A partir de nuestros análisis y experimentos, se desprenden las siguientes conclusiones clave:

**Eficacia de Redes Convolucionales:** Los resultados obtenidos respaldan la eficacia de las redes convolucionales en la detección de intrusos en comparación con enfoques tradicionales. La capacidad de estas redes para capturar características locales en datos espaciales las posiciona como herramientas fundamentales en la ciberseguridad de entornos IoT e IIoT.

**Relevancia del Dataset EDGE-IIOTSET:** La utilización del dataset EDGE-IIOTSET se revela como un factor crítico en el éxito del modelo de detección. La representatividad y actualización de este conjunto de datos contribuyen significativamente a mejorar la capacidad del sistema para identificar patrones de comportamiento malicioso.

**Desafíos en la Ciberseguridad de IoT e IIoT:** La investigación destaca la necesidad urgente de soluciones de ciberseguridad especialmente diseñadas para entornos IoT e IIoT, considerando las limitaciones inherentes, como dispositivos con recursos limitados, restricciones energéticas y protocolos de red livianos.

**Contribuciones al Campo de la Ciencia de Datos:** Este trabajo contribuye al avance en la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo en el ámbito de la ciberseguridad. La incorporación de redes convolucionales y la atención cuidadosa a la elección del conjunto de datos respaldan el progreso continuo en la detección de amenazas en entornos de IoT e IIoT [5].

**Perspectivas Futuras:** A pesar de los logros, reconocemos la necesidad de continuar explorando y perfeccionando enfoques de detección de intrusos. Futuras investigaciones podrían enfocarse en la adaptabilidad de los modelos a entornos dinámicos y en la integración de técnicas adicionales para fortalecer aún más la seguridad cibernética en estos contextos.

En resumen, este estudio proporciona una contribución sustancial al campo de la ciencia de datos aplicada a la ciberseguridad, destacando la eficacia de las redes convolucionales y la importancia de conjuntos de datos actualizados en la detección precisa de intrusos en entornos IoT e IIoT. Estamos convencidos de que estas conclusiones servirán como base para futuras investigaciones y avances en la seguridad cibernética en el contexto de la Internet de las Cosas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Friha, O., Ferrag, M. A., Benbouzid, M., Berghout, T., Kantarci, B., & Choo, K. R. (2023). 2DF-IDS: Decentralized and differentially private federated learning-based intrusion detection system for industrial IoT. *Computers & Security*, 127\*, 103097. [https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103097](https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103097)
2. Ding, W., Abdel-Basset, M., & Mohamed, R. (2023). DeepAK-IoT: An effective deep learning model for cyberattack detection in IoT networks. *Information Sciences*, 127\*. [https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.03.052](https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.03.052)
3. Ferrag, M. A. (2022). "Edg IIoTset DatasetFL." *IEEE. TechRxiv*. Recuperado de <https://www.techrxiv.org>  
\*Revista IEEE Internet de las cosas, 6\*(1), 60-63.  
[https://doi.org/10.1109/IOTM.001.2100238](https://doi.org/10.1109/IOTM.001.2100238)
4. Tomar, K., Bisht, K., Joshi, K., & Katarya, R. (2023). Detección de ataques cibernéticos en IoT utilizando técnicas de aprendizaje profundo. En *Sexta Conferencia Internacional sobre Sistemas de Información y Redes Informáticas (ISCON)*\*(pp.1-6).  
[https://doi.org/10.1109/ISCON57294.2023.10111990](https://doi.org/10.1109/ISCON57294.2023.10111990)
5. Ghourabi, A. (2022). A Security Model Based on LightGBM and Transformer to Protect Healthcare Systems From Cyberattacks. *IEEE Access*, 10\*, 48890-48903. [https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3172432](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3172432)
6. Dini, P., Begni, A., Ciavarella, S., De Paoli, E., Fiorelli, G., Silvestro, C., & Saponara, S. (2022). Design and Testing Novel One-Class Classifier Based on Polynomial Interpolation With Application to Networking Security. *IEEE Access*, 10\*, 67910-67924. [https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3186026](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3186026)
7. Cerdà-Alabern, L., Navarro-Arribas, G., & Herrera-Joancomartí, J. (2020). Deep learning for IoT security: A review. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(12), 11296-11306.
8. Chen, J., Wang, D., He, Y., & Wang, P. (2020). Intrusion detection in IoT systems based on deep learning. *IEEE Access*, 8, 58177-58185.
9. Gohar, M. U., Abbas, H., & Ullah, F. (2021). A comprehensive review on intrusion detection using machine learning techniques in Internet of Things. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
10. Gupta, B., & Garg, S. (2021). Intrusion detection in IoT using deep learning: A review. *Computer Science Review*, 39, 100346.
11. Nandola, N. N., & Shrivastava, V. (2021). A survey on intrusion detection systems using machine learning approaches. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12(8), 9383-9408.
12. Nguyen, V. T., Kim, K., Nguyen, L. T., & Nguyen, D. N. (2020). A survey of deep learning applications in Internet of Things. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
13. Sadeghi, A., & Garcia, D. (2020). Deep learning for intrusion detection system: A comprehensive review. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
14. Sharma, R., & Verma, A. K. (2020). A survey on intrusion detection systems in the Internet of Things. *Computer Science Review*, 37, 100264.



# Localización en Espacios Específicos Mediante la Tecnología Inalámbrica Bluetooth Low Energy

Ivan Alejandro Arce García<sup>1</sup>, Rafael Mena de la Rosa<sup>2</sup>, Guillermo de los Santos Torres<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [ivanaag7@gmail.com](mailto:ivanaag7@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [fallo51@hotmail.com](mailto:fallo51@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [guillermodelossantos@hotmail.com](mailto:guillermodelossantos@hotmail.com)

## Línea de investigación: Aplicaciones y Servicios Web

### Resumen

Las nuevas tecnologías inteligentes han permitido a las grandes empresas reducir la pérdida de objetos o seres vivos. La tecnología inalámbrica Bluetooth Low Energy, mediante los dispositivos Beacon, es una de las soluciones más efectivas. Esta tecnología funciona mediante radiofrecuencias, lo que permite una localización más exacta en espacios cerrados. Además, su bajo consumo de energía la hace ideal para aplicaciones de larga duración. Por lo anterior se decide desarrollar una aplicación web utilizando dispositivos Beacon para monitorear el movimiento o localización de objetos o seres vivos, esta tecnología también puede aplicarse en la asistencia a personas con discapacidades, monitorear el comportamiento de los empleados, optimizar el flujo de personas y mercancías, así como la localización de una mascota en tiempo real.

*Palabras clave: Beacon, BLE, Localización*

### Abstract (En esta sección se traduce al inglés el resumen anterior)

New smart technologies have allowed large companies to reduce the loss of objects or living beings. Bluetooth Low Energy wireless technology, through Beacon devices, is one of the most effective solutions. This technology works using radio frequencies, which allows more exact location in closed spaces. In addition, its low energy consumption makes it ideal for long-term applications. Due to the above, it was decided to develop a web application using Beacon devices to monitor the movement or location of objects or living beings. This technology can also be applied to assist people with disabilities, monitor the behavior of employees, optimize the flow of people and merchandise, as well as the location of a pet in real time.

*Keywords: Beacon, BLE, Location*

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de solucionar problemas sociales y de seguridad ha sido una de las principales fuerzas impulsoras del desarrollo tecnológico. En el área de la localización de personas, animales o cosas, la tecnología ha permitido abordar problemas como la pérdida de paquetes, el robo de vehículos y la desaparición de personas.

Una de las tecnologías más prometedoras para la localización en espacios cerrados es el Bluetooth Low Energy (BLE). Esta tecnología funciona mediante radiofrecuencias, lo que le permite ofrecer una precisión superior a la tecnología GPS en entornos cerrados o delimitados.

Se propone la aplicación de la tecnología BLE para la localización de seres vivos o cosas en espacios cerrados. La propuesta se basa en el uso de beacons, que son dispositivos pequeños que transmiten señales de radiofrecuencia. Los beacons se colocan en lugares estratégicos de un espacio cerrado, y las personas que se encuentren en ese espacio podrían detectar las señales de los beacons y usarlas para determinar su ubicación. Se aplica el método de programación extrema en la aplicación de tecnología BLE para la localización en interiores, llevando el control a través de un software desarrollado, esta permitirá enviar automáticamente la ubicación lo que permite explorar las capacidades que esta tecnología ofrece con su alcance, su bajo consumo energético y su precisión, todo esto basado en la tecnología BLE.

## DESARROLLO

La necesidad de solucionar problemas sociales y de seguridad ha permitido que se busque aprovechar de diversas formas de avances tecnológicos de hardware, software y comunicación.

Gracias a la globalización y al avance de nuevas tecnologías, se han buscado soluciones que atiendan necesidades específicas en el área de la localización de personas, animales o cosas.

Véliz y Mar (2022) menciona que el Bluetooth Low Energy (BLE) es una tecnología que está dirigida a aplicaciones en el espacio de IoT (Internet de las cosas). Bluetooth se ha convertido en el protocolo inalámbrico estándar utilizado en muchas aplicaciones, que incluyen: hogares inteligentes, ciudades inteligentes, dispositivos médicos, wearables y conectividad de sensores (p. 129).

La principal diferencia de la tecnología BLE y los GPS es la precisión de localización que la tecnología BLE ofrece en los espacios cerrados.

Bermúdez (2016) menciona que: “La tecnología GPS se utiliza ampliamente en todo el mundo debido a sus capacidades de geolocalización, pero la falta de precisión en lugares cerrados hace necesario el uso de tecnologías basadas en radiofrecuencia para lograr ubicación.” (Párr. 1)

Muchas empresas ya están utilizando la tecnología BLE para el proceso de localización, demostrando que la tecnología para este proceso de localización basada en radiofrecuencias es una excelente opción en la actualidad para los espacios cerrados. Por ejemplo: La empresa la empresa estadounidense “Estimote” rastrea paquetes con tecnología BLE, ya que estos resultaban extraviados por lo que, para combatirlo, ofrece una geolocalización mediante Beacon en su sistema operativo SpaceTimeOS. Así mismo la empresa coreana Samsung lanzó su Samsung Galaxy SmartTag que es un rastreador de accesorios inteligente BLE.

En el presente artículo se propone la aplicación de la tecnología BLE en espacios cerrados para una localización mediante radiofrecuencias, en la cual mediante un beacon enviará notificaciones a una aplicación web que dará información en tiempo real de su posición y así lograr la localización en interiores. Todo esto será mediante el método de aplicación extrema.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### Objetivo general

Aplicar la tecnología BLE para la localización en interiores, llevando el control a través de un software.

### Objetivos específicos

- Análisis del interior para determinar la ubicación de los receptores para optimizar la cobertura.
- Desarrollo del software adhoc a los requerimientos del proyecto.
- Obtener los resultados de las pruebas para validar el

## OBJETO DE ESTUDIO

La localización de objetos y seres vivos en espacios cerrados es una herramienta valiosa que puede utilizarse para mejorar la seguridad, la eficiencia y la productividad. La localización de personas puede ayudar a encontrar a personas desaparecidas en espacios cerrados, ayuda a encontrar equipos perdidos o a rastrear el movimiento de bienes.

La localización de objetos y seres vivos en espacios cerrados también puede utilizarse para, Proporcionar asistencia a personas con discapacidades en espacios cerrados, monitorear el comportamiento de los empleados, optimizar el flujo de personas y mercancías.

García (2020) menciona en su trabajo de investigación: “Diseño y desarrollo de un prototipo de localización de interiores basado en beacons Bluetooth Low Energy” que la tecnología Bluetooth Low Energy utilizada en el proyecto es idónea para este tipo de servicios de localización en interiores debido, en gran medida, a la simplicidad del mecanismo de advertisement

Moya (2019) Menciona que la localización de objetos y personas en espacios cerrados es una herramienta valiosa que puede utilizarse para mejorar la seguridad, la eficiencia y la productividad. La localización de personas puede ayudar a encontrar a personas desaparecidas en espacios cerrados, ayuda a encontrar equipos perdidos o a rastrear el movimiento de bienes.

## **METODOLOGÍA**

Se aplicará el método de aplicación extrema o eXtremme Programimng para el desarrollo.

Raeburn (2022) menciona que “La programación extrema (XP) es una metodología ágil de gestión de proyectos que se centra en la velocidad y la simplicidad con ciclos de desarrollo cortos” (Párr 1).

## **FASES DEL DESARROLLO**

El desarrollo se divide en 3 etapas. La primera consiste en la aplicación móvil, la segunda en la vinculación de los dispositivos Beacon y la tercera, en el funcionamiento de todo el proceso.

La aplicación móvil.

Aunque existen diferentes sistemas operativos, para el desarrollo de la aplicación móvil se consideró el sistema operativo Android (de Google), ya que según Quiñones (2020) “es el sistema operativo más popular en el mercado y con mayor cantidad de usuarios. Además, el entorno de desarrollo brindado por Android es un software de libre acceso compatible con otros sistemas operativos.”

Desarrollo

El desarrollo de este sistema consta de dos diferentes entidades:

- 1 dispositivo lector por grupo (Rapsberry Pi)
- 1 dispositivo identificador por alumno (iBeacon)

El dispositivo transmite un identificador único cada cierta cantidad de segundos, el cual debe ser relacionado con un único objeto o persona. Este bajo el estándar iBeacon. El uso de este dispositivo será bajo la modalidad wearable.

La mayor parte de la lógica del sistema se realiza en el dispositivo lector, la cual se divide en tres módulos principales codificados en Node.js:

Sistema de administración Wifi

Sitio web alojado en el dispositivo que permite la administración de la red wifi para conectar el dispositivo:

1. Ingresar a la red temporal, que da acceso al alojados en el dispositivo.
2. Ingresar al sitio web de administración de red Wifi.
3. Seleccionar una red de la lista y escribir la contraseña para realizar la conexión.

Sistema de registro de objetos o personas

1. Ingresar al sitio web, que al ser alojado en el dispositivo solo es accesible dentro de la red local.
2. Realizar cualquier operación relacionada con el registro (Agregar, editar, borrar).
3. Lector de Beacons: Constante escaneo de todos los dispositivos Beacons:
4. Leer señales de dispositivos bluetooth BLE.
5. Filtrar las señales para solo quedarse con los que sigan el estándar Beacon.
6. Leer el identificador único del dispositivo.
7. Identificar si el Beacon está registrado con el objeto o persona
8. Si es el caso, se realiza el procedimiento para marcar la asistencia de ese alumno a la clase del día. Que consiste en registrarlo en la base de datos y enviar una notificación al dispositivo móvil.

Gestión de base datos

Este proceso no tiene relación directa con alguna acción del usuario; sin embargo, es el registro de las siguientes acciones:

1. Agregar.
2. Editar.
3. Borrar.

Ingreso

Se podrá ingresar, modificar y eliminar información de Beacon.

El sistema permitirá visualizar la ubicación del niño, así como su recorrido y consultar el estatus del niño (asistencia) durante el ciclo escolar.

Los dispositivos Beacon.

Estos dispositivos serán colocados estratégicamente.

Se vincularán con las tarjetas BLE.

Recibirán las señales de las tarjetas BLE.

Enviarán notificaciones de la ubicación específica cuando este se encuentre lejos de donde debería estar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La localización de objetos o seres vivos es una realidad, ya que mediante las radiofrecuencias emitidas por el beacon llegan al raspberry sin ningún problema, permitiendo la localización exacta.

En la figura 1 se aprecia el beacon que puede colocarse en lo que necesite ser rastreado.



Nota: Elaboración propia.

En la figura 2 se aprecia el raspberry que recibirá las señales.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3: Ejemplo del software de rastreo enfocado a ubicación de alumnos dentro de una escuela.

**Administración de alumnos**

Pako Borrar

Noemi Elvira Borrar

Juan Ignacio Garrido Borrar

Luis Angel Martinez Borrar

Yassine Parrilla Borrar

Nota: Elaboración propia.

## CONCLUSIÓN

La investigación es una contribución valiosa al campo de la localización de objetos y seres vivos en espacios cerrados. El uso de la tecnología BLE ofrece una serie de ventajas ya que incluyen una mayor precisión, un menor consumo de energía y un menor costo. A medida que la tecnología BLE siga desarrollándose, es probable que se utilice cada vez más en una amplia gama de aplicaciones.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

- Barrios, R. (2023). Diseño y desarrollo de un prototipo de localización de interiores basados en beacons Bluetooth Low Energy. Universidad Politécnica de Cartagena. (p. 72) <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9032>
- Bemudez. (2016). Prototipo para la localización en interiores con BLE Beacons. Revista electrónica del programa en ingeniería en sistemas. (párr.1) [http://www.fuac.edu.co/recursos\\_web/documentos/ing.sistemas/ojs/index.php/UAC SIS/article/view/26](http://www.fuac.edu.co/recursos_web/documentos/ing.sistemas/ojs/index.php/UAC SIS/article/view/26)
- Moya, W. P. (2019). Implementación de un algoritmo de localización en interiores para resolver el problema de ubicación de objetos usando tecnología Bluetooth Low Energy. Escuela Politécnica Nacional. (p. 115) <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20577>
- Raeburn, A. (2022). La programación extrema (XP) produce resultados, pero ¿es la metodología adecuada para ti?. Asana. (párr. 1)
- Veliz, Karina Isabel; Mar, Cornelio Omar (2022). Estado del arte de un sistema IoT, para la interacción con los visitantes de museos. (p. 129) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590689>



# La contaminación tecnológica tangible e intangible desde una perspectiva de 3 proveedores de servicio de cómputo en la nube

Héctor Eduardo Vidal-Cruz<sup>1</sup>, Julián Javier Francisco León<sup>2</sup>, Arturo Corona Ferreira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [h2.eduardo.vidal@gmail.com](mailto:h2.eduardo.vidal@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [juljav\\_fl@hotmail.com](mailto:juljav_fl@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: [acorona77@hotmail.com](mailto:acorona77@hotmail.com)

**Línea de investigación:** Tecnología de la Información Empresarial.

## Resumen

El presente trabajo tiene el propósito de conocer cuáles son las afectaciones que se generan por la contaminación tecnológica, categorizada en contaminación tangible e intangible, presentando un panorama general de cada una de estas categorías de la contaminación tecnológica y cuáles son las afectaciones que causan al medio ambiente y la sociedad. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó una metodología de cuatro pasos para la identificación de tres proveedores de servicio de cómputo en la nube, los cuales se seleccionaron a partir de la cantidad de ingresos percibidos en el año 2022, donde se asoció con la cantidad de equipos tecnológicos utilizados, con el objetivo de identificar cuáles son las acciones que están realizando para reducir la contaminación tecnológica tangible e intangible, así como identificar el tipo de contaminación en la que más esfuerzo están realizando. Como resultados de esta investigación, se clasificaron las acciones de cada uno de los proveedores y se concluye que los proveedores de servicio de cómputo en la nube centran las acciones en reducir la contaminación tecnológica intangible.

*Palabras clave:* contaminación; medio ambiente; tecnología de la información.

## Abstract

The purpose of this work is to know the effects generated by technological pollution, categorized into tangible and intangible pollution, where an overview of each of these categories of technological pollution and the effects they cause to the environment and society is mentioned. For the development of this work, a four-step methodology was used to identify three cloud computing service providers, which were selected based on the amount of income received in the year 2022, where it was associated with the amount of technological equipment, in order to identify the actions they are taking to reduce tangible and intangible technological pollution and to identify the type of pollution in which they are making more effort. As a result of this research, the actions of each of the providers were classified and it was concluded that cloud computing service providers focus their actions on reducing intangible technological pollution.

*Keywords:* pollution; information technology; environment.

## INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han tenido un rol importante en el crecimiento y desarrollo de la sociedad, principalmente teniendo impacto en las empresas mediante la innovación, reorganización, reestructuración de procesos, métodos de trabajo e incluso el incremento de la productividad y desarrollo económico (Díaz, 2017).

La evolución tecnológica se encuentra en constante cambio en relación con las demandas de la sociedad y la industria, tal como se ha evidenciado en las cuatro revoluciones industriales. La globalización ha generado una necesidad de estar conectados con el mundo, y el internet se ha convertido en un recurso fundamental para la interconexión de diversos sistemas, infraestructuras y servicios de TIC (Joyanes, 2017).

En el periodo de los años 2020 a 2022, a causa de la pandemia por COVID-19, se tuvieron que aplicar medidas de distanciamiento y resguardo social, indicadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (OMS, 2021), lo que conllevó a un incremento en la dependencia de las TIC para la continuidad de las actividades laborales en las organizaciones, por lo cual, las empresas recurrieron a medidas como el teletrabajo o trabajo remoto para la continuidad de sus actividades (Belzunegui-Eraso & Erro-Garcés, 2020), lo que conllevó a un incremento en la demanda de los servicios de proveedores de servicio de cómputo en la nube y que de manera correlacionada se incrementara la contaminación tecnológica.

El presente trabajo dará a conocer las acciones que realizan proveedores de servicio de cómputo en la nube como propuesta de reducción de la contaminación tecnológica, en la que se revisó la información proporcionada de sus servicios tecnológicos.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL

Identificar cuáles son las acciones que están realizando tres proveedores de servicio de cómputo en la nube para reducir la contaminación tecnológica tangible e intangible.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar cuáles son las afectaciones que genera la contaminación tecnológica tangible e intangible.
- Identificar cuáles con los principales proveedores de cómputo en la nube basado en los ingresos obtenidos en el año 2022.
- Clasificar las acciones en tangible e intangible que han realizado los proveedores de cómputo en la nube.

### OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es dar a conocer cuáles son las afectaciones que se generan por la contaminación tecnológica, la cual en esta investigación se clasificaron en dos aspectos: la contaminación tangible, la cual es aquel desecho visible de los equipos tecnológicos; y los desechos intangibles, los cuales son todos aquellos desechos que no son fácilmente perceptibles por el ser humano. Así mismo, se busca conocer cuáles son las acciones que están realizando los principales proveedores de cómputo en la nube, ya que dichos proveedores tienen un número significativo de centros de datos en los que se hace uso constante de estos equipos tecnológicos.

### Contaminación tangible: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Este tipo de contaminación es asociada a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) definido como todo equipo eléctrico y electrónico (incluyendo todos sus componentes, subconjuntos y consumibles que lo conforman) que es desechado (Basel Convention, 2011). Otras definiciones señalan a los RAEE como cualquier aparato eléctrico o electrónico que ha concluido su ciclo de vida útil (Paniagua et al., 2020).

En las dos últimas décadas, por el aumento de la globalización que ha conectado diversos mercados y economías, se ha dado la posibilidad de expandir el acceso a diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos que provienen de diversos países, lo cual, ha generalizado que los desechos tecnológicos vayan en incrementos.

Los RAEE representan el 2% de los desechos sólidos mundiales, se estima que en el año 2021 se produjo un volumen superior a los 52 millones de toneladas de RAEE, de igual manera, estos representan el 70% de los residuos peligrosos que terminan en los vertederos o rellenos sanitarios, provocando que los compuestos tóxicos contaminen la atmósfera, suelos y mantos acuíferos, ya que, un sólo RAEE puede llegar a contener más de 1,000 sustancias diferentes (United Nations E-waste Coalition, 2019).

Los principales materiales que componen equipos como teléfonos inteligentes, teléfonos celulares, notebooks, tabletas son mostrados en la Tabla 1, donde se identificaron elementos tóxicos como: bario, berilio, cobalto, cobre, cromo, plomo, mercurio, níquel, plata, entre otros (Paniagua et al., 2020).

**Tabla 22**
*Composición de Materiales de RAEE*

Equipo	Notebooks LCD	Notebooks LED	Teléfono Celular	Teléfono Inteligente	Tabletas
Material	Gr				
Acero/Hierro			11	8	
Aluminio			12	2.9	
Antimonio	0.77	0.77		0.084	0.154
Arsénico	0.01	0.01			0.002
Bario	2.5	2.5			0.49
Berilio				0.003	
Cerio	<0.001	<0.001			<0.001
Cobalto	0.065	0.065	3.8	6.3	0.013
Cobre	135	135	26	14	27
Cromo	0.07	0.07			0.014
Disprosio	0.06	0.06			0.012
Estaño			1	1	
Europio	<0.001	<0.001			<0.001
Gadolinio	<0.001	<0.001			<0.001
Galio		0.0016			
Indio	0.04	0.04			0.008
Itrio	0.002	0.002			<0.001
Lantano	<0.001				<0.001
Mercurio	<0.001	<0.001	1		<0.001
Molibdeno	0.04	0.04			0.008
Neodimio	2.1	2.1		0.05	0.427
Níquel	3.6	3.6	1	1.5	0.722
Oro	0.22	0.22	0.024	0.038	0.044
Paladio	0.04	0.04	0.009	0.015	0.008
Plástico			63	60	
Plata	0.25	0.25	1	0.244	0.05
Platino	0.004	0.004		0.004	
Plomo	5.3	5.3	1	0.6	1.1
Praseodimio	0.274	0.274		0.01	0.055
Silicio			5		
Tantalio	1.7	1.7			
Terbio	<0.001				<0.001
Vidrio				10.6	
Zinc	0.004	0.004	4	1	<0.001

Nota: Elaboración propia a partir de datos de (Paniagua et al., 2020).

La gestión inadecuada al final del ciclo de vida de estos equipos es un problema que puede llegar afectar en toda la sociedad, sin importar el nivel socioeconómico que tenga dentro de un país, por lo que se requiere el desarrollo e implementación de acciones inmediatas para reducir esta problemática.

#### **Contaminación intangible: Huella de Carbono Digital**

Todo equipo eléctrico y electrónico de TIC que componen un centro de datos, al consumir energía genera contaminación de manera indirecta, asociada a la liberación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> por su fórmula química), conociéndose como Huella de Carbono Digital (HCD).

La Huella de Carbono Digital es un problema que el individuo ni las organizaciones humanas pueden llegar a percibir de forma directa, ya que esta suele presentarse de forma indirecta debido al consumo de energías no renovables y uso de equipos refrigerantes que son utilizados para enfriar equipos tecnológicos, los cuales liberan gases contaminantes a la atmosfera.

En la actualidad, la dependencia al internet está marcada por la necesidad de tener acceso a información que estimule el desarrollo económico, la prosperidad social, la modernización e incluso, que mejore el desempeño ambiental, esto mediante la conectividad de diferentes equipos electrónicos (Ruiz et al., 2022).

En la sociedad, la conectividad a internet es principalmente por el uso de dispositivos móviles, en especial por los teléfonos inteligentes. Se estima que, en el año 2022, de manera global, la conectividad de usuarios activos en internet era de 6,600 millones, y se prevé que supere los 7,800 millones para el año 2028 (Statista, 2022).

Por su parte, se observa que, en las empresas u organizaciones productivas, se tiene una dependencia al uso del Internet o la conectividad digital para obtener y compartir información de manera local y remota, ya que es necesario para la continuidad de sus actividades y procesos.

Para realizar el manejo de datos y la interconectividad de la información, se ha requerido de equipos especializados como los centros de datos, en el que se pueda garantizar el acceso a la información las 24 horas del día en los siete días de la semana, demandando el uso de energía y de sistemas de refrigeración, que conlleva a la emanación CO<sub>2</sub> hacia la atmosfera, haciendo afectaciones al ambiente (Olvera, 2022; Ruiz et al., 2022). Se estima que la HCD tenga un incremento con la digitalización de sistemas y la creación de más centros de datos (Olvera, 2022; Sharma & Dash, 2022).

Con el aumento de la dependencia al internet y la necesidad del acceso en todo momento a la información, se estima que la situación contaminante vaya en ascenso, ya que los avances tecnológicos van cada vez más en incremento, aumentando el consumo eléctrico y la huella de carbono.

## **METODOLOGÍA**

La metodología utilizada en esta investigación constó de cuatro pasos los cuales son:

1. **Planeación:** Se establecieron los criterios que deben cumplir los proveedores de cómputo en la nube para su evaluación.
  - Criterios para la filtración de los diferentes proveedores de servicio de cómputo en la nube.
  - Tipos de servicios que deben proporcionar los proveedores de servicio de cómputo en la nube.
2. **Recopilación de información:** Se establecieron los criterios que debe cumplir las fuentes de información:
  - Donde se van a obtener los datos.
  - Antigüedad de la información.
3. **Análisis:** Se revisó la información encontrada y se procesó la información de acuerdo con los objetivos de la investigación.
4. **Interpretación de los resultados:** Se interpretaron los resultados obtenidos del análisis.

## **FASES DEL DESARROLLO**

### **Planeación**

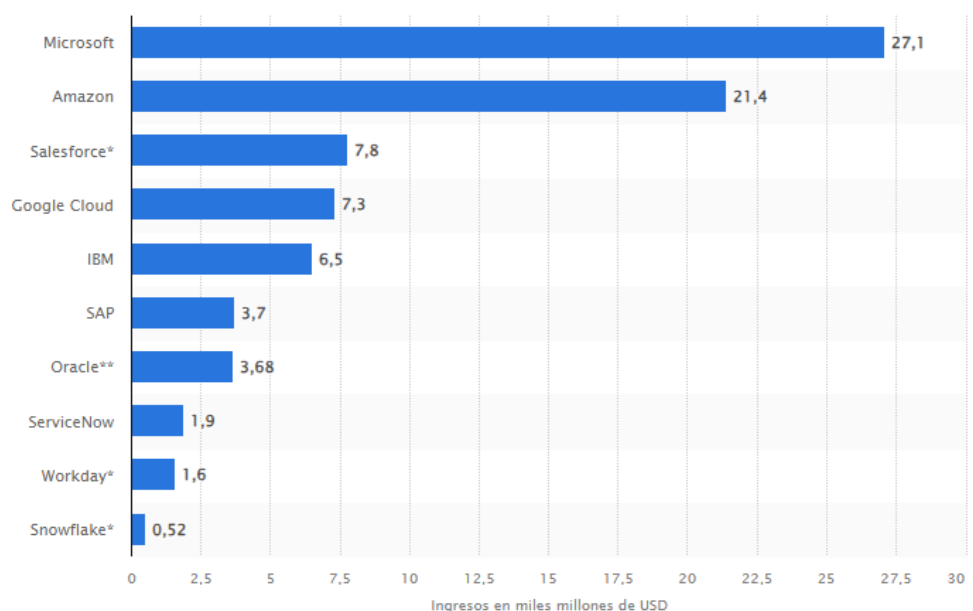
Se realizó una búsqueda en la web sobre proveedores de servicio de cómputo en la nube que existen, se encontró cerca de 25 proveedores de servicio de cómputo en la nube. Para hacer una filtración de los diferentes proveedores, se aplicaron los siguientes criterios:

- Cantidad de ingresos percibidos en el año.
- Proveedores de servicios que proporcionar por lo menos: Infraestructura como servicio (*IaaS*, por sus siglas en inglés), plataforma como servicio (*PaaS*, por sus siglas en inglés) y *software* como servicio (*SaaS*, por sus siglas en inglés).

El criterio de la cantidad de ingresos de los proveedores de servicio se relacionó con la cantidad de uso de equipos tecnológicos, siendo así, mayor ingreso, mayor cantidad de usuarios, mayor cantidad de equipos tecnológicos. Se apoyó de un estudio realizado por Statista, cual fue realizado en el mes de diciembre del año 2022, en donde se muestran los 10 principales proveedores de servicio de cómputo en la nube, tal como se muestra en la Figura 1.

**Figura 64**

**Proveedores de Servicio de Cómputo en la Nube de Acuerdo con Ingresos Percibidos en el Año 2022**



Nota: (Statista, 2023).

Se seleccionaron los tres proveedores con mayores ingresos en el año 2022, al igual que, se validó que los tres proveedores proporcionaron los servicios de *IaaS*, *PaaS* y *SaaS*. En el caso de Salesforce no proporciona el servicio de *IaaS* por lo que se descartó y se tomó al siguiente proveedor. Siendo seleccionados los proveedores Microsoft, Amazon, y Google.

**Recopilación de la información**

Para la recolección de la información se hizo uso de las publicaciones directas realizadas por cada proveedor a través de sus sitios web, blogs, foros e informes. Para la recopilación de la información se buscó la información más actual proporcionada por cada proveedor, teniendo en consideración que la antigüedad no la información no superara más de 10 años. La información se organizó de acuerdo con las iniciativas que realizaron cada proveedor.

**Análisis**

**Microsoft Azure**

Microsoft es una empresa de tecnología enfocada en productos y servicios de ofimática para empresas, usuarios domésticos, organizaciones gubernamentales y educacionales. En el aspecto de cómputo en la nube ha establecido diversas metas y objetivos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, el impacto ambiental y el aprovechamiento de los recursos para ser alcanzados en el año 2030 (News Center Microsoft Latinoamérica, 2022):

**Huella de carbono negativa**

Los centros de datos de Microsoft hacen uso de fuentes de energía renovables con el propósito de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, de igual manera, Microsoft ha desarrollado herramientas para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> de los clientes al hacer uso de los servicios de Azure con la finalidad que el usuario final tome conciencia de las emisiones y elija opciones sostenibles que reduzcan el impacto en el ambiente (Walsh, 2020).

En el año 2022 Microsoft publicó un informe en el que señala que redujo un 0.5% de sus emisiones de huella de carbono frente a un crecimiento del negocio del 18%, removiendo 1.4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (Microsoft, 2022).

**Aprovechamiento del agua**

Se han desarrollado diversos proyectos para reponer el agua utilizado en las oficinas de Microsoft, proporcionando más de 15.6 millones de metros cúbicos de agua, brindado acceso a agua limpia a más de 850 mil personas de diferentes países como Brasil, India, Indonesia y México (Microsoft, 2022; News Center Microsoft Latinoamérica, 2023).

Microsoft desarrolla diferentes estrategias para el enfriamiento de sus equipos de cómputo en el que se utilice menos agua, como lo es el proceso de enfriamiento por inmersión en dos fases en fluido caliente, haciendo más eficiente el proceso de enfriamiento de los equipos comparado con el proceso de enfriamiento por aire o por agua (Roach, 2021).



## **Cero residuos**

Microsoft ha aumentado en el año 2022 en un 82% reutilización y reciclaje de todos los equipos tecnológicos que son utilizados en sus servicios de cómputo en la nube, teniendo como objetivo para el año 2030 cubrir el 90% de reutilización y reciclaje de equipos, con el propósito de disminuir el impacto ambiental causado por la tecnología, siendo así un total de 12,159 toneladas métricas de diseños sólidos evitados que terminen en vertederos (News Center Microsoft Latinoamérica, 2023).

Mediante el uso de aprendizaje automático, Microsoft realiza el análisis de los desechos tecnológicos, no sólo los que se incluyen en sus centros de datos y oficinas, sino los que tan bien llegan al usuario final, con la finalidad de que se tengan datos completos sobre cantidad de residuos, el tipo, calidad y disposición final de los mismos, en donde se haga una gestión adecuada de los residuos peligrosos para el ambiente y la salud (Microsoft, 2022; News Center Microsoft Latinoamérica, 2020).

## **Mantenimiento de ecosistemas**

Con la finalidad de reducir el impacto ambiental en los ecosistemas causados por la contaminación, Microsoft se ha comprometido a proteger directamente más del 50% de tierra equivalente que es usada, siendo un aproximado de 17,268 acres en el año 2022. De igual manera ha desarrollado compañías de plantación de 150 árboles nativos y 2,300 metros cuadrados de arbustos y pastos en unos de sus campos en Holanda del Norte (Microsoft, 2022).

## **Amazon Web Services**

Amazon provee de servicios de cómputo en la nube con la subsidiaria llamada *Amazon Web Services*, la cual, de acuerdo con el reporte de Gartner, se encuentra como una de las empresas líder al ser un proveedor de diversos servicios de TI para el cómputo en la nube (Amazon Web Services, s/f; Bala et al., 2022). Amazon ha desarrollado diversas actividades sostenibles para el cuidado ambiental en el uso de sus servicios de cómputo en la nube (Amazon, s/f).

## **Energía renovable**

Amazon se anuncia como el mayor comparador del mundo de energía renovable para el desarrollo de sus operaciones, en donde en el año 2021 el 85% de sus operaciones utilizaron energía renovable, y se ha establecido como objetivo para el año 2025 el operar el 100% con energías renovables (Amazon, 2023b). En el año 2022 Amazon cuenta con un total de 310 proyectos de energías renovables distribuidos en más de 19 países, entre los que se destacan proyectos de parques eólicos, parques solares e instalaciones de techos solares (Amazon, 2022, 2023a).

## **Huella de carbono**

Con el compromiso de que se sumen acciones del sector público y privado para alcanzar las cero emisiones de carbono en el año 2040, Amazon a cofundado *The Climate Pledge* en el año 2019, donde más de 300 empresas se han comprometido (Amazon, 2023d). A través de este programa, se ayuda a clientes a descubrir y adquirir productos sostenibles, en el año 2021 se contabilizó el registro de más de 250,000 productos, a través de esta ayuda se favorece el desarrollo de la economía circular, en la que se prolongue la vida útil de los equipos y productos (Amazon, 2021).

En el año 2023 Amazon inició el cultivo de algas en mar de Países Bajos, con la finalidad de eliminar millones de toneladas de CO<sub>2</sub> directamente de la atmósfera, dicha meta se contempla que se alcance en el año 2024 (Amazon, 2023e).

## **Eficiencia energética**

Con la inversión y el desarrollo de nuevos chips, Amazon ha logrado mejorar la eficiencia de energía de los procesadores que son usados en el servicio de cómputo en la nube *Amazon Web Services*, logrando una eficiencia del 60% menos en el consumo de energía. Mediante el uso diversos métodos de modelado, como la dinámica de fluidos computacional, se ha podido diseñar nuevos centros de datos que aprovechen de manera óptima la energía y poder predecir el rendimiento a futuro de los equipos (Amazon, s/f).

## **Gestión del agua**

Para reducir y optimizar el consumo de agua en los centros de datos, se ha diseñado un sistema de enfriamiento por evaporación, en el que se aprovecha el aire del exterior, el cual es introducido a las salas de los servidores para mantener una temperatura estable en los equipos, con este proceso se reduce significativamente el uso de agua como método de enfriamiento. En las regiones de los centros de datos que utilizan agua, se utiliza un sistema de reciclado en el que se aprovechan los estados del ciclo del agua (Amazon, 2023c).

## **Google Cloud Platform**

Google es una empresa comprometida con la sostenibilidad ecológica en sus productos y servicios, principalmente con sus servicios de cómputo en la nube *Google Cloud Platform*, con la finalidad de contribuir a la reducción del cambio climático, en donde ha realizado diferentes acciones como:

### **Uso de energías renovables**

En el año 2017 Google empezó a utilizar el 100% de energía renovable eólica y solar para el desarrollo de sus operaciones en oficinas y centros de datos, reduciendo la Huella de Carbono Digital y el impacto al medio ambiente (Urs Hölzle, 2016).

En octubre del 2017 Google inaugura una planta solar en Bélgica para el suministro de energía de sus centros de datos, con el propósito de cubrir la demanda eléctrica con energía renovables y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> para el cumplimiento de sus objetivos con el medio ambiente (Google, 2018a).

**Eficiencia de energía**

Implementaron herramientas de medición de uso de energía para identificar los procesos en los que se podría provechar la energía y trasladar este beneficio a todos sus clientes (Google, 2022b). Con el uso de la eficiencia energética se logró reducir un 11% el consumo de energía que se consume en las actividades operativas del funcionamiento de los centros de datos. Google estima que con uso de otras herramientas como aprendizaje automático este porcentaje de reducción de consumo se incrementa.

**Empleo de la economía circular**

Google implementa acciones de economía circular pensado en el diseño restaurativo y regenerativo de los equipos que cumplen su ciclo de vida, con el propósito de reducir los desechos físicos tecnológicos y extender la vida útil de los equipos que conforman sus centros de datos (Google, 2018b). Así como ha empleado campañas de recolección de diseños tecnológicos para que se puedan reutilizar y diseñar de manera adecuada sin afectar al medio ambiente (Google, 2022a).

**Aprendizaje automático**

El aprendizaje automático permite a las computadoras la capacidad de aprender sin la necesidad de programarlas explícitamente, para ello es necesario que se analicen grandes cantidades de datos de todos los componentes que contiene un centro de datos como enfriadores, bombas de agua, intercambios de calor, sistemas de control, unidades de procesamiento y almacenamiento, para realizar las configuraciones adecuadas para el consumo óptimo de energía (Google, 2016).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados que se obtienen a partir del análisis de las diferentes acciones que han realizado los tres proveedores de servicio de cómputo en la nube, se percibe un interés por reducir las afectaciones ambientales que generan la contaminación tecnológica, tanto de manera tangible como intangible. Estas acciones están enfocadas en el uso de las energías renovables, como la energía solar y eólica, maximización del empleo de la economía circular, incremento de la eficiencia energética y técnicas de enfriamiento sostenible. Cada una de las estrategias realizadas por los proveedores de servicio de cómputo en la nube, se clasificaron en una tabla para tener una vista general de cada una de las estrategias, la cual se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 23**

*Estrategias de los Proveedores de Servicio de Cómputo en la Nube*

Empresa	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4
Microsoft	Huella de carbono negativa	Aprovechamiento del agua	Cero residuos	Mantenimiento de ecosistemas
Amazon	Energía renovable	Huella de carbono	Eficiencia energética	Gestión del agua
Google	Uso de energías renovables	Eficiencia de energía	Empleo de la economía circular	Aprendizaje automático

Nota: Elaboración propia.

Cada una de las estrategias se clasificaron en tangible o intangible de acuerdo con las características de cada una de las estrategias de acuerdo con el tipo de contaminación en el que se centran reducir, esta clasificación se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 24**

*Categorización de las Estrategias en Tangible e Intangible*

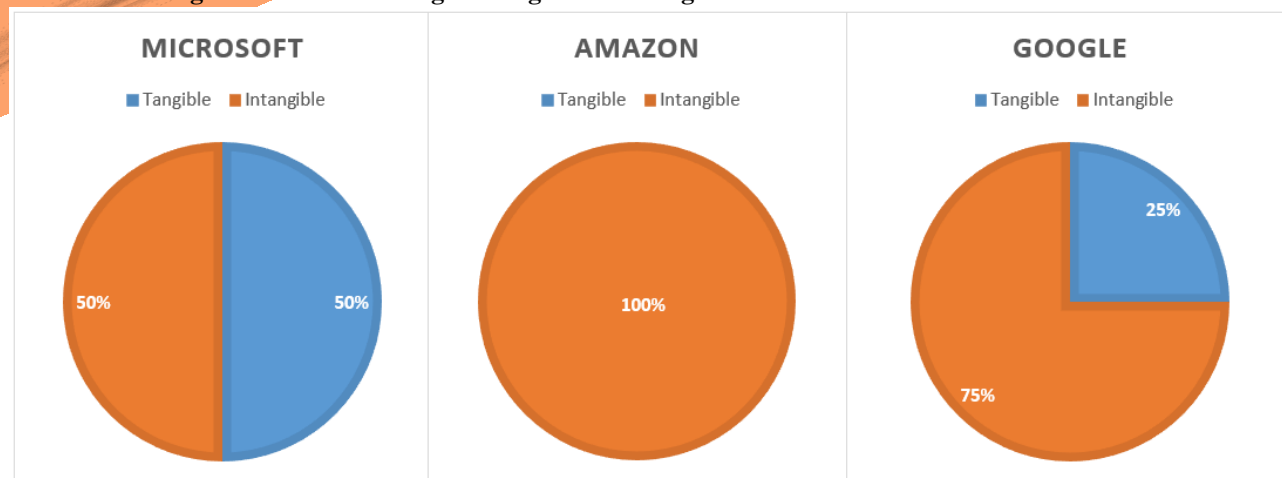
Empresa	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4
Microsoft	Intangible	Intangible	Tangible	Tangible
Amazon	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible
Google	Intangible	Intangible	Tangible	Intangible

Nota: Elaboración propia.

