

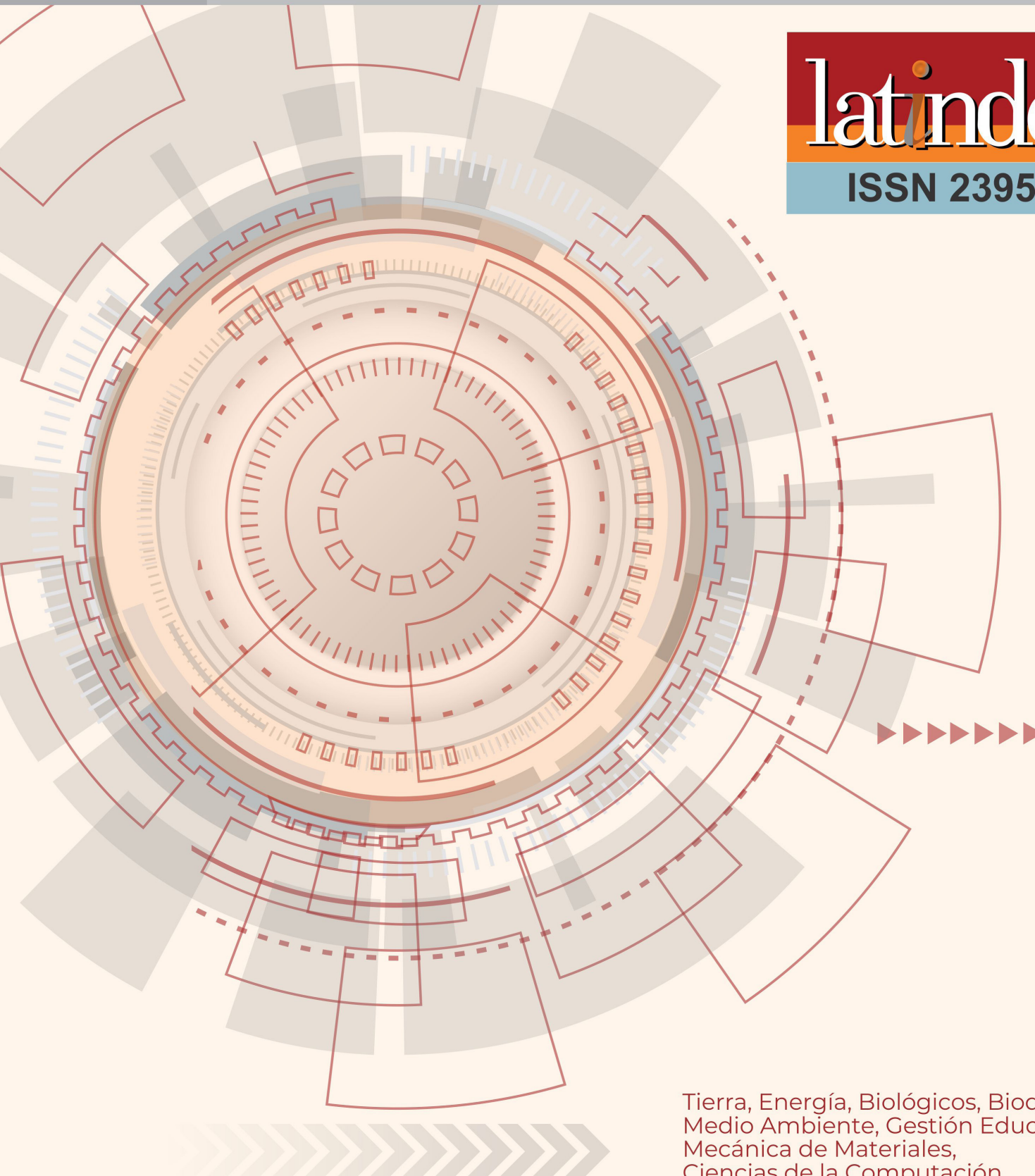


# Ingeniantes®

Año 7, No.2, Vol. 1

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla

latindex  
ISSN 2395-9452



Tierra, Energía, Biológicos, Bioquímica,  
Medio Ambiente, Gestión Educativa,  
Mecánica de Materiales,  
Ciencias de la Computación,  
Calidad y Sistemas de Manufactura

# Ingeniantes

Año 7 / No. 2 / Vol. 1

## Información Legal

**Ingeniantes**, año 7, No. 2, Vol 1. Diciembre 2020 - Mayo 2021, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, teléfono 01 (235) 323 60 18, página web [citt.itsm.edu.mx](http://citt.itsm.edu.mx). Editor responsable: M.I.I Erika Adrienne Bandala Martínez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología del ITSM, M.I.I. Erika Adrienne Bandala Martínez, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 30 de noviembre de 2020.

Actualmente indexada en la base de datos del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal LATINDEX, con número de registro 25671.

Se autoriza cualquier reproducción parcial de los contenidos o imágenes de la publicación siempre y cuando sea sin fines de lucro y para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente dando los créditos a los autores del artículo.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y no representa el punto de vista del editor de la revista Ingeniantes.

The logo for LATINDEX features the word "latindex" in a stylized, lowercase serif font. The letters are primarily red, with a vertical orange bar behind the 'i' and 'n'. A small orange circle is positioned above the 'i'.

Diciembre 2020

## Directorio

**M.C.E. José Roberto Arenas Martínez**

Director General, ITSM, Veracruz, México

**Dr. Isidro Rodríguez Montoro**

Director Académico, ITSM, Veracruz, México

**M.A. José Edgar Soto Meneses**

Director de Planeación y Vinculación, ITSM, Veracruz, México

**L.C. Carlos Landero Hernández**

Subdirector de Servicios Administrativos, ITSM, Veracruz, México

**L.I. Lidia Herrera Domínguez**

Subdirectora de Vinculación, ITSM, Veracruz, México

**Dr. Carlos Yossio Nakase Rodríguez**

Subdirector del Sistema Abierto, ITSM, Veracruz, México

## Cuerpo Editorial

Editor General

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Editor

M.I.I. Erika Adrienne Bandala Martínez

Coeditor

Lic. Erik Balderas González

## Administración

Ing. Mayra Lizzeth Méndez Oloarte

## Propiedad Intelectual

Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas

## Sistemas

Administrador de Sistemas

M.S.C. Fernando Alberto Hernández Guevara

Webmaster

L.I. Ana Marcela Gutiérrez Romero

## Distribución

Publicación electrónica disponible en

[ciff.itsm.edu.mx/ingeniantes](http://ciff.itsm.edu.mx/ingeniantes)

Correo electrónico:

[revista.ingeniantes@itsm.edu.mx](mailto:revista.ingeniantes@itsm.edu.mx)

<http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=25671>

## Comité de Revisión

Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US SNI

Dr. Luis Alberto Morales Rosales, UMSNH SNI

Dr. Marco Tulio Gallo Estrada, UACH SNI

Dr. Jesús P. Xamán Villaseñor, CENIDET SNI

Dr. Abel García Barrientos, UASLP SNI

Dr. David Lara Alabazares, ITSM SNI

Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM SNI

Dra. Susana López Cuenca, ITSDZ SNI

Dr. Javier Esquer Peralta, UNISON SNI

Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez, CENIDET SNI

Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET SNI

Dr. Adolfo Preciado Quiroz, ITSDZ SNI

Dr. José Luis Marín Muñiz, CV SNI

Dr. Julio César Chacón Hernández, UAT SNI

Dr. Eddy Sánchez de la Cruz, ITSM SNI

Dra. María Cristina López Méndez, ITSM SNI

Dr. Luis Carlos Sandoval Herazo, ITSM SNI

Dr. José de Jesús Ibarra Montalvo, ITSDZ SNI

Dr. Andrés Blanco Ortega, CENIDET SNI

Dr. Juan Carlos Gonzalez Hernández, ITM SNI

Dra. Laura Ruelas Monjardín, UV SNI

Dr. Heriberto Esteban Benito, ITSNA SNI

Dr. Sergio Aurelio Zamora Castro SNI

Dra. Blanca Dina Valenzuela Robles SNI

Dr. Jesús Álvarez Cedillo, IPN SNI

Dr. Luis Mejía Macario, ITSM C. SNI

Dr. Sergio Fabian Ruiz Paz, UNPA

Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN

Dr. Cuauhtémoc Guerrero Dávalos, UMSNH

Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT

Dr. Heriberto Esteban Benito, ITSNA

Dra. María Victoria Carreras Cruz, UP

Dr. Alfredo Alberto Morales Tapia, UV

Dr. Ramón Álvarez López, UDG

Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM

Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM

Dr. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM

Dr. Isidro Rodríguez Montoro, ITSM

Dr. Saúl Santiago Cruz, ITSM

M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI

M.I.I. Aarón Montiel Rosales, ITSPR

M.I.I. Nayeli Montalvo Romero, ITSPR

M.I.I. Gema del Carmen Jiménez Gómez, ITSAV

M.I.I. Leonardo Martínez Lara, ITSAV

M.SI. Ana Lilia Sosa y Durán, ITSM

M.I.A. Luis Enrique García Santamaría, ITSM

M.S.C. Irahán Otoniel José Guzmán, ITSM

M.S.C. Arnulfo Gamaliel Hernández González, ITSM

M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM

M.C. Vladimir Zagoya Juárez, ITSM

M.C. Alan Rico Barragán, ITSM

M.G.C. Eduardo Gutierrez Almaraz, ITSM

M.I.I. Giovanni Luna Chontal

# Ingeniantes



03



12



19



25



31



39



47



55

Análisis multivariado de la relación entre el grado de conocimiento de inocuidad y la importancia de las BPM, en las UPP en el estado de Veracruz: caso de estudio \_\_\_\_\_ 03  
Silvia Sosol Sánchez; Rosalba Segura Nolasco; Dulce María Flores Báez; María José Mirón Chacón; Manuel González Pérez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Colegio Interdisciplinario de Especialización

Análisis estadístico de las incidencias en el monitoreo de personal del área restringida en una estación núcleo eléctrica \_\_\_\_\_ 12  
Antonio Huerta Estévez; Manuel Rivera Moreno; Paulina Gutiérrez León; Cesar Augusto Rogel Galvez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz

Determinantes de la Competitividad Turística en zonas urbanas \_\_\_\_\_ 19  
Jesabel Gómez Sánchez; Ivette Pérez Hernández; Irving Ilhuilcamina Mendoza Ruiz; Paula Rosalinda Antonio Vidaña, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz; Daniel Alejandro Pérez Domínguez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Huatusco

Reducción de tiempos y actividades mediante un Value Stream Mapping en el proceso interno de un departamento de monitoreo en una empresa de autotransporte \_\_\_\_\_ 25  
Verónica Escartin Hernández; Marcos Salazar Medina; Modesto Raygoza Bello; Gabriela Cabrera Zepeda; Maricela Gallardo Córdova, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba

Modelación de una Celda de Manufactura en la Revolución 4.0 en laboratorio de Mecatrónica TECNМ Ciudad Juárez \_\_\_\_\_ 31  
Adán Valles; Luis Gerardo Esparza; Carlos Ronquillo, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez; Jaime Sánchez, Universidad de Texas

Metodología de cruce para realizar un diagnóstico general de una PYME. Caso de estudio: empresa comercializadora de Córdoba, Veracruz \_\_\_\_\_ 39  
Steffi Alejandra Guzmán Olivares; Edna Araceli Romero Flores; Eduardo Roldán Reyes; Guillermo Cortés Robles; Gabriela Cabrera Zepeda, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba

Resistencia a compresión de una mezcla con cemento, jal, arena, agua y caucho \_\_\_\_\_ 47  
José Manuel Guzmán Gileta; José Fidel Navarro Arellano; José Ricardo Moreno Peña; Christian Manuel Flores, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima

Comportamiento térmico en mezclas de cal hidratada, ceniza y roca volcánica (piedra pómez), en sustitución del cemento Portland \_\_\_\_\_ 55  
Christian Manuel Flores, José Manuel Guzmán Gileta, José Fidel Navarro Arellano, Luis Aarón García Solórzano, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima

# Contenido



62



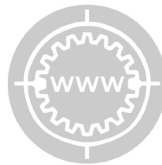
71



78



90



98



106



113

Determinando la existencia de relaciones en bases de datos relacionales mediante el algoritmo DFS \_\_\_\_\_ 62

Héctor Adán Morales Lugo; Patricia Elizabeth Figueroa Milán; Nicandro Farias Mendoza; Jesús Alberto Verduzco Ramírez; Ramona Evelia Chávez Valdez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima

Análisis de fallas en sistemas híbridos conectados a la red eléctrica \_\_\_\_\_ 71

Roberto Carlos Arce Ramos; Fernando Jurado Pérez, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Relación de la temperatura con la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesca con palangre de atún aleta amarilla (*thunnus albacares*), en la zona de la plataforma continental del estado de Nayarit, México durante el 2019 \_\_\_\_\_ 78

Jorge Flores Olivares; Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares; Osiris Chavez Vargas, Instituto Tecnológico de Mazatlán; Oscar Guevara Rodríguez, Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas; José Alejandro Mendoza Munguía, Instituto Tecnológico de Nayarit

Sistema de control PID con sintonización por respuesta en frecuencia basado en microcontrolador \_\_\_\_\_ 90

Benigno Muñoz Barrón; Luis Díaz Gómez; Jesús Eduardo Yáñez Chávez; José Miguel Hernández Paredes, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

Impacto de la aplicación web OCIP3 en el proceso productivo de la empresa Dtooltek S.A. de C.V. \_\_\_\_\_ 98

Guadalupe Robles Calderón; Raúl Mora Reyes, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; Genaro Eduardo Romero Peralta, Dtooltek S.A. de C.V