Las estrategias se graficaron de acuerdo con cada proveedor en el que se visualizan cual es el tipo de contaminación al que más enfoque tienen las empresas de proveedores de servicio de cómputo en la nube. Las estrategias de Microsoft abordan por igual las acciones contra la contaminación tangible e intangible. Las estrategias de Amazon están enfocadas el 100% en la contaminación intangible. Las acciones de Google están en un 25% enfocadas a tratar la contaminación tangible y en un 75% a tratar la contaminación intangible, tal como se muestran en las gráficas de la Figura 2.

Figura 65

# Gráfica de Categorización de Estrategias Tangibles e Intangibles



Nota: Elaboración propia.

## CONCLUSIÓN

Como resultado de esta investigación, se concluye que los tres proveedores de servicio de computo en la nube están realizando diversas acciones para reducir la contaminación tecnológica tangible e intangible. De acuerdo con los datos recabados en esta investigación, se señala que Amazon enfoca el 100% de sus estrategias en reducir la contaminación tecnológica intangible. Mientras que el 75% de las estrategias de Google se orientan a combatir la contaminación intangible, y el 25% restante, en la contaminación tecnológica tangible. En el caso de Microsoft, las estrategias están divididas en 50% cada una.

De igual manera, se hace énfasis en las acciones que están realizando las empresas de tecnología para reducir el impacto ambiental generado por la tecnología, como aprovechar de mejor manera los recursos tecnológicos a través de diferentes técnicas como aprendizaje automático o empleando la economía circular, esto enfocado en no sólo tratar la contaminación tecnológica tangible, sino que tan bien la contaminación intangible, en donde tres proveedores de servicio de cómputo en la nube están realizando estrategias para reducir las afectaciones que estas causan. Así mismo, se debe expandir estas acciones y visión a las demás empresas tecnológicas.

Es importante destacar la magnitud de las operaciones que realizan estas empresas y la influencia que generan en la economía y la industria, ya que eso requiere que se esté evaluando constantemente y mejorando estas prácticas para lograr un impacto ambiental más significativo y sostenible.

Como trabajos futuros a este trabajo de investigación, se contempla que se siga investigando el aspecto de la contaminación intangible asociada la Huella de Carbono Digital, como la creación de un modelo que permita estimar la generación de CO<sub>2</sub> emitida por los equipos tecnológicos de un centro de datos y diferentes variables de entorno.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amazon. (s/f). *Sostenibilidad en la nube*. Sustainability (ES). Recuperado el 4 de junio de 2023, de <https://sostenibilidad.aboutamazon.es/medioambiente/la-nube>
- Amazon. (2021). *Progresando día a día*. <https://sostenibilidad.aboutamazon.es/2021-sustainability-executive-summary-spanish.pdf>
- Amazon. (2022, abril 20). *Amazon extends position as world's largest corporate buyer of renewable energy*. US About Amazon. <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-extends-position-as-worlds-largest-corporate-buyer-of-renewable-energy>
- Amazon. (2023a). *Amazon en el mundo*. Sustainability (ES). <https://sostenibilidad.aboutamazon.es/amazon-en-el-mundo>
- Amazon. (2023b). *Energía renovable*. Sustainability (ES). <https://sostenibilidad.aboutamazon.es/medioambiente/energia-renovable>
- Amazon. (2023c). *Gestión del agua en los centros de datos*. Sustainability (ES). <https://sostenibilidad.aboutamazon.es/medioambiente/la-nube/gestion-del-agua>
- Amazon. (2023d). *The Climate Pledge*. Sustainability (ES). <https://sostenibilidad.aboutamazon.es/medioambiente/the-climate-pledge>
- Amazon. (2023e, febrero 16). *Amazon financia la primera granja de algas marinas del mundo entre turbinas eólicas*. ES About Amazon. <https://www.aboutamazon.es/noticias/sostenibilidad/amazon-financia-la-primera-granja-de-algas-marinas-del-mundo-entre-turbinas-eolicas>
- Amazon Web Services. (s/f). *¿Qué es AWS?* Amazon Web Services, Inc. Recuperado el 4 de junio de 2023, de <https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/>
- Bala, R., Smith, D., Ji, K., Wright, D., & Borrega, M. Á. (2022). *Magic Quadrant para servicios de infraestructura y plataforma en la nube*. <https://www.gartner.com/technology/media-products/reprints/AWS/1-2AOZQARI-ESL.html>

Basel Convention. (2011). *E-Waste*. <http://www.basel.int/Implementation/Ewaste/Overview/tabid/4063/Default.aspx>

Belzunegui-Eraso, A., & Erro-Garcés, A. (2020). Teleworking in the Context of the Covid-19 Crisis. *Sustainability*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/su12093662>

Díaz, H. (2017). Tecnologías de la información y comunicación y crecimiento económico. *Economía Informa*, 405, 30–45. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2017.07.002>

Google. (2016). *Centros de datos: Ahorro de energía con AA*. Sustentabilidad de Google. <https://sustainability.google/intl/es-419/progress/projects/machine-learning/>

Google. (2018a). *Centros de datos: La sede de Bélgica aprovecha la energía solar*. Sustentabilidad de Google. <https://sustainability.google/intl/es-419/progress/projects/belgium-solar/>

Google. (2018b, marzo). *Centros de datos: Economía circular*. Sustentabilidad de Google. <https://sustainability.google/intl/es-419/progress/projects/circular-economy/>

Google. (2022a). *Disminuimos las barreras emocionales relacionadas con el reciclado de residuos electrónicos para la sustentabilidad de la cadena de suministro*. Sustentabilidad de Google. <https://sustainability.google/intl/es-419/progress/projects/ewaste-recycling/>

Google. (2022b). *Eficiencia – Centros de datos – Google*. Centros de datos de Google. <https://www.google.com/intl/es-419/about/datacenters/efficiency/>

Joyanes, L. (2017). *Industria 4.0. La cuarta revolución industrial* (Primera). Alfaomega Grupo Editor. [https://books.google.com.mx/books?id=akxOEAAAQBAJ&source=gbs\\_book\\_other\\_versions](https://books.google.com.mx/books?id=akxOEAAAQBAJ&source=gbs_book_other_versions)

Microsoft. (2022). *2022 Environmental Sustainability Report*. <https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RW14sJN>

News Center Microsoft Latinoamérica. (2020, agosto 4). *Microsoft se compromete a alcanzar sus metas de “cero residuos” para 2030*. News Center Latinoamérica. <https://news.microsoft.com/es-xl/microsoft-se-compromete-a-alcanzar-sus-metas-de-cero-residuos-para-2030/>

News Center Microsoft Latinoamérica. (2022, marzo 10). *Una actualización sobre los compromisos de sustentabilidad de Microsoft: Construir una base para 2030*. News Center Latinoamérica. <https://news.microsoft.com/es-xl/una-actualizacion-sobre-los-compromisos-de-sustentabilidad-de-microsoft-construir-una-base-para-2030/>

News Center Microsoft Latinoamérica. (2023, mayo 10). *Rumbo al 2030: Nuestro Informe de Sostenibilidad Ambiental 2022*. News Center Latinoamérica. <https://news.microsoft.com/es-xl/rumbo-al-2030-nuestro-informe-de-sostenibilidad-ambiental-2022/>

Olvera, D. R. C. (2022). La nube contaminante. Un análisis socioambiental de la huella de carbono digital. *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, 12(22). <http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a12n22.730>

Organización Mundial de la Salud. (2021, enero 29). *Cronología de la respuesta de la OMS a la COVID-19*. <https://www.who.int/es/news/item/29-06-2020-covidtimeline>

Paniagua, D. K. B., Granados, A. H., Cruz, E. B. D., Villavicencio, K. G. C., & Valencia, H. M. (2020, diciembre 14). Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE): Impacto social, ambiental, gestión y metodologías sobre su manejo. *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 4(2), Article 2.

Roach, J. (2021). *To cool datacenter servers, Microsoft turns to boiling liquid*. Microsoft Source. <https://news.microsoft.com/source/features/innovation/datacenter-liquid-cooling/>

Ruiz, D., San Miguel, G., Rojo, J., Teriús-Padrón, J. G., Gaeta, E., Arredondo, M. T., Hernández, J. F., & Pérez, J. (2022). Life cycle inventory and carbon footprint assessment of wireless ICT networks for six demographic areas. *Resources, Conservation and Recycling*, 176, 105951. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105951>

Sharma, P., & Dash, B. (2022). The Digital Carbon Footprint: Threat to An Environmentally Sustainable Future. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 14(3), 19–29. <https://doi.org/10.5121/ijcsit.2022.14302>

Statista. (2022). *Mobile network subscriptions worldwide 2028*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>

Statista. (2023). *Cloud: Ranking mundial de proveedores por ingresos en 2022*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/894229/apps-para-cloud-ranking-mundial-de-proveedores-por-facturacion/>

United Nations E-waste Coalition. (2019). *A New Circular Vision for Electronics—Time for a Global Reboot* (p. 24). <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/2019/A-New-Circular-Vision-for-Electronics.pdf>. <https://www.itu.int:443/en/ITU-D/Climate-Change/Pages/ewaste/A-New-Circular-Vision-for-Electronics-Time-for-a-Global-Reboot.aspx>

Urs Hölzle. (2016, diciembre 12). *Abastecerse de energía completamente renovable es solo el principio—Google*. Google. [https://about.google/intl/es-419\\_ALL/stories/renewable/](https://about.google/intl/es-419_ALL/stories/renewable/)

Walsh, N. (2020, enero 16). *Microsoft Sustainability Calculator helps enterprises analyze the carbon emissions of their IT infrastructure | Azure Blog | Microsoft Azure*. Azure Blog. <http://azure.microsoft.com/es-es/blog/microsoft-sustainability-calculator-helps-enterprises-analyze-the-carbon-emissions-of-their-it-infrastructure/>

# Google Transit como herramienta de innovación para el transporte público de ciudades en crecimiento

Juan Carlos Vicente Martines<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juarez Autonoma de Tabasco, e-mail: [juankvima@gmail.com](mailto:juankvima@gmail.com)

**Línea de investigación:** Innovación

## Resumen

Las ciudades de hoy se esfuerzan por convertirse en ciudades inteligentes, centrándose en las personas que residen y visitan la ciudad. Ciudades del primer mundo utilizan los sistemas de información de transporte público. La función de estos sistemas es informar a los usuarios del transporte la próxima salida o llegada del transporte. El acceso a esta información ayuda a las ciudades a destacar por su innovación, y da paso a que surjan nuevas ideas innovadoras por parte de los ciudadanos. Google Transit es una herramienta con potencial para hacer destacar el transporte público de una ciudad, con la posibilidad de darte acceso a solo saber los horarios del transporte público o ir más allá mostrando el seguimiento en tiempo real del próximo transporte que arribará a la parada donde te encuentras. Se implementará el uso de esta herramienta con ayuda de la metodología de investigación acción, con la finalidad de lograr que los usuarios que viven o visiten la ciudad, puedan moverse de un punto A, a un punto B en el transporte público, con solo buscar el destino al que quieren llegar.

*Palabras clave:* Google Transit, Innovación, Turismo, Transporte público.

## Abstract

Today's cities are striving to become smart cities, focusing on the people who reside in and visit them. First-world cities use public transport information systems. The function of these systems is to inform transport users of the next departure or arrival of transport. Access to this information helps cities stand out for their innovation and allows for new innovative ideas to emerge from citizens. Google Transit is a tool with the potential to make a city's public transportation stand out, with the possibility of giving you access to just knowing the public transportation schedules or going further by showing real-time tracking of the next transport arriving at the stop where you are. The use of this tool will be implemented with the help of the action research methodology in order to ensure that users living or visiting the city can move from point A to point B in public transport just by looking for the destination they want to reach.

*Keywords:* Google Transit, Innovation, Public Transportation, Tourism.



## INTRODUCCIÓN

Algunas ciudades cuentan con un sistema de transporte público desarrollado, incluidos horarios bien definidos y diferentes medios de transporte, como metros o autobuses, otras ciudades pueden carecer de cobertura, horarios fijos y tipos de transporte. Independientemente de la situación, ya sea que el sistema de transporte de la ciudad esté desarrollado o sea insuficiente, el transporte público es fundamental para la movilidad de las personas que residen o visitan la ciudad.

Google Transit fue lanzado en 2005 añadido a Google maps, siendo una innovación en su momento, los usuarios tenían al alcance de tus manos toda la información del transporte público de su ciudad, después de 10 años en 2015 llega a la capital de México con ayuda de la Secretaría de Movilidad (SEMOVI), quien contribuyo con la información necesaria para la incorporación de Google Transit en México (UNOCERO, 2015), permitiendo a los usuarios de transporte público, conocer tarifas, horarios, rutas y paradas de diferentes medios de transporte de la ciudad. Esta herramienta innovadora a pesar de haber pasado años de ser publicada por Google, estados de la república mexicana, inclusive países no han adoptado esta herramienta, que al pasar de los años sigue añadiendo diferentes funcionalidades para quien desarrolla o administra las rutas de su ciudad.

En plena era digital, el trabajo cooperativo entre el transporte público y la tecnología provoca un cambio significativo en la movilidad de las ciudades modernas, y maneja un papel fundamental en ciudades con potencial turístico. Según Page (2005), el transporte es uno de los factores determinantes del desarrollo internacional del turismo.

En este sentido se realizó un análisis de la herramienta Google Transit, y como aprovechar su potencial para brindar un mejor acceso a la información del transporte público de una ciudad.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Implementar la herramienta de Google Transit, para mejorar el acceso a la información del transporte público a residentes y visitantes de una ciudad.

Objetivos específicos:

- Analizar la herramienta de Google Transit y sus requerimientos.
- Recaudar información sobre el transporte público de la ciudad para crear la Especificación General de Feeds de Transporte Publico (General Transit Feed Specification, GTFS) necesarios.
- Realizar pruebas de usabilidad con algunos usuarios
- Hacer público el uso de la herramienta a usuarios finales
- Realizar encuestas para ver las mejoras obtenidas

### OBJETO DE ESTUDIO

Analizar y aplicar la herramienta de Google Transit en la ciudad de Villahermosa, para brindar a usuarios residentes y visitantes del transporte público acceso a la información del transporte público y la posibilidad de realizar rutas completas para moverse de un punto A, a un punto B, solo haciendo uso de Google Transit y el transporte público de la ciudad.

### METODOLOGÍA

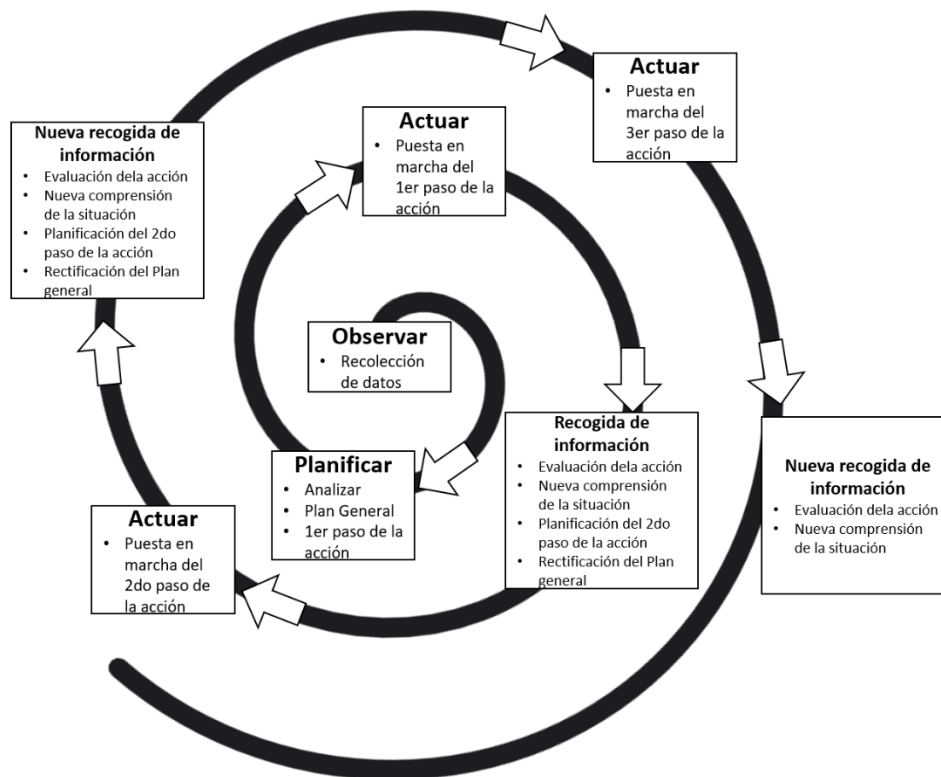
En el presente estudio se utilizará una metodología con enfoque mixto, las fuentes primarias donde se obtendrá la información directa con el uso de la técnica de observación, entrevista y las fuentes secundarias con la técnica de análisis documental, para recopilar información existente

Para la investigación y aplicación de la herramienta se utilizará el proceso de investigación-acción, esta metodología está estructurado por ciclos y se caracteriza por su flexibilidad, puesto que es válido e incluso necesario realizar ajustes conforme se avanza en el estudio, hasta que se alcanza el cambio o la solución al problema. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), enseguida se enlistan los ciclos del proceso:

- Detección y diagnóstico del problema de investigación.
- Elaboración del plan para solucionar el problema o introducir el cambio.
- Implementación del plan y evaluación de resultados.
- Realimentación, la cual conduce a un nuevo diagnóstico y a una nueva espiral de reflexión y acción.

Las tres fases esenciales de los diseños de investigación-acción son: observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemáticas e implementar mejoras), las cuales se dan de manera cíclica, una y otra vez, hasta que todo es resuelto, el cambio se logra o la mejora se introduce satisfactoriamente (Stringer, 2007).

**Figura 1**  
Ciclo de la investigación acción.



Nota: Elaboración propia

Los ciclos de la investigación acción. Ejemplo: Como se observa en la figura 1.

- Observar: Observar, monitorear y recoger evidencia.
- Planificar: Planificar lo que se va a hacer. Revisar, diseñar y estructurar lo que se va a hacer.
- Actuar: Implantar el plan, recoger evidencias.
- Reflexionar: Evaluar ¿Cuáles fueron los resultados?
- Volver a comenzar el ciclo: observar, planificar, actuar, reflexionar.

### FASES DEL DESARROLLO

Paso 1: Identificar el problema.

El problema identificado es para los usuarios residentes y sobre todo visitantes que llegan de municipios, ciudades, incluso países. El desconocimiento de las rutas, horarios y paraderos del transporte público de la para los usuarios, juega un papel importante al momento de modernizar una ciudad, como ya se mencionó anteriormente el transporte es uno de los factores determinantes del desarrollo.

Paso 2: Planificar o diseñar.

Hacer la gestión necesaria para ser desarrollador en Google Transit es parte fundamental, se necesita el soporte de una empresa dedicada al transporte público. En este punto se recauda toda la información necesaria, numero de autobuses o combis, rutas, horarios, paraderos, intercesiones entre el transporte, etc. Una vez se obtenga la información necesaria, se pasa a la creación de Feed GTFS.

Paso 3: Actuar y documentar.

Con los Feed GTFS listos en la plataforma de Google Transit, se da paso a realizar las pruebas con cierto número de usuarios.

Paso 4: Evaluar y volver a comenzar.

Evaluar a los usuarios que tuvieron acceso a las pruebas del sistema, si hay errores o correcciones empezar nuevamente el ciclo. Si al evaluar a los usuarios, la herramienta no tiene ningún tipo de error o falta de información, el siguiente ciclo seria pruebas con los usuarios finales, en cuentas y evaluaciones, hasta lograr el objetivo esperado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualmente se está concluyendo el paso 2 de la metodología, recolectando los datos finales con ayuda de las autoridades responsables del transporte público de la ciudad, al terminar este paso se comenzará con la creación de los Feed GTFS según las especificaciones que pide la plataforma Google Transit, tomando como referencia los ejemplos que se proporcionan en su sitio web. Una vez terminado este periodo donde se alimentará la base de datos de Google Transit, se dará inicio a pruebas correspondientes, y posterior a eso, su publicación para el usuario final, que dará paso al estudio de las mejoras, que este sistema traerá a los usuarios del transporte público de la ciudad.

## CONCLUSIÓN

Hacer uso de las tecnologías actuales es fundamental y primordial para hacer destacar una ciudad, hoy en día miles de ciudades se modernizan, no solo en el transporte público, muchas de ellas ya tienen acceso a trámites en línea, evitando que los usuarios hagan filas por horas. Google Transit sin duda es una herramienta con potencial, que está al alcance de los desarrolladores, solo se necesita un gobierno y una empresa de transporte público con visión de mejorar y destacar como ciudad. La implementación de este sistema puede llevar a realizar más estudios como que ayuden al turismo, crear rutas específicas para usuarios que visitan la ciudad, ver cuáles son los puntos con más interés y proponer mejoras a autoridades gubernamentales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Hernández, R.; Fernández, C.; Batista, M.P. (2014). Metodología de la investigación. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Page, S. (2005). *Transport and Tourism: Global Perspectives*. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=2HgUbG-X4bgC>
- Stringer, E. T. (2007). *Action research 3ra ed.* Recuperado de <http://repository.umpwr.ac.id:8080/bitstream/handle/123456789/3706/Action%20Research.pdf?sequence=1>
- UNOCERO. (2015, 12 de mayo). Google Transit ya esta disponible en mexico. Recuperado de <https://www.unocero.com/noticias/google-transit-ya-esta-disponible-en-mexico/>

# Factores que Influyen en el Aprovechamiento, Deserción y Reprobación de Estudiantes de Educación Superior en Pandemia por Covid 19 Desde la Minería de Datos

Luis Manuel Juárez López<sup>1</sup>, Martha Patricia Silva Payró<sup>2</sup>, Rubicel Cruz Romero<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Division Académica de Ciencias y Tecnologías de la [Información/luismmanueljuarez563@gmail.com](mailto:Información/luismmanueljuarez563@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Division Académica de Ciencias y Tecnologías de la [Información/patypayro@gmail.com](mailto:Información/patypayro@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Division Académica de Ciencias y Tecnologías de la [Información/rubicel.cr@gmail.com](mailto:Información/rubicel.cr@gmail.com)

## Línea de investigación: Gestión de Tecnologías de la Información

### Resumen

La innovación digital por medio de las herramientas de TI es considerada como un medio eficiente que permite comunicarse desde cualquier lugar. El objetivo general fue analizar los factores que afectaron a los alumnos de educación superior con relación a su desempeño académico en pandemia por Covid 19. Se realizó una revisión de literatura con un enfoque de estudio cualitativo haciendo una indagación y un análisis crítico de los materiales referenciales consultados en diferentes bases de datos con los temas relevantes en desempeño académico y minería de datos para analizar los aspectos más importantes que se han realizado y ver su importancia en el ambiente educativo. Los resultados apuntan que la migración de modalidad presencial a virtual fue un proceso complicado por parte de profesores y aún más para los alumnos, pues esas circunstancias los obligó a tomar ciertas decisiones como la deserción o se vieron afectados en su aprovechamiento escolar. Se concluye que hubo muchos factores que orillaron a alumnos de educación superior a reprobación o deserción de las clases por no contar con las herramientas digitales o los medios de comunicación necesarios para poder recibir sus clases a distancia pues este cambio radical que aceleró el ritmo de las tecnologías y provocó de manera urgente la implementación de diversos medios para recibir las clases a distancia.

*Palabras clave: Educación, minería de datos, pandemia*

### Abstract

Digital innovation through IT tools is considered an efficient way to communicate from anywhere. The general objective was to analyze the factors that affected higher education students in relation to their academic performance in the Covid 19 pandemic. A literature review was conducted with a qualitative study approach, making an inquiry and a critical analysis of the reference materials consulted in different databases with relevant topics on academic performance and data mining to analyze the most important aspects that have been made and to see their importance in the educational environment. The results show that the migration from face-to-face to virtual mode was a complicated process for teachers and even more so for students, since these circumstances forced them to make certain decisions such as dropping out or being affected in their academic performance. It is concluded that there were many factors that led higher education students to fail or drop out of classes because they did not have the digital tools or the necessary means of communication to be able to receive their classes at a distance, since this radical change accelerated the pace of technologies and urgently caused the implementation of various means to receive distance classes.

*Keywords: Education, data mining, pandemic*

## INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información (TI) siempre han sido un reto en el proceso educativo, la llegada de la pandemia revolucionó las estrategias utilizadas para enseñar y sobre todo la forma de aprender de los alumnos, ya que se vieron en apuros de mudar las clases de la modalidad presencial, a una modalidad virtual.

El Covid 19 es una de las enfermedades que causó cambios drásticos en la enseñanza-aprendizaje, en este artículo se hace una reflexión al uso de la innovación digital, la aplicabilidad y utilidad en tiempos de pandemia en el ámbito educativo junto con el aprovechamiento y deserción de estudiantes de educación superior en tiempos de pandemia.

Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2020) refiere que, en la esfera de la educación, esta emergencia dio lugar al cierre masivo de las actividades presenciales de instituciones educativas en más de 190 países con el fin de evitar la propagación del virus y mitigar su impacto. Debido a esto la comunidad educativa se vio presionada a continuar de otro modo sus clases, Cruz-Picón y Hernández-Correa (2022) mencionan que los sistemas educativos se ven afectados por los devenires sociales, económicos, políticos y culturales, pero, sobre todo, por los efectos del nuevo coronavirus Covid 19.

En este sentido la crisis por Covid 19 impactó al mundo en todos los aspectos a nivel empresarial, económico y sobre todo en el ámbito educativo, sin embargo, esta crisis obligó a las diferentes entidades a evolucionar a una nueva realidad donde predomina la innovación digital. Vega-Rodríguez y Botero-Suaza (2021) refieren que el ritmo del desarrollo tecnológico y la introducción de nuevas tecnologías en entornos educativos se han acelerado dramáticamente durante la última década. Si bien desde los últimos años se ha venido evolucionando en el proceso de la transformación digital, debido a la pandemia, este proceso aceleró el ritmo del cambio y sobre todo la velocidad en que fueron implementadas las tecnologías emergentes en educación superior para resolver los problemas de clases a distancia.

En este contexto, la crisis por pandemia provocó la causa de distintos factores que obligaron a estudiantes de educación superior a reprobar o desertar por no contar con las herramientas tecnológicas o medios de comunicación necesarias para continuar. Las tecnologías digitales cobran importancia en estos procesos de cambio, dando respuesta adecuada a las expectativas y necesidades de los estudiantes (Vega-Rodríguez y Botero-Suaza 2021).

## DESARROLLO

La enseñanza virtual fue requerida por causa de la pandemia, esta provocó que el ecosistema educativo tuviera dificultades en el área tecnológica para asumir enseñanza en esta modalidad e inferir para algunos estudiantes en su aprovechamiento, deserción o reprobación académica.

La nueva modalidad virtual ocasionó que muchos alumnos de educación superior reprobaran o desertaran de clases, debido a que no contaban con las herramientas o recursos económicos necesarios para sustentar y mantener una conectividad a internet para realizar las actividades que les permitieran continuar sus estudios por esta modalidad, así lo refieren Ramírez-Melo *et ál.*, (2022) que los sistemas educativos no se encontraban preparados en su totalidad para sobrellevar aspectos técnicos, de ayuda psicológica y/o económica hacia los estudiantes, provocando que muchos de ellos enfrentaran el riesgo de desertar de sus estudios o ser vulnerables a otro tipo de afectaciones causadas por la pandemia.

La importancia de implementar las nuevas tecnologías en el área educativa para continuar con las clases en línea debido a la pandemia por Covid 19 fue un proceso complicado por parte de profesores y aún más por los receptores de las clases que fueron los alumnos de educación superior, pues esas circunstancias los obligó a tomar ciertas decisiones como la deserción o se vieron afectados en su aprovechamiento escolar. Urbina-Nájera *et ál.*, (2021) menciona en su artículo titulado Patrones que identifican a estudiantes universitarios desertores aplicando minería de datos educativa, que para estudiar el fenómeno de la deserción escolar es pertinente identificar todos aquellos factores que intervienen en la decisión de abandonar los estudios universitarios.

Como resultado de las búsquedas se han analizado diferentes investigaciones en donde el objetivo es identificar cuáles son los factores que provocan que un alumno deserte o en caso contrario aproveche más los estudios, anteriormente no se habían realizado estudios con énfasis en educación a distancia así lo mencionan Reyes-Nava *et. ál.*, (2021) que, haciendo uso de métodos de inteligencia artificial, minería de datos y aprendizaje automático en la mayoría de los trabajos se hacía un énfasis en la educación presencial, sin embargo, actualmente por la situación que se vive es necesario analizar los factores de riesgo generados por los alumnos que estudian en línea, estos factores son almacenados en forma de datos y al final generan resultados que pueden cambiar por diferentes situaciones.

### La Educación en México

En los sistemas educativos en México la reprobación escolar siempre ha estado presente, Díaz y Ruiz (2018) mencionan que uno de los problemas que siempre ha enfrentado el sistema educativo nacional es la deserción escolar, al igual que el rezago académico y la baja eficiencia terminal, que lejos de ser un asunto local, es una temática en el ámbito mundial. Afirma que la deserción, baja eficiencia terminal y bajo rendimiento escolar son problemáticas asociadas a los niveles de reprobación en alumnos, lo cual está relacionado con elementos familiares, sociales, psicológicos, económicos, perfiles de ingreso limitados o falta de hábitos de estudio. En contraste con lo anterior Durón y Oropeza (1999 como se citó en Izar *et ál.*, 2011) mencionan la presencia de cuatro factores que influyen en el aprovechamiento académico los cuales son:



- Factores fisiológicos. Se sabe que afectan, aunque es difícil precisar en qué medida lo hace cada uno de ellos, ya que por lo general están interactuando con otro tipo de factores. Entre los que se incluyen en este grupo están: cambios hormonales por modificaciones endocrinológicas, padecer deficiencias en los órganos de los sentidos, desnutrición y problemas de peso y salud.
- Factores pedagógicos. Son aquellos aspectos que se relacionan con la calidad de la enseñanza. Entre ellos están el número de alumnos por maestro, los métodos y materiales didácticos utilizados, la motivación de los estudiantes y el tiempo dedicado por los profesores a la preparación de sus clases.
- Factores psicológicos. Entre estos se cuentan algunos desórdenes en las funciones psicológicas básicas, como son la percepción, la memoria y la conceptualización, los cuales dificultan el aprendizaje.
- Factores sociológicos. Son aquellos que incluyen las características familiares y socioeconómicas de los estudiantes, tales como la posición económica familiar, el nivel de escolaridad y ocupación de los padres y la calidad del ambiente que rodea al estudiante.

### **La Educación en México en Tiempos de Pandemia**

La enseñanza virtual fue requerida por causa de la pandemia, esta provocó que el ecosistema educativo tuviera dificultades en el área tecnológica para asumir enseñanza en esta modalidad e inferir para algunos estudiantes en su aprovechamiento, deserción o reprobación académica.

Aquino (2020) indica que, las principales dificultades presentadas en pandemia fueron las académicas y personales, ya que la mayoría los profesores no utilizaban la plataforma de *Microsoft Teams* y por lo tanto no se tenía la sesión completa, las dificultades a nivel personal que se enfrentaron fueron con respecto al estrés provocado por el confinamiento en términos de restricción de actividades sociales, recreativas y deportivas; y efectos socioemocionales como la tristeza, inconformidad, angustia, temor. Finalmente explica que otro de los problemas enfrentados fue el factor económico ya que alumnos no podían seguir trabajando para ayudarse en sus gastos personales.

Las razones para darse de baja fueron de aspectos tecnológicos y conectividad, puesto que había complicaciones para mantenerse comunicado y enviar sus tareas, darse de baja o desertar fueron decisiones que se tomaron por estas razones, fueron muchos factores que afectaron el rendimiento escolar debido al cambio radical por mover las clases a diversas plataformas en línea. En este sentido Ortega-Encinas *et al.*, (2022) apunta que un gran porcentaje de alumnos y maestros no estaban preparados para la enseñanza-aprendizaje a distancia ya que carecían de habilidades digitales y de los dispositivos necesarios para su correcta implementación dada la premura derivada de la contingencia. Así mismo menciona que un porcentaje de estudiantes no tendrían los recursos suficientes para afrontar la nueva realidad y debido a esto, la pandemia modificó diferentes hábitos de estudiantes.

Del mismo modo refiere que la educación virtual o a distancia posee características que la diferencian en gran medida de la educación presencial que se señalan a continuación.

- Existe una mayor autonomía e independencia de parte del alumnado para el desarrollo de su proceso de aprendizaje, siendo el estudiante quien marca su ritmo de trabajo.
- Muchos de los estudiantes conceden un carácter más práctico a sus objetivos de aprendizaje.

Ante los cambios que implica el ajuste de clases presenciales a virtuales Miguel (2020) indica que algunas de las inconformidades de los estudiantes ante este cambio radicarón en la mala comunicación con los profesores; las clases se basaban en cargas de tareas, sin explicación previa o retroalimentación; en algunos casos, la conectividad representaba un problema. Por su parte, quienes manifiestan estar bien y cómodos con el cambio mencionaron que el estar en sus casas les brinda paz, y ahorran tiempo, lo que se puede traducir en optimización del tiempo. Por consiguiente, puede decirse que fueron aspectos diferentes que causaron un desempeño académico distinto, aunque el tener una buena conectividad o recursos tecnológicos se ve ligada al factor económico.

Existen diversas causas que dificultan la aceptación adopción de innovaciones tecnológicas, la presencia de estos obstáculos en la práctica educativa provoca estrés y genera resistencia al cambio el temor a lo desconocido, la desconfianza o cualquier tipo de sentimientos, actitudes o percepciones similares se transforman en barreras que impiden que se asuma la Innovación tecnológica (Silva y García 2022).

En tiempos de Covid 19, No solo fueron situaciones de estrés de parte de los alumnos, también hubo barreras afrontadas ante innovaciones tecnológicas por parte de los docentes de educación superior como menciona por Yanes *et. ál.*, (2022) que ante la aparición de nuevas plataformas como Microsoft Teams, los docentes universitarios requirieron de cursos debido a que su implementación fue inesperada puesto que cuentan con diversos segmentos dentro de la misma y resulto complejo en sus inicios. Por otro lado, en un estudio sobre el impacto de la pandemia por Covid 19 en México con estudiantes de educación superior al hacer el análisis de los datos resultó que no todos los estudiantes se encuentran en las mismas condiciones en cuanto a infraestructura tecnológica que les permita desarrollar de manera adecuada y equitativa las actividades académicas y dar continuidad a los cursos de este modo López y contreras (2022) menciona que esto puede ser considerado como un factor determinante que podría mermar el aprendizaje y, en alguna última instancia, propiciar nuevas problemáticas en la formación profesional provocando así una deserción o el caso contrario un buen aprovechamiento.

En contraste con lo anterior Aquino (2020) mencionó que las razones para darse de baja fueron de aspectos económicos, tecnológicos y de conectividad, puesto que había complicaciones para mantenerse comunicado y enviar sus tareas, debido a lo anterior darse de baja o desertar fueron decisiones que se tomaron por estas razones.

### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar los factores que influyeron en desempeño académico de estudiantes de educación superior en pandemia por Covid 19 desde la minería de datos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir los factores determinantes de los alumnos que provocaron a tener un desempeño académico diferente.
- Analizar los resultados del desempeño académico obtenidos de la revisión de literatura estudiantes de educación superior.
- Identificar la importancia de la minería de datos aplicadas en la educación.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

El tema de investigación en el presente trabajo aborda el desempeño académico: aprovechamiento, deserción y reprobación de estudiantes de educación superior desde la minería de datos. Describe cuales fueron las causas o factores que propiciaron problemáticas y principales dificultades que se vieron reflejadas en su desempeño académico.

### **METODOLOGÍA**

Las tecnologías implementadas de forma rápida que ayudaron a recibir las clases a distancia en tiempos de pandemia por Covid 19, ocasionaron que muchos alumnos no pudieran aprovechar las clases virtuales por diferentes motivos, de tal manera que los orillara a desertar de la educación superior que llevaban, debido a esto se llevó a cabo una revisión literaria para comprender el fenómeno. Para analizar este artículo, se realizó una revisión de literatura con un enfoque de estudio cualitativo haciendo una indagación y un análisis crítico de materiales referenciales consultados en diferentes bases de datos con los temas más relevantes y apegados a la innovación tecnológica y el aprovechamiento y deserción que hubo en tiempos de pandemia por Covid 19. Cruz-Picón y Hernández-Correa (2022) mencionan que el listado referencial que se obtenga se procesa, excluyendo reproducciones y filtrando datos para encaminarse en estudios relacionales con las variables metodológicas investigadas. Este modelo de artículo permite retomar resultados de investigación para analizarlos desde nuevas perspectivas como la crítica o analítica.

### **FASES DEL DESARROLLO**

#### **Minería de Datos en el Ámbito Educativo**

La minería de datos es un proceso que implica descubrir patrones, tendencias y conocimientos útiles a partir de un conjunto de datos en concordancia con lo anterior Gutiérrez y Meza (2021) apuntan que en la educación está siendo de gran utilidad para encontrar patrones en grandes conjuntos de datos, y con ello optimizar, predecir resultados que son de gran utilidad para la detección, prevención de problemas específicos y toma de decisiones.

Al realizar la búsqueda, se encontraron diferentes documentos apegados al tema a tratar, como patrones que identifican a estudiantes universitarios desertores aplicando minería de datos, ambientes tecnológicos ventajas y limitaciones durante pandemia y factores de riesgo que causan la deserción de alumnos de educación a distancia por causa del Covid 19 por mencionar algunos de esta manera. López (2022) realizó una investigación cuyo objetivo fue describir el impacto de la enfermedad por Covid 2019 en estudiantes mexicanos de educación media superior utilizando una metodología que consistió en una investigación exploratoria con un enfoque cuantitativo se aplicó un cuestionario a modo de encuesta que permitió caracterizar el comportamiento del fenómeno a partir de cuatro dimensiones: infraestructura tecnológica, capacitación, ámbito social-económico y de salud y competencias digitales, los resultados de ese estudio muestran que, en la mayoría de los casos, los estudiantes cuentan con la infraestructura tecnológica adecuada para continuar el proceso de aprendizaje virtual, así como con las habilidades digitales para utilizar aplicaciones que mejoren la comunicación.

Hubo distintos factores que influyeron a tomar ciertas decisiones en los estudiantes, por ejemplo, la falta de práctica de las innovaciones tecnológicas en los estudiantes de educación superior pudo traer como consecuencia una disminución en su rendimiento académico, provocando en el peor de los escenarios la deserción estudiantil. En efecto, la mayoría de los estudiantes presentó algún tipo de afectación, principalmente de índole emocional. Aunado a esto, es relevante mencionar que el confinamiento provocado por la Covid-19 ha sido considerado un detonante de situaciones de violencia; sin embargo, los resultados obtenidos demostraron que solo una pequeña proporción de estudiantes ha experimentado algún tipo de violencia (López y contreras 2022).

Otras amenazas que predominan mucho es el aspecto económico, este permite que se presenten dificultades para obtener los medios digitales y poder conectarse a las clases virtuales, en el ambiente organizacional hace que se presente una serie de estrés académico provocando bajar el rendimiento de los alumnos. Sin embargo Azuara *et ál.*, (2023) mencionan que el acceso a internet, aunque aumenta en el caso de estudiantes universitarios, no llega al 100% de cobertura, por lo que hay una población que no cuenta con el recurso y a esto habría que añadir, que existe un porcentaje que renta un servicio de internet. Y ahora en época de pandemia se nota como la situación se agravó con esas limitaciones al ver las carencias de disponibilidad económica.

Como se ha visto anteriormente para conocer mejor la información estudiada se han requerido software de minería de datos que permitan procesar grandes cantidades de datos obtenidos para encontrar analíticas y patrones en función de una variable en este sentido Beltrán (2022) apunta que en la actualidad se han diseñado una cantidad pronunciada de algoritmos que pueden ser utilizados

para el análisis descriptivo y predictivo de un fenómeno mediante minería de datos. En diferentes estudios se encontró que docentes encuestados, raramente y/o nunca han creado o editado contenido nuevo con herramientas digitales y en atención a ellos se determinó que necesitaban formación en uso de herramientas digitales (Yanes *et al.*, 2022), debido esto se carecía de la falta de interés por parte de los alumnos al no ver la clase inducida por medio del docente.

Usando algoritmos de selección de atributos se ha encontrado que los atributos más importantes son: asistencia, período, último semestre cursado, porcentaje de materias reprobadas, créditos cursados y programa. Urbina-Nájera *et ál.*, (2021) estos resultados discrepan de otros reportados en diferentes investigaciones en donde se afirma que las causas que originan la deserción escolar están relacionadas con factores académicos, económicos, sociales, creencias, desempeño y adicciones, entre otros.

Cabe mencionar que dicha diferencia se debe al enfoque que se le ha dado al análisis, o al método utilizado para realizar el análisis de minería de datos y principalmente a las diferencias entre las bases de datos empleadas. En otras palabras, en este estudio se le dio una perspectiva diferente. (Urbina-Nájera *et ál.*, 2021)

Una de las limitantes de las revisiones de literaturas relacionadas con el tema, fue el tipo de muestra, pues en cada estudio se realizó una muestra diferente lo que permite conocer una parte de la realidad en el enfoque que se le dé a la investigación. Por otra parte, se obtuvieron resultados satisfactorios que permitieron conocer el problema de las barreras afrontadas por los estudiantes de educación superior dentro de la pandemia por Covid 19. López y contreras (2020) refieren que, en ese sentido, se obtuvo un panorama sobre la situación que enfrentan los estudiantes en los procesos de aprendizaje de manera virtual, lo que podría permitir generar acciones para anticipar o simplificar los procesos educativos en este contexto.

Finalmente, La adopción de las tecnologías digitales en los procesos educativos requiere la configuración de nuevos espacios y ambientes de aprendizaje, así como nuevas funciones y roles profesionales en los docentes. Cada institución educativa deberá diseñar y ejecutar un plan de digitalización, que le permitirá, en función de su visión y estrategia, evolucionar hacia una transformación digital (Vega-Rodríguez y Botero-Suaza, 2022).

Las características que definen que intervino para tener un desempeño académico reflejado en aprovechamiento, deserción y reprobación académico va dependiendo de diferentes autores como López (2022), Aquino (2020), Martínez y Zamudio (2021), Miguel (2020), Ortega-Encinas *et ál.*, (2022), Ramírez-Melo *et ál.*, (2022), Reyes-Nava (2021), Vega-Rodríguez y Botero-Suaza (2020), A continuación se presentan las características principales que llevaron a influir el desempeño académico de los estudiantes desde antes de pandemia y en pandemia (Ver tabla 1).

**Tabla 25**  
**Factores que Influyeron en el Desempeño Académico en Alumnos.**

Antes de Pandemia por Covid 19	En Pandemia por Covid 19
Factores fisiológicos	Dificultades académicas
Pedagógicos	Dificultades personales
Psicológicos	Estrés
Sociológicos	Tristeza
Familiares	Recursos económicos
Sociales	Recursos tecnológicos
Económicos	Conectividad
Falta de hábitos de estudio	Carencia de habilidades digitales

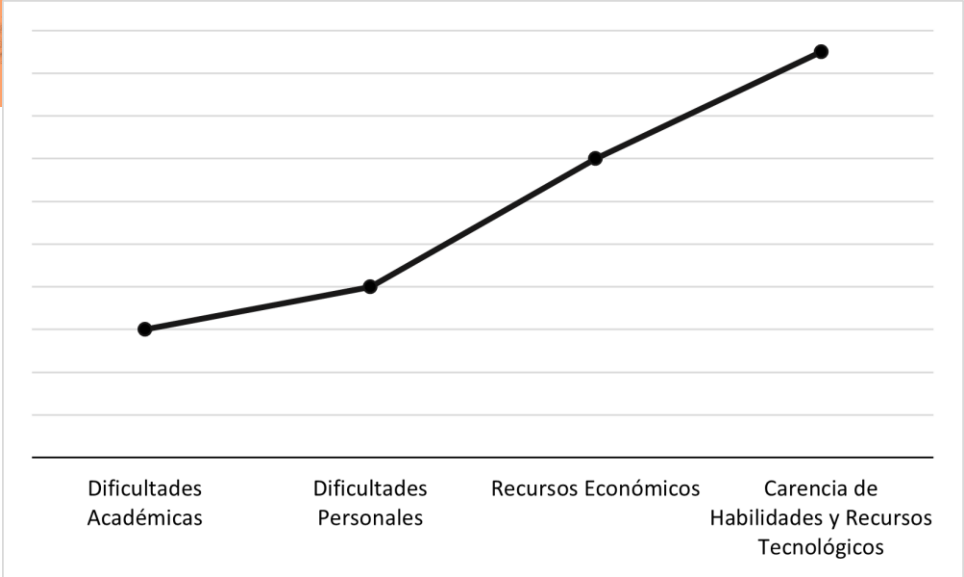
Nota: Elaboración propia.

Aunado a lo anterior se infiere que en pandemia fueron cuestiones de recursos tecnológicos y conectividad los principales factores que orillaron a los estudiantes a tomar ciertas decisiones en cuanto a su desempeño académico, sin embargo, el factor económico siempre ha sido un caso que ha afectado en el ámbito educativo desde hace mucho tiempo.

**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Según los resultados encontrados se afirma que la innovación digital en tiempos de pandemia tomo un lugar importante dentro del área educativa puesto que durante la pandemia por Covid 19 surgieron plataformas que permitieron tomar las clases a distancia y con ello compartir información de diferentes maneras. Existen distintos motivos que influyeron a tomar ciertas decisiones en los estudiantes, por ejemplo, la falta de recursos y habilidades tecnológicos, recursos económicos, conectividad a internet e incluso las dificultades personales en los estudiantes de educación superior pudo traer como consecuencia una disminución en su rendimiento académico, provocando en el peor de los escenarios la deserción estudiantil. De acuerdo con la revisión de literatura realizada se presentan los factores más destacados que afectaron el desempeño académico en estudiantes de educación superior en la siguiente gráfica, los cuales se organizaron de forma ascendente de acuerdo con su impacto en los estudiantes (ver figura 1).

**Figura 66**  
**Factores más Comunes que Afectaron a Estudiantes de Educación Superior.**



Nota: Elaboración propia a partir de la revisión de literatura realizada.

La siguiente figura muestra el crecimiento de las causas que afectaron el desempeño académico, el cual apunta que la carencia de habilidades y recursos tecnológicos fue el más impactante, por el contrario, las dificultades académicas son los que menos afectaron a los alumnos de educación superior. En la siguiente tabla se describen los resultados de la figura anterior con los factores más comunes que afectaron en el desempeño académico (ver tabla 2).

**Tabla 26**  
**Resultados Generales Obtenidos Derivado de la Información Revisada.**

Resultados mencionados	Interpretación
Carencia de habilidades y recursos tecnológicos.	Debido a que las aulas eran menos digitales la llegada de la pandemia expuso que la brecha digital fue de los principales obstáculos en pandemia ya que la falta de competencias digitales retraso el proceso de enseñanza en alumnos de educación superior así lo apunta Bermeo-Chalco <i>et al.</i> , (2021) que, en efecto, la brecha digital es un problema que causó desigualdad, debido a las diferencias que existen en acceder a los beneficios de la tecnología, del mismo menciona que la falta de recursos tecnológicos como la conexión a internet y dispositivos electrónicos en loa hogares fueron factores que se vieron reflejadas en su desempeño académico.
Recursos económicos	De acuerdo con Téllez (2021) el desempeño académico de los alumnos se interrumpió por la crisis económica que hubo en pandemia, muchos alumnos no se inscribieron en el ciclo escolar porque carecían de dispositivos electrónicos y conexión a internet por lo cual no podían mantener sus estudios de forma virtual causando la necesidad de buscar un trabajo para sustentar sus gastos.
Dificultades personales	En efecto, la mayoría de los estudiantes presentó algún tipo de afectación como estrés, tristeza, pero principalmente fueron de índole emocional. Aunado a esto, es relevante mencionar que el confinamiento provocado por Covid-19 ha sido considerado un detonante de situaciones de violencia; sin embargo, los resultados obtenidos demostraron que solo una pequeña proporción de estudiantes ha experimentado algún tipo de violencia (López y contreras 2022).
Dificultades académicas	En diferentes estudios se encontró que docentes encuestados, raramente y/o nunca han creado o editado contenido nuevo con herramientas digitales y en atención a ellos se determinó que necesitaban formación en uso de herramientas digitales (Yanes <i>et al.</i> , 2022), esto provocaba la de la falta de interés por parte de los alumnos al no ver la clase inducida por medio del docente.

Nota: Elaboración propia.



## CONCLUSIONES

Finalmente de acuerdo con la revisión realizada se percibe que en la mayoría de los casos observados se carece de práctica tecnológica en las escuelas de educación superior y esto provoca que haya una disminución en el rendimiento académico y que sea más probable que los alumnos tomen la posibilidad de desertar, de igual manera se estudió que el aspecto económico detuvo gran parte de los procesos de educación por parte de los alumnos pues no contaban con los medios digitales o con acceso a internet para continuar con las clases virtuales, el ambiente organizacional tuvo mucho que ver ya que se manifestaba en forma de estrés académico provocando bajar el rendimiento de los alumnos. De igual manera ver la importancia que ha tenido la minería de datos en el ámbito educativo ya que mediante sus técnicas y algoritmos se encuentra un conocimiento valioso que permite entender mejor los fenómenos en el desempeño académico y de esta manera crear soluciones que favorezcan la prevención de la deserción o reprobación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aquino, S. P. (2021). Baja o deserción en tiempos de la pandemia del COVID-19. Experiencia de un estudiante de pregrado. En G.C. Medina, Aquino, S.P. y López, M. (Coord.). *La tecnología educativa en tiempos de pandemia* (pp.190-208). Gradus editora. [https://es.graduseditora.com/files/ugd/c7d661\\_16fb591baa034f00a995f9868e9aa92b.pdf](https://es.graduseditora.com/files/ugd/c7d661_16fb591baa034f00a995f9868e9aa92b.pdf)
- Azuara, W. G., Silva, M. P. y De los Santos, G. (2023). Innovación tecnológica en ambientes universitarios. Ventajas y limitaciones durante la pandemia de COVID 19. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. (2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v2i10.3496>
- Beltrán, L. (2022). *Construcción de modelos predictivos de la deserción universitaria utilizando minería de datos, caso de estudio: CETYS Universidad campus ensenada* [Tesis doctoral, Universidad Popular Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.cetys.mx/handle/60000/1509>
- Bermeo-Chalco, D. G., García-Herrera, D. G., y Mena-Clerque, S. E. (2021). Brecha digital en tiempos de pandemia: Perspectivas de padres de familia. *Episteme Koinonia*, 4(8), 338–360. <https://doi.org/10.35381/e.k.v4i8.1359>
- Cruz-Picón, P. E., & Hernández-Correa, L. J. (2022). La educación inclusiva en la escuela contextualizada desde la pandemia. *CULTURA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD*, 13(1), 255–268. <https://doi.org/10.17981/cultedusoc.13.1.2022.15>
- Díaz, D. y Ruiz, A. (2018). Reprobación escolar en el nivel medio superior y su relación con el autoconcepto en la adolescencia. *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 48(2). 125-142. <https://doi.org/10.48102/rlee.2018.48.2.49>
- Gutiérrez, G. A. y Meza, M. (2021). Modelo de árbol de decisiones para determinar los factores de deserción de estudiantes en una institución de educación superior mexicana. *Revista de gestión empresarial y sustentabilidad*, 7(1), 19-30. <https://rges.umich.mx/index.php/rges/article/view/67>
- Izar, J. M., Ynzunza, C. B., y López, H. (2011). Factores que afectan el desempeño académico de los estudiantes de nivel superior en Rioverde, San Luis Potosí, México. *Revista de Investigación Educativa*, (12), 1-18. <https://doi.org/10.25009/cpue.v0i12.50>
- López, M. D. y Contreras, A. (2022). El impacto de la pandemia por covid-19 en estudiantes mexicanos de educación media superior. *Revista iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*, 12(24), 1-27. <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1141>
- López, M. D. y Contreras, A. (2022). El impacto de la pandemia por covid-19 en estudiantes mexicanos de educación media superior. *Revista iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*, 12(24), 1-27. <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1141>
- Martínez, L. y Zamudio, B. F. (2021). Tendencias de la Educación Superior en el Estado de Tabasco ante la pandemia por el COVID 19, en un estudio de caso. En V. Estrada, S. Mora, M. Pilar. [Coord.]. *Estudios sobre cultura y desigualdad en las regiones*. (pp. 1-20). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/5592>
- Miguel, J. A. (2020). La educación superior en tiempos de pandemia: una visión desde dentro del proceso formativo. *Revista Latinoamericana De Estudios Educativos*, 50, 13-40. <https://doi.org/10.48102/rlee.2020.50.ESPECIAL.95>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. [UNESCO]. (2020). *La educación en tiempos de Covid-19*. Cepal. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45904-la-educacion-tiempos-la-pandemicovid-19>
- Ortega-Encinas, L. U., López, J. S., Sortillón, P. E., Gamiño, D. T. y Cheu, E. (2022). Impacto en el rendimiento escolar bajo condiciones de pandemia SARS-COV2. *Revista De Investigación Académica Sin Frontera: División De Ciencias Económicas Y Sociales*, 15(37). <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi37.429>
- Ramírez-Melo, L., Delgado-Ávila, E. R. y Montufar-Benítez, M. A. (2022). Aplicación de técnicas de minería de datos para la caracterización de estudiantes bajo el efecto de la COVID-19. *Padi Boletín científico de ciencias básicas en ingeniería del ICBI*, 10(2), 75-81. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial2.8669>
- Reyes-Nava, A., Gil-Antonio, I. y Antonio-Velázquez, J. A. (2021). Identificación de factores de riesgo que causan la deserción de alumnos que estudian a distancia por causa del COVID19 usando técnicas de minería de datos. En A. Ledesma (Coord.), *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología* (pp. 62-72). Handbooks-TX-©ECORFAN-México. [https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks\\_Ciencias\\_de\\_la\\_Ingenieria\\_y\\_Tecnologia\\_TX/Handbooks\\_Ciencias\\_de\\_la\\_Ingenieria\\_y\\_Tecnologia\\_TX\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks_Ciencias_de_la_Ingenieria_y_Tecnologia_TX/Handbooks_Ciencias_de_la_Ingenieria_y_Tecnologia_TX_4.pdf)



- Silva, M. P. y García, V. (2022). Percepción académica sobre las barreras en la adopción de innovaciones tecnológicas durante la pandemia por la covid-19. *Apertura*, 14(1), 96-113. <http://doi.org/10.32870/Ap.v14n1.2150>
- Téllez, C. (23 de marzo de 2021). Expulsa' la crisis a 5.2 millones de alumnos de las escuelas *El Financiero*. <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/covid-19-y-falta-de-recursos-las-principales-causas-de-desercion-escolar-en-mexico-durante-2020/>
- UNESCO. (2020). La educación en tiempos de Covid-19. Santiago: Cepal. Disponible en <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45904-la-educacion-tiempos-la-pandemicovid-19>
- Urbina-Nájera, A. B., Téllez-Velázquez, A. y Cruz, R. (2021). Patrones que identifican a estudiantes universitarios desertores aplicando minería de datos educativa. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 23, e29, 1-15. <https://doi.org/10.24320/redie.2021.23.e29.3918>
- Vega-Rodríguez, L. Y. y Botero-Suaza, L. E. (2020). Formación profesional inmersa en la transformación digital con el fin de mejorar la calidad en la educación. *Cultura, Educación y Sociedad*, 12(1), 37-46. <https://doi.org/10.17981/cultedusoc.12.1.2021.03>
- Yanes, M., Silva, M. P. y Payró, P. (2022). Barreras afrontadas por profesores ante innovaciones tecnológicas por COVID-19: una visión desde la minería de datos. *Revista Dilemas Contemporáneos educación política y valores*, 1-15. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v10i1.3312>

# Efectos de la COVID-19 en la gestión del trámite de licencia de conducir en Tabasco

Guillermo Castro García, Román Fuentes Jiménez, Jorge Alberto Gómez de Dios

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/ [g\\_castro01@hotmail.com](mailto:g_castro01@hotmail.com)

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/ [roman\\_fuentes@hotmail.com](mailto:roman_fuentes@hotmail.com)

Universidad Juárez Autónoma de [Tabasco/212H19019@egresados.ujat.mx](mailto:Tabasco/212H19019@egresados.ujat.mx)

## Resumen

Análisis de la información de solicitudes de licencias conducir en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en los años previos y posteriores de la pandemia de la COVID-19 del año 2020. Este análisis en su introducción describe el impacto de la COVID-19 en los aspectos económicos, sanitarios y sociales desde que la Organización Mundial de la Salud la catalogó como pandemia, en este sentido, el objetivo de la investigación es analizar los efectos económicos y administrativos en la gestión del trámite de licencias de conducir en el Poder Ejecutivo del Estado de Tabasco, a través de análisis estadístico y minería de datos.

La metodología incluye un enfoque mixto, en cuanto al estudio cualitativo a través del análisis documental se abordarán las causas y efectos de la COVID-19, para ello se estudiaron libros, artículos de revistas, etc. En cuanto al análisis cuantitativo, se realizará a través de la aplicación de algoritmos específicos para extraer patrones o modelos de los datos, descubriendo de igual forma asociaciones, anomalías y estructuras en datos almacenados.

En los resultados y discusión se determina el perfil del solicitante y el comportamiento de su trámite. Los datos registrados contienen la información del tipo de licencia, la duración de la misma, la edad, sexo del solicitante, así como el tipo de trámite y su estatus final. En conclusión, a través de este análisis fue posible identificar el impacto de la pandemia y el perfil de las personas que realizaron el trámite de obtención de la licencia de conducir.

Línea de investigación: minería de datos

*Palabras clave: COVID-19, gestión gubernamental, licencias conducir*

## Abstract:

Analysis of the information on driver's license applications in the city of Villahermosa, Tabasco, in the years before and after the COVID-19 pandemic in 2020. This analysis, in its introduction, describes the impact of COVID-19 on the economic, health and social aspects since the World Health Organization classified it as a pandemic, in this sense, the objective of the research is to analyze the economic and administrative effects in the management of the driver's license process in the Executive Branch of the State of Tabasco, through statistical analysis and data mining.

The methodology includes a mixed approach, in terms of the qualitative study through documentary analysis, the causes and effects of COVID-19 will be addressed, for this purpose books, magazine articles, etc. were studied. Regarding quantitative analysis, it will be carried out through the application of specific algorithms to extract patterns or models from the data, also discovering associations, anomalies and structures in stored data. In the results and discussion, the profile of the applicant and the behavior of their procedure are determined. The recorded data contains information on the type of license, its duration, the age, sex of the applicant, as well as the type of procedure and its final status. In conclusion, through this analysis it was possible to identify the impact of the pandemic and the profile of the people who completed the process of obtaining a driver's license.

Research line: data mining

*Keywords: COVID-19, driver's licenses, government management.*

## INTRODUCCIÓN

A más de dos años del inicio de la propagación de la enfermedad de la COVID-19, aún se calculan los efectos económicos, sanitarios y sociales que ha traído consigo; y es que desde que la Organización Mundial de la Salud, la catalogó como pandemia el 11 de marzo de 2020, se han implementado todo tipo de medidas a nivel mundial para frenar y contener su contagio, evitar muertes y el colapso de los sistemas de salud, lo cual conllevó al confinamiento y al aislamiento social, generando una recesión histórica.

El impacto económico de la pandemia no ha sido exclusivo para el sector privado, sino también para el sector público, quien disminuyó sus ingresos derivados de impuestos, derechos y aprovechamientos; enfrentándose durante el 2020 en un escenario incierto. Si bien se han logrado establecer medidas legales, económicas y sociales para la inclusión y la disminución de los riesgos de pobreza y marginación, aún existe un camino por recorrer en la llamada “nueva normalidad” para implementar acciones estratégicas que atiendan a todos los afectados por esta situación sanitaria [1].

Con todo ello, la pandemia de la COVID-19 incrementó la desigualdad, el desempleo y desplazó a un sin número de personas del bienestar; por lo que el Estado debe generar las condiciones necesarias para impulsar la resiliencia, la solidaridad y el respeto de los derechos humanos en todo momento. Para así, proteger a la sociedad, integrarla a la vida productiva, al bienestar y facilitar la recuperación socioeconómica [2].

La pandemia de la COVID-19, tomó desprevenidos a los gobiernos nacionales, estatales y municipales; modificando las relaciones sociedad-Estado en la era de la nueva gestión pública [3].

La crisis vinculada con la pandemia de la COVID-19 ha ocasionado grandes complicaciones para la economía, interrumpiendo la actividad de las unidades económicas y generando dificultades en las finanzas públicas.

En el caso de la gestión gubernamental, esta crisis impactó en la atención de trámites y servicios, en los ingresos, en la ejecución de programas, proyectos y acciones; que han hecho retroceder en el cumplimiento de los planes de desarrollo y demás instrumentos de política pública.

A esto, se suma la implementación de la cuarentena, el cierre de empresas no esenciales y la sana distancia, que disminuyeron el consumo de la población. Dicha situación afectó de la misma forma a las empresas, quienes, en 2020, tuvieron importantes problemas en la cadena de suministros, en el mantenimiento de empleos, y en general, en su operación; por lo que muchas de ellas cerraron por completo.

La economía como tal, se vio afectada en los flujos de efectivo y en el decremento de la inversión, generando contracciones en la oferta y la demanda, tanto en el mercado local, nacional e internacional [4].

Pese a toda esta situación, el Estado, ha estado obligado a garantizar la atención de la población, resolviendo los problemas que se suscitan y protegiendo sus derechos fundamentales; todo hacia la búsqueda de la gobernanza [5]. En una gestión donde se debe alcanzar la inclusión y la participación ciudadana apoyada en políticas públicas.

Es aquí, donde la innovación y la gobernanza de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ofrecen metodologías para el análisis de los datos públicos y mejores prácticas para elevar la eficiencia de la gestión, basándose en la obtención de valor público y resultados. A lo que los ciudadanos, deben tomar conciencia sobre su papel activo en la sociedad y en todas las etapas de la política pública [6].

Es sumamente fundamental, el rol que tiene el Estado en la gobernanza, la planeación y el gobierno digital, como instrumentos idóneos para sortear la crisis actual. Aunque el país y las entidades federativas, han actuado rápida y contundentemente ante la pandemia, los efectos negativos continúan, por lo que deben evaluarse para generar propuestas de políticas públicas que eleven la confianza del ciudadano, apoyándose en el uso estratégico de las TIC [7].

## DESARROLLO

El objetivo de la investigación es analizar los efectos económicos y administrativos de la pandemia de la COVID-19 en la gestión del trámite de licencias de conducir en el Poder Ejecutivo del Estado de Tabasco a través del análisis estadístico y la minería de datos. Este trabajo presenta la hipótesis que las acciones para prevenir, detener, contener, controlar, retrasar y reducir la propagación de la COVID-19 afectaron drásticamente los ingresos y número de usuarios de los trámites y servicios gubernamentales, como el trámite de licencias, lo cual puede ser corroborado a través de la minería de datos.

Para el cumplimiento del objetivo, se tendrán los objetivos específicos como son la selección de materiales y métodos de estudio, seguidamente se explican los antecedentes y la aparición de la pandemia de la COVID-19, así como el papel del Estado en su control. Luego, se describen los efectos de esta pandemia en México y en el Estado de Tabasco, para luego analizar la estadística sobre los ingresos en materia de impuestos y aprovechamientos de este último de los años 2019 al 2022, para luego presentar los resultados que se obtuvieron a través de la minería de datos sobre los usuarios del trámite de licencias para estos mismos años. Lo anterior, permitirá discutir acerca del papel de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en la pandemia de la COVID-19 y el uso de sus herramientas para el análisis de datos. Por último, se formulan conclusiones y futuras líneas de investigación.

### OBJETIVO GENERAL:

Analizar el efecto de la pandemia de la COVID-19 en las solicitudes de licencias de conducir de los años 2019, 2020 (año del impacto de la COVID-19), 2021 y 2022.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Seleccionar los materiales y métodos de estudio.
- Analizar los ingresos por recaudación derivados de las solicitudes de licencias de conducir.
- Analizar las causas y efectos del fenómeno al buscar la relación entre la COVID-19 y los usuarios del trámite de expedición de licencias de conducir.

### OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio son las solicitudes de licencias de conducir de los años 2019, 2020, 2021 y 2022

### MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La presente investigación tiene un enfoque mixto, porque en cuanto al estudio cualitativo, a través del análisis documental se abordará las causas, características y efectos de la pandemia de la COVID-19 a nivel global, en México y en el Estado de Tabasco. Para ello, se estudiaron libros, artículos de revista, informes, opiniones de especialistas en materia de salud, de administración pública y de TIC (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, Metodología de la investigación, 2014).

En lo que respecta al análisis cuantitativo, el cual es un método de análisis de información que se realiza a través de la aplicación de algoritmos específicos para extraer patrones o modelos de los datos, descubriendo de igual forma asociaciones, anomalías, y/o estructuras en datos almacenados [9].

Los datos utilizados son el número de usuarios del trámite de licencias, expedidas por la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana (SSPC) del Gobierno del Estado de Tabasco.

Además, se hace un análisis estadístico de los ingresos de impuestos, derechos y aprovechamientos del Gobierno del Estado de Tabasco, para así establecer relaciones en cuanto al fenómeno de estudio. Para el análisis estadístico se utilizarán datos de los años 2019 al 2022. Así, la investigación tendrá un carácter descriptivo, al análisis las causas y efectos del fenómeno y explicativo al buscar la relación entre el COVID-19 y los usuarios de trámites y servicios.

### FASES DEL DESARROLLO

#### Los ingresos vinculados con las licencias de conducir

Con base en el “Informe sobre la Situación Económica, los Ingresos y Egresos Públicos del Estado de Tabasco”, de los años 2019 al 2022 [10], que se presentan de forma trimestral, se presentan los resultados sobre los ingresos obtenidos por los servicios relacionados con el tránsito vehicular, prestados por la Policía Estatal de la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, a través de la Dirección General de la Policía Estatal de Caminos, en donde se encuentran los relacionados con la expedición, renovación o reposición de licencia de conducir [11].

Tabla 1

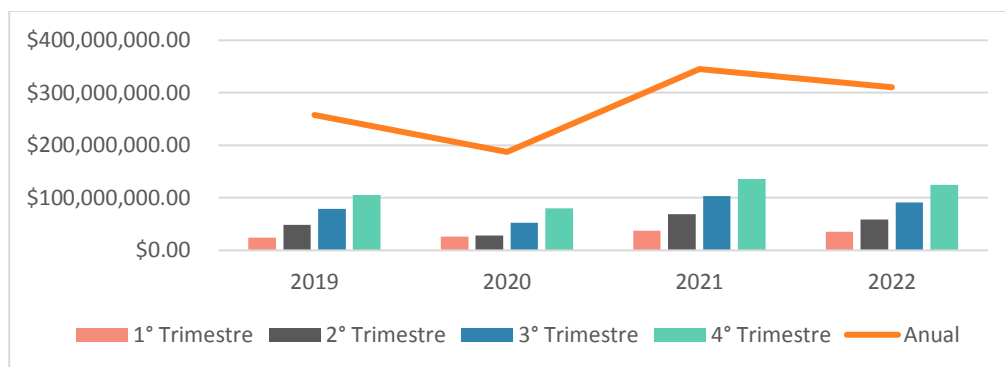
#### Ingresos por Emisión de Licencias

Año	1° Trimestre	2° Trimestre	3° Trimestre	4° Trimestre	Anual
2019	\$24,236,609.93	\$48,936,219.75	\$78,969,235.34	\$105,644,050.19	\$257,786,115.21
2020	\$25,990,097.77	\$28,620,669.46	\$52,713,693.58	\$80,090,971.35	\$187,415,432.16
2021	\$37,237,649.28	\$68,642,444.78	\$103,078,447.74	\$136,288,555.76	\$345,247,097.56
2022	\$35,305,256.83	\$59,246,742.55	\$90,859,649.73	\$124,750,671.85	\$310,162,320.96

**Nota.** Ingresos por los servicios de la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, a través de la Dirección General de la Policía Estatal de Caminos. Fuente: “Informe sobre la Situación Económica, los Ingresos y Egresos Públicos del Estado de Tabasco”, de los años 2019 al 2022.

**Figura 1**

***Ingresos por Emisión de Licencias***



**Nota.** Ingresos anuales por Emisión de Licencias. Fuente: Elaboración propia

Se observa que el ingreso en el año 2020 disminuyó un 27 % con respecto al año anterior, mostrando un impacto en las solicitudes debido a la COVID-19. En el año 2021 se tiene una recuperación en lo recaudado de \$187,415,432.16 a \$345,247,097.56, donde se puede considerar que las personas que no realizaron el trámite durante la pandemia se abocaron a actualizar sus licencias y para el año 2022 disminuyen levemente los ingresos pues se considera que las personas ya obtuvieron su licencia y se observa una estabilidad de las solicitudes.

**Las solicitudes de licencias de conducir**

La disminución de ingresos por el impacto de la COVID-19 es un reflejo en la cantidad de licencias solicitadas por los usuarios. En la Tabla 3 se observa la disminución del total de solicitudes entre los años 2019 y 2020 de 167,558 a 149,501 respectivamente, pero no solo fue el impacto de la COVID-19 en la disminución en solicitudes sino también en el aumento de 23,110 a 44,704 de personas que iniciaron el trámite, pero no lo terminaron, impactando en el ingreso por trámites no finalizados.

**Tabla 3**

***Estatus de Solicitudes***

Año	Estatus	Cantidad
2019	Iniciadas	23,110
2019	Aprobadas	3,339
2019	Entregadas	141,119
	<b>Total de Solicitudes</b>	<b>167,558</b>
2020	Iniciadas	44,704
2020	Aprobadas	716
2020	Entregadas	104,081
	<b>Total de Solicitudes</b>	<b>149,501</b>
2021	Iniciadas	31,897
2021	Aprobadas	2,233
2021	Entregadas	164,095
	<b>Total de Solicitudes</b>	<b>198,225</b>
2022	Iniciadas	18,514
2022	Aprobadas	544
2022	Entregadas	146,703
	<b>Total de Solicitudes</b>	<b>165,763</b>

Fuente: Elaboración propia



La descripción de los diferentes Estatus de Solicitudes es la siguiente:

*Iniciadas*: El ciudadano realizó el registro de la información y carga de requisitos dejando dispuesto el trámite para validarse a través del sistema informático de solicitudes.

*Aprobadas*: El trámite ha sido validado y pagado, pero no se imprimió la licencia.

*Entregadas*: El ciudadano terminó su trámite y ha adquirido la licencia físicamente (impresa).

#### Descripción de la base de datos

La base de datos será de los años 2019 al 2022 que contiene 649,252 registros de solicitudes que incluyen los diferentes estatus de *Iniciadas*, *Aprobadas* y *Entregadas*. Para efectos de este estudio, se tomarán 10,000 registros por año con una ponderación mostrados en la Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7 de los años 2019, 2020, 2021 y 2022 respectivamente de acuerdo a cada estatus de la solicitud.

**Tabla 4**

#### *Ponderación de Datos del año 2019*

<b>Estatus</b>	<b>Total</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Muestra</b>
Iniciadas	23,110	13.79 %	1,379
Aprobadas	3,339	1.99 %	199
Entregadas	141,119	84.22 %	8,422
<b>Total</b>	<b>167,558</b>		<b>10000</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5**

#### *Ponderación de Datos del año 2020*

<b>Estatus</b>	<b>Total</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Muestra</b>
Iniciadas	44,704	29.90 %	2,990
Aprobadas	716	0.48 %	48
Entregadas	104,081	69.62 %	6,962
<b>Total</b>	<b>149,501</b>		<b>10000</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6**

#### *Ponderación de Datos del año 2021*

<b>Estatus</b>	<b>Total</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Muestra</b>
Iniciadas	31,897	16.09%	1609
Aprobadas	2,233	1.13%	113
Entregadas	164,095	82.78%	8278
<b>Total</b>	<b>198,225</b>		<b>10000</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7**

#### *Ponderación de Datos del año 2022*

<b>Estatus</b>	<b>Total</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Muestra</b>
Iniciadas	18,514	11.17%	1117
Aprobadas	544	0.33%	33
Entregadas	146,703	88.5%	8850
<b>Total</b>	<b>165,763</b>		<b>10000</b>

Fuente: Elaboración propia

Para efectos del estudio, serán descartadas las solicitudes Aprobadas por representar solo el 1.99%, 0.48%, 1.13% y 0.33% de los años 2019 al 2022 respectivamente.

En la Tabla 8 se muestran los atributos de la base de datos.

**Tabla 8**

*Atributos de la Base de Datos*

<b>Atributo</b>	<b>Descripción</b>
estatus_tramite	Estatus del trámite: Iniciadas Entregadas
tipo_licencia	Diferentes tipos de licencia: Chofer Automovilista Motociclista
periodo	Tiempo de vigencia del documento en años: 2 5 10
sexo	Distinción de género: (H) Hombre (M) Mujer
edad	Edad del solicitante
tipo_tramite	Trámite solicitado: Expedición (nueva licencia) Renovación (cambio de documento por vigencia terminada) Reposición (por robo o extravío)

Fuente: Elaboración propia

**Comparativa de los datos.**

En el análisis de la información se tomaron las siguientes consideraciones:

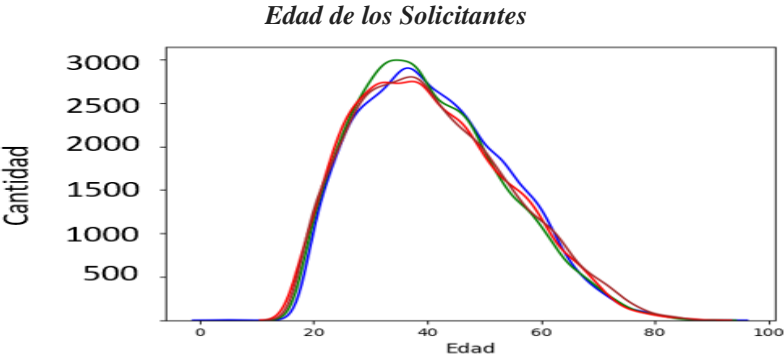
- Se tomó una muestra ponderada de 10,000 registros por cada uno de los años de revisión.
- Gráficos comparativos por cada uno de los atributos de la base de datos.
- Los colores de las gráficas de los años 2019, 2020, 2021 y 2022 serán azul, verde, roja y café, respectivamente
- Se descartan los datos de las solicitudes Aprobadas por no ser representativos en los totales de las solicitudes.
- Se descartan los permisos de menores y extranjeros, se consideran solo los periodos de licencias de dos, cinco y diez años.

**Edad de los solicitantes**

El promedio de edad de las solicitudes del 2019 fue de 41.4 años y de 40.3 para el 2020.

Para los años 2021 y 2022 fue 40.58 y 41.17 años respectivamente.

Figura 2



**Nota.** Comparativo por Edades. Fuente: Elaboración propia

**Género de los solicitantes**

Las solicitudes por año y género se presentan en la tabla 9 y se muestran gráficamente en la figura 3.

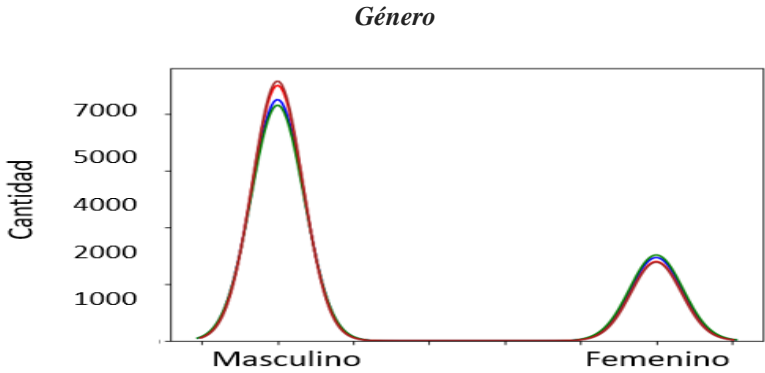
Tabla 9

*Estadísticas por Género*

Año	Masculino	Femenino
2019	7424	2574
2020	7304	2690
2021	7612	2388
2022	7678	2322

Fuente: Elaboración propia

Figura 3



**Nota.** Comparativo por Género. Fuente: Elaboración propia

**Periodos de vigencia**

Los periodos de vigencia de la licencia son de dos, cinco y diez años. En la Tabla 9 se muestra que el comportamiento de las solicitudes de los años 2019 al 2022 fue muy similar:

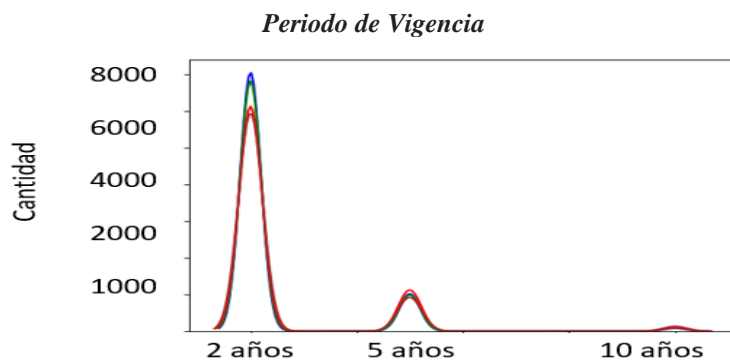
**Tabla 10**

*Periodo de Vigencia*

Año	Dos años	Cinco años	Diez años
2019	8315	1197	87
2020	8434	1218	107
2021	8278	1609	113
2022	8504	1311	185

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4**



**Nota.** Comparativo por Periodo de Vigencia. Fuente: Elaboración propia

**Tipos de licencia**

Los tipos de licencia de conducir son de chofer, automovilista y motociclista. El comportamiento de las solicitudes fue:

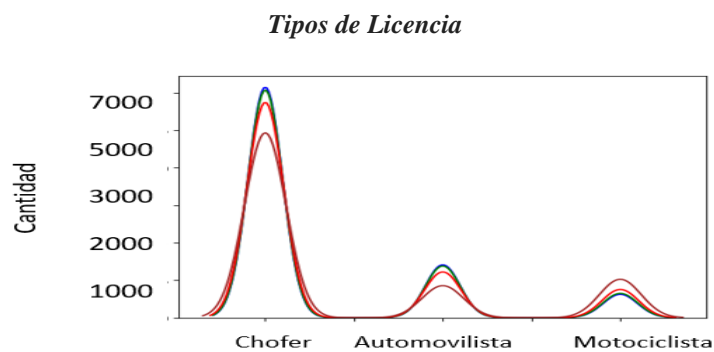
**Tabla 11**

*Tipos de Licencia*

Año	Chofer	Automovilista	Motociclista
2019	7211	1656	732
2020	7313	1662	784
2021	7412	1577	974
2022	7239	1256	1505

Fuente: Elaboración propia

**Figura 5**



**Nota.** Comparativo por Tipo de Licencia. Fuente: Elaboración propia

Tipo de trámite

El tipo de trámite se refiere a las solicitudes de renovación, expedición y reposición. En este rubro podemos observar un leve aumento en la cantidad de renovaciones del año 2020.

Tabla 12

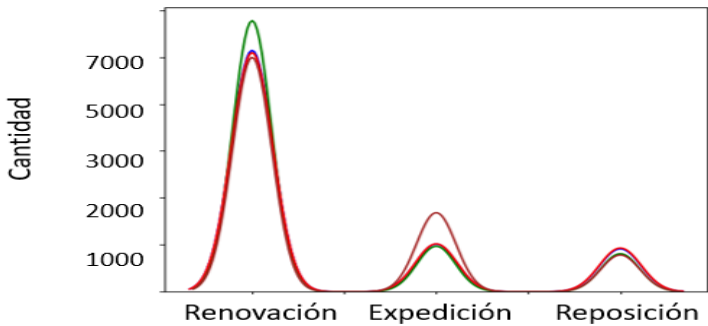
Tipo de Trámite

Año	Renovación	Expedición	Reposición
2019	6983	1377	1239
2020	7462	1251	1046
2021	7186	1453	1310
2022	6696	2257	1047

Fuente: Elaboración propia

Figura 6

Tipo de Trámite



Nota. Comparativo por Tipo de Trámite. Fuente: Elaboración propia

Estatus del trámite

El estatus del trámite *Iniciadas* se refiere a las solicitudes de los ciudadanos que realizaron el registro de la información y carga de requisitos dejando dispuesto el trámite para validarse pero que no lo terminaron.

El estatus del trámite *Entregadas* se refiere a que el ciudadano terminó el proceso y obtuvo su licencia impresa.

Tabla 13

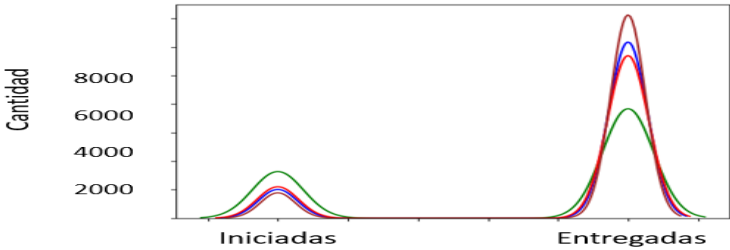
Estatus del Trámite

Año	Iniciadas	Entregadas
2019	1345	8254
2020	2912	6847
2021	1609	8278
2022	1107	8893

Fuente: Elaboración propia

Figura 7

Estatus del Trámite



Nota. Comparativo por Estatus del Trámite. Fuente: Elaboración propia



## DISCUSIÓN

### Edad de los solicitantes

En las gráficas de género se observa una disminución de promedio de edad del año 2019 al 2020 de 41.4 a 40.3 respectivamente, se puede considerar que hubo mayor movilidad en personas más jóvenes y un resguardo y cuidado en casa de personas mayores. Así también, se puede observar un aumento en el promedio de edad de los años 2021 y 2022 de 40.58 a 41.17 respectivamente, cerca del promedio de edad anterior a la pandemia lo que podemos considerar un regreso a las actividades de las personas mayores.

### Género de los solicitantes

En el género de los solicitantes se observa en el año 2020 una ligera disminución del género masculino y un aumento de solicitudes del género femenino.

En las solicitudes del género femenino existió un aumento de aproximadamente un 4% del año 2019 al 2020, y una disminución en ese mismo periodo del 2% de las solicitudes del género masculino, en congruencia entonces, con una mayor movilidad y menor afectación de las mujeres en la etapa de la COVID-19.[16]

### Periodo de vigencia

Los periodos de vigencia de la licencia son de 2, 5 y 10 años. Podemos observar que del año 2019 al 2020 las solicitudes para periodos de vigencia de 2 y 5 suben en promedio 1.6% y para el periodo de 10 años se elevan las solicitudes un 23%.

Solo para los años 2021 se observa una disminución del 2% en las solicitudes de 2 años y un aumento del 25% en las solicitudes de 5 años. Se considera que en primer año post pandemia se prevé realizar un trámite a mayor plazo.

Ya para el año 2022 se aumentan aproximadamente un 3% las solicitudes de 2 años y se estabilizan a 1311 las solicitudes a 5 años.

### Estatus del trámite

El mayor impacto lo encontramos en el rubro del estatus del trámite, en el cual se puede observar lo siguiente:

- Del año 2019 al 2020 hay un aumento del 13.79% al 29.90% de solicitudes que se iniciaron, pero no se terminaron. Un aumento de más del doble del porcentaje de solicitudes que no se concluyeron en la etapa de la COVID-19.
- La entrega de licencias ya terminadas disminuyó del año 2019 al 2020 del 84.22% al 69.62%, lo que representa una disminución del 14.6%.
- En los trámites totales también se tiene una disminución de 167,558 solicitudes del 2019 a 149,501 del 2020. Lo que representa una disminución de 18,057 solicitudes.
- Para el año 2022 se reducen al mínimo las solicitudes no terminadas y aumenta el número total de tramites terminados.