Desarrollo de una herramienta informática para la gestión administrativa de servidores virtuales privados \_\_\_\_\_ 106

Ángel Rodríguez Rayo; Alma Delia de Jesús Islao; Eduardo de la Cruz Gámez; Rafael Hernández Reyna, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Acapulco

Sistema informático para gestionar basado en SCRUM, el desarrollo de proyectos de software \_\_\_\_\_ 113

José Raúl López Morales; José Francisco Gazga Portillo; Juan Miguel Hernández Bravo; Alma Delia de Jesús Islao, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Acapulco



Calidad

y

Sistemas de  
Manufactura

---

Ingeniantes

# Análisis multivariado de la relación entre el grado de conocimiento de inocuidad y la importancia de las BPM, en las UPP en el estado de Veracruz: caso de estudio

**RESUMEN:** En las unidades de producción de piloncillo (UPP) del estado de Veracruz, México; la actual crisis global del COVID-19, marca la importancia de mejorar las características de inocuidad a través de la implementación de las buenas prácticas de manufactura (BPM), las cuales son una herramienta básica para la obtención de productos seguros para el consumo humano que se centran en la higiene y forma de manipulación del producto, contribuyendo al fortalecimiento de una producción de alimentos seguros, saludables e inocuos para el consumo humano [3], sin embargo de acuerdo con [10] las posibilidades de llevar a cabo las BPM son bajas debido a aspectos culturales, sociales y organizacionales, entre otros aspectos significativos que impactan en el conocimiento de la aplicación de las BPM.

La presente investigación tiene por objetivo realizar un análisis multivariado de la relación que existe entre el grado de conocimiento de inocuidad y la importancia de las BPM de los administradores de las UPP y así poder plantear estrategias en la implementación de planes de contingencia ante la crisis del COVID-19, ya que de acuerdo con la [1] las UPP son participantes de la cadena alimentaria y no son una excepción.



## Colaboración

Silvia Sosol Sánchez; Rosalba Segura Nolasco; Dulce María Flores Báez; María José Mirón Chacón; Manuel González Pérez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Colegio Interdisciplinario de Especialización

**PALABRAS CLAVE:** Inocuidad, Buenas prácticas de manufactura, Unidades de producción de piloncillo.

**ABSTRACT:** In the piloncillo production units (PPU) of the state of Veracruz, Mexico; The current global crisis of COVID-19, marks the importance of improving the safety characteristics through the implementation of good manufacturing practices (GMP), which are a basic tool for obtaining safe products for human consumption that focus on hygiene and product handling methods, contributing to the strengthening of safe, healthy and innocuous food production for human consumption [3], however according to [10] the possibilities of carrying out GMP are low due to cultural, social and organizational aspects, among other significant aspects that impact knowledge of the application of GMP. The objective of this research is to carry out a multivariate analysis of the relationship between the degree of safety knowledge and the importance of the GMP of the PPU administrators and thus be able to propose strategies in the implementation of contingency plans in the face of the crisis of the COVID-19, since according to [1] PPU are participants in the food chain and are no exception.

**KEYWORDS:** Food safety, Good manufacturing practices, Piloncillo production units.

## INTRODUCCIÓN

En este nuevo contexto de crisis por el coronavirus humano COVID-19, el cual ha producido estragos en múltiples sectores y de entre las afectaciones colaterales se encuentra implementar medidas básicas de prevención de contagio a los trabajadores y del producto, para garantizar que no dañe la salud de las personas [1]; se ha vuelto impe-

rativo dar a conocer la importancia de la inocuidad para facilitar, asimilar y aceptar la importancia de las buenas prácticas de manufactura (BPM) en la elaboración de alimentos, sobre todo en el sector agroindustrial.

De acuerdo con [1] las prácticas mejoradas de inocuidad alimentaria, tales como las recomendadas en los documentos del Codex Alimentarius, reducirán la probabilidad de contaminación de los alimentos con patógenos y ayudarán a reducir la carga de salud pública causada por las infecciones transmitidas por los alimentos.

Para [2] en México los trapiches requieren la implementación de prácticas de manufactura que la hagan más eficiente y que aseguren la producción de piloncillo inocuo. Es de considerar para [3] que la situación actual de la producción de piloncillo en el estado de Veracruz, México, se ve afectada por la fluctuación de los precios durante la zafra, además de la falta de inocuidad en la producción derivado del desconocimiento de las normas nacionales que reglamentan los esquemas mínimos de producción.

En un estudio realizado por [4], en 5 de 7 de UPP ubicadas en la zona del caso de estudio de la presente investigación, se evalúa al piloncillo en aspectos de calidad e inocuidad, en éste se encontró la presencia de coliformes totales, que comprueba la existencia de prácticas sanitarias inadecuadas, nula higiene en el equipo o durante el almacenamiento.

Las UPP de Veracruz mantienen actualmente problemas significativos en toda su cadena productiva; de acuerdo con [5], además de carecer de recursos que requiere las microempresa para poder operar. De acuerdo con [6] los productores de piloncillo enfrentan actualmente diversos problemas al elaborar el producto, particularmente en lo que se refiere a aspectos de inocuidad alimentaria

En Colombia [7] se implementó con éxito las BPM en una UPP, y propone que las organizaciones productoras de alimentos o que intervienen en estos deben implementar sistemas de seguridad Alimentaria y Calidad bajo lineamientos BPM y HACCP.

En otro estudio realizado en Colombia por [8], se señala la importancia de generar productos higiénicamente seguros y esto solo se logra con la aplicación de las BPM al disminuir al máximo el riesgo de contaminación de los productos, pero de acuerdo con [9] no es posible que los trabajadores las implementen si no las conocen y es ahí donde las personas y entidades encargadas deben realizar evaluaciones periódicas del cumplimiento de las BPM. Sin embargo para [10] las posibilidades de llevar a cabo las BPM son bajas debido a variables culturales, sociales y organizacionales, entre otras.

Considerando el escenario anteriormente descrito, la presente investigación estudia a 32 Unidades de Producción de Piloncillo (UPP) del Estado de Veracruz, México, cuyo objetivo es realizar un análisis multivariado de la relación entre el grado de conocimiento de inocuidad y la importancia de las BPM, en las UPP en un caso de estudio del estado de Veracruz, que sirva como fundamento para mejorar [11] las características de inocuidad del producto mediante las BPM en esta situación de pandemia que impide, entre otras cosas las actividades normales de producción.

Para este caso de estudio se plantearon las siguientes hipótesis de estudio:

$H_i$ : no existe una relación directa entre el grado de conocimiento de la inocuidad del piloncillo de los administradores de las UPP con la importancia de las BPM.

$H_{nula}$ : existe una relación directa entre el grado de conocimiento de la inocuidad del piloncillo de los administradores de las UPP con la importancia de las BPM.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Metodología

Para la presente investigación se llevó a cabo un estudio de 32 UPP, a través de la aplicación de un instrumento de medición tipo encuesta con escala de Likert, para medir estadísticamente la dependencia o independencia del grado de conocimiento de inocuidad y la importancia de las BPM, en las UPP y el resultado se relacionará con la crisis actual en tiempos de COVID.