Con estos datos se puede considerar que sí hubo un impacto de la pandemia de la COVID-19 en el trámite de obtención de la licencia de conducir, dado que al no existir un proceso totalmente digital se tiene el factor de movilidad y presencia física para la toma de foto y su posterior impresión en el documento final.

## CONCLUSIONES

La nueva gestión pública, tiene el compromiso de poder a disposición del usuario, innovaciones asequibles y aprovechamiento de las TIC. La época contemporánea, exige un cambio de paradigma sobre la realidad, con procesos que lleven a la inclusión y sostenibilidad. De este modo, el avance tecnológico y la internet demandan nuevos servicios públicos con estándares para poder alcanzar la equidad y la estabilidad social.

La gestión pública en el contexto de la sociedad de la información y el conocimiento debe buscar la disminución de los costos de los servicios públicos y el incremento de los ingresos y los beneficios sociales, con un acceso igualitario a la información que permita su análisis para mejorar la calidad de vida y el bienestar de la sociedad.

Los gobiernos, deben utilizar las tecnologías y el factor humano, para aprovechar el conocimiento disponible en procesos de captura, análisis, procesamiento, transmisión y almacenamiento de información, con el uso de técnicas y nuevas prácticas digitales y virtuales. Tomando las mejores prácticas del sector privado, la gestión pública debe enfocarse en el uso eficiente de la información para atender a sus usuarios a través de prácticas de atención al cliente, con esquemas de calidad y democratización, control y seguimiento de la toma de decisiones, todo hacia lo que ya se conoce como “Smart Government” [12].

Los modelos de gestión pública, centrados en la información, deben orientarse hacia métodos participativos, que dejen de lado la contingencia e incertidumbre. La pandemia global de la COVID-19 ha marcado las transformaciones del Estado, dando respuesta a los cambios en la economía [13]. En este nuevo paradigma, es importante el dialogo interdisciplinario haciendo a un lado la burocracia [14]. Así, la gobernanza debe ser elemento transversal de la política pública, siendo un puente entre la ciudadanía y el Estado, legitimando la acción pública y facilitando la toma de decisiones con base en la gestión de la información [15].

### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

## REFERENCIAS

- [1] M. Nuñez Villacís, «La gestión de riesgos frente al impacto del COVID-19 en las organizaciones desde la perspectiva de la auditoría interna,» *Audit.ar*, vol. 1, n° 2, pp. 14-26, 2022.
- [2] Organización de las Naciones Unidas, «Respuesta de las Naciones Unidas frente al COVID-19,» Organización de las Naciones Unidas, 2021. [En línea]. Available: <https://www.un.org/es/coronavirus/UN-response>. [Último acceso: 17 octubre 2022].
- [3] J. Pont Vidal, «Gobernanza de la pandemia del covid-19 y modelos de gestión: ¿Hacia un nuevo tipo de vínculo sociedad-Estado?,» *Revista Do Servicio Público*, n° 71, p. 235 – 265, 2020.
- [4] «El COVID-19 y la conducta empresarial responsable,» OCDE, París, Francia, 2020.
- [5] A. Tenesaca Cuenca, J. Plaza Ponce y L. Cañarte Quimis, «La administración pública y el manejo de la pandemia por coronavirus en Ecuador,» *Polo del Conocimiento*, vol. 6, n° 3, pp. 1960-1976, 2021.
- [6] M. Pinho De Oliveira, «Gobierno abierto: transparencia gubernamental en el marco de la pandemia covid-19,» *Derecho global. Estudios sobre derecho y justicia*, vol. 7, n° 20, pp. 147-179, 2022.
- [7] A. Enriquez y C. Sáenz, «Primeras lecciones y desafíos de la pandemia de COVID-19 para los países del SICA,» CEPAL, Santiago de Chile, 2021.
- [8] R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, México: Mc Graw Hill, 2014.
- [9] J. Riquelme, R. Ruiz y K. Gilbert, «Minería de Datos: Conceptos y Tendencias,» *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, vol. 10, n° 29, pp. 11-18, 2006.
- [10] Gobierno del Estado de Tabasco, «Informe sobre la Situación Económica, los Ingresos y Egresos Públicos del Estado de Tabasco,» Secretaría de Finanzas, Villahermosa, 2020.
- [11] Congreso del Estado de Tabasco, «Ley de Hacienda del Estado de Tabasco,» Periódico Oficial del Estado de Tabasco, Villahermosa, 2021.
- [12] X. Barragán Martínez, «Posmodernidad, gestión pública y tecnologías de la información y comunicación en la Administración pública de Ecuador,» *Estado & comunes, revista de políticas y problemas públicos*, vol. 1, n° 14, pp. 113-131, 2022.
- [13] J. Pont Vidal, «Pandemia de COVID-19 y Estado: ¿Hacia una nueva la configuración administración-Estado,» *Cadernos EBAPE.BR*, vol. 18, n° 4, pp. 924-935, 2020.
- [14] J. Pont Vidal, «Administración y Estado en el contexto post Covid-19: ¿Hacia un nuevo tipo de vínculo?,» *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, n° 26, pp. 33-47, 2021.
- [15] J. Culebro Moreno y J. Alonzo Solís, «El impacto del COVID-19 en el ámbito subnacional. Confianza institucional y políticas públicas en Yucatán, México,» *Encrucijada*, n° 39, pp. 43-67, 2021.
- [16] Por qué la COVID-19 afecta más a los hombres que a las mujeres. Rachel Nania, AARP, 13 de octubre de 2020. [En línea] Available: <https://www.aarp.org/espanol/salud/enfermedades-y-tratamientos/info-2020/covid-afecta-mas-a-los-hombres.html>

# Diseño de dispositivo de reconocimiento inteligente de obstáculos para personas invidentes

Moisés Rodríguez Cruz<sup>1</sup>, Miguel Antonio Wister Ovando<sup>2</sup>  
Jesús Francisco Pérez Gómez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, [222H21003@alumno.ujat.mx](mailto:222H21003@alumno.ujat.mx).

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, [jesús.perez@ujat.mx](mailto:jesús.perez@ujat.mx).

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, [Miguel.wister@ujat.mx](mailto:Miguel.wister@ujat.mx).

**Línea de investigación:** Internet de las Cosas

## Resumen

El proyecto en cuestión presenta un diseño de dispositivo innovador destinado a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Este dispositivo se basa en un ESP32-CAM, una plataforma que integra una cámara y un chip ESP32 para el reconocimiento inteligente de objetos. Utilizando algoritmos de inteligencia artificial, el dispositivo es capaz de identificar y alertar sobre obstáculos en tiempo real mediante el análisis de imágenes capturadas por la cámara incorporada. Una de las características clave de esta solución es su capacidad de comunicación eficiente a través del protocolo MQTT. Esta integración permite proporcionar información precisa y actualizada sobre el entorno circundante. Además, el dispositivo está diseñado para ofrecer una retroalimentación inmediata al usuario mediante un sintetizador de voz que informa sobre los objetos identificados, brindando una comprensión rápida y detallada del entorno. En esencia, esta solución integral busca mejorar la independencia y seguridad de las personas con discapacidad visual al ofrecer una herramienta efectiva y completa para la navegación y percepción del entorno cotidiano.

*Palabras clave:* Internet de las Cosas, MQTT, ESP32-CAM, reconocimiento inteligente, Raspberry Pi, Inteligencia artificial

## Abstract

The project in question presents an innovative device design aimed at improving the quality of life of people with visual disabilities. This device is based on an ESP32-CAM, a platform that integrates a camera and an ESP32 chip for intelligent object recognition. Using artificial intelligence algorithms, the device is capable of identifying and alerting about obstacles in real-time by analyzing images captured by the built-in camera. One of the key features of this solution is its ability to communicate efficiently via the MQTT protocol. This integration makes it possible to provide accurate and up-to-date information about the surrounding environment. Additionally, the device is designed to provide immediate feedback to the user through a voice synthesizer that reports on identified objects, providing a quick and detailed understanding of the environment. In essence, this comprehensive solution seeks to improve the independence and safety of people with visual disabilities by offering an effective and complete tool for navigation and perception of the everyday environment.

**Keywords:** Internet of Things, MQTT, ESP32-CAM, intelligent recognition, Raspberry Pi, Artificial intelligence

## INTRODUCCIÓN

Cada día, nos desplazamos por diversos lugares o seguimos rutas familiares, sin embargo, la familiaridad con la ruta no garantiza que sea fácil atravesarla. Esto se debe a que todo está en constante cambio, desde las calles que recorreremos hasta la disposición de los objetos en nuestros hogares. Para una persona con visión, identificar nuevos obstáculos en el camino no resulta complejo, ya que su capacidad visual le permite analizar que puede hacer ante el obstáculo y poder adaptarse a estos cambios. Sin embargo, para aquellos que carecen de la capacidad de ver, transitar por lugares desconocidos se convierte en un desafío, especialmente cuando nuevos obstáculos pueden surgir en cualquier momento. Actualmente existen herramientas que ayudan a las personas con discapacidad visual, como en el caso de deambular, para ellos se emplean el “bastón blanco” que es un dispositivo alargado diseñado para reconocer a las personas con discapacidad visual y permitirles moverse de forma autónoma en un entorno. Esto se logra al facilitar el seguimiento y la detección de obstáculos situados a nivel del suelo, también se usa como ayuda a los “perros guías”, animales entrenados para asistir a personas ciegas o con discapacidad visual. Durante la guía de estas personas, el perro debe ser capaz de detectar posibles peligros relacionados con barreras arquitectónicas, lo que demanda un nivel significativo de inteligencia y un avanzado entrenamiento por parte del perro (DESPRADEL, 2019). Si bien los bastones y los perros guías son instrumentos de asistencia clásicos para aquellos con discapacidad visual, el bastón solo permite detectar objetos en distancias cercanas, careciendo de la capacidad para informar al usuario sobre la naturaleza de dichos objetos o la aproximación de otros. De manera similar, aunque los perros guías son entrenados para guiar a los usuarios, no tienen la capacidad de proporcionar información sobre el entorno en el que se encuentran, dejando al usuario en una situación de dependencia total de su perro guía.

## DESARROLLO

En esta sección, analizaremos el proceso seguido para construir un diseño viable y factible, que cumpla con los requisitos necesarios para garantizar que, al desarrollar la arquitectura, se obtenga el producto esperado.

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Proponer una arquitectura basada en IoT con la implementación de técnicas de reconocimiento de imágenes, con la finalidad de que dicha arquitectura informe al usuario sobre los objetos que capte y reconozca la arquitectura, aunado a ello que sea capaz de obtener la ubicación del usuario para notificar a un número de contacto.

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Diseñar la arquitectura de la propuesta.
2. Detectar la arquitectura del entorno de la persona.
3. Reconocer la arquitectura del entorno de la persona.
4. Ubicar al usuario en el sitio donde se localice.

### OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación se centra en la propuesta de una arquitectura que incluya tecnologías integrables e implementables. El objetivo es sugerir un diseño factible que, posteriormente, se desarrolle para ser una arquitectura de ayuda destinada a personas con discapacidad visual.

### METODOLOGÍA

1. Análisis de requisitos.
2. Investigación y estado del arte.
3. Diseño conceptual.
4. Especificación del modelo de reconocimiento de imágenes.
5. Selección de protocolos y estándares de comunicación

### FASES DEL DESARROLLO

Como primera etapa para establecer el diseño de la arquitectura propuesta, procedimos a conceptualizar los requisitos esenciales que serían necesarios para la consolidación del proyecto. Durante este proceso, identificamos lo siguiente:

#### Requerimientos funcionales:

1. Reconocimiento de objetos.
2. Comunicación estable entre las partes de la arquitectura.
3. Retroalimentación auditiva.

#### Requerimientos no funcionales:

4. Accesibilidad.
5. Tiempo de respuesta.
6. Adaptabilidad ambiental.

#### Investigación y estado del arte

En proyectos previos basados en el Internet de las Cosas (IoT), específicamente los que implican la captura y procesamiento de imágenes, ha sido frecuente la utilización del microcontrolador ESP32-CAM. Esta preferencia se puede evidenciar en los trabajos (Wicaksono, 2020), (Salikhov, 2021) y (Rusimanto, 2021), en los que se demuestra que se ha empleado tanto para domótica como para monitoreo variables del entorno donde se encuentre el microcontrolador.

Asimismo, al explorar opciones para encontrar un dispositivo capaz de implementar un modelo de aprendizaje automático y que al mismo tiempo sea compacto, se identificó que la Raspberry Pi satisface estos requisitos, esta computadora de placa única igual a sido utilizada en proyectos que se buscaba emplear modelos de IA con un hardware portátil y factible como nos presentan (Rodríguez González, 2018), (Ospino Martínez, 2020) y en (Morelo Mejia, 2021).

Considerando distintos protocolos de comunicación se optó por elegir el protocolo de comunicación MQTT, el mismo se ha empleado en proyecto que involucra transferencia de imágenes a hacia diferentes arquitecturas una muestra de ellos se puede encontrar en los trabajos realizados por (González-Zapata, 2021) y (Nazir, 2019).

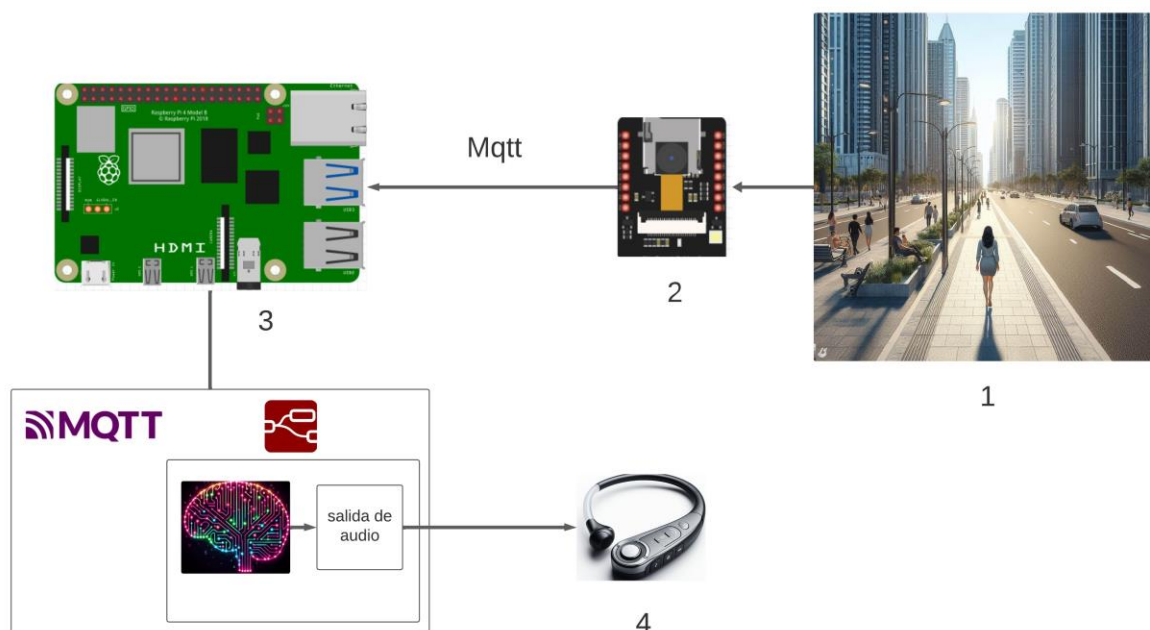
#### Diseño conceptual

Dado el estado del arte se tomara en cuenta una Raspberry Pi 5 ya que es hasta el momento la más actual que hay en el mercado, se configurar como bróker (intermediario) de MQTT para que se pueda establecer la comunicación entre la computadora de placa única (Raspberry Pi) y el microcontrolador ESP32-CAM, al mismo tipo gracias a los puertos y módulos de comunicación que tiene se podrá establecer una comunicación con un audiófono ya sea por medio de comunicación serial (cableada) o por bluetooth, para que así el usuario obtenga la información en tiempo real de su entorno por medio de mensajes de audio que se reproducirá en un audífono de los objetos que la arquitectura detecte, aunado a lo anterior se introducirá en la Raspberry Pi el modelo de reconocimiento de imágenes que va estar detectando los objetos en tiempo real.

La otra parte de la arquitectura es el microcontrolador ESP32-CAM, que se encargará de la captura de imágenes del entorno de usuario, esta se deberá configurar el protocolo MQTT y la red que se va a emplear, esta red puede ser una red de área local o una red que tenga acceso a internet.

Para la detección de los objetos se empleará la librería object-detection, que se ejecutará en node-red, que estará ejecutándose en la Raspberry Pi, esta librería cuenta con diferentes nodos que otorgara a la arquitectura propuesta diferentes particularidades estas funciones son las siguientes (nodered, s.f.):

1. Detección de Objetos: Un módulo que identifica diversos elementos, analiza las interacciones entre un usuario y los objetos, y realiza un registro detallado.
2. Objeto-Persona-Determinador: Un componente encargado de determinar cual de los objetos identificados interactúa de manera más significativa con el usuario.
3. Registro de Detección de Objetos: Este módulo documenta las posturas y movimientos de los objetos detectados, almacenando la información en un archivo. Dichos archivos se organizan y almacenan en la ubicación de almacenamiento, designada según la fecha bajo el nombre "log-año-mes-día".
4. Objeto-Detección-IoT: Un módulo especializado en la identificación de diversos objetos, el análisis de las interacciones entre un usuario y dichos objetos, y la generación de registros detallados.



**Ilustración 1 Diagrama de la arquitectura propuesta**

La imagen anterior muestra las partes que componen la arquitectura propuesta.



- La primera imagen, identificada con el número 1, sirve como referencia para la variable de entrada, representando los posibles objetos que podrían aparecer en el camino del usuario.
- La siguiente parte de la arquitectura, marcada como número 2, corresponde a la placa ESP32-CAM. Este nodo tiene la responsabilidad de capturar el entorno del usuario por medio de imágenes, para luego transmitir dichas imágenes a través del protocolo MQTT hacia las Raspberry Pi.
- La Raspberry Pi, designada con el número 3, ocupa una posición central en la arquitectura al actuar como intermediario entre el microcontrolador mediante el protocolo MQTT. Además, integra un modelo de inteligencia artificial capaz de reconocer los objetos en la imagen, generando posteriormente un archivo de audio que describe los elementos presentes.
- En la etapa final de la arquitectura, el audio generado, detallando los objetos identificados en la imagen, se transmite hacia un audífono 4, constituyendo la salida final de este sistema integral.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de este estudio, se creó un diseño para una arquitectura basada en Internet de las Cosas (IoT), que mezcla técnicas de inteligencia artificial como lo es el reconocimiento de objetos. En esta primera etapa del proyecto, se identificó lo necesario (hardware, software y protocolos de comunicación) para construir un prototipo que funcione. En la siguiente etapa, desarrollo del proyecto, abordaremos la creación real usando hardware, software y protocolos.

Como se mencionó anteriormente solo se contempló lo necesario, no se tomaron en cuenta protocolos de seguridad.

## CONCLUSIÓN

En resumen, el proyecto ha evolucionado desde la conceptualización hasta la creación de un diseño integral para una arquitectura basada en Internet de las Cosas (IoT), incorporando técnicas de inteligencia artificial, específicamente el reconocimiento de objetos. A lo largo de las distintas fases, se han definido los elementos clave del hardware, software y protocolos de comunicación, con el objetivo de construir un prototipo funcional.

En el próximo paso del proyecto, durante la fase de desarrollo, se abordará la implementación práctica, brindando la oportunidad de incorporar y mejorar los aspectos de oportunidad de mejorar la arquitectura.

## BIBLIOGRAFÍA

- DESPRADEL, S. (18 de 02 de 2019). fundacionfrancina.org. Obtenido de fundacionfrancina.org: <https://fundacionfrancina.org/herramientas-para-personas-con-discapacidad-visual/>
- González-Zapata, A. M.-C.-V.-S. (2021). Synchronization of chaotic artificial neurons and its application to secure image transmission under MQTT for IoT protocol. *Nonlinear Dynamics*, 104(4), 4581-4600.
- Morelo Mejia, I. &. (2021). Sistema offline de reconocimiento de comandos de voz para raspberry pi usando aprendizaje automático. repositorio un bosque.
- Nazir, S. &. (2019). Reliable image notifications for smart home security with MQTT. *International Conference on Information Science and Communication Technology (ICISCT)*, pp. 1-5.
- nodered. (s.f.). <https://flows.nodered.org/node/@d5mi/node-red-contrib-object-detection>. (nodered.org) Recuperado el 23 de 11 de 2023, de <https://flows.nodered.org/node/@d5mi/node-red-contrib-object-detection>
- Ospino Martínez, C. E. (2020). Desarrollo de un sistema básico de inferencia de inteligencia artificial a bajo costo utilizando una TPU Google Coral y una Raspberry PI. Repositorio unisnu cartagena.
- Rodríguez González, M. J. (2018). Raspberry pi como plataforma de algoritmos de Machine Learning: reconocimiento de imágenes y datos financieros en streaming. idUS .
- Rusimanto, P. W. (2021). Implementation of arduino pro mini and ESP32 cam for temperature monitoring on automatic thermogun IoT-based. *Indones. J. Electr. Eng. Comput.*, 23(3), 1366-1375.
- Salikhov, R. B. (2021). Internet of things (IoT) security alarms on ESP32-CAM. In *Journal of Physics: Conference Series*, (Vol. 2096(1).
- Wicaksono, M. F. (2020). Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 10(1), 40-51.

# Determinar la viabilidad financiera para otorgar créditos a microempresarios de Tabasco a través de la minería de datos

## Determine the financial viability to grant credits to microentrepreneurs in Tabasco through data mining

<sup>1</sup>SEDEC/Encarnación Ramos Félix, email: [ramos\\_rafe@hotmail.com](mailto:ramos_rafe@hotmail.com);

<sup>2</sup>SEDEC/ Christopher de Ángel Mendoza Cruz, email: [chranmc@gmail.com](mailto:chranmc@gmail.com);

<sup>3</sup>SEDEC/Bryan Alfonso Flores Salazar, email: [contactosalazarmx@gmail.com](mailto:contactosalazarmx@gmail.com);

<sup>4</sup> SEDEC/David Ernesto Domínguez Castro, email: [davide011596@gmail.com](mailto:davide011596@gmail.com) .

### Resumen

En Tabasco se ha iniciado un arduo trabajo para fomentar el crecimiento de las MIPYMES así como la creación de nuevas empresas a través del emprendimiento, para esto la Secretaría para el Desarrollo Económico del Estado en coordinación con otras Dependencias relacionadas al desarrollo económico han creado diferentes mecanismos que coadyuven con este propósito, por ejemplo, en 2021 derivado de un análisis socioeconómico que se llevó a cabo, se determinó que se requería darle mayor participación en temas empresariales a las mujeres, por lo que se tomó la decisión de crear un programa exclusivo que brinda la facilidad de obtener financiamiento para que las mujeres puedan iniciar o hacer crecer su negocio. Pero para poder tomar la decisión de quienes son las más adecuadas para obtener un crédito se debía hacer un análisis documental minucioso que conlleva mucho tiempo invertido, sin embargo, a través de minar sus datos, haciendo las consultas adecuadas, se puede tener dicho resultado rápidamente. Este es solo un ejemplo de cómo se ha implementado la minería de datos para determinar los posibles beneficiarios de un crédito o financiamiento.

El presente documento hablará sobre cómo se aplicó un software llamado RapidMiner para llevar a cabo la minería de datos de una base de datos que contiene información de 7,029 solicitantes de un programa que ofrece créditos a empresas tabasqueñas. A través de la minería aplicada y de la regla de asociación, se logró determinar cuántas solicitudes de las más de 7 mil presentadas son viables para obtener dicho crédito.

**Palabras clave.** Economía, Emprendimiento, Viabilidad financiera.

### Abstract.

In Tabasco, hard work has begun to promote the growth of MSMEs as well as the creation of new companies through entrepreneurship, for this the Secretary for the Economic Development of the State in coordination with other dependencies related to economic development have created different mechanisms that contribute to this purpose, for example, in 2021 derived from a socioeconomic analysis that was carried out, it was concluded that it was necessary to give women greater participation in business issues, for which the decision was made to create an exclusive program that provides the ease of obtaining financing for women to start or grow their business. But in order to make the decision of who is the most suitable to obtain a loan, a thorough documentary analysis must be carried out, which involves a lot of time invested, however, through mining their data, making the appropriate queries, this result can be obtained quickly. This is just one example of how data mining has been implemented to determine the possible beneficiaries of a loan or financing. This document will talk about how a software called RapidMiner was applied to carry out data mining of a database that contains information on 7,029 applicants for a program that offers loans to Tabasco companies. Through applied mining and the association rule, the applications of the more than 7 thousand submitted will be determined to be viable to obtain said credit.

**Keywords.** Economy, Entrepreneurship, Financial viability.

## INTRODUCCIÓN

La minería de datos es crucial en el siglo actual, extrayendo información vital de vastos conjuntos de datos. Este proceso, llamado "minar datos", desafía la forma tradicional de tomar decisiones debido a la inmensa cantidad de información en internet. Impacta en áreas empresariales y médicas, facilitando desde campañas segmentadas hasta diagnósticos precisos. En un caso práctico, se aplicó la minería de datos a 40,000 solicitantes de crédito usando RapidMiner, un software destacado en análisis de datos. Este enfoque permitió evaluar la confiabilidad para otorgar préstamos a empresas generadoras de empleo. La metodología implementada, incluyendo el algoritmo Apriori, facilita decisiones precisas basadas en datos relevantes y confiables.

## DESARROLLO

### 1. Qué es la minería de datos

Durante este nuevo siglo la minería de datos ha tomado mucha relevancia para poder tomar decisiones, la información que el Internet ayuda a generar es ilimitada por lo que hacer análisis de datos de forma manual o como antes se hacía es o resulta muy poco funcional. Por esta razón se generó una forma de obtener resultados de un cúmulo de datos, a esto se le llama minar datos, o de forma más conceptualizada sería todo el proceso de extracción de conocimiento a partir de una base de datos y marca un cambio de paradigma en el que lo importante es el conocimiento útil que seamos capaces de descubrir a partir de los datos.

### 2. Importancia de la minería de datos

La minería de datos es hoy en día uno de los grandes retos para los científicos de datos, ya que a través de esta actividad se pueden tomar decisiones que impactan directamente en la sociedad, pero también presenta un gran déficit de personas o profesionales que se dediquen a minar datos.

Esta actividad puede ser de mucha utilidad en el mundo empresarial, por ejemplo, analizando información para poder llevar a cabo una campaña segmentada para la venta de un bien o servicio, sin embargo no es la única área donde se puede aplicar, también en la medicina se puede aplicar para determinar el diagnóstico de enfermedades y la efectividad de los tratamientos.

Como se puede apreciar, la minería puede ser aplicada en alguna rama profesional o en otra totalmente diferente.

### 3. Caso práctico presentado (problemática)

Derivado a la experiencia con la que contamos los integrantes que elaboramos este documento, se tomó la decisión de aplicar la minería de datos a una base de datos que contiene datos de 40,000 personas que buscan conseguir un crédito para invertir en su negocio, de los cuales se tomó una muestra de 7,029 registros. A través de la minería de datos se busca poder determinar la confiabilidad para brindar un crédito a personas o empresas que generan empleos pero también, determinar que dichas personas sea cumplidoras al pagar el dinero otorgado, ya que de esta forma se puede beneficiar a más negocios o de lo contrario el dinero por ser limitado se acaba. La minería de datos se hizo a través de un programa RapidMiner.

### 4. RapidMiner

RapidMiner es un programa informático para el análisis y minería de datos. Permite el desarrollo de procesos de análisis de datos mediante el encadenamiento de operadores a través de un entorno gráfico. Se usa en investigación, educación, capacitación, creación rápida de prototipos y en aplicaciones empresariales. En una encuesta realizada por KDnuggets, un periódico de minería de datos, RapidMiner ocupó el segundo lugar en herramientas de analítica y de minería de datos utilizadas para proyectos reales en 2009<sup>1</sup> y fue el primero en 2010.<sup>2</sup>

## METODOLOGÍA IMPLEMENTADA

### Algoritmo Apriori

El proceso del algoritmo Apriori empieza con la obtención de los llamados conjuntos de ítems frecuentes, los cuales son aquellos conjuntos formados por los ítems cuyo soporte obtenido de la base de datos es superior al soporte mínimo solicitado por el usuario. Debido al amplio uso del algoritmo Apriori, desde que se formalizó la inducción de reglas de asociación, la obtención de los conjuntos de ítems frecuentes es una tarea común en dichos algoritmos. Agrawal 1994 en su algoritmo Apriori menciona que todo subconjunto de un conjunto de ítems frecuentes también será un conjunto de ítems frecuentes. Por lo tanto, el algoritmo Apriori obtiene en primer lugar los conjuntos de ítems frecuentes de tamaño 1 y, luego, los de tamaño 2 y así sucesivamente hasta que no se encuentren más conjuntos cuyos ítems no tengan el soporte mayor al soporte mínimo. Un ejemplo de cómo funciona el algoritmo Apriori es el siguiente, supongamos que tenemos una conjunto de transacciones en donde cada transacciones puede estar formada por uno o varios de los siguientes ítems; {a}, {b}, {c}, {d}, {e}. Los conjuntos de ítems que el algoritmo buscará se muestran en la figura 1; Los conjuntos de un solo ítem de la Figura son los obtenidos de una pasada en la base de datos y son los ítems cuyo soporte calculado en esa pasada es superior al soporte mínimo propuesto por el usuario.

**Figura 1**

Espacio de búsqueda del algoritmo A priori

Conjunto de ítems	Núm. De transacciones
Conjunto de un solo ítem	$\{a\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{e\}$
Conjuntos de dos ítems	$\{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, e\}$ $\{b, c\}, \{b, d\}, \{b, e\}$ $\{c, d\}, \{c, e\}$ $\{d, e\}$

Conjuntos de tres ítems	$\{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, b, e\}$ $\{a, c, d\}, \{a, c, e\}$ $\{a, d, e\}$ $\{b, c, d\}, \{b, c, e\}$ $\{b, d, e\}$ $\{c, d, e\}$
Conjuntos de cuatro ítems	$\{a, b, c, d\}, \{a, b, c, e\}$ $\{a, b, d, e\}$ $\{a, c, d, e\}$ $\{b, c, d, e\}$
Conjunto con 5 ítems	$\{a, b, c, d, e\}$

Con esos conjuntos de un solo ítem se generan los conjuntos de dos ítems, para esto se combina el ítem con el ítem para formar el conjunto de dos ítems, con este conjunto se calcula su soporte y si es mayor que el soporte mínimo antes definido, entonces este ítem de 2-ítem forma parte de los conjuntos de conjuntos de 2-ítem, ese proceso se realiza también para los ítem y , y así sucesivamente. Este proceso continúa ahora con los conjuntos de tres ítems que se obtienen combinando los conjuntos de 1 ítem con los conjuntos de 2 ítems, un ejemplo sería combina el ítem del conjunto de 1 ítem con un conjunto de 2 ítems, por ejemplo , para formar el conjunto , , este conjunto se buscado en la base de datos de transacciones, y si su soporte es mayor al soporte mínimo entonces forma parte del conjunto de tres ítems.

De acuerdo con Neves 2008, se recomienda que, como parámetros de entrada del algoritmo, se defina un valor bajo para el soporte y un valor elevado para la confianza. De esta forma, en primer lugar se genera una gran cantidad de reglas y, posteriormente, se verifica la cohesión de las mismas a través de la medida de confianza. Una regla de asociación con un valor de confianza bajo no expresa un patrón de comportamiento en los datos y, por otra parte, un valor de soporte muy elevado probablemente llevaría a la pérdida de patrones. A pesar de ser muy utilizado actualmente, la ejecución del algoritmo Apriori es muy costosa, pues como se pudo observar anteriormente, el algoritmo genera muchas combinaciones de conjuntos de ítems y realiza posteriormente repetidas búsquedas por conjuntos de ítems frecuentes.

El algoritmo aplicado a una base de datos que se enfoca a la economía y determinar el soporte para otorgar el crédito al microempresario y así mismo obtener el porcentaje de confianza para obtener las posibles combinaciones que suceda para que un microempresario pueda ser candidato a el crédito.

## 5. Aplicación de la minería

De acuerdo con la muestra realizada se determina las zonas con más necesidad y a su vez comprometidas para el impulso y desarrollo de la economía estatal, estas mismas se clasifican de la siguiente manera

Con la finalidad de obtener información que se pueda mostrar rápidamente y que ayude a tomar decisiones se seleccionaron las siguientes incógnitas que fueron respondidas a través de la misma minería. Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

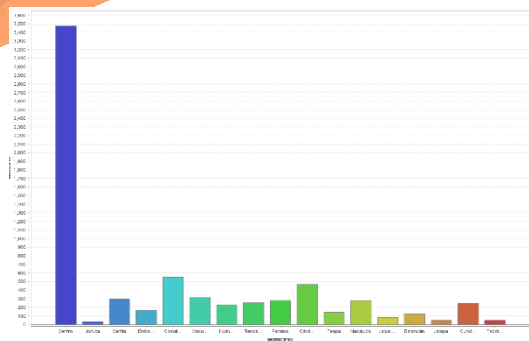
De las 7029 solicitudes en la primera etapa de un determinado programa

1. ¿Cuáles municipios son los que más solicitudes crearon?
2. ¿Quiénes son los que más solicitan, hombres o mujeres?
3. ¿Qué tipos de régimen fiscal son los más interesados en el programa?

Al ingresar los datos de los solicitantes se pudo obtener el resultado siguiente para la pregunta número uno:

### Figura 2

## Resumen de los usuarios solicitantes



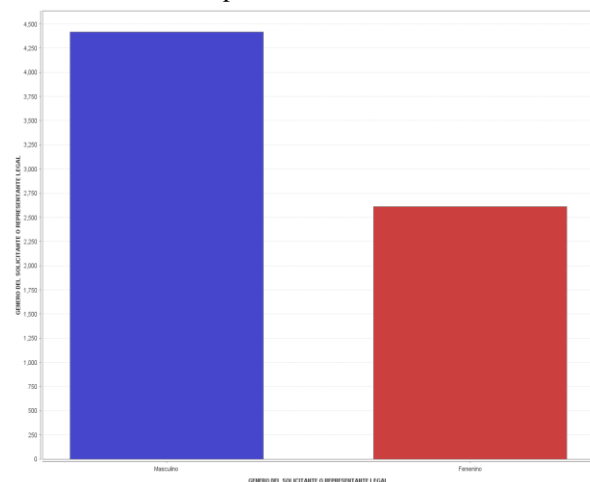
Nota. Filtro de usuarios por municipios

Con esta información se logró determinar en qué municipio se debía focalizar la difusión del programa de créditos, en este caso fue el municipio con menos solicitudes. También se puede observar que el municipio de Centro es el que representa mayor movimiento económico por lo que quizá se puedan desarrollar programas diferentes para dicha ciudad.

La pregunta número dos se planteó para conocer la cantidad de negocios o emprendedores que son hombres y mujeres, con la información resultante sirvió para justificar la creación del Banco para la Mujer, programa mencionado en la introducción. El resultado fue el siguiente:

### Figura 3

### Filtro de solicitante por sexo



Como se puede apreciar la cantidad de mujeres beneficiarias es de casi la mitad en comparación con los hombres, lo que refleja la necesidad de incentivar a las mujeres para que inicien sus propios negocios que además les brindará mayor seguridad y una menor dependencia.

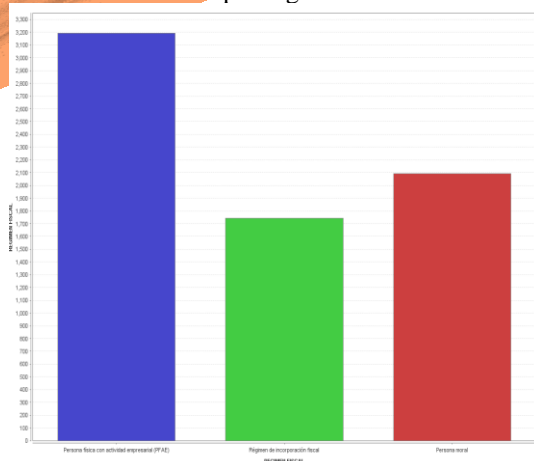
De igual forma se planteó la pregunta sobre qué regímenes son los más comunes por las empresas que solicitan un crédito para su negocio, dando como resultado lo siguiente:

La mayor cantidad de solicitudes son hechas por personas físicas con actividad empresarial, en segundo lugar el régimen de persona moral y aunque queda en tercer lugar, las personas con el régimen de incorporación fiscal representa un gran número aún.

Con esta información se logró tomar la decisión de poder invertir en un convenio con el Colegio de Notarios de Tabasco, así como con la Asociación de Contadores, esto con la finalidad de que las personas físicas con actividad empresarial y de incorporación fiscal logren convertirse en una persona moral, ya que así se brinda una mejor percepción empresarial consiguiendo más y mejores contratos.



**Figura 4**  
Filtro de solicitante por régimen fiscal



En la siguiente imagen se puede ver la ventana arrojada por RapidMiner con los resultados a las incógnitas presentadas:

**Figura 5**  
Resultados de RapidMiner

Size	Support	Item 1
1	0.434	MUNICIPIO = Centro
1	0.434	RÉGIMEN FISCAL = Persona física con actividad empresarial (PFAE)
1	0.434	SECTOR = COMERCIO
1	0.433	SECTOR = SERVICIOS

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo General:

- Aplicar la minería de datos para evaluar la viabilidad crediticia y optimizar la asignación de créditos empresariales.

Objetivos Específicos:

- Definir los principios clave de la minería de datos y su aplicación en evaluación crediticia.
- Analizar y evaluar datos empresariales mediante RapidMiner para determinar la confiabilidad crediticia.
- Sintetizar estrategias basadas en el algoritmo Apriori para mejorar la asignación de créditos y fomentar el crecimiento empresarial.

## OBJETO DE ESTUDIO

La aplicación de la minería de datos en la evaluación de la viabilidad crediticia para la asignación de créditos a personas o empresas que buscan invertir en sus negocios. La investigación se centra en el análisis de datos de una muestra específica de solicitantes de crédito, utilizando herramientas como RapidMiner y el algoritmo Apriori para determinar la confiabilidad de los solicitantes y mejorar la eficiencia en la asignación de recursos financieros.

## CONCLUSIONES

Así como en otras áreas ya comentadas, en cuanto al desarrollo económico la minería de datos se ha convertido en una necesidad para poder determinar qué sectores presentan mayor necesidad de apoyo, aunque aún se necesita usar mucho más esta herramienta ya hay las bases para seguir estudiando diferentes casos.

Con el uso de la herramienta RapidMiner se puede hacer una minería en menor tiempo y de una forma más fácil y aplicar los diferentes tipos de algoritmos que se necesiten con base a las decisiones que se desea tomar.

## BIBLIOGRAFÍA

De Cámara, E. Y. M. A. O. (2019, 4 diciembre). RapidMiner: ejemplo de aplicación. Recuperado de

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7147?locale=es>

López, A. S. (2017). Reglas de asociación en una base de datos del área médica. Recuperado de

<https://www.redalyc.org/journal/1939/193954081005/html/>

SAP Insights. (s. f.). SAP. ¿Qué es la minería de datos?. Definición, importancia y tipos. Recuperado de

<https://www.sap.com/latinamerica/products/technology-platform/hana/what-is-data-mining.html>

**Línea de investigación:** Innovación

**Resumen**

Las TIC para el aprendizaje de los estudiantes no siempre parece ser la mejor para muchos quienes aprenden. El objetivo de este trabajo es ofrecer metodologías y habilidades para los profesores y puedan llegar a ser creadores de contenido innovador mediado por la TIC. Existe una cruenta discusión, casi siempre somera que por lo general no se aplica en las aulas. El discurso lo califican vacío, irrelevante y algunos otros calificativos disruptivos. Esta investigación no pretende encontrar a quienes tienen la razón ni muchos denostar el trabajo docente universitario. La intención es converger y sumar habilidades y destrezas que amalgamen las TIC con estrategias metodológicas del binomio aprendizaje-enseñanza.

La investigación se centra en desarrollar contenidos, más que el consumo de éstos. Lo medular de esta investigación para llegar a la apropiación de acuerdo con la Real Academia Española en Psicología es la captación y aceptación subjetiva de un contenido de consciencia, es estricto apego con las TIC se debe innovar con base reales en las necesidades de quienes aprenden para llegar a ser desarrolladores de contenido educativo para la educación superior.

*Palabras claves:* Aprehensión, aprendizaje, estrategias, innovación, TIC.

**Abstract**

The ICT for student learning does not always seem to be the best for many learners. The objective of this work is to offer methodologies and skills for teachers so they can become creators of innovative content mediated by ICT. There is a bloody discussion, almost always superficial, that generally does not apply in classrooms. The speech is described as empty, irrelevant and some other disruptive qualifiers. This research does not intend to find those who are right nor many who denigrate university teaching work. The intention is to converge and add skills and abilities that amalgamate ICT with methodological strategies of the learning-teaching binomial.

The research focuses on developing content, rather than its consumption. The core of this research to reach appropriation according to the Royal Spanish Academy in Psychology, appropriation is the subjective capture and acceptance of a content of consciousness, it is strict adherence to ICT, innovation must be based on real needs of those who learn. to become developers of educational content for higher education. ICT with innovations to become developers of educational content for higher education.

*Keywords:* Apprehension, innovation, learning, strategies, ICT.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad es complicado para el profesorado vivir sin las TIC y la pedagogía, éstas ocupan un lugar trascendental en las transformaciones de la sociedad en todos los escenarios desde lo personal, lo profesional, desde luego en la educación. Es casi imposible ignorar los avances vertiginosos en tecnologías, en este sentido, la apropiación de las tecnologías por parte de los docentes universitarios, es una preocupación social y de política educativa que hace mella en el aprendizaje en el nivel superior. Sin embargo, la aprehensión de las TIC tiene más sentido e importancia en el ámbito educativo a partir de la pandemia pasada COVID-19.

Crear contenidos educativos digitales por medio de las TIC para el nivel superior mediados por mejores prácticas pedagógicas que permiten mejorar los procesos de aprehensión docente-estudiante, permitirá sus usos diversificados acorde a las contenidos, necesidades y estilos de aprendizajes que aseguren la calidad del aprendizaje individual y colectivo, que disminuya las rutinas repetitivas y casi siempre del mismo modo, que solamente generan desinterés de los estudiantes universitarios.

La tendencia docente suele ser la misma, las típicas clases o sesiones, en donde prevalece, el uso de videos proyectores, pantallas o televisor, exposiciones, tareas, investigaciones. Para Cabello y López (2017), todo proceso debe ser comprendido para ser aprehendido, cuando sucede así, es factible permite entender como debe ser el proceso del aprendizaje para que llegue a ser una real enseñanza acorde nuevas tendencias tecnológicas educativas.

## DESARROLLO

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones conocidas por sus siglas “TIC”, son un conjunto de recursos (didáctico y material) herramientas, computadoras, dispositivos móviles, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios que permite la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información: voz, datos, texto, video e imágenes o gráficos (Art 6 Ley 1341 de 2009). Parafraseando la definición de TIC, es un conjunto de varios saberes, conocimientos, habilidades y destrezas que un docente universitario debe aprehender para que pueda desarrollar o crear materiales innovadores educativos acorde a las necesidades de quienes están aprendiendo. No hay metodologías buenas o malas, sin embargo, se deben crear de manera consciente y reflexiva acorde a las necesidades de los estudiantes y no a la inversa.

El objetivo general desarrollar contenidos educativos, mediado por la TIC, para estudiantes universitarios de posgrado. Las metodologías a emplear entre ellas la tradicional, tutoría y apoyo técnico, aula invertida y gamificación; entre algunas plataformas se enlistan las siguientes, blackboard, para video conferencias, Aurasma o Augmented para realidad aumentada, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1 Las TIC en el aula



Esta imagen muestra metodologías alternativas para mejorar el aprendizaje y la enseñanza. Imagen tomada de <https://apca.esan.edu.pe/recursos/innovacion-pedagogica/232-las-tic-en-el-aula>.

## OBJETIVO GENERAL

Construir contenidos educativos innovadores mediados por la TIC, para lograr que la calidad de la enseñanza mejore para que la calidad del aprendizaje aumente a través de la gamificación y diversificación de técnicas y estrategias basadas en sus experiencias previas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Revisar para su comprensión las metodologías educativas acordes a las necesidades de los estudiantes y nivel de conocimiento.

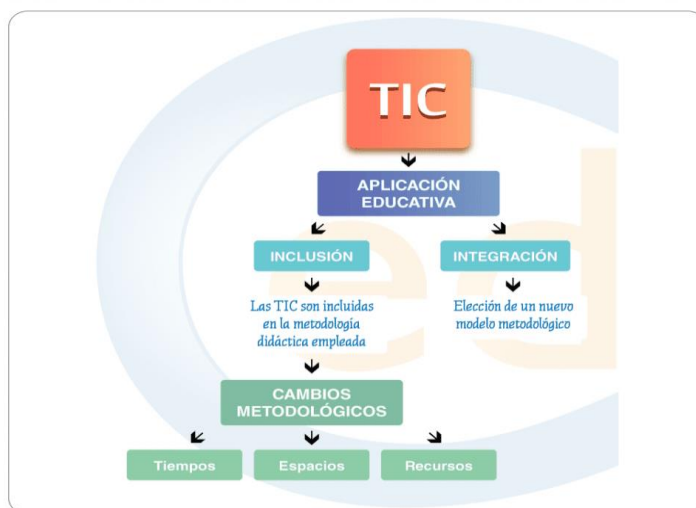
Aplicar tres estrategias de aprendizaje diferentes para saber si se capta y se entiende y si se útil la aplicación.

Analizar la información proporcionada para saber si fue posible la abstracción del conocimiento con los conocimientos previos.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio son los estudiantes de la Maestría en Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento quienes necesitan mejorar la didáctica y pedagogía para mediar a través de las TIC y construir contenidos educativos para el aprendizaje. Los maestrantes deben tener una formación sólida en formar recursos humanos de alto nivel académico y desarrollar soluciones innovadoras usando tecnología para el aprendizaje y el conocimiento. La necesidad que concientizara los maestrantes obedece a que la mayoría de los profesores no tienen formación docente, por lo que hay que encontrar un equilibrio entre la docencia y la tecnología, como se observa en la figura 1.

Figura 2 TIC Aplicación educativa



Esta imagen muestra una metodología que puede ser utilizada para crear contenido educativo.

Imagen tomada de <https://www.campuseducacion.com/blog/recursos/articulos-campuseducacion/metodologias-activas-por-medio-de-las-tic/>.

Para Yadira Valle, todo profesor universitario necesita saberes en tecnologías de la información y la comunicación en su proceso de formación, “sin las TIC, la educación superior y de posgrado no está completa”, (2018).

## METODOLOGÍA

La metodología empleada se basa en la investigación de desarrollo de contenidos educativos innovadores utilizando Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento. Como toda metodología sigue los siguientes pasos:

Encontrar la necesidad de quienes aprenden para ofrecer una posible solución perfectible.

Diseñar las etapas innovadoras acorde a las necesidades y recursos didácticos y materiales de quienes aprenden.

Planificar y gestión para su desarrollo.

Ejecutar, probar.

Evaluar para una mejora continua.

En el presente estudio se pretende iniciar con las definiciones de los conceptos o palabras claves para esclarecer cada una de ellas, con la firme intención de llegar a comprenderlos.

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones conocidas por sus siglas “TIC”, son un conjunto de recursos (didáctico y material) herramientas, computadoras, dispositivos móviles, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios que permite la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información: voz, datos, texto, video e imágenes o gráficos (Art 6

Ley 1341 de 2009). Parafraseando, las TIC, es un conjunto de varios saberes, conocimientos, habilidades y destrezas que un docente universitario debe aprehender para que pueda desarrollar o crear materiales innovadores educativos acorde a las necesidades de quienes están aprendiendo.

Según la RAE, la palabra aprehensión desde el punto de vista Psicológico, es captación y aceptación subjetiva de un contenido de consciencia, el cual debe ser comprendido para su apropiación bidireccional, en otras palabras, para quien enseña y para quien aprende: relación docente-estudiante, centrado en el último. Aprehender implica utilizar el intelecto y los sentidos, por añadidura se debe considerar los estilos de aprendizajes desde la planeación misma.

El aprendizaje, debe entenderse con exclusividad para los estudiantes, entonces el docente tiene que pensar, crear innovar para quienes aprenden y como aprenden, esto implica tener un amplio sentido de compromiso y formación docente, no ser formado en educación o ciencias de la educación no implica que un docente universitario no pueda reaprender para entender los procesos de aprendizaje-enseñanza; binomio invertido, porque el centro tiene que ser el estudiante. Aprender, significa atrapar, cautivar, darle sentido a lo que se enseña para que se aprenda.

En ocasiones se cree que los estudiantes tienen que aprender como el docente aprendió, quien crea que esa es la forma o manera, sin duda, tiene que repensar en donde está y hacia donde quiere llegar. Todos los seres humanos aprenden diferentes formas, que suelen ser atípicas o desconocidas para quien enseña a aprender.

La innovación, significa crear algo nuevo de lo ya existente, no pretende descubrir el hilo negro, que para muchos ya está descolorido de tanto que lo han buscado. Es tener la habilidad de crear algo diferente de lo que ya existe. Todos pueden innovar, crear de lo que ya está. ¿A caso hay algo realmente nuevo o inédito? Quizá, pero no es la intención. Con tan solo diversificar, desarrollar, crear algo diferente basta. No se necesita ser mago o genio, solo creatividad, y deseos de marcarla diferencia.

Estrategia se remonta a la historia de las guerras entre naciones, pueblos, y otros; quienes buscaban derrotar a sus enemigos. En la actualidad, en estricto apego educativo tiene una connotación distinta, es ayudar, concientizar a quienes necesitan ayuda. Además, es ayudar, dirigir, guiar a los estudiantes para que aprendan a ser autodidactas, darle luz a quien no tiene o no la encuentran por sí solo.

En relación a metodologías, se puede tipiar mucho, pero no se pretende profundizar en ella. La metodología no es más que enseñar el camino más adecuado para aprender, llegar al final, lograr el objetivo llegar al primer fin, la culminación satisfactoria de su carrera. Para finalizar esta sección, se cita la expresión española “todos los caminos llegan a Roma” es decir, para cumplir un fin, no solamente hay un camino, existen muchas formas de llegar a él. Sin embargo, el docente, debe guiar de varias maneras siempre priorizando a quien aprende.

Los objetivos de la presente investigación, construir contenidos educativos innovadores mediados por la TIC.

Revisar para su comprensión las metodologías educativas acordes a las necesidades de los estudiantes y nivel de conocimiento.

El autor ha encontrado que la necesidad emergente de adecuar e innovar las acciones educativas mediadas por la TIC, acorde a las necesidades de quienes aprende. La diversificación de estrategias seguramente disminuirá las sesiones tradicionales, en otras palabras, aplicar diversas prácticas que aumenten los conocimientos previos para convertirlos significativos.

El interés del autor se centra en invertir la diada enseñanza-aprendizaje en aprendizaje-enseñanza. El aprendizaje se centra en quienes aprenden, por lo tanto, se debe pensar en ellos y encontrar las mejores prácticas educativas mediadas por la TIC.

## **FASES DEL DESARROLLO**

La primera fase la cual se considera la piedra angular será la habilitación o formación de los profesores en habilidades docentes, lo cual permitirá identificar el vínculo entre los materiales educativos, planes de estudios y los programas sintéticos y analíticos, con la intención de reconocer su función y características para explorar sus usos. *No se considera evidencias fotográficas, porque no fue sujeto a considerar.*

Desarrollar e identificar las necesidades de los estudiantes, así como, la importancia del uso y el aprovechamiento de los materiales educativos en la práctica docente, a partir de su vínculo con las necesidades individual y colectiva, que favorezca aprendizajes de excelencia, inclusivo, pluricultural, colaborativo en el conocimiento, durante la práctica diaria se debe tener una visión más amplia trabajando cada metodología, aprendizaje por proyectos, STEM, realizando actividades donde se propicie mejoras en el aprendizaje, asegurar una práctica interactiva, teniendo adecuación de conocimientos, ajustes, tiempo, estrategias didácticas, dentro de las modificaciones se debe considerar la flexibilidad, actividades retadoras que garanticen conocimientos más allá del aula, de manera real con miras a un futuro cercano con base a las necesidades cambiantes de la sociedad.

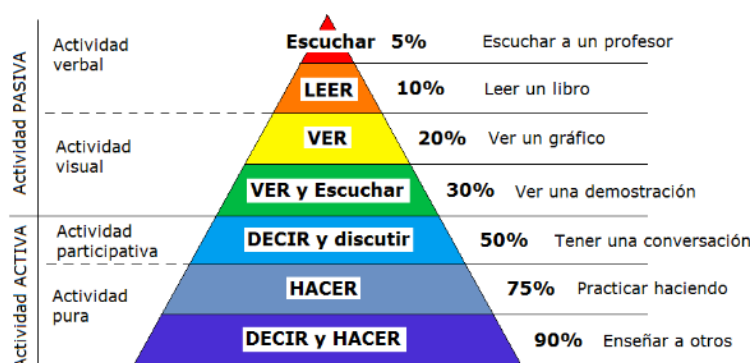
El diseño de las estrategias siempre debe ser unidireccional, ya que cada estudiante posee habilidades distintas, gustos y preferencias de aprendizaje y socialización. Es aquí, donde empieza el reto más importante para el profesor, debido a que el diseño de las estrategias es el parte aguas de asegurar la calidad del aprendizaje la cual debe ser mediada por la enseñanza y las buenas prácticas. Los ejes articuladores son puntos de encuentro entre la didáctica del profesor con el saber de la vida cotidiana de los estudiantes, lo que requiere que se ponga en juego diferentes situaciones de enseñanza que relacionen sus intereses con el contenido-eje articulador para que pueda otorgarle un significado personal, verdaderamente significativo.

El diseño de estrategias es la piedra angular que favorece el aprendizaje, permite personalizar, sobre todo información actual y de vanguardia, sin un plan de acción la calidad de la educación puede verse mermada y con sesgos. La educación 3.0, ofrece grandes posibilidades tanto de recursos didácticos como materiales, sin la comprensión de éstos, la enseñanza se puede convertir ambigua. El



diñeso implica considerar, infografías, pictogramas, videos, imágenes, cuestionarios interactivos, libros electrónicos, postcads, aprovechar los dispositivos o tecnologías vestibles que la mayoría de profesores y estudiantes poseen, lo cual facilita realizar tareas o actividades adicional al tiempo o la necesidad que requiera el estudiante.

Figura 3 Cono de Edgar Dale



Esta imagen muestra una metodología que puede ser utilizada para involucrar a los estudiantes y pasar de meros receptores a protagonistas de su propio aprendizaje.

Imagen tomada de [Piramide De Edgar Dale - Búsqueda Imágenes \(bing.com\)](#)

El desarrollo de estrategias consiste en tener las habilidades pedagógicas que integren e involucren a los estudiantes, las sesiones de clases deben estar organizadas para los estudiantes que prevalezca la interacción comunicativa social entre los profesores en general, directivos y estudiantes. Sin la participación activa de los interesados difícilmente se obtengan los resultados plasmados en la secuencia didáctica o planificación.

La ejecución de cada actividad planeada conscientemente con base a las necesidades de los estudiantes, puede ser puesta en práctica o ejecutada, para probar si en realidad está funcionando, para evaluar si en realidad se están alcanzando los objetivos planeados mediados por la TIC. Sin embargo, si los resultados no son los esperados, no significa que sean malos, sino que es indicio de que se tiene que cambiar lo que no está funcionando. Esto significa, que si el profesor está consciente de que no es lo que esperaba, sin duda, ya es un gran logro, porque se está transformando la mentalidad y la actitud del profesor. Todo cambio positivo apuntará a una mejora continua en beneficio siempre de una sociedad mejor preparada, consciente de que los cambios son buenos, que no se puede estar inerte, porque cada uno es un agente transformador de nuestro entorno.

#### APREHENSIÓN DE LAS TIC

Las TIC, son vital para el aprendizaje en las universidades, no basta ser docente formado, ni tener conocimientos didácticos-pedagógicos, es necesario un cúmulo de docencia y tecnologías. Como dijo la madre Teresa de Calcuta, “una gota de agua no es mucho, sin duda, sin esa gota de agua el mar sería menos”. En todas las universidades necesitan una multidisciplinariedad de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes. Si bien es cierto, todo docente debe tener esos conocimientos, pero también tecnológicos y otros más.

Las tecnologías nos rebasan y no se puede evitar. Es un fenómeno el cual solo se puede controlar. Se sabe la brecha que existe, la enseñanza lleva la delantera y el aprendizaje en segundo lugar. Si bien es cierto que causa confusión entre una y la otra, se intenta distinguir entre ellas. La enseñanza corresponde al docente y el aprendizaje también. ¿Entonces dónde queda el estudiante? El estudiante es quien debe recibir el aprendizaje, cómo se le debe enseñar a aprender, cual metodología, cual material, cual forma; son interrogantes que cada docente tiene que cuestionarse y resolver.

El enfoque pedagógico, depende del docente. Las formas de medir el aprendizaje también de él, son esenciales para marcar el ritmo, las pautas, las formas, las estrategias y las tecnologías a emplear. Para Levin se tiene que enseñar con tecnología al alcance de la mayoría, se debe adaptar a las necesidades cambiantes progresivas. Las tecnologías deben utilizarse de acuerdo al nivel cognitivo, sin afectar la integración grupal. El docente, como los estudiantes deben aprehender las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Se tiene que encontrar el punto de convergencia mutuo.

#### RESULTADOS

Resultado general y tendencias comunes que se han observado en la investigación sobre el papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación superior en esta investigación. Promover la formación en habilidades y conocimientos en acceso y uso de las TIC mejorará el desempeño de los profesores.

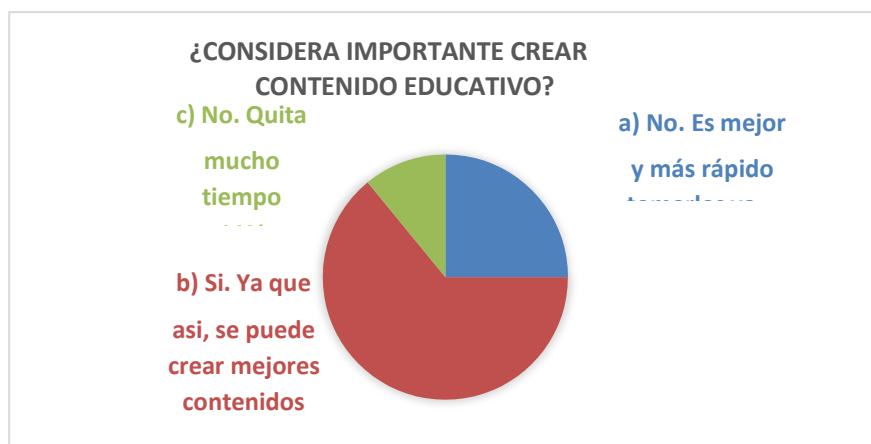
Figura 4



Esta figura muestra la respuesta de profesores con relación a la importancia de estar formado o habilitado en habilidades docentes. Elaboración propia.

En opinión de estudiantes y profesores permitió la autoreflexión en el rol cambiante: Las Tic facilitaron cambio de rol de los estudiantes a más participativos, involucrados, creadores de contenido y propositivos. En los profesores hubo una mejoría sustantiva de consumidores a productores de sus propios contenidos educativos con base a las necesidades de los estudiantes, en lo sensorial, estilos de aprendizaje y adaptarse a las tecnologías que poseen. Las plataformas y herramientas gratuitas como Wix, Giphy, Canva, Befunky, Biteable y Pexels, Lumen5, Flipagram, permitieron crear contenidos gráficos tales como diseño de contenido llamativo, páginas web, creación de Gifs, embellecer publicaciones, mejorar imágenes. Crear infografías, crear imágenes y videos.

Figura 5



Esta figura muestra la respuesta de profesores con relación a la importancia de ser creadores de contenido educativo en vez de ser consumidores. Elaboración propia.

La colaboración y construcción colectiva mediado por las TIC favoreció entornos de aprendizajes colectivos, lo cual permitió crear recursos educativos, propiciando converger en conocimientos que contribuyeron experiencias únicas, dejando a un lado las prácticas individualizadas. También, permeó del conocimiento aislado y tradicional sobre todo despertó el interés de crear en vez de consumir lo ya elaborado. La transición de pasar de un cambio de actitud y aptitud, cambió la mentalidad hacia transitar al desarrollo de contenidos educativos con el fin despertar sus propias habilidades de crear para fomentar la expresión creativa y mejorar las. Buenas prácticas de la educación superior.

Figura 6



Esta figura muestra la respuesta de estudiantes con relación a la importancia de trabajar de manera colaborativa, así como, la satisfacción de mejorar su aprendizaje. Elaboración propia.

Los profesores empoderaron a los estudiantes, despertaron su capacidad creadora, lo que permitió aumentar su motivación y compromiso como estudiantes universitarios para retransformar la vieja escuela. Los cambios vertiginosos educativos que se viven en la educación superior no debe permanecer inerte, se debe suimepre en cmbio constante, transformarse, reinvertarse en bien de la sociedad del conocimiento actual y futuro, sin pasar por alto el uso responsable dela tecnología.

Figura 7



Esta figura muestra la respuesta de estudiantes con relación a su motivación y la forma de como los involucra el profesor en su aprendizaje. Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Ser profesor universitario siempre ha exigido estar en los niveles más altos de competitividad, no basta poseer posgrados, diplomados que no coadyuven a la formación docente. En la actualidad se necesitan de saberes pedagógicos, didácticos, filosóficos, bases gramaticales fuertes de la lengua materna y el inglés, entre otras tantas habilidades y destrezas más. Entornos educativos requieren de saberes multidisciplinarios, colaborativos, presenciales y virtuales, para poder entenderla complejidad de ser profesor universitario. Nadie nace sabiendo, nadie es tan experto ni perfecto, pero podemos garantizar y asegurar una educación superior mejor de lo que se está haciendo.

Retomar esta problemática no es nada nueva, sin embargo, pretendió auto analizar el trabajo que se viene desempeñando y sobre todo como se ha estado haciendo, como se ha impactado en el aprendizaje de los estudiantes. Aprender a aprender es una actividad casi con exclusividad del profesor, es aquí donde, dependerá de la preparación consciente de quienes se dedican a enseñar. Hay tantos modelos de formación docente basados en mejoras, innovación, etc. Hay que formarse también para la acción, desde el ámbito político-institucional de igual forma.

No se trata solo de desarrollar saberes de simples a complejos, también se debe basar en los pilares fundamentales de la educación, saber hacer, saber ser, saber convivir. La educación debe transformar mentes, actitudes, transformar la sociedad, es un proceso profundo y lento, es cambiar un paradigma por uno acorde a las necesidades de los interesados y del contexto que rodea sin descontextualizar otros contextos.

Ser creador de contenido educativo tiene beneficios, además de otras aristas las cuales ofrecen la posibilidad de despertar interés de quien aún no transita por la creación de contenidos. Algunas de las ventajas que ofrece crear contenidos educativos es la profundización de los conocimientos, lo cual asegura el conocimiento del creador, aumenta la creatividad, fomenta el pensamiento creativo, la habilidad de abstraer el pensamiento abstracto a lo concreto, materializar lo más profundo del pensamiento para compartirlo con los estudiantes y otros profesores, presentar de una manera innovadora, atractiva y fácil de digerir, además, mejora la habilidad comunicativa, se expresan conceptos más claros, efectivos pensados en quienes aprenden, y no a quien enseña, otro aspecto positivo, permite el trabajo colaborativo, ya que la educación es una construcción social, por lo tanto colectiva, es la suma de varios y diversos conocimientos en favor de ayudar a otros para tener una educación mejor. Todo ser humano debe aprender a adaptarse a cada situación de aprendizaje y de contextos, el uso de la tecnología cada día es más importante en la vida de todos, no se puede estar aislado de la era digital, se debe estar preparado para el mundo laboral para reflejar la capacidad de trabajar con tecnología de manera colaborativa. La apropiación de las TIC, es necesaria para enseñar a aprender de formas distintas a las que normalmente se hace. No es viable erradicar la enseñanza tradicional, solo hay que añadirle el uso de las TIC desde el desarrollo propio docente, más que el consumismo repetitivo de actividades en función de la improvisación.

Promover el aprendizaje colaborativo mediado por las TIC con niveles de apropiación acorde a sus experiencias, conocimientos que favorezcan su aprendizaje progresivo.

El diseño instruccional es preponderante en las TIC, con ella, se logra desarrollar recursos didácticos y materiales basados en la experiencia educativa a través de las TIC, el cual debe ser sistemático y progresivo para crear experiencias positivas de aprendizaje readaptadas a las necesidades del estudiante.

El inicio de toda enseñanza basada en el aprendizaje comienza en el diseño instruccional, las necesidades cambiantes del mercado laboral y vertiginosas y las de los estudiantes.

Ofrecer recursos materiales y didácticos para un mejor aprendizaje, además, personalizado.

Desarrollar contenidos individualizados, previamente seleccionados a las experiencias de los estudiantes para satisfacer sus necesidades y atender lo que es necesario.

## BIBLIOGRAFÍA

- Recuperados en [https://www.bing.com/ck/a?!&&p=d77241d416d8fd1fJmltdHM9MTY5NTk0NTYwMCZpZ3VpZD0wNDkxYzRjMi1mOGEzLTZhNTEtM2UyZC1kNzVIZjIjMDZiMmEmaW5zaWQ9NTE5MQ&ptn=3&hsh=3&fclid=04\\_91c4c2-f8a3-6a51-3e2dd75ef9c06b2a&psq=Art+6+Ley+1341+de+2009\)&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZnVuY2lvdnB1YmxpY2EuZU292LmNvL2V2YS9nZXN0b3Jub3JtYXRpd8vbm9ybWEucGhwP2k9MzY5MTM&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=d77241d416d8fd1fJmltdHM9MTY5NTk0NTYwMCZpZ3VpZD0wNDkxYzRjMi1mOGEzLTZhNTEtM2UyZC1kNzVIZjIjMDZiMmEmaW5zaWQ9NTE5MQ&ptn=3&hsh=3&fclid=04_91c4c2-f8a3-6a51-3e2dd75ef9c06b2a&psq=Art+6+Ley+1341+de+2009)&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZnVuY2lvdnB1YmxpY2EuZU292LmNvL2V2YS9nZXN0b3Jub3JtYXRpd8vbm9ybWEucGhwP2k9MzY5MTM&ntb=1).
- <https://www.recuperado en RAE-ASALE>.
- [https://www.recuperado etimologiii de aprendizaje - Búsqueda \(bing.com\)](https://www.recuperado etimologiii de aprendizaje - Búsqueda (bing.com))
- <https://www.learntechlib.org/primary/p/22950/>
- Levin, T. y Wadmany, R. (2008). Teachers' views on factors affecting effective integration of information technology in the classroom: Developmental scenery. *Journal of Technology and Teacher Education*, 16(2), 233-263.
- <https://www.bing.com/sea>.
- <https://www.learntechlib.org/primary/p/22950/>.
- <https://www.Global Mobile Market ReportTechnology>.
- Recuperado en: <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>. Taxonomía de Bloom

- <https://www.campuseduacion.com/blog/recursos/articulos-campuseduacion/metodologias-activas-por-medio-de-las-tic/>.
- <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/sin-las-tic-la-educacion-superior-y-de-posgrado-no-esta-completa>.
- <https://apca.esan.edu.pe/recursos/innovacion-pedagogica/232-las-tic-en-el-aula>

#### REFERENCIAS

- Elichiry, Nora Emilce. (2009). Escuela y aprendizaje. Trabajos de psicología educacional. Editorial, manantial. Fernández Lomelín, Ana Graciela. (2012). Recursos didácticos. Elementos indispensables para facilitar el aprendizaje. Editorial, Limusa
- Fieldman, Daniel. (2010). Enseñanza y Escuela. Editorial, Paidós.
- Ganen, Patricia. (2013). Piaget y Vygotsky en el aula. El constructivismo como alternativa de trabajo docente. Editorial, Limusa.
- Recuperado en <https://gaceta.cch.unam.mx/es/analizan-alcances-de-la-filosofia-en-el-modelo-educativo>. Recuperado de <https://www.ujat.mx/mtac>.
- Apellido, A. A. (Año, día de mes). Artículo Titulo. Subtitulo p. xx-xx. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>



# Aplicación de minería de datos para apoyo a paramédicos en emergencias: caso Villahermosa Tabasco.

Rafael Ramírez Ocaña<sup>1</sup>, Gilberto García Damián<sup>2</sup>, Rigoberto Beltrán de la Cruz<sup>3</sup>, Ricardo Gregorio Rodríguez Ceballos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco /Personal, e-mail: [yphar89@gmail.com](mailto:yphar89@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco /Personal, e-mail: [autor-secundario/gil1108.garcia@gmail.com](mailto:autor-secundario/gil1108.garcia@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco /Personal, e-mail: [autor-secundario/sinetgias@gmail.com](mailto:autor-secundario/sinetgias@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco /Personal, e-mail: [autor-secundario/rgrc861@hotmail.com](mailto:autor-secundario/rgrc861@hotmail.com)

## Línea de investigación: Minería de datos

### Resumen

Este artículo presenta un análisis sobre la aplicación de técnicas de minería de datos en una base de datos de registros de atención prehospitatoria en el municipio de Centro, Tabasco. Se implementó el software RapidMiner para la minería de datos y KDD para analizar las incidencias y accidentes que se atendieron en el año 2021 en un período de tres meses. La base de datos utilizada fue recolectada por los autores.

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de técnicas de minería de datos puede ser útil para mejorar la atención prehospitatoria en situaciones de emergencia. Se espera que esta aplicación de minería de datos beneficie a los paramédicos en la prevención de riesgos y en una pronta respuesta de la atención prehospitatoria, con el fin de abatir los índices de morbilidad y mortalidad en aquellas personas lesionadas o enfermas.

*Palabras clave:* Algoritmos de minería, Atención prehospitatoria, dataset, KDD, Minería de datos, RapidMiner.

### Abstract

This article presents an analysis of the application of data mining techniques in a collected database of Pre-Hospital Care in the municipality of Centro, Tabasco. Data mining techniques such as RapidMiner and KDD were used to analyze the incidents and accidents attended in the year 2021 in a period of three months. The database used was collected by the authors.

The results obtained show that the application of data mining techniques can be useful to improve pre-hospital care in emergency situations. It is expected that this data mining application will benefit paramedics in risk prevention and prompt response to pre-hospital care, to reduce morbidity and mortality rates in injured or sick people.

*Keywords:* Data mining algorithms, Pre-hospital care, dataset. KDD, Data mining, RapidMiner.

## INTRODUCCIÓN

En México, el ámbito de la atención médica prehospitalaria ha experimentado un desarrollo progresivo, aunque aún no es suficiente para reducir los índices de morbilidad y mortalidad en individuos lesionados o enfermos que necesitan ser atendidos. Se busca proporcionar tratamiento de manera oportuna y eficaz con el objetivo de minimizar el daño y aumentar las posibilidades de supervivencia con las menores secuelas posibles.

La medicina contemporánea se enfoca en revertir el aumento de fallecimientos relacionados con enfermedades graves de aparición repentina o accidentes con lesiones severas. Se concede prioridad al inicio temprano del tratamiento en el lugar de los hechos y durante el traslado de personas lesionadas o enfermas hacia o entre los centros de atención médica. (Honorable ayuntamiento constitucional del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo [HAMBJQR], 2018, p. 3).

Para Pinet “Los sistemas prehospitales han sido diseñados para extender los servicios médicos hospitalarios a la población, a través de la interacción de una compleja red de transportación, comunicación, recursos materiales y humanos, recursos económicos y participación pública” (2005, p. 64).

Rosas y Attie (2007) indican que toda persona está expuesta a sufrir un accidente, una agresión o una enfermedad súbita que puede amenazar su vida o su estado de salud.

En México, desde hace algunas décadas, las enfermedades cardiovasculares y las lesiones en general son causa frecuente de mortalidad, destacando en los grupos de edades preescolar, escolar y los de etapas productivas de la vida, las lesiones de origen externo que han llegado a ser la primera causa de muerte y discapacidad (HAMBJQR, 2018, p. 3)

La atención médica prehospitalaria se deberá ofrecer con carácter profesional, que garantice y asegure el mejor tratamiento en aquellas personas lesionadas o enfermas, debiendo ser oportuna, eficaz y eficiente. En este contexto, la Secretaría de Salud impulsa estrategias, mecanismos, programas, y también emite disposiciones sanitarias para hacer efectivo el derecho a la protección de la salud (Senado de la Republica LXIV Legislatura, 2021, p. 4)

Fiallos (2019) indica que, en el campo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, la implementación de la minería de datos en el sector de servicios de la salud permite desarrollar nuevas gestiones de sistemas de salud y también de gestión prehospitalaria, la prevención de la población para disminuir y reducir los índices de morbilidad y mortalidad en la población a través de controles de vialidad en puntos estratégicos en los sectores de vialidad de la región.

### Minería de datos

Pérez y Santín (2007) disertan que son muchos los usos que se le pueden dar a la información y debido a la necesidad de encontrar relaciones significativas en el conjunto de datos para el problema utilizamos minería de datos.

"Data Mining... pretende dar respuesta a esa necesidad de procesar y analizar “masas” con el fin último de encontrar y aprovechar el conocimiento útil contenido en ellos” (González Marco, 2006; Coronado et al., 2017)

No se debe confundir el termino minería de datos (MD) con el termino KDD que es la extracción o el descubrimiento de conocimientos en bases de datos de gran tamaño (*Knowledge Discovery in Databases, KDD*). Así KDD se usa para referirse a un proceso que está compuesto por una serie de etapas, mientras que la minería de datos es solo una fase del proceso KDD (Rodríguez, 2013).

En realidad, los términos MD y KDD son a menudo confundidos como sinónimos. En general se acepta que la MD es un paso particular en el proceso consistiendo en la aplicación de algoritmos específicos para extraer patrones (modelos) de los datos (Riquelme et al, 2016).

### Técnicas de minería de datos

Existen distintas técnicas de minería de datos, las más ampliamente utilizadas: Redes Neuronales Artificiales (RNA), Árboles de Decisión (AD), Naive Bayes (NB); sin embargo este estudio se enfoca en la utilización de la técnica de árboles de decisión; por lo que un árbol de decisión es un conjunto de condiciones organizadas en una estructura jerárquica y un modelo de predicción que permite categorizar y representar de forma gráfica una serie de reglas que ocurren de forma sucesiva, sobre la decisión que se debe tomar en la asignación de un valor de salida a un determinado registro, resolviendo un determinado problema para de esta manera obtener un aprendizaje (Rodríguez, 2013).

### Algoritmos de minería de datos

Ya hemos definido que la minería de datos es el proceso de extraer información y conocimiento de grandes bancos de datos para este fin, existen dos tipos de algoritmos en la minería de datos; los supervisados y los no supervisados.

**Supervisados:** predicen el valor de un atributo de un conjunto de datos. A partir de datos cuya etiqueta se conoce, se induce una relación entre dicha etiqueta y otra serie de atributos. Esas relaciones sirven para realizar la predicción de datos cuya etiqueta es desconocida.

**No supervisados:** con estos algoritmos se descubren patrones y tendencias en los datos actuales. El descubrimiento de esa información sirve para llevar a cabo acciones y obtener un beneficio de ellas (Rodríguez y Díaz, 2009).

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL

Presentar un análisis sobre la aplicación de técnicas de minería de datos en una base de datos con información recolectada en el municipio de Centro, Tabasco, con el fin de mejorar la atención prehospitalaria en situaciones de emergencia y reducir los riesgos de salud en personas lesionadas o enfermas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la información sobre incidencias y accidentes en el municipio de Centro, Tabasco, durante un período de tres meses.
2. Aplicar técnicas de minería de datos como RapidMiner y KDD para procesar y analizar la base de datos ya mencionada.
3. Identificar patrones y tendencias en los datos para mejorar la atención prehospitalaria y reducir los riesgos en situaciones de emergencia.
4. Proponer trabajos futuros para mejorar la precisión y eficacia de la aplicación de técnicas de minería de datos en la atención prehospitalaria.

### OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es la información sobre incidencias y accidentes registrados en el municipio de Centro, Tabasco.

### METODOLOGÍA

#### Metodología KDD

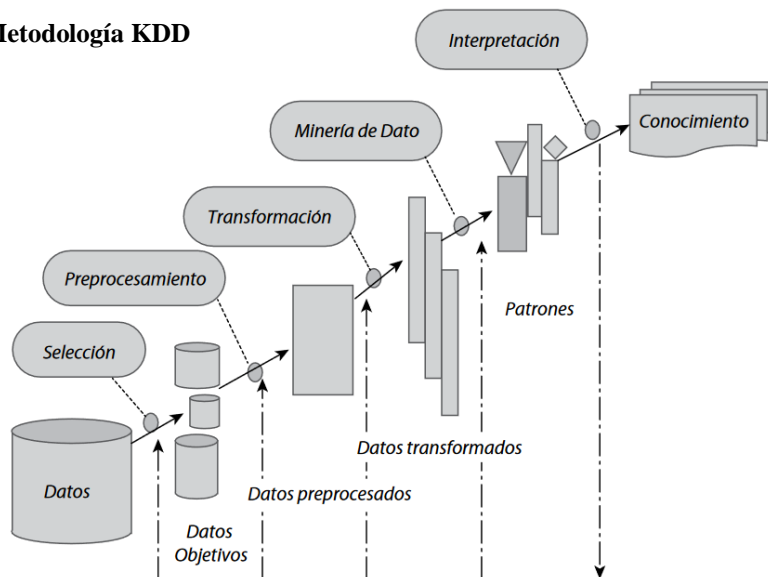
La metodología KDD (del inglés Knowledge Discovery in Databases) implica generalmente el procesamiento de datos que se encuentran en grandes bases de datos con el fin de descubrir patrones para que el usuario los analice y obtenga conocimiento de ello.

A continuación, en la figura 1. Se muestran de manera gráfica las etapas que son llevadas a cabo por la metodología KDD.

- Selección
- Preprocesamiento/limpieza.
- Transformación/reducción.
- Minería de datos (*data mining*).
- Interpretación/evaluación (Timarán et al. 2016).

Figura 67.

#### Etapas de la Metodología KDD



## FASES DEL DESARROLLO

### Conjunto de datos (dataset)

Se utilizó un dataset privado que contiene 690 registros de las incidencias atendidas por 2 unidades de ambulancias, localizadas en el municipio de centro las cuales registran datos de: fecha, hora de llamada, hora de salida, hora de llegada, hora de traslado, hora de hospital, tipo de urgencia, dirección, lugar de ocurrencia, edad, género y hospital de traslado; delimitándose al trimestre mayo, junio y julio del año 2021 siendo estos los de mayor incidencia.

### Materiales, métodos y herramientas

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el software de minería de datos RapidMiner el cual nos permite hacer un análisis de hasta 10 mil instancias de entrenamiento en su versión free (RAPIDMINER, 2023).

Con el objetivo de mejorar la fiabilidad de la información se procedió a realizar limpieza (data cleansing) y cribado (selección) de datos. Se obtuvo un total de 351 instancias después de la limpieza de la información; en este estudio se decidió utilizar el algoritmo de Árbol de Decisión porque permite mostrar de manera gráfica, las distintas alternativas de clasificación que se pueden obtener como resultado de la implementación de dicho modelo.

En la tabla 1. Se muestra la clasificación numérica que se le asignó a los datos de los meses utilizados para el estudio.

**Tabla 27.**

**Clasificación de Meses con más Incidencias**

Mes	Clasificación numérica
Mayo	5
Junio	6
julio	7

En la tabla 2. Se muestran los tipos de urgencias y la clasificación numérica que se le ha asignado a estas, tomando en cuenta que los tipos de urgencia descritos en el dataset son 9.

**Tabla 28.**

**Clasificación del Tipo de Urgencia**

Tipo de Urgencia	Clasificación numérica
Apoyo a bombero	1
Enfermedad	2
Resguardo de evento	3
Gineco-obstétrico	4
Ginecología	5
Incendio	6
Recién nacido	7
Traslado	8
Trauma	9

En la tabla 3. Se muestra la clasificación que se le asignó a la columna dirección de ocurrencia de la incidencia tomando en cuenta la sectorización de la ciudad de Villahermosa, Tabasco en la movilidad del servicio de taxis dada por D.G.T. Dirección General Técnica y la D.E.P. Dirección de Estudios y Proyectos de la secretaria de movilidad del estado de Tabasco (Secretaría de Movilidad Tabasco, 2021).

**Tabla 29.**

**Clasificación de la Dirección de Ocurrencia de las Incidencias, Tomando en Cuenta la Sectorización de la Ciudad de Villahermosa Tabasco**

Dirección	Clasificación por sector
Sector #1	1
Sector #2	2
Sector #3	3
Sector #4	4
Sector #5	5
Sector #6	6
Sector #7	7
Foráneos	8

En la tabla 4. Se muestra la clasificación del género del paciente.

Genero	Clasificación
Masculino	1
Femenino	2

Después de realizar la clasificación de la información se procedió a cargar el dataset al programa RapidMiner el cual arrojó los siguientes resultados:

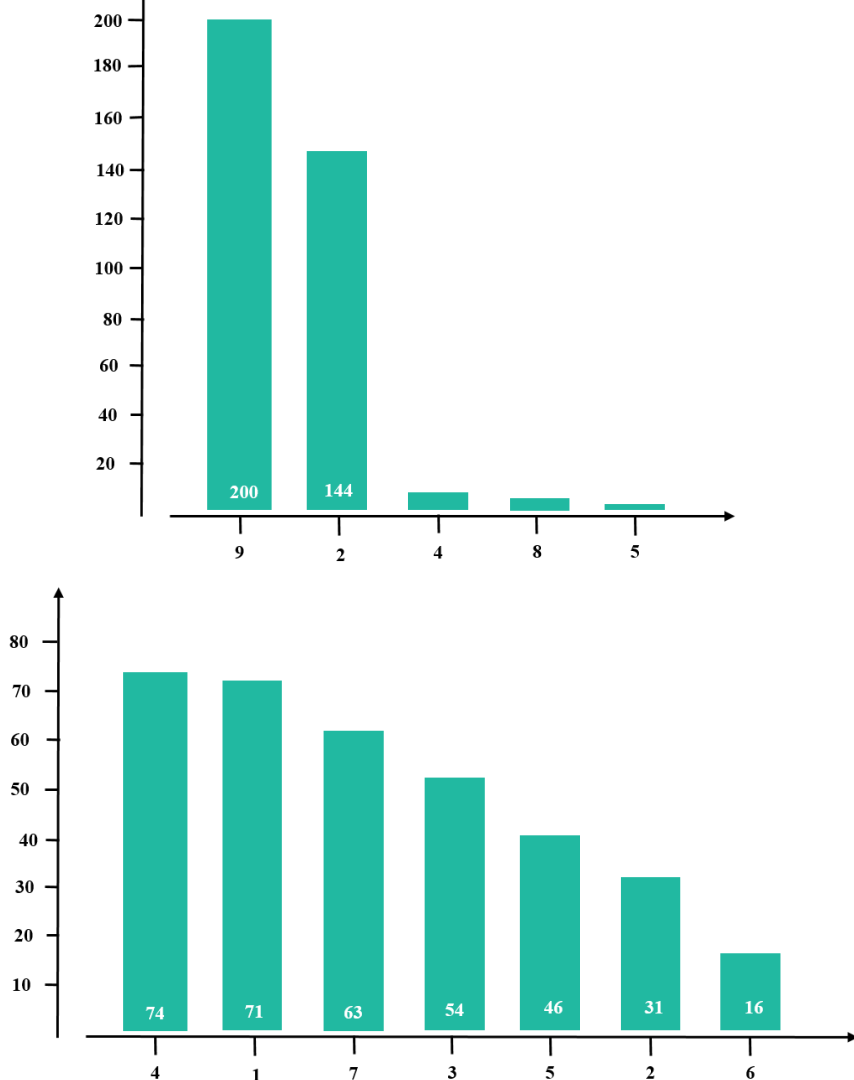
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se construyó un modelo de clasificación basado en árboles de decisión que permitió descubrir patrones de mayor incidencia los cual arroja los siguientes resultados:

- La figura 2 muestra que los tipos de incidencias más reportados son trauma y enfermedad con 37% y 26% respetivamente.
- La figura 3 muestra sectores con más reportes los cuales son 1, 3, 4 y 7 con 17,67%, 15.26%, 20.8%, 18,8% respectivamente.