El diseño de investigación es no experimental; transeccional, correlacional causal, de tipo descriptiva, por ser un estudio de tipo encuestas, de estudios de Correlación, de investigación Aplicada, mixta, a nivel micro.

### Cálculo de la Muestra

La muestra se determinó con un nivel de confianza de 95% y un p-valor del 5%, ésta, se estableció con la siguiente fórmula [12]:

$$n = \frac{Nz_c^2pq}{e^2(N-1) + z_c^2pq} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde de la Ec. 1 se obtiene la Tabla 1:

Tabla1. Determinación de la muestra

Variable	Descripción	Valores
$N=$	Tamaño de la población (35 datos)	35
$z=$	Factor probabilístico	1.96
$p=$	Probabilidad de éxito.	0.5
$q=$	Probabilidad del fracaso	0.5
$e=$	Margen del error	0.05

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Con los datos de la Tabla 1 se sustituyen en la fórmula de la ecuación 1, para determinar la muestra, quedando de la siguiente forma:

$$n = \frac{(35)(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(0.05)(34-1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)} = 32$$

$n=32$  sujetos de estudio.



De los 32 sujetos de estudio de la muestra se dividieron en tres estratos de manera determinística, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Muestra de estudio de las UPP

Estratos	Localidad	Nº DE UPP	PARTE %	Muestra
Estrato 1	Boca del Monte	22	63%	20
Estrato 2	Sabanas	5	14%	5
Estrato 3	Pueblito de Matlaluca	8	23%	7
<b>TOTAL</b>		<b>35</b>	<b>100%</b>	<b>32</b>

Fuente: Elaboración propia, (2020)

En la Tabla 3 se describe los sitios de Estudio y la Figura 1 muestra la ubicación de las UPP donde se aplicó el instrumento de medición, los cuales fueron geo localizados, para presentar ubicación exacta:

Tabla 3. Descripción de los sitios de estudio

Estrato 1: Boca del Monte	Estrato 2: Sabanas	Estrato 3: Pueblito de Matlaluca
Boca del Monte se localiza en el Municipio Santiago Sochiapa del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave México y se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud (dec): - 95.729722, Latitud (dec): 17.613333. [13]	Sabanas se localiza en el Municipio Huatusco del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave México y se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud (dec): - 96.914444, Latitud (dec): 19.129722. [13]	Pueblito de Matlaluca se localiza en el Municipio Zentla del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave México y se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud (dec): - 96.788889, Latitud (dec): 19.064444. [13]

Fuente: Elaboración propia, (2020)

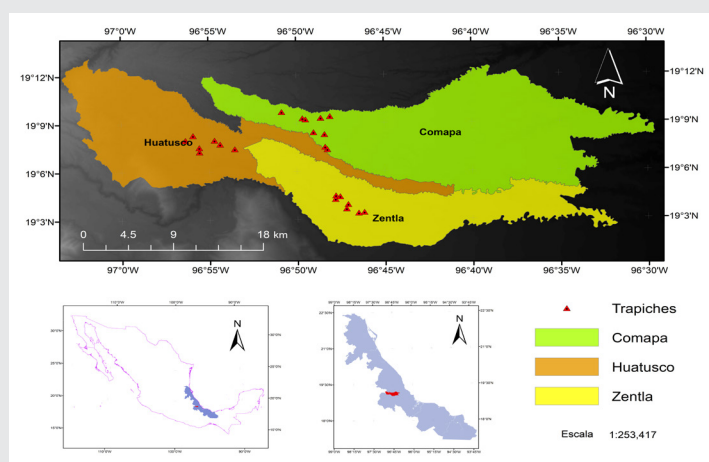


Figura 1. Geolocalización de los sujetos de estudio.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como parte del estudio, se diseñó un instrumento de medición para ser aplicado a las UPP. Para indagar respecto al tema de estudio, el cual consistió de los siguientes constructos (Tabla 4).

1. Grado de conocimiento de la Inocuidad.
2. Grado de importancia de las Buenas prácticas de manufactura. (BPM)

Tabla 4. Modelo de la operacionalización.

Constructos	Indicadores	Ítems	Instrumento	Escala Valorativa
Inocuidad	Grado interés de las condiciones de higiene	1. Dar instrucciones de limpieza y desinfección en instalaciones, equipos y utensilios, y de higiene personal a los trabajadores.	Cuestionario tipo encuesta	1. Sin importancia 2. Poca importancia 3. Moderadamente importante 4. Importante 5. Muy importante
	Grado de conocimiento de riesgos de contaminación de los alimentos	2. ¿Qué tan importante consideras que es usar un cubre bocas?		
	Grado de conocimiento de riesgo a la salud	3. ¿Que los trabajadores no laboren con tos, o enfermedad de la piel elaborando el piloncillo		
Interés de Capacitación del personal	4. Al menos una vez durante la zafra el personal recibe alguna capacitación de las prácticas que deben hacerse en la producción de piloncillo.			
Buenas prácticas de manufactura	Interés de conocimiento de BPM a nivel proceso	5. ¿Qué tan importante consideras el usar un termómetro para medir la temperatura en el caldo de piloncillo?		
	Interés del cuidado del producto terminado	6. Es importante que el almacén donde se guarde el piloncillo esté libre de humedad.		
	Identifica cuales deben ser las condiciones de su establecimiento	7. Las ventanas y puertas del local deben proporcionar buena ventilación e iluminación natural y deben estar protegidas con malla contra insectos.		
	Interés en el transporte del producto	8. El vehículo donde transporta el piloncillo para su venta debe limpiarse antes de cargar las cajas de piloncillo.		

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Esta investigación se realizó en 6 fases:

1. Determinación de la muestra de estudio.
2. Diseño y validación del instrumento con prueba piloto, con Alpha de Cronbach.
3. Aplicación de la encuesta.
4. Análisis estadístico con correlación de Pearson y prueba de contraste o prueba de independencia de ji cuadrada.
5. Resultados.
6. Conclusiones.

RESULTADOS

De acuerdo a los resultados de la prueba piloto para validar la confiabilidad del instrumento de medición con Alpha de Cronbach, con varianzas y correlaciones, se puede observar en la Tabla 5 los resultados obtenidos en la prueba con los dos métodos, se demuestra que la confiabilidad del instrumento es aceptable, calificado en Bueno, de acuerdo con el criterio de George y Mallery [14], que para evaluar los coeficientes de alfa; sugieren un coeficiente de alpha >0.8 y califica como bueno.

Tabla 5. Resultados de Alpha de Cronbach.