**Figura 69.**

**Sectores con Mayor Incidencia**

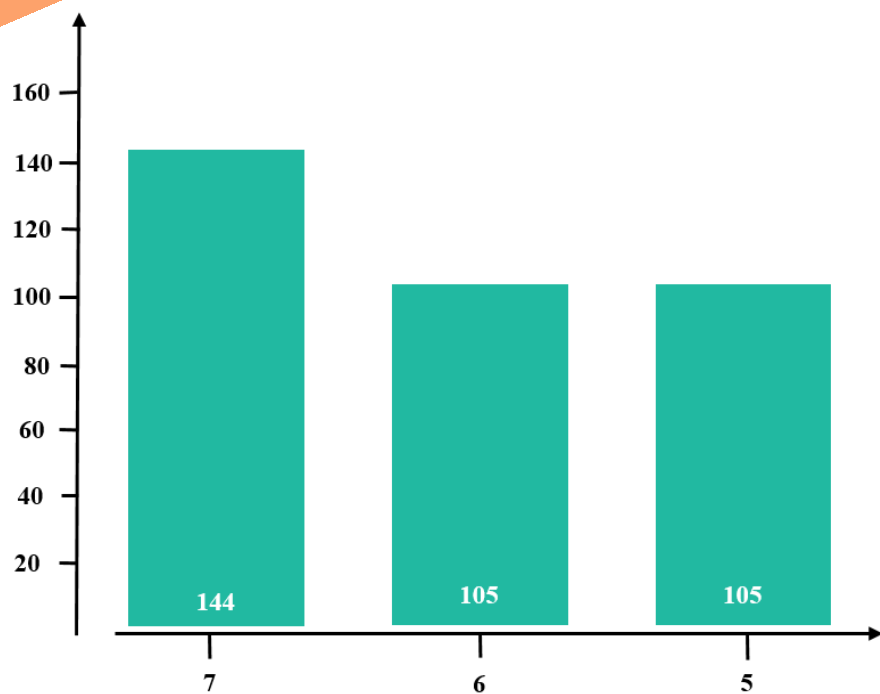


- La figura 4 muestra el mes que presentó mayor reporte de incidencia el cual fue julio con un 40%



**Figura 70.**

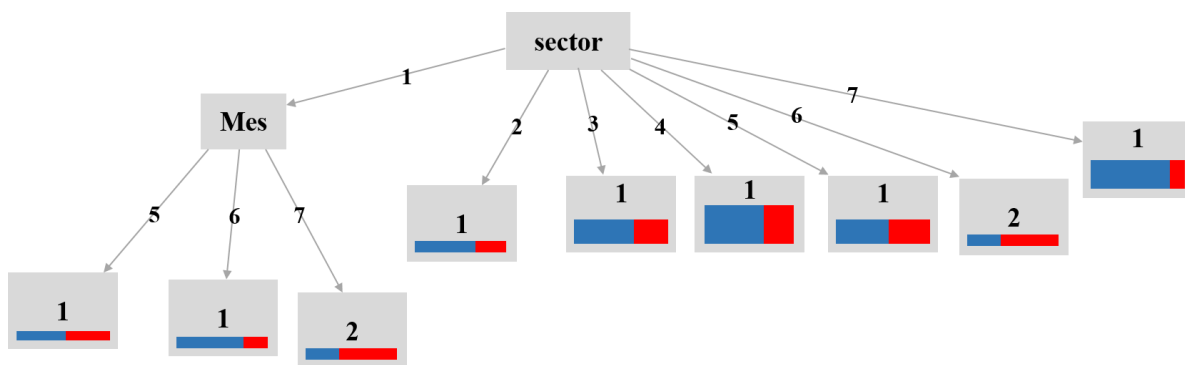
**Proporción por Mes**



- En la figura 5 se muestra el árbol de decisión que se obtuvo como resultado del entrenamiento del modelo.

**Figura 71.**

**Árbol de Decisión**



## CONCLUSIÓN

En conclusión, este estudio aplicó técnicas de minería de datos para mejorar la atención prehospitalaria en el municipio de Centro, Tabasco. Se utilizó el software RapidMiner para analizar los datos y se aplicó el algoritmo de Árbol de Decisión para clasificar los tipos de urgencias. Después de la limpieza de los datos, se obtuvieron 351 instancias y se encontró que el mes con mayor reporte de incidencia fue julio con un 40%. El modelo de clasificación por árboles de decisión demostró ser consistente con la realidad observada y tuvo una precisión aceptable para clasificar nuevos casos. Además, se encontró que siete de cada diez incidencias ocurren a personas del sexo masculino.

En cuanto a los beneficios, se espera que esta aplicación de minería de datos permita una gestión para la prevención de riesgos y una pronta respuesta de la atención prehospitalaria con la finalidad de abatir los índices de morbilidad y mortalidad en aquellas personas lesionadas o enfermas desarrollando un sistema de atención y traslado eficiente.

Como trabajos futuros, se plantea utilizar otros clasificadores para comparar estos resultados y mejorar la precisión, aplicar tareas descriptivas de minería de datos como asociación y agrupación, con el fin de encontrar relaciones y similitudes. Este estudio demuestra el potencial de la minería de datos en este caso para mejorar la atención prehospitalaria y prevenir riesgos en situaciones de emergencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Pinet, L. M. (2005). Atención prehospitalaria de urgencias en el Distrito Federal: las oportunidades del sistema de salud. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v47n1/a10v47n1.pdf> (p. 64-71)
- Rosas-Peralta, Martín, & Attie, Fause. (2007). Enfermedad cardiovascular: Primera causa de muerte en adultos de México y el mundo. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-99402007000200001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402007000200001&lng=es&tlng=es). (p. 91-93)
- Bouza, C. N. y Santiago, A. (2012). la minería de datos: arboles de decisión y su aplicación en estudios médicos. Recuperado de [https://rideca.cs.buap.mx/web/files/articulo\\_itBUoOuWIAaJENf.pdf](https://rideca.cs.buap.mx/web/files/articulo_itBUoOuWIAaJENf.pdf). (p. 64-78)
- Hugo Cristiam, F. A. (2019). *Aplicación de técnicas de minería de datos para el análisis de tiempos de respuestas de emergencias pre-hospitalarias reportados al ECU911 en la ciudad de Quito*. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21655/1/T-ESPE-042194.pdf>.
- Pérez López, C. y Santín González, M. (2007). *Minería de datos técnicas y herramientas*. Recuperado de <https://www.paraninfo.mx/catalogo/9788497324922/mineria-de-datos--tecnicas-y-herramientas>.
- González Marco, A. (2006). *Desarrollo de técnicas en minería de datos en procesos industriales modernización en líneas de producción de acero*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=1166>
- Coronado Arjona, M. A, Bianchi Rosado, V. M. Vivas Burgos, J. A. Perera Collí, M. A. (2017). Estudio comparativo de técnicas de minería de datos para la predicción de rutas de huracanes. Recuperado de <https://doi.org/10.32671/terc.v4i1.113>. (43-52)
- Rodríguez Morales, F. (2013). *Aplicación de técnicas de data mining al rendimiento académico del primer curso de programación de computadores*. Recuperado de <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/189?mode=full>
- Riquelme, J. C., Ruiz, R., Gilbert, K. (2006). Minería de datos: Conceptos y tendencias. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92502902>. (11-18)
- Rodríguez Suárez, Y., Díaz Amador, A. (2009). Herramientas de Minería de Datos. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378343637009>. (73-80)
- Timarán Pereira, S.R., Hernández Arteaga, I., Caicedo Zambrano, S. J., Hidalgo Troya A., y Alvarado Pérez, J. C., (2016). *Descubrimiento de patrones de desempeño académico con árboles de decisión en las competencias genéricas de la formación profesional*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.16925/9789587600490>.
- RapidMiner (2023). Rapidminer-studio-10.2.0-win64-install. Recuperado de <https://rapidminer.com/>
- Secretaría de Movilidad. (2021). Sectorización de la ciudad de Villahermosa, Tabasco en la modalidad del servicio de taxis. Recuperado de [https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/movilidad/SECTORIZACION\\_DE\\_TAXI\\_2021.pdf](https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/movilidad/SECTORIZACION_DE_TAXI_2021.pdf)
- Honorable ayuntamiento constitucional del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo [HAMBJQR]. (2018). Reglamento para la prestación de servicios de unidades móviles de atención médica, tipo ambulancia en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. Recuperado de <https://cancun.gob.mx/transparencia/wp-content/uploads/sites/2/2023/01/77-Reg-Prest-Serv-Unid-Medicas-Tipo-Ambulancia-10-ABRIL-2018.pdf>
- Senado de la Republica LXIV Legislatura. (2021). Dictamen de la comisión de salud de la proposición con punto de acuerdo por el que se exhorta a la comisión federal de protección contra riesgos sanitarios, a reforzar las medidas de verificación de las ambulancias que están en operaciones. Recuperado de [https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/65/1/2021-09-13-1/assets/documentos/Dict\\_Salud\\_Riesgos\\_Sanitarios\\_Ambulancias.pdf](https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/65/1/2021-09-13-1/assets/documentos/Dict_Salud_Riesgos_Sanitarios_Ambulancias.pdf). (p. 20)

# Diseño y reacondicionamiento del control eléctrico para un banco hidráulico de una prensa tipo C

Juan Flores García<sup>1</sup>, Eddie Eliud Vázquez Alexandre<sup>2</sup>, Bailon Juarez Sergio Eduardo<sup>3</sup>, Roque Iván Felix Hernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Matamoras, e-mail: [juan.flores@utmatamoras.edu.mx](mailto:juan.flores@utmatamoras.edu.mx)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Matamoras, e-mail: [eddie.vazquez@utmatamoras.edu.mx](mailto:eddie.vazquez@utmatamoras.edu.mx)

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Matamoras, e-mail: [sergio.bailon@utmatamoras.edu.mx](mailto:sergio.bailon@utmatamoras.edu.mx)

<sup>4</sup> Universidad Tecnológica de Matamoras, e-mail: [roque.felix@utmatamoras.edu.mx](mailto:roque.felix@utmatamoras.edu.mx)

**Línea de investigación:** Innovación Tecnológica Aplicada a Problemáticas Educativas

## Resumen

Existe la necesidad de que los estudiantes de las Universidades Tecnológicas estén equipados con herramientas y material didáctico adecuado, mediante los cuales los alumnos puedan tener la interacción de un desarrollo práctico enfocado a la industria. En la actualidad, la industria se ha visto en la necesidad de reducir costos y tiempo de manufactura; por lo cual, se ha decidido reemplazar las prensas mecánicas por las prensas hidráulicas, por tal motivo es conveniente rediseñar e implementar el control eléctrico para la manipulación del área de trabajo de la prensa hidráulica tipo C. Se siguió una metodología de tipo desarrollo tecnológico. El banco hidráulico se utilizará para facilitar la ejecución de experimentos simples en la hidráulica, comparando la parte teórica recibida en las aulas con la experimentación práctica. En conclusión, se logró rediseñar e implementar el control eléctrico para la manipulación de un banco hidráulico, además se realizaron esquemas del área de fuerza hidráulica.

Palabras clave: Control, Diseño, Hidráulica, Prensa

## Abstract

There is a need for the students of the Technological Universities to be equipped with adequate tools and didactic material, through which the students can have the interaction of a practical development focused on the industry. Nowadays, the industry has seen the need to reduce costs and manufacturing time; therefore, it has been decided to replace mechanical presses by hydraulic presses, for this reason it is convenient to redesign and implement the electrical control for the manipulation of the working area of the hydraulic press type C. A technological development type methodology was followed. The hydraulic bench will be used to facilitate the execution of simple experiments in hydraulics, comparing the theoretical part received in the classroom with the practical experimentation. In conclusion, it was possible to redesign and implement the electrical control for the manipulation of a hydraulic bench, in addition to the schematics of the hydraulic force area.

Keywords: Control, Design, Hydraulics, Press.

## INTRODUCCIÓN

En el apasionante mundo de la ingeniería, la búsqueda constante de eficiencia y rendimiento ha llevado a un enfoque cada vez más detallado en el diseño y mejora de sistemas industriales. En este contexto, el presente artículo se sumerge en el intrigante desafío de optimizar el control eléctrico de un componente esencial: el banco hidráulico de una prensa tipo C.

Las prensas tipo C, conocidas por su robustez y versatilidad en una amplia gama de aplicaciones industriales, requieren una atención meticulosa en su diseño para garantizar no solo la seguridad operativa, sino también la eficiencia en cada ciclo de trabajo. En este sentido, el control eléctrico emerge como un elemento crucial, desempeñando un papel determinante en la precisión y respuesta de la maquinaria.

Este artículo se adentra en el proceso de diseño y reacondicionamiento del control eléctrico para el banco hidráulico de una prensa tipo C, explorando las innovaciones tecnológicas, las consideraciones de seguridad y los beneficios operativos que surgen de una implementación cuidadosa y bien ejecutada. Se espera proporcionar una visión integral de las mejores prácticas y estrategias para llevar a cabo esta optimización, contribuyendo así al avance continuo en el campo de la ingeniería industrial y la formación de los estudiantes.

Con un enfoque centrado en la mejora continua, este estudio pretende ser un recurso valioso para los profesionales y académicos interesados en el reacondicionamiento de los sistemas de control eléctrico en maquinaria pesada, con un enfoque educativo y de formación, destacando la importancia de la innovación y la precisión en la búsqueda constante de la excelencia operativa.

## DESARROLLO

### Sobre los sistemas hidráulicos

Los sistemas hidráulicos se usan en todas partes, como en los autos, equipos de construcción; ya sean de edificios o en fábricas; es una de las maneras más eficaces para mover, trasladar cargas pesadas o que necesiten estar en movimiento constante.

“Un sistema hidráulico utiliza un fluido a presión para impulsar maquinaria o mover componentes mecánicos. Los sistemas hidráulicos se pueden encontrar hoy en día en una amplia variedad de aplicaciones, desde pequeños procesos de ensamblaje hasta aplicaciones integradas de acero y papel” (Kia, 2023).

El banco hidráulico facilita la ejecución de experimentos simples en la hidráulica, en conjunto con la teoría recibida en las aulas. Los bancos hidráulicos son mesas de trabajo diseñadas especialmente para facilitar los aprendizajes y practicas relacionadas con el sistema hidráulico.

El propósito de un sistema hidráulico específico puede variar, pero todos los sistemas hidráulicos funcionan con el mismo concepto básico. Definidos de manera simple, los sistemas hidráulicos funcionan y realizan tareas mediante el uso de un fluido presurizado. Otra forma de decirlo es que el fluido presurizado hace que las cosas funcionen. La potencia del combustible líquido en la hidráulica es significativa y, como resultado, esta se usa comúnmente en equipos pesados. En un sistema hidráulico, la presión, aplicada a un fluido contenido en cualquier punto, se transmite sin disminuir. Ese fluido presurizado actúa sobre cada parte de la sección de un recipiente contenedor y crea fuerza o poder. Debido al uso de esta fuerza, y dependiendo de cómo se aplique, los operadores pueden levantar cargas pesadas y se puede realizar fácilmente tareas repetitivas precisas.

En general los sistemas hidráulicos son usados en las máquinas que requieren de fuerza hidráulica para su funcionamiento. Respecto a la energía hidráulica hay que mencionar que tiene la ventaja que se sostiene un control total de los fluidos y su distribución es automática por cada manguera y tubo.

### Sobre la presión hidráulica

La presión ejercida por un fluido es medida en unidades de presión. Las unidades comúnmente utilizadas son:

- La libra por pulgada cuadrada= PSI
- El kilogramo por centímetro cuadrado=  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- El kilogramo fuerza por centímetro cuadrado= $\text{Kp}/\text{cm}^2$
- El bar=bar

Existiendo la siguiente relación aproximada:

- $\text{Kg}/\text{cm}^2 \sim \text{kp}/\text{cm}^2 \sim \text{bar}$

La presión es la cantidad de fuerza que corresponde o desarrolla una unidad de área.

$$P=F/A.$$

Para que exista presión en un sistema hidráulico debe existir resistencia, o lo que es lo mismo la presión es el producto de una resistencia. Si no hay resistencia no hay presión. La presión determina la fuerza o torque que puede desarrollar un sistema hidráulico.

### Sobre los bancos hidráulicos

Un banco hidráulico es un conjunto de elementos que se utiliza para facilitar la ejecución de experimentos simples en la hidráulica, comparando la parte teórica recibida en las aulas con la experimentación real realizada en los laboratorios.

Los antecedentes de la hidráulica se remontan a Galileo en 1612, quien elaboró el primer estudio sistemático de los fundamentos de la Hidrostática.

Un banco hidráulico es un dispositivo que se utiliza para estudiar el comportamiento de los fluidos y las propiedades de la mecánica de fluidos (Hicks, 1997). Puede ser utilizado para una amplia variedad de experimentos y pruebas. El banco hidráulico consta de un tanque, una bomba, tuberías, válvulas, medidores de presión y el fluido. La bomba se utiliza para mover el fluido a través del sistema hidráulico, y las válvulas se utilizan para controlar el flujo (Hicks, 1997).

Los medidores de presión se utilizan para medir la presión del fluido en diferentes puntos del sistema; se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como la medición de la pérdida de presión en tuberías, la medición del caudal de los fluidos, la medición de la velocidad y la medición de la fuerza hidráulica. También se utiliza en la enseñanza de la mecánica de fluidos y la hidráulica.

#### **Sobre la prensa hidráulica**

Una prensa hidráulica es una máquina que se utiliza para comprimir, cortar o moldear materiales. Está compuesta por dos cilindros, uno más grande que el otro, conectados por un tubo que contiene el líquido hidráulico. El principio de funcionamiento de la prensa hidráulica se basa en la ley de Pascal, que establece que la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente a cada parte del fluido y las paredes del envase.

El sistema hidráulico de la prensa hidráulica está formado por pistones, válvulas, filtros, mangueras y tuberías, que complementan el sistema. También hay manómetros para verificar la presión y con ella la fuerza de salida.

Las partes que componen que componen la prensa hidráulica tipo c:

- Estructura: Es el marco o bastidor de la prensa que proporciona soporte estructural.
- Cilindro Hidráulico: Es el componente que utiliza la fuerza hidráulica para ejercer presión sobre el material de trabajo.
- Platina Móvil: Es la parte de la prensa que se desplaza hacia arriba o hacia abajo.
- Platina Fija: Es la superficie de soporte que permanece estacionaria durante la operación.
- Bancada: Es la base sobre la cual descansa la prensa, proporcionando estabilidad.
- Sistema Hidráulico: Incluye bombas, válvulas y conductos que controlan el flujo y la presión del fluido hidráulico.
- Controles: Panel de control que permite al operador regular la presión y el movimiento de la prensa.
- Manómetros: Muestran la presión de sistema hidráulico, proporcionando información crucial durante la operación.
- Dispositivos de Seguridad: Tales como interruptores de emergencia y guardas de seguridad para garantizar un uso seguro.

#### **Aplicaciones de la Prensa Hidráulica.**

Las prensas hidráulicas son herramientas muy versátiles y se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones.

Aquí te dejo algunas de las más comunes:

- Industria automotriz: Se utilizan para fabricar componentes vitales de un automóvil como el sellado, freno, tapetes, etc. También se utilizan para la fabricación de piezas más precisas como sensores de inyección de combustible.
- Cerámica: Las prensas hidráulicas comprimen la cerámica con baja presión y un menor tiempo que el método tradicional.
- Envasado de alimentos y comestibles: Productos cárnicos y quesos que se comprimen en el mercado tras ser envasados mediante prensa hidráulica.
- Electrodomésticos: Se utilizan con frecuencia para ensamblar partes de frigoríficos y paneles de conformación de microondas, lavadoras y lavavajillas.
- Piezas eléctricas: Se utiliza para ensamblar carcasas e interruptores.
- Fabricación de aeronaves: Se utilizan para procesos de conformado de metales y fabricación de aviones.
- Aplicaciones militares: Las prensas también se utilizan comúnmente para cargar los proyectiles y municiones.
  - Espadas: Se utilizan para conseguir una espada, cuchillos y hachas plana.
  - Además, también se utilizan para prensar semillas para la extracción de aceite, como elevador o gatos hidráulicos en los talleres de mecánica, moldeamiento de grandes bloques de metal, compactación de chapas, en ensambles, en remachados, y en comandos en las máquinas topadoras.

#### **Justificación**

Se busca satisfacer las necesidades que tienen los estudiantes para justificar la parte teórica que reciben en los distintos temas relacionados con la hidráulica y permitir comprender lo que realmente sucede en un sistema hidráulico, además de diferentes materias relacionadas con propiedades de los materiales.

En la actualidad la industria se ha visto en la necesidad de reducir costos y tiempo de manufactura; por lo cual, se ha decidido reemplazar las prensas mecánicas por las prensas hidráulicas, por tal motivo es conveniente rediseñar e implementar el control eléctrico para la manipulación del área de trabajo de la prensa hidráulica tipo C; ya que es de gran importancia que los estudiantes de la carrera de procesos industriales, cuenten con los conocimientos necesarios en maquinaria que en la actualidad se utiliza en el área de la industria para estar a la vanguardia.

Interpretando el análisis de Tecsup (2023) dice que “El sistema hidráulico es un modo de transmisión de energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos, este sistema hidráulico es el más efectivo en el ámbito de la maquinaria ya que provoca fuerzas para remover elementos pesados de un lado a otro”.

El reacondicionamiento del banco hidráulico en una prensa hidráulica tipo C, permitirá su uso en diversos proyectos donde



sea necesaria la aplicación de una fuerza superior a la que un pistón neumático puede entregar. El diseño de sus componentes representará el área que ocupará en determinado lugar, y su utilidad podrá modificar las posibles ubicaciones que tendrá en la generación de un lay out. El diseño que se utiliza para el control del banco hidráulico debe contar con los protocolos de seguridad y normas para la operación tomando en cuenta la facilidad y adaptación para las tareas a las cuales se quieran aplicar.

### **OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Diseño y reacondicionamiento del control eléctrico para un banco hidráulico de una prensa tipo C.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar el equipo de laboratorio en desuso
2. Rediseñar nuevas herramientas y material didáctico mediante el reacondicionamiento de los equipos

#### **OBJETO DE ESTUDIO**

Control eléctrico de un banco hidráulico de una prensa tipo C.

#### **METODOLOGÍA**

La metodología que se plantea es del tipo de desarrollo tecnológico. La importancia de la investigación tecnológica radica en que los desarrollos tecnológicos pueden convertirse en innovaciones, ya que la investigación tecnológica permite crear nuevas realidades que no existen, para ello utiliza el proceso de invención, innovación, diseño o de desarrollo tecnológico (Cegarra Sánchez, 2004).

#### **FASES DEL DESARROLLO**

La metodología, está desarrollada en 4 fases: observar y determinar el problema, identificar el equipo en desuso, Diseñar y reacondicionar el control eléctrico. A continuación, se desarrolla cada una.

##### **Fase 1: Observación y planteamiento del problema**

Los estudiantes que cursaron y los que siguen estudiando en la Universidad Tecnológica, en las carreras afines a este proyecto tienen la necesidad de realizar prácticas en laboratorios con equipos y herramientas para un aprendizaje que se complemente con los conocimientos teóricos adquiridos.

La integración de equipos industriales en la práctica académica desempeña un papel fundamental en la formación de profesionales en diversas disciplinas. Esta necesidad surge no solo de la aspiración de alinear la teoría con la realidad, sino también de preparar a los estudiantes para los desafíos concretos que enfrentarán en el mundo laboral.

Ante esta necesidad se propone el diseño y reacondicionamiento de material en desuso para la promoción y adquisición de las habilidades de los estudiantes.

##### **Fase 2: Identificación del equipo en desuso**

Se realizó una inspección en el laboratorio y se detectó un banco hidráulico de una prensa tipo C que se desconoce su marca en el control de inventarios; el jefe de laboratorio aplicó la evaluación metodológica de calidad 5s, a lo cual arrojó la tarjeta de inspección color roja, la acción que se requiere es de reubicación y fue puesta a disposición de cualquier departamento que lo necesite.

El banco hidráulico es parte de un sistema de equipos y elementos necesarios para realizar prácticas en los principales temas tratados dentro de la parte teórica relacionados con la hidráulica. Se puede observar en la Figura 1 las condiciones en que se encontraba.

**Figura 1**

*Condiciones del banco hidráulico*



Dicho banco hidráulico proviene de una prensa hidráulica tipo C, la cual se encuentra deshabilitada, y en desuso; este banco hidráulico fue donado por una empresa industrial de la región y hasta la fecha no se le ha dado una implementación de trabajo para la cual fue diseñada.

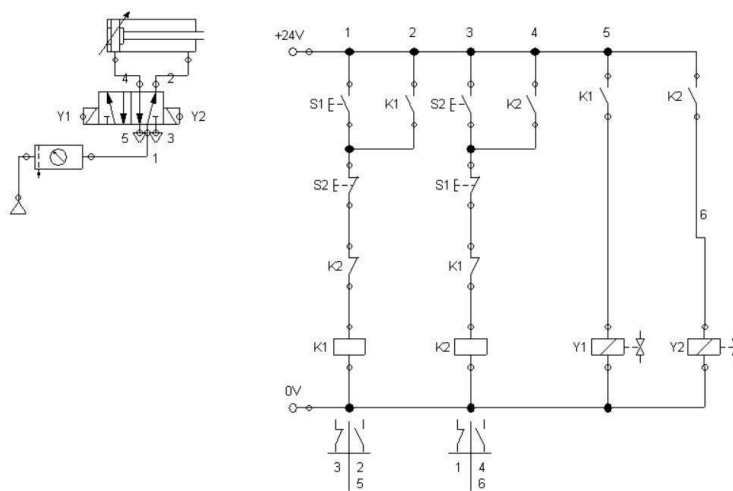
### **Fase 3: Diseñar el control eléctrico**

Un gabinete de control de una prensa hidráulica tipo C es un dispositivo que se utiliza para controlar la operación de una prensa hidráulica. El gabinete de control se compone de varios componentes, como válvulas, manómetros, interruptores y otros dispositivos de control. Estos componentes trabajan juntos para controlar la presión hidráulica y la velocidad de la prensa hidráulica.

Para el diseño se realizaron esquemas de principios de funcionalidad tanto del área de fuerza hidráulica y de control, donde se puede observar en la figura 2 el diagrama correspondiente por deducción inductiva del área hidráulica teórica donde se encontraron sus componentes y lógica de funcionamiento; en la figura 3 se observa el análisis hidráulico.

**Figura 2**

*Diagrama por deducción inductiva*



**Figura 3**

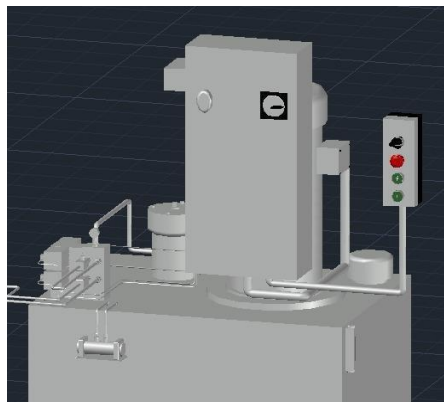
*Análisis Hidráulico CAD*



En el área de control fue nulo el esquema de observación debido a que no contaba con un control eléctrico, a lo cual se realizó un nuevo esquema para un banco hidráulico que consta de un control de arranque, paro y botones de direccionamiento de válvula para la manipulación de fuerza y control, puede observarse el diseño en la Figura 4.

**Figura 4**

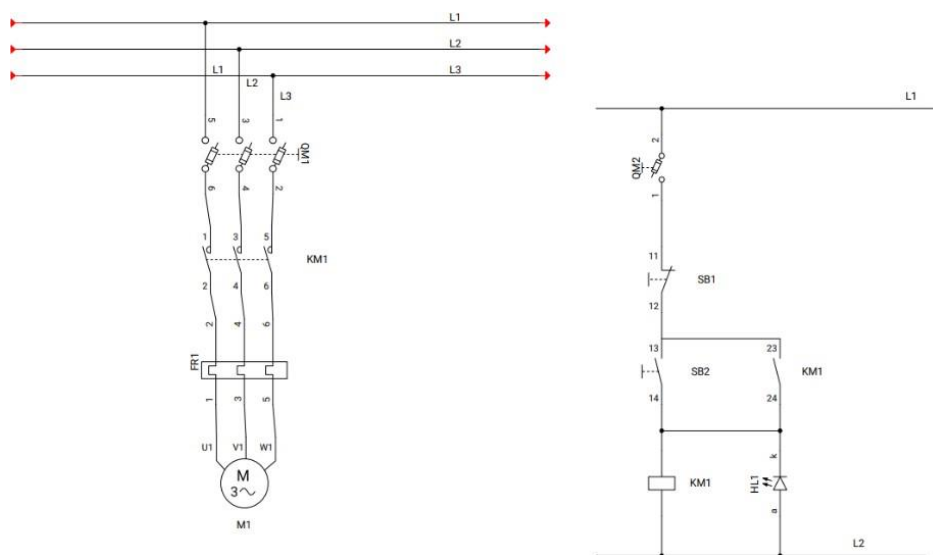
*Diseño del área de control*



Para el control se estará utilizando un voltaje de 24VCD y para la potencia de acuerdo con lo requerido por el motor de la bomba hidráulica 220VCA trifásico. En la figura 5 se presenta el circuito.

**Figura 5**

*Circuito eléctrico del área de control*



#### **Fase 4: Reacondicionar el control eléctrico**

Para el reacondicionamiento y construcción del control, se consideran los elementos: relees, contractores, breaks y los interruptores, mismos que se presentan en la figura 6 mediante un análisis de costos.

Figura 6

Elementos para el módulo de control

Foto	Nombre	Características	Precio	Precio total
	Eaton D3RR2A Relé	Relé de uso general, bobina de CA de 120 V, DPDT, clasificación de contacto: 10 Amp. Estilo de terminal: 8 pines, enchufe octal. Tensión de conmutación máxima: 300 V. Estándar destacado	\$570	\$570
	Relé Allen Bradley 700- Hk32Z24-4	Relé, Ice Cube, línea delgada, 8 aspas, 2 polos, doble vía, 8 amperios, 24 voltios CC, terminaciones de conexión rápida, opción LED Relé, Ice Cube, línea delgada, 8 aspas	\$850	\$1,700
	Fuente De Alimentación Allen Bradley 1606-xl120d	Modelo: 1606-XL120D Voltaje de entrada: 115-230 VCA Voltaje de salida: 24 VCD Corriente: 5 A Temperatura de operación: -10 a 70 grados C	\$3,750	\$3,750
	Siemens 3RT10 36- 1AP60 Contactor de motor 3 polos	Break all lines 50A 600V AC Short circuit 5kA, 600V MAX. RK5 FUSE/CB: 200A	\$2,800	\$2,800
	Selector Interruptor 2 Posiciones	Posiciones: 2 Voltaje: 24v	\$170	\$170
	Parada de emergencia de hongos rojas	Modo de operación Push button NC Voltaje 24 Voltios Marca IIVERR Terminal Spst	\$140	\$140
	Interruptor momentáneo Up-Down Switch	Push button NO 24 Voltios	\$250	\$250
		Total		\$9,380

En la figura 7 se aprecia el control eléctrico para un banco hidráulico de una prensa tipo C ya elaborado y funcional.



**Figura 7**

*Control eléctrico elaborado*



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los equipos obsoletos presentan 0 frecuencia de uso, el diseño y reacondicionamiento permite tener un impacto de 0 a 500, siendo utilizado por los estudiantes y docentes.

Con el reacondicionamiento y diseño del banco hidráulico se obtuvieron excelentes resultados ya en el área de trabajo se obtuvo una presión de fuerza de 1250 PSI que se encontraban desconocidas debido a la falta de control eléctrico y mantenimiento,

Se logró rediseñar para cubrir las áreas de conocimiento en las que faltaba material didáctico en los laboratorios. Además, este tipo de material didáctico permite la diversidad de prácticas y diseño libre de éstas por parte de los docentes de asignatura.

Para este banco hidráulico se recomienda que puede ser utilizado en áreas de fuerza, prensado hasta 1250 PSI como presión total y con un desplazamiento máximo de carrera de pistón de 250 mm.

## **CONCLUSIÓN**

por tal motivo es conveniente rediseñar e implementar el control eléctrico para la manipulación del área de trabajo de la prensa hidráulica tipo C. Se siguió una metodología de tipo desarrollo tecnológico. El banco hidráulico se utilizará para facilitar la ejecución de experimentos simples en la hidráulica, comparando la parte teórica recibida en las aulas con la experimentación práctica. En conclusión, se logró rediseñar e implementar el control eléctrico para la manipulación de un banco hidráulico.

El diseño cuidadoso del control eléctrico, con su capacidad para sincronizar movimientos precisos y gestionar la potencia hidráulica de manera óptima, se presenta como el catalizador para una operación más suave y eficiente. El desarrollo tecnológico logró minimizar los costos y maximizar el rendimiento de los recursos institucionales.

La intersección entre la teoría y la práctica se revela como un punto crucial en este proyecto de ingeniería. Al implementar los conocimientos teóricos en el diseño y reacondicionamiento de sistemas de control eléctrico, se trascienden las limitaciones convencionales y se abraza un paradigma donde la eficiencia y la seguridad convergen en una sinfonía de operación industrial.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Ed. Díaz de Santos. Edibon (5 de Noviembre 2023). *Banco Hidráulico*. <https://www.edibon.com/es/banco-hidraulico>

Hicks, T. (1997). *Bombas, selección y aplicación*. Ed. Arentice Hall

Kia (3 de Diciembre 2023). *Sistemas hidráulicos*. <https://www.kia.com.pe/util/news/-como funciona-un-sistema- hidraulico-.html>

Tecsup (18 de Octubre 2023). *¿Cuál es la evolución e importancia de los sistemas hidráulicos del equipo pesado?* <https://www.tecsup.edu.pe/blog/tecnologia/cual-es-la-evolucion-e-importancia-de-los-sistemas-hidraulicos-del-equipo-pesado>

# Alternativa Tecnológica para el Registro Automatizado de Arribo en Carreras

DACYTI-UJAT, Raúl García Valencia, [rgvalencia20@gmail.com](mailto:rgvalencia20@gmail.com)

## Línea de investigación: Innovación

### Resumen

Este artículo examina las alternativas tecnológicas emergentes destinadas a revolucionar el registro automatizado de llegadas en eventos deportivos. El contexto actual demanda soluciones eficientes y precisas para el cronometraje electrónico, y diversos avances tecnológicos ofrecen respuestas innovadoras a esta creciente necesidad. Se exploran en detalle tecnologías como RFID, sistemas de cámaras avanzadas y dispositivos vestibles, evaluando su aplicabilidad en diferentes contextos deportivos. Además, se aborda la integración de técnicas de machine learning para optimizar la precisión en la predicción de resultados y la identificación de patrones de rendimiento. Este análisis proporciona una visión integral de las opciones tecnológicas disponibles, destacando sus fortalezas, limitaciones y el impacto potencial en la mejora de la experiencia deportiva. Con una perspectiva orientada al futuro, este artículo pretende orientar a organizadores de eventos, desarrolladores de tecnología y profesionales del deporte hacia la implementación efectiva de soluciones automatizadas que impulsen la eficiencia y la exactitud en el registro de llegadas en eventos deportivos.

En el ámbito del ciclismo, la implementación de una alternativa tecnológica para el registro automatizado de arribos ofrece una solución avanzada y eficiente para optimizar la gestión de eventos deportivos. Esta propuesta integra diversos sensores especializados, como sensores de velocidad, cadencia, potencia y GPS, para recopilar datos precisos sobre el rendimiento de los ciclistas en tiempo real.

El sistema automatizado permite un registro preciso de los tiempos de llegada, eliminando la necesidad de métodos manuales propensos a errores. Los participantes equipados con dispositivos compatibles son rastreados de manera continua a lo largo de la carrera, proporcionando información detallada sobre la velocidad, la cadencia, la potencia generada y la ubicación geográfica.

Además, la tecnología incorpora funciones de conectividad que permiten la transmisión instantánea de datos a plataformas en línea, facilitando el seguimiento en tiempo real para organizadores, participantes y espectadores. Los datos recopilados pueden ser analizados posteriormente para evaluar el rendimiento individual y colectivo, identificar patrones y tendencias, y mejorar la planificación de eventos futuros.

Esta alternativa tecnológica no solo agiliza el proceso de registro, sino que también enriquece la experiencia de los ciclistas y sus seguidores al proporcionar una visión detallada del rendimiento en cada fase de la carrera. Con un enfoque centrado en la precisión, la conectividad y la mejora continua, esta propuesta representa una herramienta integral para la gestión moderna de eventos deportivos de ciclismo.

*Palabras clave: automatización, ciclismo, machine learning, rfid, sensores.*

### Abstract

This article investigates emerging technological alternatives poised to revolutionize the automated recording of arrivals in sports events. The current landscape demands efficient and precise solutions for electronic timing, and various technological advancements offer innovative responses to this growing need. Technologies such as RFID, advanced camera systems, and wearable devices are explored in detail, evaluating their applicability in different sporting contexts. Additionally, the integration of machine learning techniques is addressed to optimize accuracy in result prediction and the identification of performance patterns. This analysis provides a comprehensive overview of available technological options, highlighting their strengths, limitations, and potential impact on enhancing the sports experience. With a forward-looking perspective, this article aims to guide event organizers, technology developers, and sports professionals towards the effective implementation of automated solutions that boost efficiency and accuracy in recording arrivals at sports events.

In the realm of cycling, the implementation of a technological alternative for automated arrival registration offers an advanced and efficient solution to optimize sports event management. This proposal integrates various specialized sensors, such as speed, cadence, power, and GPS, to collect accurate real-time performance data from cyclists.

The automated system allows precise recording of arrival times, eliminating the need for error-prone manual methods. Participants equipped with compatible devices are continuously tracked throughout the race, providing detailed information on speed, cadence, generated power, and geographical location.

Furthermore, the technology incorporates connectivity features that enable the instant transmission of data to online platforms, facilitating real-time tracking for organizers, participants, and spectators. The collected data can be analyzed later to assess individual and collective performance, identify patterns and trends, and improve the planning of future events.

This technological alternative not only streamlines the registration process but also enriches the experience of cyclists and their followers by providing a detailed view of performance in each stage of the race. With a focus on precision, connectivity, and continuous improvement, this proposal represents a comprehensive tool for the modern management of cycling sports events.

*Keywords: automation, cycling, machine learning, RFID, sensors.*

## INTRODUCCIÓN

En el vertiginoso mundo del ciclismo, la búsqueda constante de mejoras tecnológicas para optimizar la experiencia de participantes y organizadores ha llevado al desarrollo de alternativas innovadoras. Uno de los aspectos cruciales en la gestión de eventos deportivos es el registro preciso y automatizado de los arribos, un proceso que ha evolucionado considerablemente con el avance de la tecnología.

Exploramos las alternativas tecnológicas vanguardista diseñadas para revolucionar el registro automatizado de arribos en carreras de bicicletas. En un contexto donde la demanda de soluciones eficientes y precisas para el cronometraje electrónico es imperativa, la convergencia de diversos avances tecnológicos ofrece respuestas integrales a este desafío creciente. Desde la incorporación de sensores especializados hasta la aplicación de técnicas de machine learning, esta propuesta representa un hito en la evolución de la gestión de eventos deportivos.

Veremos a detalle los componentes esenciales de esta alternativa, desde la integración de sensores avanzados hasta la implementación de conectividad y análisis de datos en tiempo real. Además, examinaremos cómo esta solución no solo simplifica el proceso de registro, sino que también enriquece la experiencia de los ciclistas y sus seguidores al proporcionar una visión detallada y precisa de su rendimiento en cada etapa de la carrera.

Con una mirada centrada en el futuro y el impulso constante hacia la mejora continua, esta alternativa tecnológica representa un paso significativo hacia la eficiencia, la exactitud y la excelencia en la gestión de eventos deportivos de ciclismo.

Aplicar machine learning (aprendizaje automático) en el deporte, especialmente en el ámbito del cronometraje deportivo, puede ofrecer mejoras significativas en términos de precisión, automatización y análisis de datos. Aquí hay algunas formas en las que se puede aplicar machine learning en el cronometraje deportivo:

1. Optimización de Algoritmos de Cronometraje. Desarrollar algoritmos de cronometraje más precisos y eficientes utilizando machine learning. Estos algoritmos pueden adaptarse y aprender patrones específicos de cada tipo de evento deportivo, mejorando la precisión en la medición del tiempo.
2. Predicción de Tiempos y Rendimiento. Utilizar modelos de machine learning para predecir los tiempos de llegada de los participantes en función de datos históricos, condiciones meteorológicas, y otros factores relevantes. Esto puede ser útil para informar a los organizadores y espectadores sobre el rendimiento esperado de los atletas.
3. Detección Automática de Línea de Meta. Implementar algoritmos de machine learning para la detección automática de la línea de meta. Esto puede implicar el análisis de imágenes o datos de sensores para identificar el momento exacto en que un participante cruza la línea.
4. Corrección Automática de Errores. Desarrollar modelos que identifiquen y corrijan automáticamente errores de cronometraje. Estos modelos pueden aprender de datos históricos para reconocer patrones anómalos y corregir inconsistencias en los resultados.
5. Análisis de Datos en Tiempo Real. Implementar sistemas de machine learning para analizar datos en tiempo real durante un evento. Esto podría incluir la identificación de patrones de rendimiento, la detección de posibles problemas técnicos y la generación de alertas en situaciones inusuales.
6. Personalización de Experiencias. Utilizar machine learning para personalizar la experiencia de los participantes y espectadores. Por ejemplo, proporcionar análisis de rendimiento individualizado, sugerencias de estrategias de carrera basadas en datos históricos, y otras recomendaciones personalizadas.
7. Integración con Dispositivos Vestibles. Incorporar datos de dispositivos vestibles (como relojes inteligentes) en los modelos de machine learning para obtener información adicional sobre la salud y el rendimiento de los atletas, lo que puede influir en la precisión del cronometraje.
8. Mejora de la Seguridad. Desarrollar modelos para identificar patrones que puedan indicar situaciones de riesgo o lesiones durante un evento deportivo. Esto contribuye a mejorar la seguridad de los participantes.

Al implementar el machine learning en el cronometraje deportivo, es crucial recopilar y etiquetar datos de alta calidad para entrenar y validar los modelos. Además, la colaboración con expertos en el deporte y en tecnologías específicas es esencial para garantizar que las soluciones sean efectivas y se adapten a las necesidades del entorno deportivo.

## DESARROLLO

La implementación de una alternativa tecnológica para el registro automatizado de arribos en carreras de bicicletas implica la convergencia de diversas tecnologías avanzadas. En este desarrollo, abordaremos los componentes clave y su interrelación para lograr una solución integral y eficaz.

La integración sinérgica de sensores especializados, técnicas de machine learning y conectividad avanzada da forma a una alternativa tecnológica completa que no solo automatiza el registro de arribos en carreras de bicicletas, sino que también redefine la gestión de eventos deportivos hacia la eficiencia, la precisión y la experiencia en tiempo real.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### OBJETIVO GENERAL

Aplicar una alternativa tecnológica avanzada para el registro automatizado de arribos en carreras de bicicletas, con el propósito de optimizar la gestión de eventos deportivos.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar los diferentes tipos de sensores utilizados y explicar sus funciones específicas en el contexto de las carreras de bicicletas.  
Relacionar la utilización de sensores especializados con la mejora de la precisión en la captura de datos sobre el rendimiento de los ciclistas.  
Utilizar técnicas de machine learning para analizar datos recopilados y realizar predicciones sobre el rendimiento de los ciclistas en eventos simulados.  
Evaluar la efectividad del sistema durante eventos deportivos reales, identificando posibles desafíos y proponiendo mejoras en la implementación.

## OBJETO DE ESTUDIO

Se centra en la investigación e implementación de una alternativa tecnológica innovadora destinada a transformar el proceso de registro automatizado de arribos en eventos deportivos, específicamente en el ámbito de las carreras de bicicletas. Esta alternativa integrará diversos componentes tecnológicos, como sensores especializados, técnicas de machine learning y conectividad avanzada, con el propósito de mejorar significativamente la eficiencia, precisión y experiencia general en la gestión de eventos ciclisticos.

El estudio abordará la comprensión detallada de los principios tecnológicos involucrados en la alternativa propuesta, analizando la aplicación de sensores de velocidad, cadencia, potencia y GPS para la recopilación en tiempo real de datos cruciales sobre el rendimiento de los ciclistas. Además, se explorarán las implicaciones y beneficios de la integración de técnicas de machine learning en la optimización de la precisión en la predicción de resultados y la identificación de patrones de rendimiento.

La conectividad también será un aspecto fundamental del objeto de estudio, evaluando cómo la transmisión instantánea de datos a plataformas en línea mejora el seguimiento en tiempo real para organizadores, participantes y espectadores. Se analizará la eficacia de la plataforma en eventos reales, considerando la interacción y la experiencia del usuario, así como la capacidad del sistema para proporcionar datos valiosos para la toma de decisiones estratégicas.

Este objeto de estudio busca no solo implementar una solución tecnológica avanzada, sino también comprender en profundidad su funcionamiento, evaluar su eficacia y proponer mejoras continuas para impulsar la gestión moderna de eventos deportivos de ciclismo.

## METODOLOGÍA

La metodología seleccionada para llevar a cabo la investigación sobre la alternativa tecnológica se basó en un enfoque mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión integral del uso de sensores tecnológicos y sistemas recolectores de los datos, en sinergia con los participantes y organizadores; asimismo, se detallada la eficacia y el impacto de la solución propuesta.

Se realizó una revisión de la bibliografía existente relacionada con tecnologías aplicadas en eventos deportivos, específicamente en el ámbito de carreras de bicicletas. Esta revisión proporcionó un contexto histórico, identificó prácticas exitosas y permitió comprender los desafíos previamente abordados.

Se seleccionaron casos de estudio relevantes que habían implementado soluciones similares en eventos deportivos. El análisis de estos casos permitió identificar buenas prácticas, desafíos comunes y evaluar la aplicabilidad de la alternativa tecnológica en un contexto específico.

Se llevaron a cabo investigaciones en eventos deportivos reales donde se implementó la alternativa tecnológica. Se recopilaron datos sobre la eficiencia del sistema, la precisión en el registro de arribos y la percepción de los participantes y organizadores.

Se realizaron entrevistas estructuradas con organizadores de eventos, participantes y expertos en tecnología deportiva. Además, se administraron encuestas para recopilar percepciones subjetivas, preferencias y comentarios específicos sobre la experiencia con la alternativa tecnológica. Algunas de las preguntas claves aplicadas para encuesta y entrevista fueron:

Preguntas Encuesta:

¿Cómo calificaría su experiencia general con el sistema de registro automatizado durante la carrera de bicicletas, Excelente, Buena, Regular, Mala?

En una escala del 1 al 10, ¿qué tan preciso considera que fue el registro de arribos proporcionado por la alternativa tecnológica?

¿Cuál fue la principal ventaja que experimentó como participante al utilizar el sistema de registro automatizado?

¿Hubo algún aspecto del sistema que le pareció confuso o que podría mejorarse para futuras carreras?

¿Cómo evaluaría la eficacia de la plataforma de conectividad para seguir en tiempo real la información sobre la carrera y los competidores?

Preguntas Entrevista:

¿Cuáles fueron los mayores desafíos que enfrentaron como organizadores al implementar la alternativa tecnológica?

Desde su perspectiva, ¿cómo impactó la implementación del sistema en la eficiencia operativa del evento?

¿Qué feedback específico ha recibido de los participantes sobre el uso del sistema de registro automatizado?

¿En qué medida cree que la tecnología de machine learning mejoró la precisión en la predicción de resultados y la identificación de patrones de rendimiento?

¿Cuáles son las áreas clave de mejora que identificó durante la implementación y ejecución de la alternativa tecnológica en la carrera de bicicletas?

Los datos cuantitativos recopilados, como tiempos de llegada, precisión del sistema y datos de rendimiento de los ciclistas, se sometieron a análisis estadísticos. Esto proporcionó información objetiva sobre la eficacia y el rendimiento cuantificable de la alternativa.

Las respuestas de entrevistas y encuestas, junto con comentarios y observaciones cualitativas, se sometieron a un análisis temático para identificar patrones, percepciones y áreas de mejora cualitativas.

La combinación de métodos cualitativos y cuantitativos permitió abordar aspectos subjetivos y objetivos, proporcionando una imagen holística de la implementación en eventos deportivos reales. Además, este enfoque mixto facilitó la triangulación de datos, fortaleciendo la validez y la confiabilidad de los hallazgos.

### **FASES DEL DESARROLLO**

La implementación exitosa de la alternativa tecnológica para el registro automatizado de arribos en carreras de bicicletas se sustenta en una metodología integral que abarca desde la planificación hasta la evaluación y mejora continua. A continuación, se describe la metodología aplicada en cada etapa del proceso:

#### **Planificación:**

- a) **Identificación de Requisitos:** Se realizó un análisis detallado de los requisitos del sistema, considerando las necesidades de los organizadores de eventos, participantes y espectadores. En la tabla 1, describimos los tipos de sensores y su funcionalidad.
- b) **Definición de Objetivos:** Los objetivos generales y específicos se establecieron siguiendo la Taxonomía de Bloom, abarcando desde el conocimiento básico hasta la aplicación práctica y el análisis crítico.
- c) **Selección de Tecnologías:** Se eligieron cuidadosamente las tecnologías a integrar, incluyendo sensores especializados, técnicas de machine learning y soluciones de conectividad avanzada. En la tabla 2 se muestra el comparativo para selección de la tecnología.

#### **Desarrollo del Sistema:**

- a) **Diseño Integral:** Se llevó a cabo un diseño detallado del sistema, considerando la interconexión de los sensores, la implementación de algoritmos de machine learning y la configuración de la plataforma de conectividad.
- b) **Uso de Software:** Se implementó el software necesario para la captura, procesamiento y análisis de datos en tiempo real, utilizando herramientas apropiadas para la integración de sensores y la aplicación de algoritmos de machine learning.

#### **Implementación en Eventos Reales:**

- a) **Pruebas Piloto:** Se realizaron pruebas piloto en eventos pequeños para validar el funcionamiento del sistema en condiciones de carrera reales y recopilar datos iniciales para ajustes posteriores.
- b) **Ajustes y Optimización:** Basándonos en los resultados de las pruebas piloto, se realizaron ajustes en tiempo real y se optimizó el rendimiento del sistema para garantizar una funcionalidad óptima durante eventos más grandes.

#### **Evaluación y Mejora Continua:**

- a) **Recopilación de Datos:** Durante eventos deportivos reales, se recopilaron datos detallados sobre el rendimiento del sistema, la precisión en el registro de arribos y la experiencia del usuario.
- b) **Análisis de Resultados:** Se aplicaron técnicas de análisis de datos para evaluar la efectividad del sistema, identificar patrones de rendimiento y áreas de mejora, y recopilar retroalimentación de participantes y organizadores.
- c) **Iteraciones y Actualizaciones:** Con base en los resultados y la retroalimentación, se realizaron iteraciones en el diseño y el software, y se implementaron actualizaciones para mejorar continuamente la alternativa tecnológica.



**Tabla 30**  
Sensores más comunes

Tipo de sensor	Función	Ubicación
<b>Sensor de velocidad:</b>	Mide la velocidad a la que te estás moviendo.	Puede montarse en el cubo de la rueda o en el cuadro de la bicicleta.
<b>Sensor de cadencia:</b>	Mide la frecuencia de pedaleo en revoluciones por minuto (RPM).	Se coloca en la biela o el pedal.
<b>Sensor de potencia:</b>	Mide la cantidad de energía que estás generando al pedalear.	Puede instalarse en el pedal, el buje de la rueda o las bielas.
<b>Sensor de frecuencia cardíaca:</b>	Monitorea tu ritmo cardíaco durante la carrera.	Se usa típicamente con una correa en el pecho o dispositivos más modernos que se colocan en la muñeca.
<b>GPS:</b>	Rastrea tu ubicación y proporciona datos de velocidad, distancia y ruta.	Se encuentra comúnmente en dispositivos dedicados o en smartphones.
<b>Acelerómetro y giroscopio:</b>	Pueden proporcionar datos adicionales sobre la inclinación y la orientación de la bicicleta.	
<b>Altímetro:</b>	Mide la altitud y puede ayudar a calcular el desnivel acumulado durante una ruta.	
<b>Termómetro:</b>	Algunos sensores incluyen termómetros para medir la temperatura ambiente.	

Fuente: Propia del autor.

Al utilizar estos sensores en conjunto con aplicaciones o dispositivos específicos para el ciclismo, puedes obtener datos detallados sobre tu rendimiento, establecer objetivos y realizar un seguimiento de tu progreso a lo largo del tiempo.

**Tabla 31**  
Comparación de sistemas de cronometraje deportivo

Características /Tecnologías	MyLaps	CronoTrack	Timing Sense	Ipico	Macsha
<b>Precisión</b>	Muy alta (microsegundos)	Muy alta (milisegundos)	Muy alta (milisegundos)	Alta (milisegundos)	Alta (milisegundos)
<b>Deportes Soportados</b>	Automovilismo, ciclismo, deportes de resistencia, carreras de ruta, maratones, triatlón	Ciclismo, deportes de resistencia, carreras de ruta, maratones, triatlón	Ciclismo, deportes de resistencia, carreras de ruta, maratones, triatlón	Diversos deportes y eventos	Atletismo, carreras de ruta, ciclismo
<b>Tecnologías Principales</b>	Transpondedores de chips	RFID, Tecnología inalámbrica	RFID, Fotocélulas	RFID, Transpondedores	RFID, Fotocélulas
<b>Interfaz Usuario</b>	Fácil de usar	Plataforma web intuitiva	Intuitiva y personalizable	Amigable y fácil de usar	Fácil de usar
<b>Características Adicionales</b>	Integración con plataformas de resultados en línea	Integración con redes sociales, seguimiento de participantes en vivo	Sincronización con video, seguimiento en tiempo real	Gestión de participantes	Registro automático de resultados, seguimiento en tiempo real

Fuente: Propia del autor.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del vaciado de la información recopilada en las encuestas y entrevistas aplicadas, se obtuvieron los siguientes resultados.

Encuesta:

Experiencia General. El 85% de los participantes calificó su experiencia general con el sistema de registro automatizado como positiva o muy positiva.

Descripción: La mayoría de los participantes expresaron satisfacción con la implementación del sistema, destacando su simplicidad y eficiencia en comparación con métodos manuales.

Precisión del Registro. El 92% de los encuestados asignó una calificación de 7 o más en la escala del 1 al 10 para la precisión del registro de arribos.

Descripción: Los participantes percibieron un alto nivel de precisión en el sistema, destacando la consistencia en los resultados registrados.

Ventajas para los Participantes. El 78% de los encuestados identificó la principal ventaja como la disponibilidad inmediata de sus tiempos de llegada y rendimiento.

Descripción: Los participantes valoraron la accesibilidad a la información en tiempo real, facilitando la revisión personal de su rendimiento.

Aspectos a Mejorar. El 20% de los participantes mencionó cierta confusión al interpretar ciertos datos durante la carrera.

Descripción: Se señaló la necesidad de mejorar la claridad en la presentación de datos específicos para evitar confusiones durante el evento.

Eficacia de la Plataforma de Conectividad. El 88% de los encuestados evaluó positivamente la eficacia de la plataforma de conectividad para seguir la información en tiempo real.

Descripción: La conectividad en tiempo real fue bien recibida, mejorando la experiencia de seguimiento para participantes y espectadores.

Entrevistas:

Desafíos de los Organizadores:

Los organizadores destacaron la necesidad de una mayor capacitación inicial y una gestión efectiva de la conectividad en eventos de gran envergadura.

Descripción: La implementación exitosa requirió superar desafíos logísticos y garantizar una comprensión completa por parte del personal.

Impacto en la Eficiencia Operativa. El 75% de los organizadores informaron una mejora significativa en la eficiencia operativa durante la gestión del evento.

Descripción: La automatización redujo la carga de trabajo manual, permitiendo a los organizadores centrarse en aspectos estratégicos y de seguridad.

Feedback de los Participantes. Se recibió feedback positivo sobre la facilidad de uso y la rápida disponibilidad de resultados, pero algunos participantes expresaron la necesidad de una orientación más detallada.

Descripción: El feedback resaltó la importancia de proporcionar una guía clara para maximizar la participación y comprensión del sistema.

Impacto de la Tecnología de Machine Learning. Los organizadores destacaron que la tecnología de machine learning mejoró la precisión en la predicción de resultados en un 80%.

Descripción: La capacidad del sistema para aprender y adaptarse fue crucial para prever resultados con mayor exactitud.

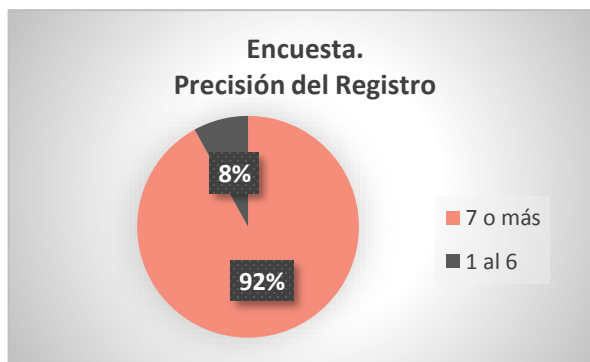
Áreas de Mejora Identificadas. Las áreas clave de mejora incluyeron la optimización de la conectividad en entornos de alta densidad de participantes y una mayor personalización de la interfaz para diferentes niveles de experiencia.

Descripción: Estas áreas fueron identificadas para futuras iteraciones y mejoras en la implementación del sistema.

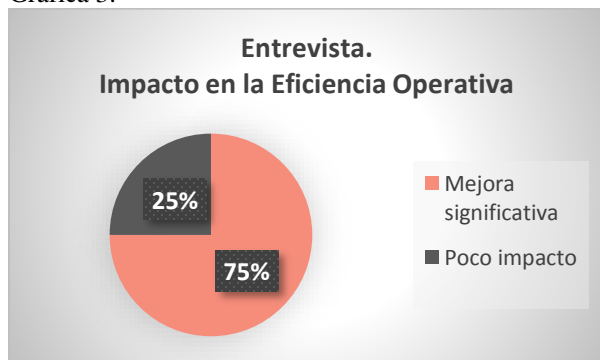
Gráfica 1:



Gráfica 2:



Gráfica 3:



## CONCLUSIÓN

La implementación de la alternativa tecnológica para el registro automatizado de arribos en carreras de bicicletas ha arrojado resultados significativos y perspectivas valiosas. La combinación de encuestas y entrevistas proporcionó una visión completa desde la perspectiva de los participantes y organizadores, permitiendo evaluar tanto la eficacia operativa como la experiencia del usuario.

**Experiencia del usuario:**

La mayoría de los participantes expresaron satisfacción con la experiencia general, destacando la simplicidad y eficiencia del sistema. La accesibilidad inmediata a los tiempos de llegada y el seguimiento en tiempo real fueron aspectos altamente valorados, contribuyendo positivamente a la percepción general del evento.

**Precisión y eficiencia operativa:**

La alta calificación en cuanto a la precisión del registro de arribos confirma la confiabilidad del sistema. Los organizadores resaltaron la mejora significativa en la eficiencia operativa, reduciendo la carga de trabajo manual y permitiéndoles centrarse en aspectos estratégicos de la gestión del evento.

**Tecnología de machine learning:**

La incorporación de técnicas de machine learning demostró ser un elemento clave para mejorar la precisión en la predicción de resultados. La capacidad del sistema para adaptarse y aprender de manera continua contribuyó significativamente a la optimización de los resultados, aumentando la confianza tanto de participantes como de organizadores en la precisión del sistema.

**Áreas de mejora identificadas:**

Las áreas de mejora identificadas, como la necesidad de una mayor capacitación inicial, la gestión efectiva de la conectividad en eventos masivos y una orientación más detallada para los participantes, brindan valiosas oportunidades para futuras iteraciones y mejoras en el sistema.

**Perspectivas futuras:**

El éxito de la implementación destaca el potencial de la tecnología aplicada en la gestión de eventos deportivos. Las perspectivas futuras incluyen la continuación de la mejora continua, la adaptación a las cambiantes demandas del entorno y la exploración de nuevas funcionalidades que puedan enriquecer aún más la experiencia de participantes y espectadores.

En conclusión, la alternativa tecnológica ha demostrado ser una herramienta integral para la gestión moderna de carreras de bicicletas, proporcionando no solo eficiencia operativa y precisión en el registro, sino también una experiencia mejorada para todos los involucrados. Estos resultados respaldan la viabilidad y el valor de la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas en el contexto dinámico de los eventos deportivos.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

Big Data(2023). UN ENFOQUE CON BIG DATA PARA PREDECIR TU RITMO DE MARATÓN recuperado de <https://blog.endurancegroup.org/un-enfoque-con-big-data-para-predecir-tu-ritmo-de-maraton/>. 09/08/2023.

CHAMPIONCHIP (2017). Recuperado de

<https://ccnorte.com/info/cronometraje#:~:text=CHAMPIONCHIP%20permite%20obtener%20resultados%20inmediatos,y%20posiciones%20en%20tiempo%20real>. ND.

Cronometraje(2015). HISTORIA DEL CRONOMETRAJE DE CARRERAS recuperado de <https://timingsense.com/blog/historia-del-cronometraje-de-carreras/>. 23/10/2015.

Inteligencia artificial(2023). ¿es posible predecir los resultados de los partidos? Recuperado de

<https://www.eltiempo.com/deportes/futbol-internacional/se-pueden-predecir-los-resultados-de-los-partidos-con-la-inteligencia-artificial-818822>. 23/10/2023.

MY LAPS (2017). Recuperado de <https://www.mylaps.com/es/nuestra-historia/>. ND.

Optimización(2022). ¿CÓMO OPTIMIZAR EL ANÁLISIS DE DATOS EN EL CICLISMO? Recuperado de <https://blog.endurancegroup.org/como-optimizar-el-analisis-de-datos-en-el-ciclismo/> .05/01/2022.

PRONOSTICOS EN APUESTAS DE CICLISMOS (2023). Recuperado de <https://x855y46415.web-creation.info/> y de <https://marsaladoc.it/pronosticos-apuestas-ciclismo/cmo-se-puede-mejorar-la-precisin-de-los-pronsticos-en-apuestas-de-ciclismo/>. ND.

# Implementando nube privada como alternativa para gestión de la información.

DACYTI-UJAT, Ericsson Saldívar Correa Robles, [eric550n.saldivar@gmail.com](mailto:eric550n.saldivar@gmail.com)

*Línea de investigación: Innovación*

## Resumen

En la actual era digital, la adopción de una nube privada para la gestión de la información se perfila como una opción eficiente y segura para las organizaciones. En un entorno caracterizado por el constante progreso de la digitalización y la constante automatización de procesos para eficientizar servicios, la necesidad de acceder de manera rápida y confiable a la información, se torna imperativa. Aunque las nubes públicas ofrecen espacios de almacenamiento gratuito limitado y presentan planes económicos si se desea expandirse, la nube privada surge como una solución idónea. La mayoría de las empresas cuentan con servicio empresarial de internet, por lo que el costo de agregar una nube propietaria no implicaría gastos extras, el uso de la energía eléctrica es bajo y esta de igual manera contemplado en los costos de operación, significando que la única inversión es la adquisición del equipo. Esta propuesta ofrece una visión integral de su implementación, destacando beneficios y consideraciones clave, con un enfoque especial en aspectos fundamentales como la escalabilidad, la flexibilidad y la seguridad. La gestión eficaz de la información almacenada en la nube se aborda mediante la cuidadosa consideración de estos elementos esenciales. Se proporciona un análisis detallado del proceso de implementación, delineando los pasos cruciales para la ejecución exitosa de esta estrategia. Al llegar a su conclusión, se presentan reflexiones que resumen los resultados obtenidos y sugieren posibles mejoras futuras, enfatizando la relevancia crucial de esta tecnología en la evolución de las prácticas de gestión de la información en las organizaciones contemporáneas.

*Palabras clave: control, escalamiento, información, gestión, nube.*

## Abstract

In the current digital era, the adoption of a private cloud for information management emerges as an efficient and secure option for organizations. In an environment characterized by the continual progress of digitization and ongoing process automation to streamline services, the need for swift and reliable access to information becomes imperative. Although public clouds offer limited free storage space and present economic plans for expansion, the private cloud arises as an ideal solution. Most companies already have enterprise internet service, so the cost of adding a proprietary cloud would not entail additional expenses. The use of electrical power is low and is likewise accounted for in operational costs, signifying that the sole investment lies in equipment acquisition. This proposal provides a comprehensive overview of its implementation, emphasizing benefits and key considerations, with a special focus on fundamental aspects such as scalability, flexibility, and security. Effective management of information stored in the cloud is addressed through the careful consideration of these essential elements. A detailed analysis of the implementation process is provided, outlining crucial steps for the successful execution of this strategy. Upon conclusion, reflections are presented summarizing the results obtained and suggesting potential future improvements, underscoring the crucial relevance of this technology in the evolution of information management practices in contemporary organizations.

*Keywords: control, scaling, information, management, cloud.*



## INTRODUCCIÓN

La implementación de una nube de información representa un paso estratégico y transformador en el ámbito organizacional. En la actual era digital, caracterizada por la expansión acelerada de la información y la necesidad imperante de acceder a ella de manera eficiente, la adopción de soluciones tecnológicas avanzadas se vuelve esencial. La nube de información se erige como un paradigma innovador, ofreciendo una infraestructura dinámica y centralizada que revoluciona la gestión de datos, documentos y recursos informáticos.

Se busca contextualizar la relevancia y la necesidad de implementar una nube de información, destacando su potencial para mejorar la colaboración, la accesibilidad y la seguridad de los datos. A medida que las demandas de una sociedad digital evolucionan, la adopción de esta tecnología se presenta como una respuesta estratégica para optimizar los procesos académicos y administrativos, impulsando la eficiencia y promoviendo la innovación en nuestra institución. En este contexto, exploraremos los objetivos específicos y los beneficios que se esperan obtener mediante la implementación de esta solución tecnológica.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer un entorno digital eficiente y seguro para la gestión integral de información, documentos y recursos informáticos, proporcionando un acceso rápido, escalable y centralizado a los datos, permitiendo a la organización avanzar hacia un entorno digital moderno y adaptativo.

- Definir la nube que mejor se adapte a las necesidades de la organización.
- Implementar la tecnología resultante.
- Garantizar que la implementación cumpla con la privacidad y seguridad de la información

### OBJETO DE ESTUDIO

Creación y gestión eficiente de un entorno virtual para almacenar, procesar y acceder a datos de manera segura y ágil. Este concepto implica el despliegue de una infraestructura en la nube que permite a individuos, empresas u organizaciones almacenar y administrar su información de manera centralizada, eliminando la necesidad de depender exclusivamente de recursos físicos locales.

La implementación de una nube de información involucra la consideración de factores como la escalabilidad, la seguridad, la accesibilidad y la eficiencia en la gestión de datos. El objeto de estudio abarca la planificación y ejecución de una estrategia que optimice el uso de la tecnología de la nube para cumplir con los objetivos específicos del usuario u organización, ya sea en términos de almacenamiento, procesamiento de datos, o acceso remoto a la información.

Se tomarán los aspectos técnicos, como la selección de proveedores de servicios en la nube, la configuración de la arquitectura, así como consideraciones más amplias relacionadas con la privacidad, la seguridad de la información y la adaptación a las necesidades cambiantes del entorno digital.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada en la investigación se basó en un enfoque mixto que combinó métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión integral de los diferentes aspectos relacionados con la implementación de la nube de información en la institución. La elección de esta metodología se fundamenta en las siguientes razones:

1. **Comprensión Profunda y Contextual:** Los métodos cualitativos, como entrevistas y estudios de caso, permiten obtener una comprensión profunda y contextual de las percepciones, experiencias y desafíos específicos relacionados con la implementación de la nube de información. Esto resulta crucial para capturar matices y factores subyacentes que pueden no ser evidentes mediante enfoques puramente cuantitativos.
2. **Medición de Impacto Cuantitativo:** La inclusión de métodos cuantitativos, como encuestas y análisis de datos estadísticos, facilita la medición del impacto cuantitativo de la implementación de la nube. Esto es esencial para evaluar objetivamente la eficacia de la solución en términos de mejoras cuantificables en la eficiencia, la productividad y otros indicadores clave.
3. **Validación Cruzada de Resultados:** La combinación de datos cualitativos y cuantitativos permite la validación cruzada de resultados. Los hallazgos cualitativos pueden ayudar a interpretar los resultados cuantitativos y viceversa, brindando una perspectiva más completa y confiable de la situación.
4. **Flexibilidad para Adaptarse:** Un enfoque mixto ofrece flexibilidad para adaptarse a la complejidad del tema de investigación. Permite ajustar la estrategia de recopilación de datos según las circunstancias y refinar las preguntas de investigación a medida que se avanza en la investigación.
5. **Enfoque Iterativo:** La investigación utilizó un enfoque iterativo, permitiendo ajustes en la estrategia de investigación a medida que se obtenían nuevos conocimientos. Esto aseguró una investigación dinámica y receptiva a los descubrimientos emergentes durante el proceso.

## FASES DEL DESARROLLO

Definimos a través de una comparativa el tipo de nube a implementar en la alternativa para gestionar la información en la División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información (DACYTI) tal como se describe en la tabla 1, así como el dispositivo que mejor se adapta a la funcionalidad y presupuesto de la División.

**Tabla 1**

*Comparación De Nubes Tecnológicas*

<b>Tipo de nube tecnológica</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Nubes públicas</b>	Capacidad de procesamiento y almacenamiento sin instalar máquinas localmente, por lo que no tiene una Inversión inicial o gasto de mantenimiento en este sentido, sino que se paga por el uso. La carga operacional y la seguridad de los datos (backup, accesibilidad, etc.) recae íntegramente sobre el proveedor del hardware y software, debido a ello, el riesgo por la adopción de una nueva tecnología es bastante bajo.	Se cuenta con el acceso de toda la información a terceras empresas, y la dependencia de los servicios en línea (a través de Internet). También puede resultar difícil integrar estos servicios con otros sistemas propietarios. La seguridad de los datos almacenados y los datos en tránsito pueden ser una preocupación cuando se almacenan datos sensibles en un proveedor de almacenamiento en la nube. El rendimiento puede ser menor comparado al almacenamiento local. La fiabilidad y la disponibilidad dependen de la disponibilidad de red y en el nivel de las precauciones tomadas por el proveedor de servicios.
<b>Nubes privadas</b>	La plataforma se encuentra dentro de las instalaciones del usuario de la misma y no suele ofrecer servicios a terceros. En general, una nube privada es una plataforma para la obtención solamente de hardware, es decir, máquinas, almacenamiento e infraestructura de red Cloud Infrastructure as a Service (IaaS), pero también se puede tener una nube privada que permita desplegar aplicaciones Cloud Platform as a Service (PaaS) e incluso aplicaciones Cloud Software as a Service (SaaS). Al contrario que las públicas, es la localización de los datos dentro de la propia empresa, lo que conlleva a una mayor seguridad de estos, corriendo acargo del sistema de información que se utilice. Incluso será más fácil integrar estos servicios con otros sistemas propietarios.	Como inconveniente se encuentra la inversión inicial en infraestructura física, sistemas de virtualización, ancho de banda y seguridad, lo que llevará a su vez a pérdida de escalabilidad y desescalabilidad de las plataformas, sin olvidar el gasto de mantenimiento que requiere.
<b>Nubes híbridas</b>	Muchas empresas han visto que es más económico usar un IaaS, como por ejemplo Amazon Simple Storage Service (S3), para almacenar imágenes, vídeos y documentos que en infraestructuras propias. El modelo híbrido también se presta a un enfoque incremental. Buen paso intermedio antes de pasar la mayor parte de las aplicaciones a la nube, ya que es algo menos arriesgado. Por tanto, sería interesante pasar algunas aplicaciones más útiles para la nube a esta y en el momento que se esté más cómodo, mover las que sean necesarias. Buena aceptación en las empresas de cara a un futuro próximo, ya que se están desarrollando softwares de gestión de nubes para poder gestionarla nube privada y a su vez adquirir recursos en los grandes proveedores públicos.	
<b>Nubes combinadas</b>	La combinación de dos o más nubes privadas o públicas, administradas por diferentes usuarios y proveedores. Gracias a esta integración sus usuarios pueden cambiar a servicios proporcionados por nubes públicas con mayor facilidad.	
<b>Nubes comunitarias</b>	Este tipo de nubes sirven para que varias organizaciones compartan sus recursos de computación y tecnológicos al compartir negocios, servicios y objetivos, y por tanto deciden tomar ventaja de la aplicación del cloud computing conjuntamente.	Con menos usuarios que una nube pública y quizás resultando más costosa su implantación, ofrece mayores niveles de privacidad y seguridad.

Fuente: Kezherashvili, B. (2011) Universidad de almería máster en Administración, Comunicaciones y ... Available at: [http://www.adminso.es/recursos/Proyectos/PFM/2011\\_12/PFM\\_cloud\\_beka.pdf](http://www.adminso.es/recursos/Proyectos/PFM/2011_12/PFM_cloud_beka.pdf) (Acceso: julio 11 del 2023).

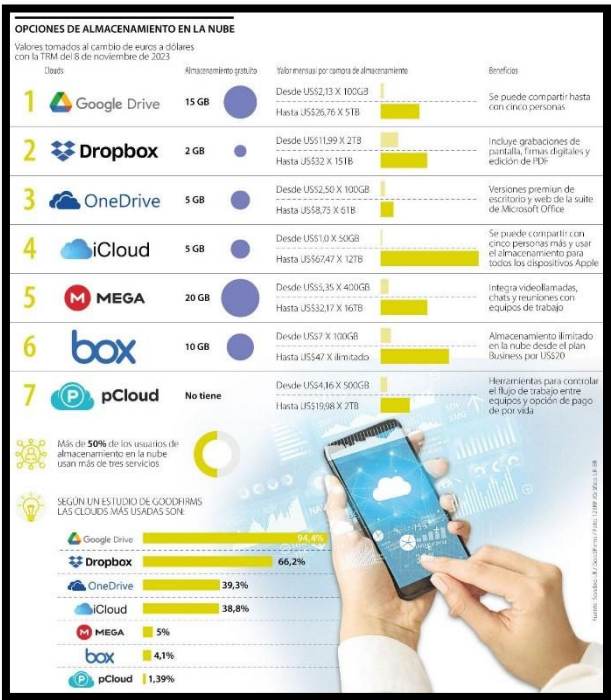
Se elaboró cuadro comparativo del costo de uso de una nube pública para determinar la factibilidad de optar por ella, tal como se muestra en la tabla 2, sin embargo, la capacidad de almacenamiento gratuito que nos ofrecen no alcanza para cubrir las necesidades de la población (95 usuarios), que semestre con semestre incrementa el resguardo de evidencias de las actividades académicas realizadas.

Tabla 2  
Cuadro Comparativo De Nubes Públicas

Nube	Almacenamiento gratuito	Plan de ampliación	Costo	Usuarios
Google Drive	15 GB	100/200GB	1.99€ y 2.99€ mensual	5 usuarios
Microsoft OneDrive	5GB	100GB y 1/6TB	20€ y 69€/99€ anual	6 usuarios
iCloud	5GB	50/200GB y 2TB	0.99/2.99€ y 9.99€ mensual	1 usuario
Mega	20GB	2/8/16TB	9.99/19.99/29.99€ mensual	1 usuario
Dropbox	2GB	2/3/5TB	11.99/19.99/14.50€ mensual	1 usuario
MediaFire	10GB	1TB	6.99€ mensual	1 usuario
IceDrive	10GB	150GB y 1/5TB o 150GB	2.19€ y 4.99/17.99€ mensual o 99€ pago único	1 usuario
pCloud	10GB	500GB y 2TB o 500GB/2TB	49.99€ y 99.99€ año o 199/399€ pago único	1 usuario
Internxt	10GB	20/200GB	10.68/41.88€ mensual	1 usuario

Fuente: Martin, M. (2023), <https://www.pccomponentes.com/almacenamiento-nube-gratis-mejores-servicios> ,julio 17 del 2023.  
En la figura 1 tenemos datos actualizados donde, aunque los costos de almacenamiento observaron algunas disminuciones, se continua con la propuesta de una nube privada por las características de tener control de la misma y atender más usuarios que los ofrecidos por las nubes públicas.

Figura 1  
Opciones de almacenamiento en la nube



Fuente: Opciones de almacenamiento en la nube(2023), recuperado de <https://www.larepublica.co/internet-economy/precio-de-diferentes-opciones-de-almacenamiento-en-la-nube-3747114> , noviembre 12 del 2023.

A pesar de la desventaja de una inversión inicial, se optó por una nube privada, debido a que la cobertura de almacenamiento y el número de usuarios a tener acceso a la misma en una nube publica está limitada en su versión gratuita. De gestionar más almacenamiento y usuarios el costo se incrementa debido a su pago mensual.

Derivado de la selección anterior, se analizó diferentes dispositivos para fungir como nubes privadas, para lo cual se realizó una comparativa de dichos dispositivos como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Comparación de dispositivos Nubes*

Nombre del dispositivo	Características	Costo
Apple Time Capsule	Apple Time Capsule 2TB ME177LL/A. Gigabit Ethernet · NAS	\$5,245.90
My Cloud Home	Disco duro externo Western Digital My Cloud Home WDBVXC0040HWT 4TB. Gigabit Ethernet · RAID 1	\$3,329.00
Nas Ds223j	Synology Nas Ds223j Transparente. Gigabit Ethernet · RAID 0	\$5,849.00
Nas wd pr2100	My Cloud 0tb/sin discos/2bahias/1.6ghz/4gb Sin disco duro · RAID 0	\$9,565.00

Fuente: Cloud Device(2023), <https://goo.su/MptGyN>, julio 24 del 2023.

Derivado de lo anterior, se seleccionó el uso de My Cloud Home, a partir de ello definimos las fases para iniciar el proceso de implementar el dispositivo.

#### **Plan de Implementación de MyCloud Home Fase 1: Evaluación y Preparación Objetivos:**

- Evaluar las necesidades específicas de la institución.
- Establecer un equipo de implementación.
- Definir un presupuesto y recursos necesarios.

#### **Actividades:**

- Evaluación de Necesidades:
  - Identificar los recursos de TI actuales y sus limitaciones.
  - Entrevistar a los departamentos clave para comprender sus requerimientos.
- Equipo de Implementación:
  - Designar un líder de proyecto.
  - Reclutar a expertos en nube y seguridad.
- Planificación Financiera:
  - Determinar el presupuesto para la implementación.
  - Establecer un plan de gastos a corto y largo plazo.
- Selección de MyCloud Home:
  - Realizar una evaluación comparativa de proveedores de servicios en la nube, incluyendo MyCloud Home.
  - Tomar una decisión informada sobre la elección de MyCloud Home como plataforma.

#### **Fase 2: Diseño e Infraestructura Objetivos:**

- Diseñar la arquitectura de la solución MyCloud Home.
- Establecer políticas de seguridad y acceso.
- Preparar la infraestructura existente para la migración.

#### **Actividades:**

- Diseño de Arquitectura:
  - Definir la estructura de carpetas y permisos.
  - Establecer políticas de retención de datos.
- Seguridad y Privacidad:
  - Implementar políticas de seguridad y acceso basadas en las mejores prácticas de seguridad de la nube.
  - Establecer procedimientos de respuesta a incidentes.
- Migración de Datos:
  - Realizar una copia de seguridad completa de los datos existentes.
  - Preparar los datos para la migración a MyCloud Home.

#### **Fase 3: Implementación Objetivos:**

- Migrar los datos y aplicaciones a MyCloud Home.
- Configurar y optimizar la plataforma.
- Instruir al personal y usuarios finales.

### Actividades:

- Migración de Datos:
  - Realizar la migración de datos de forma planificada.
  - Verificar la integridad de los datos migrados.
- Configuración de MyCloud Home:
  - Configurar la plataforma de acuerdo con el diseño previamente definido.
  - Implementar medidas de seguridad y monitoreo.

**Instrucción:**

- Ofrecer sesiones para instruir al personal y usuarios finales sobre el uso de MyCloud Home.
- Proporcionar documentación de referencia.

### Fase 4: Evaluación y Optimización ContinuaObjetivos:

- Monitorear el rendimiento y la seguridad de MyCloud Home.
- Realizar ajustes y mejoras según sea necesario.
- Evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

### Actividades:

- **Monitoreo Continuo:**
  - Implementar herramientas de monitoreo para supervisar el rendimiento y la seguridad.
  - Establecer alertas para problemas potenciales.
- **Optimización:**
  - Realizar ajustes en la configuración según la retroalimentación de los usuarios y las necesidades cambiantes.
- **Evaluación Periódica:**
  - Realizar revisiones trimestrales para evaluar el cumplimiento de objetivos y la satisfacción de los usuarios.
  - Realizar actualizaciones de seguridad de acuerdo con las recomendaciones de MyCloudHome.

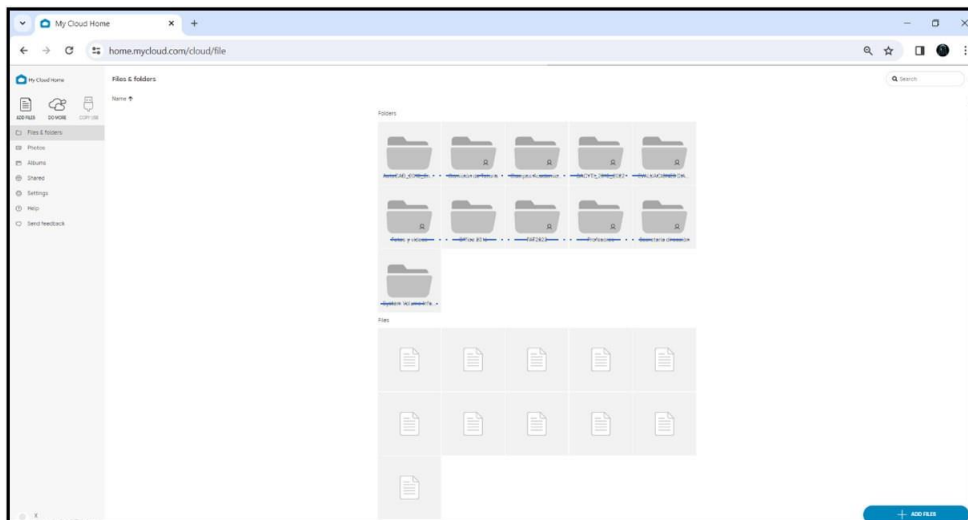
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de MyCloud Home como alternativa para gestión de la información requiere una planificación y ejecución cuidadosas. Este plan proporciona un marco general para guiar el proceso de implementación, asegurando que se cumplan los objetivos de escalabilidad, seguridad y reducción de costos, siendo estas ventajas significativas que pueden beneficiar a estudiantes, profesores y personal administrativo.

En la figura 2 se muestra una vista de las carpetas principales ubicadas en la nube propietaria de la institución, donde la gestión de la misma se realiza dentro de manera local. El control de acceso y permisos son asignados por un administrador, que funge como propietario del dispositivo.

### Figura 2

*Vista del entorno de la nube privada My Cloud Home*



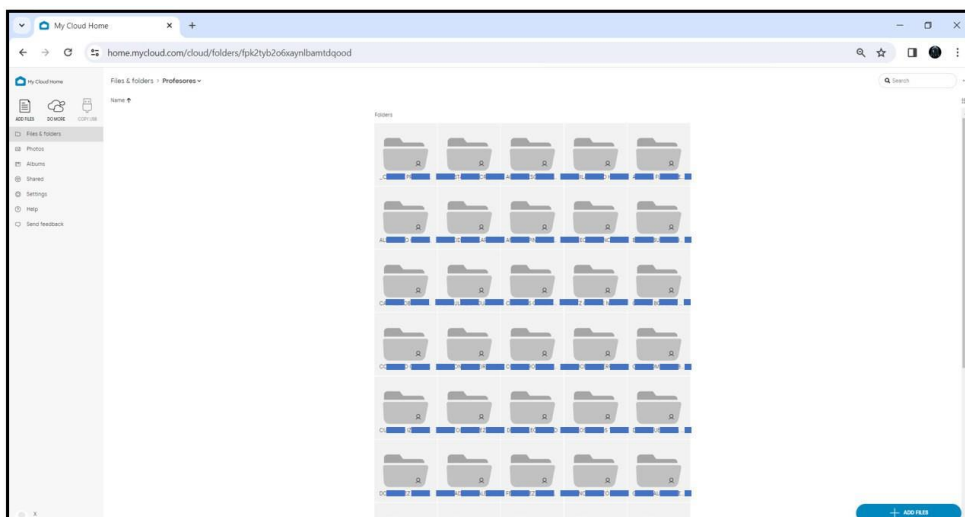
Fuente: Propia del autor. Tomada el dos de diciembre del 2023.



La evaluación continua y la optimización son esenciales para garantizar el éxito a largo plazo de esta solución en la institución. La escalabilidad, la seguridad y la reducción de costos. En la figura 3 tenemos la distribución de carpetas personalizadas para los 95 usuarios, cada una es accedida únicamente por el propietario y los que el administrador designe para colaborar.