Método	Alpha de Cronbach
Cronbach con Varianzas	0.835090564
Cronbach con correlaciones	0.806392135

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Se obtuvieron los valores para ji observada o de prueba y se compararon con la ji teórica o crítica, con un p-valor de 5%, con el método de prueba de contraste, para hallar la relación de variables de dos en dos de los ítems; en la Tabla 6 se puede observar los resultados de los valores crudos de las hipótesis estadísticas comprobadas tomados directamente de la encuesta:

**Tabla 6. Pruebas de independencia de los ítems**

NÚMERO DE HIPÓTESIS	ITEM x	ITEM y	PRUEBA DE INDEPENDENCIA	CORRELACIÓN	HIPÓTESIS ESTADÍSTICA COMPROBADA
1	1	2	5.5742>3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.165997435	El uso de cubrebocas depende de las instrucciones de medidas de higiene al personal de las UPP.
2	1	7	5.574193548 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.123411863	Las condiciones del establecimiento de las UPP dependen de las instrucciones de medidas de higiene al personal de las UPP.
3	2	1	5.574193548 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.165997435	Las instrucciones de medidas de higiene al personal de las UPP dependen del uso del personal de las UPP de cubrebocas.
4	2	4	11.71504762 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.58697094	La capacitación al menos una vez durante la zafra depende del uso de cubrebocas de personal.
5	2	5	9.87654321 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.492266668	Existe una relación directa entre el uso del termómetro y los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto.
6	2	6	5.574193548 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.556861317	El almacén libre de humedad tiene una relación directa con los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto.
7	2	7	8.851138546 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.476785924	Las condiciones de infraestructura del establecimiento dependen de los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto.
8	2	8	11.52 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.566999951	Mantener el vehículo de transporte limpio depende de los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto.
9	3	2	5.574193548 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.201928607	Los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto dependen que los trabajadores no trabajen enfermos.
10	3	5	4.256157635 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.264235618	La capacitación al menos una vez durante la zafra depende que los trabajadores no trabajen enfermos.
11	3	7	3.8862397 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.131648187	Las condiciones de la infraestructura de las UPP dependen de las condiciones de salud de los trabajadores.
12	4	2	11.71504762 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.58697094	El conocimiento de los riesgos de contaminación del producto piloncillo dependen de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación.
13	4	5	8.86857143 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.65366708	El uso de termómetro como instrumento de medición para los caldos del piloncillo dependen de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación.
14	4	7	21.16402116 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.832018207	Las condiciones de la infraestructura de la UPP dependen de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación.
15	4	8	7.619047619 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.597621903	La importancia de la limpieza que transporta el producto terminado depende de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación.
16	5	2	9.87654321 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.492266668	Si es importante usar cubrebocas para evitar contaminar los alimentos entonces medir la temperatura de los caldos de piloncillo también.
17	5	4	8.86857143 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.65366708	La capacitación al personal al menos una vez durante la zafra depende de la importancia de usar cubrebocas.
18	5	7	9.87654321 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.56683888	La buena ventilación e iluminación dependen del conocimiento de las buenas prácticas en la elaboración del piloncillo.
19	6	2	5.574193548 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.556861317	Los conocimientos de los riesgos a la salud tienen relación directa con las condiciones libres de humedad del almacén de piloncillo.
20	6	7	5.574193548 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.544006546	Si el almacén donde se guarda el piloncillo está libre de humedad entonces las ventanas y puertas proporcionan buena ventilación.
21	6	8	15.48387097 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.684484797	Si donde se almacena el piloncillo está libre de humedad entonces el vehículo que transporta el producto debe estar limpio.
22	7	1	5.574193548 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.123411863	Dar instrucciones de las medidas de higiene al personal depende de las condiciones de la infraestructura de las UPP.
23	7	2	8.851138546 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.476785924	La importancia de los riesgos de contaminación de los alimentos depende de las condiciones de la infraestructura de las UPP.
24	7	4	21.16402116 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.832018207	La capacitación dos cuando una vez durante la zafra a los trabajadores depende de las condiciones de la infraestructura de las UPP.
25	7	5	9.87654321 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.56683888	La importancia de usar cubrebocas depende de que las ventanas y puertas tengan buena ventilación.
26	7	6	5.574193548 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.544006546	La importancia de que la bodega esté libre de humedad y la ventilación e iluminación depende de las condiciones de la infraestructura de la UPP.
27	7	8	11.52 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.789127969	La limpieza del vehículo que transporta el producto depende de las condiciones de infraestructura de la UPP.
29	8	2	11.52 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.566999951	La importancia de usar cubrebocas depende de las condiciones de limpieza vehículo.
30	8	6	15.48387097 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.597621903	La capacitación de buenas prácticas al menos una vez durante la zafra depende de la limpieza del vehículo que transporta el piloncillo.
31	8	7	11.5200 > 3.841458821 $f_{prueba} > f_{teórica}$	0.684484797	Si el vehículo que transporta el piloncillo para su venta está limpio entonces el almacén donde se guarde el piloncillo está libre de humedad.

Fuente: Elaboración propia. (2020)

De la Tabla 6 desatacan las siguientes hipótesis estadísticas comprobadas de las que se obtuvieron las siguientes gráficas de función inversa donde se observa mejor la dependencia de las hipótesis comprobadas:

1.- La prueba número 8 de los ítem 2 y 8, se observa en la Figura 2 que la  $j_i$  experimental está muy lejos de la  $j_i$  teórica y fuera de la curva normal de Pearson para 1 grado de libertad. La  $j_i$  experimental de 11.52 de color rojo; que es mayor que la  $j_i$  teórica de 3.841458821, de color azul, es decir las variables son estadísticamente dependientes.

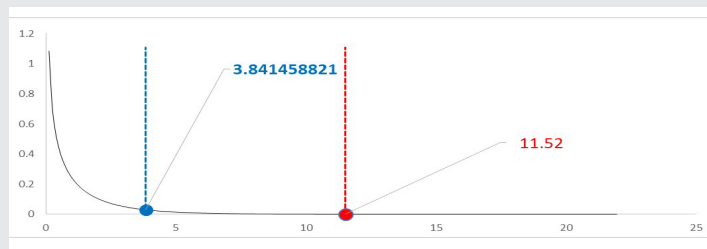


Figura 2. Gráfica prueba 8, de la función inversa de la curva normal para 1 grado de libertad. Fuente: Elaboración propia. (2020)

Esto se interpreta como un  $p$  valor de casi cero para la dependencia, de los ítem 2 y 8 en la Figura 3, donde se observa la intersección (3.841458821, 0.949956479) para la  $chi$  teórica con el nivel de confianza de 95%, y la intersección (11.52, 0.999311486) para la  $j_i$  experimental con un nivel confianza del 99% para la dependencia, 1% de confianza para independencia.

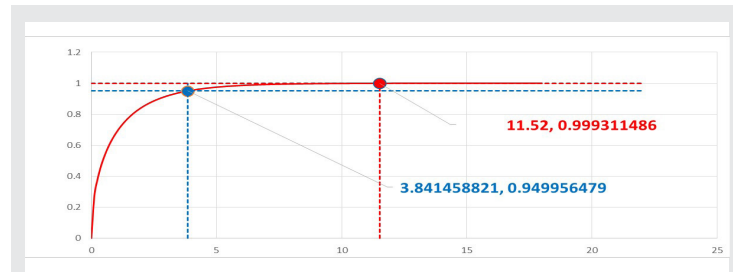


Figura 3. Gráfica de la función inversa, prueba 8. Fuente: Elaboración propia. (2020)

2.- La prueba número 31 de los ítem 8 y 7, se observa en la Figura 4 que la  $j_i$  experimental está muy lejos de la  $j_i$  teórica y fuera de la curva normal de Pearson para 1 grado de libertad. La  $j_i$  experimental de 11.52 de color rojo; que es mayor que la  $j_i$  teórica de 3.841458821, de color azul, es decir las variables son estadísticamente dependientes.

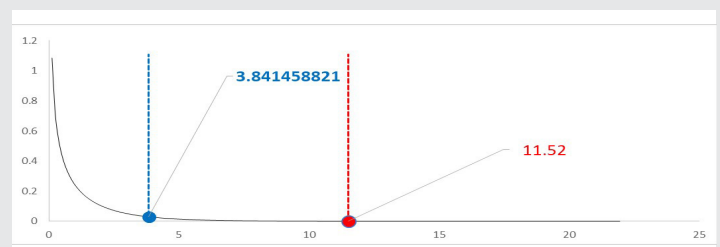


Figura 4. Gráfica prueba 31, de la función inversa de la curva normal para 1 grado de libertad. Fuente: Elaboración propia. (2020)

Esto se interpreta como un  $p$  valor de casi cero para la dependencia, de los ítem 8 y 7 en la Figura 5, donde se observa la intersección (3.841458821, 0.949956479) para la  $j_i$  teórica con el nivel de confianza de 95%, y la intersección (11.52, 0.999311486) para la  $j_i$  experimental con un nivel confianza del 99% para la dependencia, 1% de confianza para independencia.

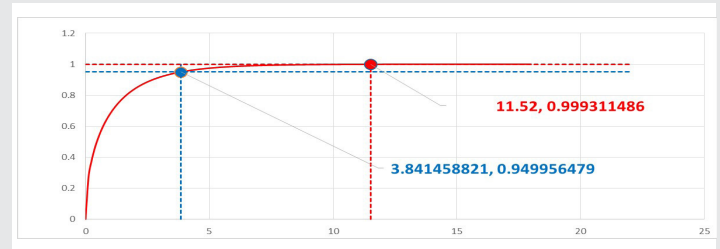


Figura 5. Gráfica de la función inversa, prueba 31. Fuente: Elaboración propia. (2020)

3.- La prueba número 12 de los ítem 4 y 2, se observa en la Figura 6 que la  $j_i$  experimental está muy lejos de la  $j_i$  teórica y fuera de la curva normal de Pearson para 1 grado de libertad. La  $j_i$  experimental de 11.71504762 de color rojo; que es mayor que la  $j_i$  teórica de 3.841458821, de color azul, es decir las variables son estadísticamente dependientes.

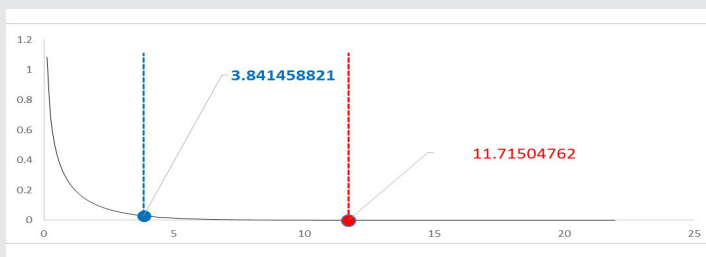


Figura 6 Gráfica prueba 12, de la función inversa de la curva normal para 1 grado de libertad. Fuente: Elaboración propia. (2020)

Esto se interpreta como un  $p$  valor de casi cero para la dependencia, de los ítem 4 y 2 en la Figura 7, donde se observa la intersección (3.841458821, 0.949956479) para la  $ji$  teórica con el nivel de confianza de 95%, y la intersección (11.71504762, 0.999311486) para la  $ji$  experimental con un nivel de confianza del 99% para la dependencia, 1% de confianza para independencia.

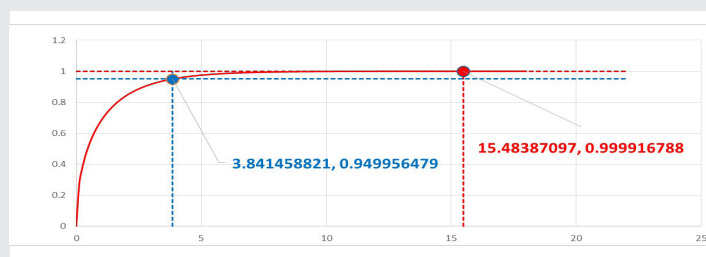


Figura 9 Gráfica de la función inversa, prueba 21. Fuente: Elaboración propia. (2020)

5.- La prueba número 24 de los ítem 7 y 4, se observa en la Figura 10 que la  $ji$  experimental está muy lejos de la  $ji$  teórica y fuera de la curva normal de Pearson para 1 grado de libertad. La  $ji$  experimental de 21.16402116 de color rojo; que es mayor que la  $ji$  teórica de 3.841458821, de color azul, es decir las variables son estadísticamente dependientes.

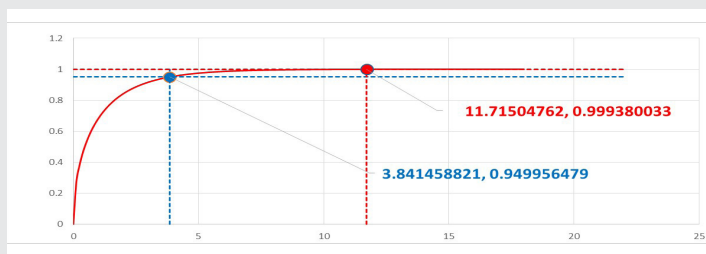


Figura 7 Gráfica de la función inversa, prueba 12. Fuente: Elaboración propia. (2020)

4.- La prueba número 21 de los ítem 6 y 8, se observa en la Figura 8 que la  $ji$  experimental está muy lejos de la  $ji$  teórica y fuera de la curva normal de Pearson para 1 grado de libertad. La  $ji$  experimental de 15.48387097 de color rojo; que es mayor que la  $ji$  teórica de 3.841458821, de color azul, es decir las variables son estadísticamente dependientes.



Figura 10 Gráfica prueba 24, de la función inversa de la curva normal para 1 grado de libertad. Fuente: Elaboración propia. (2020)

Esto se interpreta como un  $p$  valor de casi cero para la dependencia, de los ítem 7 y 4 en la Figura 11, donde se observa la intersección (3.841458821, 0.949956479) para la  $ji$  teórica con el nivel de confianza de 95%, y la intersección (21.16402116, 0.999995784) para la  $ji$  experimental con un nivel de confianza del 99% para la dependencia, 1% de confianza para independencia.