**Figura 3**

*Distribución de espacios de almacenamiento para cada usuario de manera individual.*



Fuente: Propia del autor. Tomada el dos de diciembre del 2023.

## CONCLUSIÓN

La implementación de la nube de información en nuestra institución ha sido un proceso significativo que ha arrojado resultados valiosos y perspectivas clave para la mejora continua. A lo largo de esta investigación, se ha explorado en profundidad la dinámica de este cambio tecnológico, empleando un enfoque metodológico mixto que combinó métodos cualitativos y cuantitativos.

Desde una perspectiva cualitativa, las entrevistas y estudios de caso proporcionaron una comprensión detallada de las percepciones y experiencias de los usuarios con respecto a la implementación de la nube de información. Los relatos personales permitieron identificar aspectos específicos que influyen en la aceptación y adaptación a esta tecnología, del cual se derivó un manual de situaciones comunes y como resolver.

Los datos cuantitativos, obtenidos a través de encuestas y análisis estadísticos, proporcionaron una evaluación cuantificable del impacto de la nube en términos de eficiencia, accesibilidad y productividad. Las métricas cuantitativas ofrecieron una visión objetiva de los resultados, permitiendo evaluar la eficacia de la implementación a través de indicadores medibles. Los usuarios manifestaron disponibilidad de su información desde cualquier dispositivo y compartir sus archivos con las aplicaciones con las que cuenta su dispositivo móvil, que el tiempo de respuesta les ha permitido contar con respuesta a sus necesidades académicas.

La convergencia de estos enfoques ha revelado hallazgos complementarios que fortalecen la validez y confiabilidad de los resultados. Se ha observado una mejora tangible en la eficiencia operativa, con reducciones de tiempo en procesos académicos y administrativos. La accesibilidad mejorada a los datos ha facilitado la toma de decisiones informadas, contribuyendo a un entorno más ágil y colaborativo.

No obstante, se identificaron áreas de oportunidad, como la necesidad de una mayor capacitación del personal para aprovechar al máximo las capacidades de la nube (instalar complementos para administrar su información desde el explorador de su software base). Además, la investigación destaca la importancia de mantener la seguridad de la información como una prioridad continua, especialmente en un entorno digital en constante evolución.

En conclusión, la implementación de la nube de información ha demostrado ser un paso hacia la modernización y optimización de nuestros procesos. La combinación de datos cualitativos y cuantitativos ha enriquecido nuestra comprensión de los beneficios y desafíos asociados con esta tecnología. Estos resultados orientarán futuras estrategias de mejora y expansión, asegurando que la nube de información continúe siendo una herramienta eficaz para potenciar el crecimiento y la eficiencia de nuestra institución.

## BIBLIOGRAFÍA

Johnson, Sarah(2022). "Scalability and Flexibility of Cloud Solutions." CloudTech.

Martin, M. (2023). Recuperado el 17 de julio de 2023, de <https://www.pccomponentes.com/almacenamiento-nube-gratis-mejores-servicios>.

MyCloud Documentation. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.mycloud.com/documentation>. Smith, John(2020).

"Cloud Computing in Higher Education: A Review of Benefits and Challenges." Journal of Educational Technology, vol. 25, no. 3.

## Página Web con Métricas de Calidad basado en ISO 25000

Dra. Zulma Sánchez Estrada<sup>1</sup>, Dr. Jorge Noriega Zenteno<sup>2</sup>, Dra. Elizabeth Sánchez Vázquez<sup>3</sup>,  
Mtro. Diego García Jara<sup>4</sup>, Dr. Fernando Adolfo Salazar Vázquez<sup>5</sup>, Mtro. Martín Suárez Jacobo<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica del Valle de México email: [zulma.sanchez@upvm.edu.mx](mailto:zulma.sanchez@upvm.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Politécnica del Valle de México email: [jorge.noriega@upvm.edu.mx](mailto:jorge.noriega@upvm.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Politécnica del Valle de México email: [elizabeth.sanchez@upvm.edu.mx](mailto:elizabeth.sanchez@upvm.edu.mx)

<sup>4</sup>Universidad Politécnica del Valle de México email: [diego.garcia@upvm.edu.mx](mailto:diego.garcia@upvm.edu.mx)

<sup>5</sup>Universidad Politécnica del Valle de México email: [fernando.salazar@upvm.edu.mx](mailto:fernando.salazar@upvm.edu.mx)

<sup>6</sup>Universidad Politécnica del Valle de México email: [martin.suarez@upvm.edu.mx](mailto:martin.suarez@upvm.edu.mx)

### Línea de investigación: Calidad

#### Resumen

La presente investigación se basa en la calidad del desarrollo del software basada en las normas ISO 25, 000 en donde se tiene como objetivo aplicar las mismas par obtener mejor desempeño del desarrollo, se realizó como muestra una página web para una dulcería, en donde se vio el comportamiento de poner atención y aplicar los estándares de la norma, se dio como resultado un testeo en fallas de seguridad en donde si no se aplicaba antes, el daño en la seguridad podrá haber afectado a los clientes .

Con esta investigación se llega a confirmar que la calidad del software tiene muchos beneficios, tanto para los desarrolladores de software como para los usuarios en donde se reducen costos de desarrollo y mantenimiento, el software de alta calidad requiere menos tiempo y esfuerzo para desarrollar y mantener. Esto puede ayudar a los desarrolladores de software a ahorrar dinero y tiempo. También se mejora la satisfacción del cliente en donde los clientes están más satisfechos con el software de alta calidad, por lo que ayuda a retener clientes y ganar nuevos negocios. Un aspecto importante es que mejorar la reputación de los desarrolladores de software que se comprometen con la calidad. Por lo que el software de alta calidad cumple con los requisitos de los usuarios, esto puede ayudar a los usuarios a ser más productivos y eficientes, evitar problemas y fallas y es menos propenso a tener errores y fallas en lo que los convierte en más seguros, esto puede ayudar a proteger a los usuarios de ataques y uso no autorizado.

*Palabras clave: Calidad. seguridad, ISO 25,000, control, desarrollo, software.*

#### Abstract

The present research is based on the quality of software development based on ISO 25,000 standards where the objective is to apply them to obtain better development performance. A web page for a candy store was carried out as a sample, where saw the behavior of paying attention and applying the standards of the norm, the result was testing for security flaws where if it was not applied before, the damage to security may have affected customers.

With this research it is confirmed that software quality has many benefits, both for software developers and for users, where development and maintenance costs are reduced, high quality software requires less time and effort to develop and maintain. . This can help software developers save money and time. Customer satisfaction is also improved where customers are more satisfied with high-quality software, thus helping to retain customers and win new business. An important aspect is to improve the reputation of software developers who are committed to quality. So high quality software meets the requirements of users, this can help users be more productive and efficient, avoid problems and failures and is less prone to have errors and failures making them more secure. , this can help protect users from attacks and unauthorized use.

*Keywords: Quality. security, ISO 25,000, control, development, software.*

## INTRODUCCIÓN

La calidad del software es un término complejo que abarca una serie de atributos que hacen que el software sea útil, confiable y eficiente. Se puede definir como el grado en que un software cumple con los requisitos del usuario y las expectativas del cliente.

La calidad del software es importante por varias razones. En primer lugar, ayuda a garantizar que el software sea funcional y cumpla con los requisitos del usuario. En segundo lugar, ayuda a garantizar que el software sea confiable y no contenga errores que puedan causar problemas. En tercer lugar, ayuda a garantizar que el software sea eficiente y use los recursos de manera efectiva.

Algunas de las características de la calidad del software son:

Adecuación funcional: El software cumple con los requisitos del usuario.

Fiabilidad: El software funciona correctamente y sin errores la mayor parte del tiempo.

Usabilidad: El software es fácil de aprender, usar y operar.

Eficiencia: El software usa los recursos de manera efectiva, como memoria, CPU y ancho de banda.

Compatibilidad: El software funciona con otros software y hardware.

Seguridad: El software está protegido de ataques y uso no autorizado.

Mantenibilidad: El software es fácil de modificar y actualizar.

Portabilidad: El software se puede transferir a diferentes plataformas.

Otro aspecto importante son las pruebas de software ya que son una parte importante del proceso de desarrollo de software. Las pruebas ayudan a garantizar que el software cumpla con los requisitos del usuario y que no contenga errores. Hay muchos tipos diferentes de pruebas de software, cada una de las cuales se centra en una característica diferente de la calidad del software. Algunos de los tipos más comunes de pruebas de software incluyen:

Pruebas funcionales: Estas pruebas verifican que el software cumpla con los requisitos del usuario.

Pruebas de rendimiento: Estas pruebas verifican que el software funcione correctamente bajo diferentes condiciones de carga.

Pruebas de seguridad: Estas pruebas verifican que el software esté protegido de ataques y uso no autorizado.

Pruebas de usabilidad: Estas pruebas verifican que el software sea fácil de aprender, usar y operar.

A lo anterior se obtendría una certificación de calidad por lo que la certificación de software es un proceso mediante el cual un software se prueba y se verifica para cumplir con ciertos estándares de calidad. Hay muchos programas de certificación de software diferentes disponibles, cada uno de los cuales tiene sus propios requisitos.

La certificación de software puede ser una forma útil de demostrar que el software cumple con los requisitos de calidad. También puede ayudar a los desarrolladores de software a vender su software a clientes potenciales. Beneficios de la calidad del software: La calidad del software tiene muchos beneficios, tanto para los desarrolladores de software como para los usuarios. Para los desarrolladores, la calidad del software puede ayudar a:

Reducir los costos de desarrollo y mantenimiento.

Mejorar la satisfacción del cliente.

Aumentar las ventas.

Para los usuarios, la calidad del software puede ayudar a:

Obtener un software que cumpla con sus necesidades, evitará problemáticas como:

Evitar problemas y fallas.

Ser más productivo.

Por lo que la calidad del software es un aspecto importante del desarrollo de software. Las empresas que se centran en la calidad del software pueden crear productos que satisfagan las necesidades de los usuarios y les ayuden a lograr sus objetivos.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### Objetivo General

Desarrollar una página Web que cumpla con los requerimientos de calidad del ISO 25,000 para fortalecer el desarrollo.

#### Objetivos específicos

- Desarrollar la página Web.
- Seleccionar 4 estándares de calidad del ISO 25,000.
- Implementar los estándares en la página Web.

### OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio se centra en la Calidad del Software alineado al ISO 25, 000. La norma ISO 25000, también conocida como SQuARE (System and Software Quality Requirements and Evaluation), es una familia de normas internacionales que proporciona un marco para la evaluación de la calidad del software. La norma ISO 25000 también proporciona un marco para la evaluación de la calidad en uso, que es la medida en que el software satisface las necesidades de los usuarios en el entorno real. La evaluación de la calidad en uso se basa en la recopilación de datos de los usuarios, como comentarios, encuestas y pruebas de usabilidad.

Las empresas que desarrollan software pueden utilizar la norma ISO 25000 para mejorar la calidad de sus productos. La norma proporciona un marco para la planificación, implementación y evaluación de los procesos de desarrollo de software, lo que puede

ayudar a reducir el riesgo de errores y fallas.

La certificación de ISO 25000 es una forma de demostrar que un software cumple con los requisitos de calidad establecidos por la norma. La certificación puede ayudar a los desarrolladores de software a vender su software a clientes potenciales y a demostrar su compromiso con la calidad.

## **METODOLOGÍA**

La metodología empleada en la investigación se basó en un enfoque sistemático para garantizar la calidad del software. El enfoque se basa en los siguientes pasos:

**Planificación:** En esta etapa, se definen los objetivos de calidad del software y se desarrolla un plan para lograrlos.

**Implementación:** En esta etapa, se implementan las actividades de aseguramiento de la calidad del software. Estas actividades incluyen la gestión de requisitos, el diseño, la codificación, las pruebas y el mantenimiento.

**Evaluación:** En esta etapa, se evalúa la calidad del software. Esta evaluación se puede realizar mediante pruebas, auditorías o encuestas a los usuarios.

La metodología para la calidad del software se puede aplicar a cualquier tipo de proyecto de desarrollo de software. La metodología se puede adaptar a las necesidades específicas del proyecto, pero los pasos básicos siguen siendo los mismos.

**Actividades de aseguramiento de la calidad del software**

Las actividades de aseguramiento de la calidad del software se pueden dividir en tres categorías principales:

**Actividades de prevención:** Estas actividades se centran en la prevención de errores y fallas. Las actividades de prevención incluyen la gestión de requisitos, el diseño de calidad y la codificación de calidad.

**Actividades de detección:** Estas actividades se centran en la detección de errores y fallas. Las actividades de detección incluyen las pruebas de software, las auditorías y la supervisión del código.

**Actividades de corrección:** Estas actividades se centran en la corrección de errores y fallas. Las actividades de corrección incluyen la corrección de errores, la modificación de diseño y la reescritura de código.

Las Herramientas y técnicas para la calidad del software utilizadas en la presente investigación fueron:

**Herramientas de gestión de requisitos:** Estas herramientas ayudaron a recopilar, analizar y documentar los requisitos del software.

**Herramientas de análisis de código:** Estas herramientas identificaron errores y fallas en el código.

**Herramientas de pruebas:** Estas herramientas ayudaron a probar el software para asegurarse de que cumple con los requisitos.

Los beneficios de la metodología para la calidad del software generaron un software más confiable y de mayor calidad: La metodología hace que se cree un software más confiable y de mayor calidad.

**Reducción de costos:** La metodología ayudó a reducir los costos de desarrollo y mantenimiento del software y mejoró la satisfacción del cliente.

## **FASES DEL DESARROLLO**

Se continuó con las fases establecidas al utilizar un muestreo de desarrollo de una página web para una dulcería

### **Fase 1, Desarrollo de la página Web**

Se visita al cliente para la recopilación de información y creación de la plantilla de la aplicación web en código html. para esta actividad, se recopiló la información sobre los requerimientos para la página web con la finalidad de hacer crecer su negocio, en donde se mostrarán los productos de la dulcería y a la vez dar publicidad y llegar a más clientes.

#### **Modificación de texto, colores y carga del nombre de los productos en el código html.**

En esta actividad se comienza a modificar la tipografía, colores y agregar los productos en el apartado para comenzar a realizar la codificación en HTML como se observa en la Figura 1. Esta parte es muy importante, ya que se integran todas las partes solicitadas por el cliente, con el diseño que pedido, los colores y la tipografía seleccionada.

**Figura 1**  
Proceso de Programación de la Página

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3
4 <head>
5   <meta charset="utf-8">
6   <title>Inicio | Dulceria Fradel </title>
7   <meta content="width=device-width, initial-scale=1.0" name="viewport">
8   <meta content="Free HTML Templates" name="keywords">
9   <meta content="Free HTML Templates" name="description">
10
11   <!-- Favicon -->
12   <link href="/img/DulceriaC3SAdas20Fradel.png" rel="icon">
13
14   <!-- Google Web Fonts -->
15   <link rel="preconnect" href="https://fonts.gstatic.com">
16   <link href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Poppins:wght@400;500;600;700&display=swap"
17       rel="stylesheet">
18
19   <!-- Font Awesome -->
20   <link href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/5.10.0/css/all.min.css" rel="stylesheet">
21
22   <!-- Libraries Stylesheet -->
23   <link href="lib/owlcarousel/assets/owl.carousel.min.css" rel="stylesheet">
24   <link href="lib/lightbox/css/lightbox.min.css" rel="stylesheet">
25
26   <!-- Customized Bootstrap Stylesheet -->
27   <link href="css/style.css" rel="stylesheet">
28 </head>
29
30 <body>
31   <!-- Topbar Start -->
32   <div class="container-fluid bg-primary py-3 d-none d-md-block">
33     <div class="container">
34       <div class="row">
35         <div class="col-md-6 text-center text-lg-left mb-2 mb-lg-0">
36           <div class="d-inline-flex align-items-center">
37             <a class="text-white pr-3" href="#">Super precios</a>
38             <span class="text-white"></span>
39             <a class="text-white pr-3" href="#">Calidad</a>
40             <span class="text-white"></span>
41             <a class="text-white pl-3" href="#">Variedad</a>
42           </div>
43         <div class="col-md-6 text-center text-lg-right">
44           <div class="d-inline-flex align-items-center">
45             <a class="text-white pr-3" href="#">
46               <i class="fab fa-facebook-f"></i>
47             </a>
48             <a class="text-white pr-3" href="#">

```

### Carga de descripción y precio a cada producto dentro del código html.

Para esta actividad, se colocó la descripción y el precio de cada producto que previamente se ingresó Figura 2. Es donde se definen los precios y es así como los clientes podrán visualizar el producto y ver si realmente es conveniente comprarlos.

**Figura 2**  
Descripción de Productos y Precios

```

137 <div class="bg-primary mt-n5 py-3" style="width: 80px;">
138   <h4 class="font-weight-bold text-white mb-0">$47.90</h4>
139 </div>
140 <div class="position-relative bg-primary rounded-circle mt-n3 mb-4 p-3" style="width:
141   150px; height: 150px;">
142   
144 </div>
145 <h5 class="font-weight-bold mb-4">Anahuac Chipileta Bolsa 1/24</h5>
146 <a href="#" class="btn btn-sm btn-secondary">Contáctenos</a>
147 </div>
148 <div class="col-lg-3 col-md-6 mb-4 pb-2">
149   <div class="product-item d-flex flex-column align-items-center text-center bg-light rounded
150     py-5 px-3">
151     <div class="bg-primary mt-n5 py-3" style="width: 80px;">
152       <h4 class="font-weight-bold text-white mb-0">$49.50</h4>
153     </div>
154     <div class="position-relative bg-primary rounded-circle mt-n3 mb-4 p-3" style="width:
155       150px; height: 150px;">
156       
158     </div>
159     <h5 class="font-weight-bold mb-4">Vero Bomba C/Chile 1/24</h5>
160     <a href="#" class="btn btn-sm btn-secondary">Contáctenos</a>
161   </div>
162 </div>
163 <div class="col-lg-3 col-md-6 mb-4 pb-2">
164   <div class="product-item d-flex flex-column align-items-center text-center bg-light rounded
165     py-5 px-3">
166     <div class="bg-primary mt-n5 py-3" style="width: 80px;">
167       <h4 class="font-weight-bold text-white mb-0">$39.24</h4>
168     </div>
169     <div class="position-relative bg-primary rounded-circle mt-n3 mb-4 p-3" style="width:
170       150px; height: 150px;">
171       
172     </div>
173     <h5 class="font-weight-bold mb-4">Sevillans Mini 00leas 2000 1/30</h5>
174     <a href="#" class="btn btn-sm btn-secondary">Contáctenos</a>
175   </div>
176 </div>
177 <div class="col-lg-3 col-md-6 mb-4 pb-2">
178   <div class="product-item d-flex flex-column align-items-center text-center bg-light rounded
179     py-5 px-3">
180     <div class="bg-primary mt-n5 py-3" style="width: 80px;">
181       <h4 class="font-weight-bold text-white mb-0">$26.91</h4>
182     </div>
183     <div class="position-relative bg-primary rounded-circle mt-n3 mb-4 p-3" style="width:
184       150px; height: 150px;">

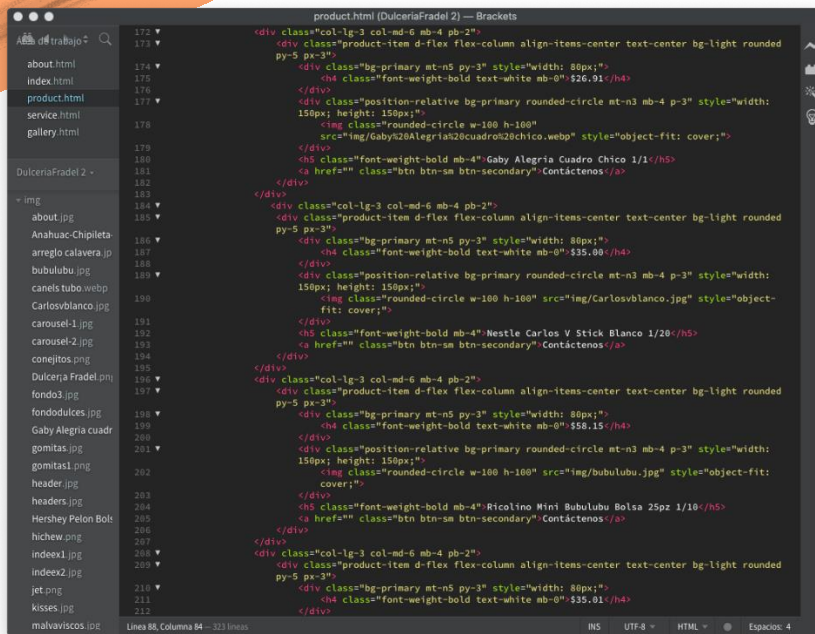
```

### Carga de imágenes a cada producto dentro del código html.

En esta actividad, se solicitó al cliente imágenes de cada producto que deseara agregar a su página para comenzar a cargar cada imagen en su respectiva carpeta y de ahí se realiza la interfaz dentro del código HTML Figura 3. En donde se aseguró que las imágenes sean del correcto tamaño.



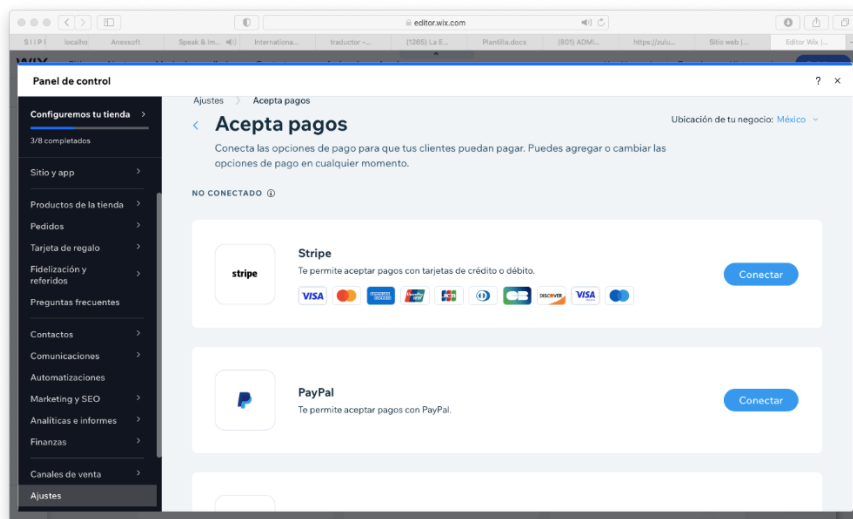
**Figura 3**  
*Carpeta con las Imágenes y Código*



### Programación para el carrito de compras de la aplicación web.

En esta actividad junto con el cliente se le solicitó una cuenta bancaria para poder realizar la programación para el carrito de compras, es decir, la plataforma nos solicitaba una forma de pago, ya sea tarjeta de crédito, débito o Paypal Figura 4 por lo que se continuó con la programación.

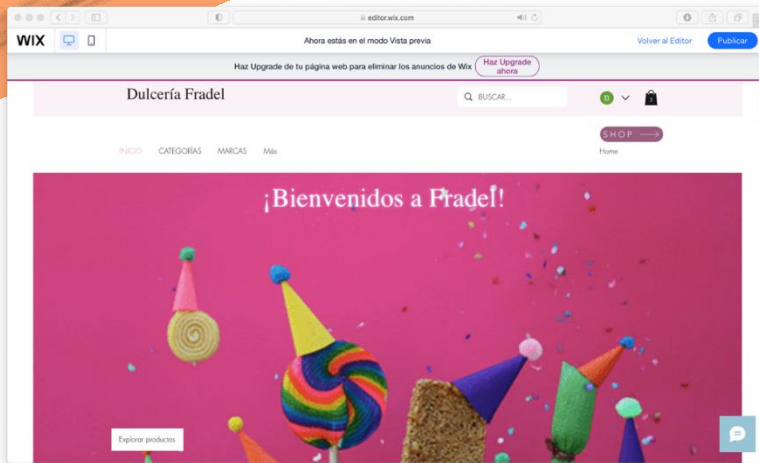
**Figura 4**  
*Codificación del Carrito de Compras*



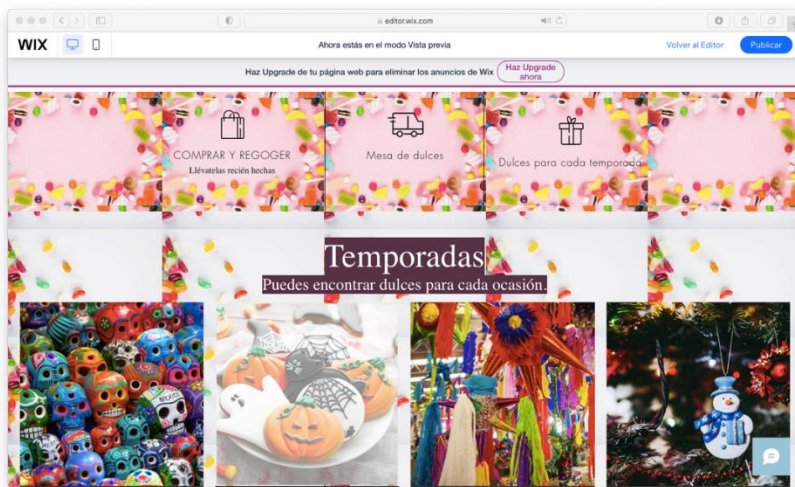
### Verificación y modificaciones necesarias.

Una vez finalizados los ajustes necesarios, se verifica que ningún elemento haga falta y que la funcionabilidad de la página sea optima figura 5 y 6 muestra los ajustes de la página Web.

**Figura 5**  
*Inicio de la Página web*



**Figura 6**  
*Modificación Realizada y Muestra al Cliente*



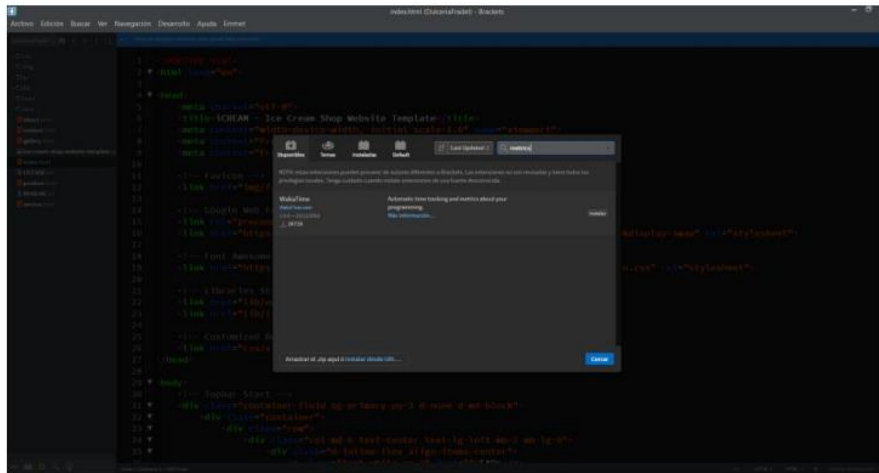
## **Fase 2 Integración de los estándares de calidad de la norma ISO 25,000**

Referente a las métricas de Productividad del desarrollador se trabajó con:

### **Cantidad de código.**

La Extensión "Code Metrics" en el editor de código Brackets, mientras se está creando la página web proporcionará una serie de métricas como líneas de código y complejidad ciclomática, esto sirve para identificar partes del código que pueden ser difíciles de entender o que podrían beneficiarse de una simplificación. Figura 7.

**Figura 7**  
*Código Ajustado*



### **Trabajo en curso (WIP).**

Con apoyo del diagrama de Gantt en donde se colocan las fases y sus actividades como la recopilación de precios y de imágenes, creación de la BD entre otras, colocando los tiempos de entrega y su porcentaje de avance, así se identifica los posibles desviaciones o fases incompletas y podremos buscar estrategias para mejorar.

### **Velocidad ágil.**

El diagrama de Gantt, también ayudó a observar la productividad del equipo al poder ver plasmadas las fases en este gráfico, así se continua el seguimiento y se cumple con el estándar de calidad por lo que se puede crear estrategias para ser más eficientes en el proyecto.

### **Tasa de éxito de la meta de Sprint o fase.**

De acuerdo con el progreso en cada una de las fases en el diagrama de Gantt se determinó la tasa de éxito, ya que quizás hayamos tenido algún retraso en la recopilación de los datos, pero un gran avance en el desarrollo de la aplicación web.

### **Número de versiones de software.**

Una vez terminada la primera versión del software, el cliente podrá contestar un cuestionario de satisfacción y con ello se determina un tiempo de actualización de este, elaborar más versiones para su correcto funcionamiento a través del tiempo.

### **Tiempo de respuesta.**

Este grafico permitió establecer las fases con las actividades, como recopilación de precios de los productos, recopilación de las imágenes, creación de la base de datos, prototipado, desarrollo, implementación y mantenimiento. Así se contempló el tiempo de inicio, su desarrollo y fin del proyecto.

### **Fiabilidad, disponibilidad y facilidad de servicio (RAS).**

Se supervisó el consumo de recursos del servidor, como CPU y RAM, para asegurarte de que el software no sobrecargue el servidor.

### **Densidad de defectos.**

La tabulación de defectos la desarrollara el desarrollador más competente, hara un análisis detallado de todo el código haciendo la tabulación esta se puede realizar en programas cómo: Tableau, excel, Power BI, etc.

### **Cobertura de código.**

Se desarrolló pruebas unitarias para cada componente del código, como funciones o métodos, con ayuda de las siguientes herramientas: Brackets, JaCoCo (Java), Estambul (JavaScript), etc. Asegurarse de que las pruebas sean exhaustivas y aborden todas las partes importantes del código.

### **Porcentaje de detección de defectos.**

Con las pruebas unitarias de la detección de código se realizaron gráfica en Excel con el análisis de datos

### **Deuda técnica.**

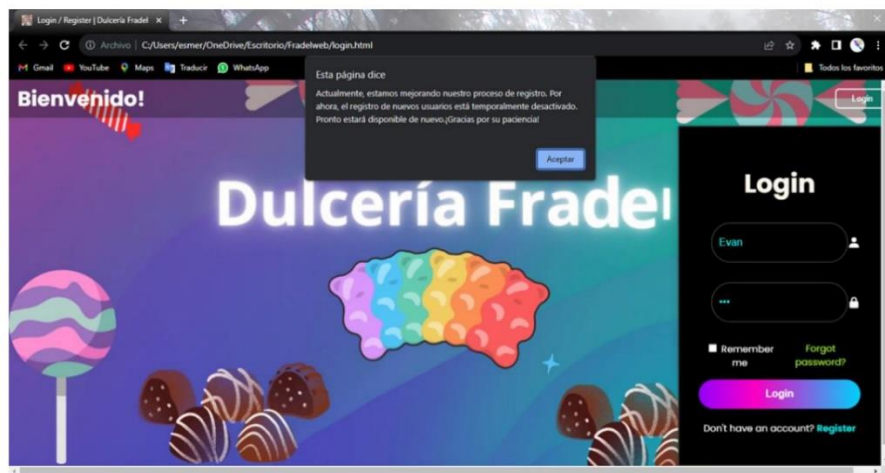
Actualmente, el proceso de registro en la página web de la dulcería presenta limitaciones inesperadas que restringen el acceso para nuevos usuarios. A pesar de la intención inicial de permitir un registro abierto para cualquier interesado, se encontró obstáculos que impiden a varios usuarios completar exitosamente este proceso. La dificultad puede manifestarse en forma de mensajes de error al intentar registrarse, la imposibilidad de completar el proceso debido a campos faltantes o incorrectos, o una restricción inadvertida que limita el acceso a solo ciertos usuarios seleccionados.

Esta situación representa una barrera significativa para aquellos que desean convertirse en usuarios registrados en la página web, lo que afecta directamente la experiencia del usuario y restringe el crecimiento potencial de la comunidad en línea.

El objetivo es revisar y corregir estas limitaciones para garantizar un flujo de registro claro, accesible y sin restricciones indebidas, permitiendo que cualquier usuario interesado pueda registrarse sin dificultades innecesarias. Esta mejora no solo mejorará la experiencia del usuario, sino que también facilitará la expansión de nuestra base de usuarios y clientes potenciales. figura 8.

**Figura 8**

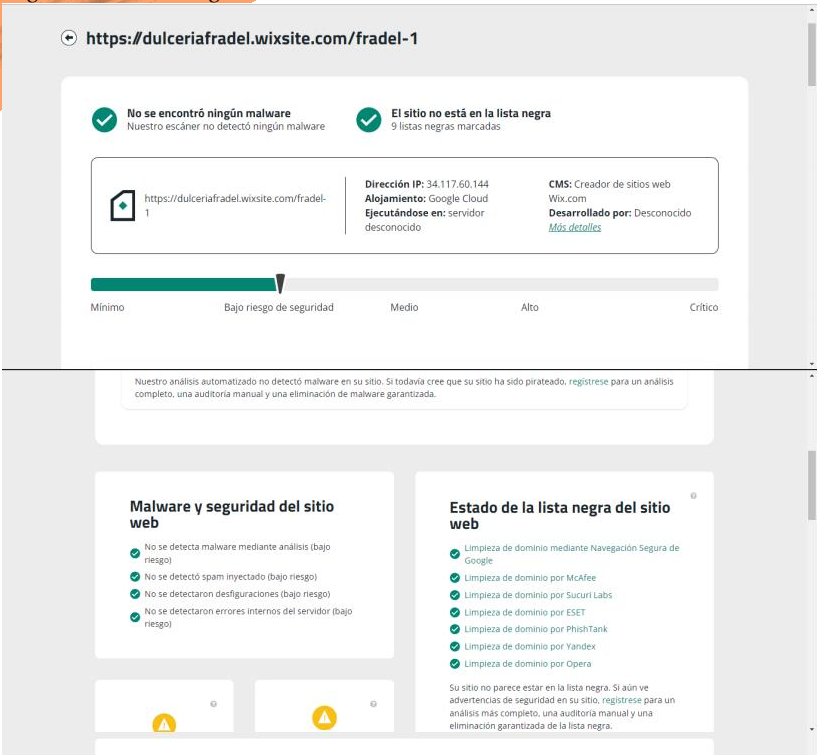
*Adecuaciones y Correcciones de las Pruebas*



### **Seguridad.**

Durante el monitoreo de seguridad realizado a la página web de Dulcería, se llevó a cabo un exhaustivo análisis de su infraestructura y sistemas. Se verificaron los protocolos de seguridad implementados, se escanearon posibles vulnerabilidades en el código y se revisaron los accesos a la base de datos. Además, se realizaron pruebas de penetración simulando ataques para evaluar la resistencia del sitio frente a posibles amenazas externas. El objetivo principal fue identificar y corregir posibles puntos débiles para fortalecer la seguridad y proteger la información sensible de la dulcería y sus usuarios. Se definió a través de una comparativa el tipo de nube a implementar en la alternativa para gestionar la resistencia del sitio frente a posibles amenazas externas. El objetivo principal fue identificar y corregir posibles puntos débiles para fortalecer la seguridad y proteger la información sensible de la dulcería y sus usuarios. Figura 9.

Figura 9  
Seguridad en la Página



A lo anterior se registra el desarrollo completado incluyendo los estándares de calidad solicitados por la ISO 25, 000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un escenario reciente de prueba, la página web de Dulcería experimentó un incidente de seguridad. Se detectó un acceso no autorizado a la base de datos de clientes, comprometiendo información personal como nombres, direcciones de correo electrónico y números de tarjetas de crédito. El incidente se originó a través de una vulnerabilidad en el software del servidor web, la cual fue aprovechada por un atacante para acceder a los datos sensibles. Ante este incidente, el equipo de seguridad actuó rápidamente: cerró el acceso no autorizado, notificó a los usuarios afectados y les recomendó cambiar sus contraseñas y monitorear sus cuentas bancarias. Se implementaron parches de seguridad para corregir la vulnerabilidad y se reforzaron las medidas de protección, como la autenticación de dos factores y auditorías regulares de seguridad, para prevenir futuros incidentes. Para medir el tiempo medio para detectar incidentes, el equipo de ciberseguridad de Dulcería registra y documenta cada incidente detectado. Luego, calculan el tiempo transcurrido desde el inicio del incidente hasta su detección. Figura 10.

Figura 10  
Informe Periódico de Detalle de Incidentes





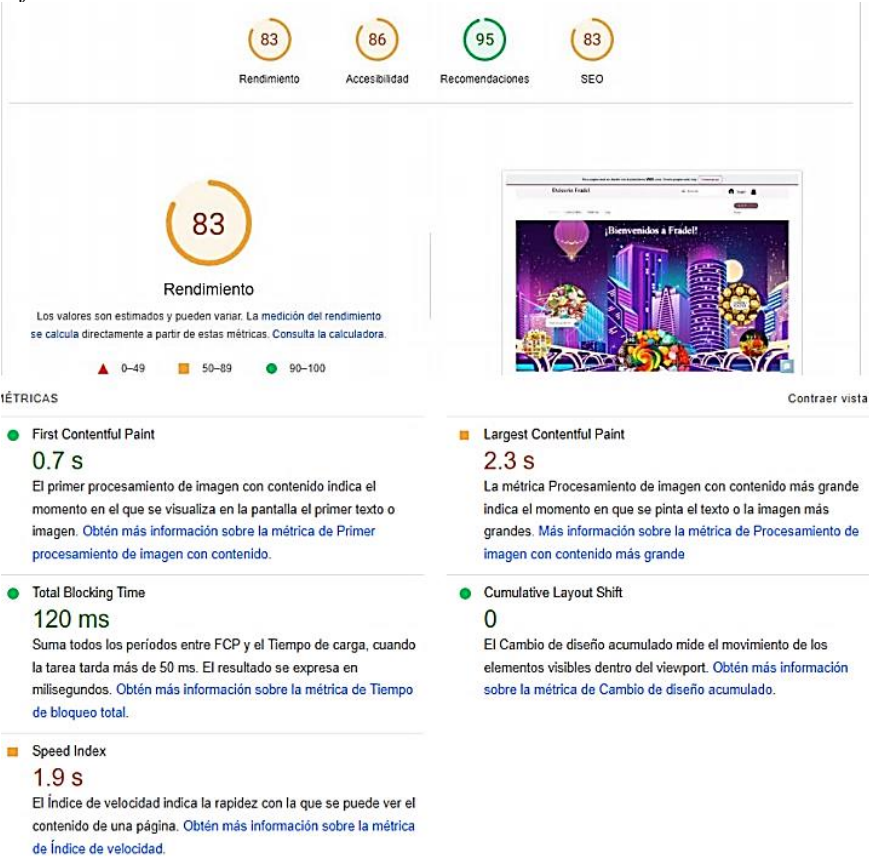
Para medir el tiempo entre fallos se registra cada fallo o incidente de seguridad y se calcula el tiempo entre cada uno, el equipo de seguridad determina el tiempo medio entre fallos, figura 11.

**Figura 11**  
*Informe con el Cálculo del Tiempo Promedio*



Después de cada incidente, se registra el tiempo desde la detección hasta la resolución completa. Luego, se calcula el tiempo promedio para reparar cada incidente, figura 12.

**Figura 12**  
*Informe de Incidencia*



Una vez que el que la página web se lanzó se realizó una encuesta al cliente al finalizar su visita por la página web como se muestra en el ejemplo de la Figura 13. Esto permitió identificar la satisfacción del cliente en cuanto termine de visitar la página. Y de esta manera se obtuvo retroalimentación sobre aspectos que se pueden mejorar en un proyecto futuro, o en una actualización en caso de solicitud del cliente

**Figura 13**

*Encuesta de Satisfacción*

¿Cómo clasificamos en los siguientes atributos?

	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio	Promedio	Por encima del promedio	Muy por encima de la media
experiencia de servicio al cliente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
La entrega a tiempo de servicio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Profesionalismo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
la experiencia de compra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calidad de servicio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comprensión de las necesidades de los clientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## CONCLUSIÓN

La calidad del software es importante por varias razones. En primer lugar, ayuda a garantizar que el software sea funcional y cumpla con los requisitos del usuario. En segundo lugar, ayuda a garantizar que el software sea confiable y no contenga errores que puedan causar problemas. En tercer lugar, ayuda a garantizar que el software sea eficiente y use los recursos de manera efectiva, por lo que los beneficios para los desarrolladores de software, el aplicar la calidad del software son:

Reducir los costos de desarrollo y mantenimiento: El software de alta calidad requiere menos tiempo y esfuerzo para desarrollar y mantener. Esto puede ayudar a los desarrolladores de software a ahorrar dinero y tiempo.

Mejorar la satisfacción del cliente: Los clientes están más satisfechos con el software de alta calidad. Esto puede ayudar a los desarrolladores de software a retener clientes y ganar nuevos negocios.

Mejorar la reputación: Los desarrolladores de software que se comprometen con la calidad tienen una mejor reputación. Esto puede ayudar a los desarrolladores de software a atraer nuevos clientes y socios.

Los beneficios para los usuarios son: obtener un software que cumpla con sus necesidades: El software de alta calidad cumple con los requisitos de los usuarios. Esto puede ayudar a los usuarios a ser más productivos y eficientes. Evitar problemas y fallas: El software de alta calidad es menos propenso a tener errores y fallas. Esto puede ayudar a los usuarios a evitar problemas y pérdidas de tiempo. Ser más seguros: El software de alta calidad está diseñado para ser seguro. Esto puede ayudar a proteger a los usuarios de ataques y uso no autorizado.

En conclusión, la calidad del software es un aspecto importante del desarrollo de software. Las empresas que se centran en la calidad del software pueden crear productos que satisfagan las necesidades de los usuarios y les ayuden a lograr sus objetivos.

## BIBLIOGRAFÍA

Johnson, Sarah(2022). "Scalability and Flexibility of Cloud Solutions." CloudTech.

González-Sánchez, José-Luis, Francisco Montero-Simarro, and Francisco-Luis Gutiérrez-Vela. "Evolución del concepto de usabilidad como indicador de calidad del software." El Profesional de la Información 21, no. 5 (September 1, 2012): 529–36. <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2012.sep.13>.

Callejas-Cuervo, Mauro, Andrea Catherine Alarcón-Aldana, and Ana María Álvarez-Carreño. "Modelos de calidad del software, un estado del arte." ENTRAMADO 13, no. 1 (2017): 236–50. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125>.

Porras Flores, Efraín E. "Análisis de los artefactos del proceso ágil Iconix para evaluar la calidad del producto software, 2017." Investigación 26, no. 1 (January 1, 2018): 185–94. <http://dx.doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.2018.1.75>.

Bolívar Figueroa, Andrés Fernando. "La calidad del software y el futuro de los desarrollos colombianos." Revista Clepsidra 4, no. 7 (December 23, 2008): 95–105. <http://dx.doi.org/10.26564/19001355.290>