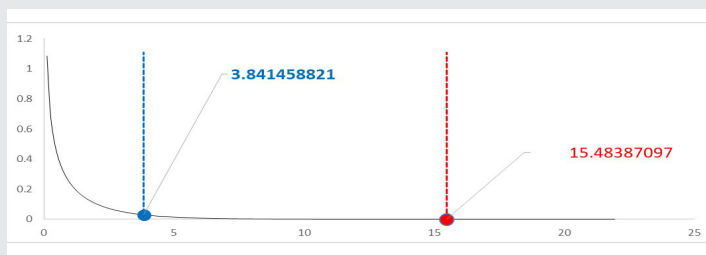


Figura 8 Gráfica prueba 21, de la función inversa de la curva normal para 1 grado de libertad. Fuente: Elaboración propia. (2020)



Figura 11 Gráfica de la función inversa, prueba 24. Fuente: Elaboración propia. (2020)

Esto se interpreta como un  $p$  valor de casi cero para la dependencia, de los ítem 6 y 8 en la Figura 9, donde se observa la intersección (3.841458821, 0.949956479) para la  $ji$  teórica con el nivel de confianza de 95%, y la intersección (15.48387097, 0.999916788) para la  $ji$  experimental con un nivel de confianza del 99% para la dependencia, 1% de confianza para independencia.

### CONCLUSIONES

En conclusión la hipótesis planteada "Existe una relación directa entre el grado de conocimiento de la inocuidad del piloncillo de los administradores de las UPP con la importancia de las BPM.", se comprueba ampliamente en la Tabla 6 de las pruebas de independencia y coeficiente de correlación de ítems.

Cabe resaltar las pruebas 8, 12, 21, 24 y 31 de la Tabla 6 se percibe que el piloncillero está consciente de los siguientes aspectos:

1.- Mantener el vehículo de transporte limpio depende de los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto. (11.52 >3.841458821, con un 99% de nivel de confianza)

2.- El conocimiento de los riesgos de contaminación del producto, dependen de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación sobre inocuidad (11.71504762>3.841458821, con un 99% de nivel de confianza)

3.- El vehículo que transporta el producto y el lugar donde se almacena, se consideran limpios si están libres de humedad (15.48387097>3.841458821, con un 99% de nivel de confianza)

4.- La capacitación sobre inocuidad cuando menos una vez durante la zafra a los trabajadores, depende de las condiciones de la infraestructura de las UPP. (21.16402116>3.841458821, con un 99% de nivel de confianza)

5.- La limpieza del establecimiento y vehículos de transporte dependen de que el trabajador conozca cuáles deben ser las condiciones de su área de trabajo. (11.52>3.841458821, con un 99% de nivel de confianza)

Los administradores de las UPP relacionan el conocimiento de los riesgos a la salud, las condiciones de la infraestructura, las condiciones del transporte del piloncillo, el almacenar el piloncillo, con la capacitación; como el medio para lograr adquirir destrezas, valores o conocimientos teóricos, que le permitan realizar ciertas tareas o desempeñarse con mayor eficacia. El conocimiento de los riesgos a la salud, depende de la capacitación como mínimo una vez durante la zafra.

Es muy importante mencionar que de acuerdo a las pruebas estadísticas las UPP no relacionan el grado de conocimiento de los riesgos a la salud con las buenas prácticas inclusive con la inocuidad, los resultados son nulos estadísticamente. Las UPP como participantes de la cadena alimentaria de acuerdo con la FAO [1] se ven involucradas dentro la implementación de planes de contingencia, ante la crisis del COVID-19.

Cortés et al en el 2013 [1] menciona que además de las fluctuaciones del precio del piloncillo es relevante la falta de inocuidad en la producción derivado del desconocimiento de las normas nacionales que reglamentan los esquemas mínimos de producción, estandarización de procesos y composición química

ca final. Si desde ese año 2013 antes de la crisis de COVID-19, estudios sustentan la falta de inocuidad ¿qué se puede esperar en esta época de crisis de COVID-19 en el 2020?

Sin duda queda la formulación de estrategias para la implementación de planes de contingencia, por sector, estratificando cada sector de acuerdo a sus necesidades y recursos existentes, esto de refuerza ahora con las medidas que se están tomando por la emergencia sanitaria del COVID-19, las empresas deben tener cuidados y el piloncillo no es una excepción.

### Se recomienda:

**1.- Capacitación del personal:** Es fundamental estar suficientemente capacitado para traspasar información a los usuarios. (FAO (2020a)

**2.- Comunicación:** En tiempos del COVID-19 es muy importante transmitir información actualizada y confiable para luchar contra la desinformación. Aun cuando es importante reiterar al público que, si bien no hay casos reportados de COVID-19 por consumo de alimentos, entregar recomendaciones de higiene para evitar la transmisión de SARS-CoV-2 es fundamental para concientizar a los manipuladores de alimentos. (FAO (2020a)

**3.- Participación de las instituciones** gubernamentales en la capacitación **gratuita** y apoyo económico para este sector agroalimenticio tan olvidado, a través de Universidades de la zona.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo al Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, por las facilidades otorgadas y un atento agradecimiento a los piloncilleros entrevistados de la región, por su tiempo y aporte a esta investigación.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] FAO. 2020. *Food Safety in the time of COVID-19*. Rome. [En línea]. [Citado el 10 de Junio de 2020]. <https://doi.org/10.4060/ca8623en>

[2] Morales-Ramos, V., Osorio-Mirón, A. y Rodríguez-Campos, J. (2017). *Innovaciones en el ingenio de caña de azúcar en bruto: producción de azúcar de caña en bruto granulado*. *Agroproductividad*, 10 (11), 41-47.

[3] Cortés, D., Díaz, S., Cabal, A., & Del Ángel, O. (2013). *Análisis del sector agroindustrial piloncillero en la Región Huatusco-Fortín, Veracruz*. *Ciencias Agropecuarias Handbook TI*, 13.

[4] Galicia-Romero, M., Hernández-Cázares, A. S., de la Vequia, H. D., Velasco-Velasco, J., & Hidal-

go-Contreras, J. V. (2017). Evaluación de la calidad e inocuidad de la panela de Veracruz, México. *Agroproductividad*, 10(11), 35-41.

[5] Solís Pacheco, J-R; Pérez Martínez, F; Orozco Ávila, I; Flores Montaña, J-L; Ramírez Romo, E; Hernández Rosales, A; Aguilar Uscanga, B. (2006). Descripción de un proceso tecnificado para la elaboración de piloncillo a partir de caña de azúcar. *e-Gnosis* 4(1):1-8

[6] Gutiérrez-Mosquera, L. F., Arias-Giraldo, S., & Ceballos-Peñaloza, A. M. (2018). Advances in traditional production of panela in Colombia: analysis of technological improvements and alternatives. *Ingeniería y competitividad*, 20(1), 107-123.

[7] Villa, M. L., Romero, A. d. & López, A. F. (2020). Criterios de implementación ISO 22000:2018-Caso estudio Sector Panelero: Trapiche San Felipe. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/34317>.

[8] Gobernación del Atlántico. Plan de desarrollo departamental 2008 - 2011. [en línea] 2008; 1 - 182 [fecha de acceso 7 de agosto de 2020]. Disponible en: [http://www.tubara-atlantico.gov.co/apc-aa-files/33363363663763646464326232363333/plan\\_de\\_desarrollo\\_departamental.pdf](http://www.tubara-atlantico.gov.co/apc-aa-files/33363363663763646464326232363333/plan_de_desarrollo_departamental.pdf)

[9] Corrales Ramírez, L. C., Muñoz Ariza, M. M., & González Pérez, L. M. (2012). Estudio descriptivo de las prácticas de manufactura en la industria panelera de los trapiches San Francisco y La Esmeralda en Boyacá y Caldas. *Nova*, 10(18), 165-179. <https://doi.org/10.22490/24629448.1005>

[10] Gil, J. G. R. (2017). Characterization of traditional production systems of sugarcane for panela and some prospects for improving their sustainability. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(1), 8045-8055.

[11] Servín Juárez, Roselia, & Cruz Carrasco, Cynthia, & Hidalgo Contreras, Juan Valente, & Ramírez Calderón, Gloria, & Ramos Soto, Ana Luz (2018). FACTORES CRÍTICOS EN LA ADMINISTRACIÓN DE TRAPICHES DE LA REGION DE HUATUSCO, VERACRUZ. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 42 (), 919-928. [Fecha de Consulta 8 de Agosto de 2020]. ISSN: 1405-9282. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=141/14156175011>

[12] Hernández Sampieri R, Fernández C. Batista, P. (2010), *Metodología de la investigación*. Ed. Mc Graw Hill

[13] INEGI. (2013). *Compendio de información Geográfica Municipal 2010 - Huatusco*. Aguas-

calientes, Ags. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

[14] George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon

ANEXO A Referente a la Tabla 6 Pruebas de independencia de los ítems

NUMERO DE HIPÓTESIS	ITEM X	ITEM Y	PRUEBA DE INDEPENDENCIA	CORRELACIÓN	HIPOTESIS ESTADISTICA COMPROBADA
1	1	2	$5.5742 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.165997435	El uso de cubrebocas depende de las instrucciones de medidas de higiene al personal de las UPP.
2	1	7	$5.574193548 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.123411863	Las condiciones del establecimiento de las UPP dependen de las instrucciones de medidas de higiene al personal de las UPP
3	2	1	$5.574193548 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.165997435	Las instrucciones de medidas de higiene al personal de las UPP dependen del uso del personal de las UPP de cubrebocas.
4	2	4	$11.71504762 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.58697094	La capacitación al menos una vez durante la zafra depende del uso de cubrebocas de personal.
5	2	5	$9.87654321 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.492266668	Existe una relación directa entre el uso del termómetro y los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto.
6	2	6	$5.574193548 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.556861317	El almacén libre de humedad tiene una relación directa con los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto.
7	2	7	$8.851138546 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.476785924	Las condiciones de infraestructura del establecimiento dependen de los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto.
8	2	8	$11.52 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.566999951	Mantener el vehículo de transporte limpio depende de los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto.
9	3	2	$5.517241379 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.201928607	Los conocimientos de los riesgos de contaminación del producto dependen que los trabajadores no trabajen enfermos.
10	3	5	$4.256157635 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.264235618	La capacitación al menos una vez durante la zafra depende que los trabajadores no trabajen enfermos.
11	3	7	$3.886239737 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.131648187	Las condiciones de la infraestructura de las UPP dependen de las condiciones de salud de los trabajadores.
12	4	2	$11.71504762 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.58697094	EL conocimiento de los riesgos de contaminación del producto piloncillo dependen de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación.
13	4	5	$8.886857143 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.65366708	El uso de termómetro como instrumento de medición para los caldos del piloncillo dependen de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación.
14	4	7	$21.16402116 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.832018207	Las condiciones de la infraestructura de la UPP dependen de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación.
15	4	8	$7.619047619 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.597621903	La importancia de la limpieza que transporta el producto terminado dependen de que cuando menos una vez durante la zafra el personal reciba alguna capacitación.
16	5	2	$9.87654321 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.492266668	Si es importante usar cubrebocas para evitar contaminar los alimentos entonces medir la temperatura de los caldos de piloncillo también.
17	5	4	$8.886857143 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.65366708	La capacitación al personal al menos una vez durante la zafra depende de la importancia de usar cubrebocas.
18	5	7	$9.87654321 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.56683888	La buena ventilación e iluminación dependen del conocimiento de las buenas prácticas en la elaboración del piloncillo.
19	6	2	$5.574193548 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.556861317	Los conocimientos de los riesgos a la salud tienen relación directa con las condiciones libres de humedad del almacén de piloncillo.
20	6	7	$5.574193548 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.544006546	Si el almacén donde se guarda el piloncillo está libre de humedad entonces las ventanas y puertas proporcionan buena ventilación.
21	6	8	$15.48387097 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.684484797	Si donde se almacena el piloncillo está libre de humedad entonces el vehículo que transporta el producto debe estar limpio.
22	7	1	$5.574193548 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.123411863	Dar instrucciones de las medidas de higiene al personal depende de las condiciones de la infraestructura de las UPP
23	7	2	$8.851138546 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.476785924	La importancia de los riesgos de contaminación de los alimentos depende de las condiciones de la infraestructura de las UPP
24	7	4	$21.16402116 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.832018207	La capacitación de cuando una vez durante la zafra a los trabajadores depende de las condiciones de la infraestructura de las UPP
25	7	5	$9.87654321 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.56683888	La importancia de usar cubrebocas depende de que las ventanas y puertas tengan buena ventilación.
26	7	6	$5.574193548 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.544006546	La importancia de que la bodega esté libre de humedad y la ventilación de e iluminación depende de las condiciones de la infraestructura de la UPP.
27	7	8	$11.52 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.789127969	La limpieza del vehículo que transporta el producto depende de las condiciones de infraestructura de la UPP.
29	8	2	$11.52 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.566999951	La importancia de usar cubrebocas depende de las condiciones de limpieza vehículo.
30	8	6	$15.4839 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.597621903	La capacitación de buenas prácticas al menos una vez durante la zafra depende de la limpieza del vehículo que transporta el piloncillo.
31	8	7	$11.5200 > 3.841458821$ $t_{prueba} > t_{critica}$	0.684484797	Si el vehículo que transporta el piloncillo para su venta está limpio entonces el almacén donde se guarde el piloncillo esté libre de humedad.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: "X" se refiere a la variable independiente, y "Y" a la variable dependiente



Calidad

y

Sistemas de  
Manufactura

---

Ingeniantes

# Análisis estadístico de las incidencias en el monitoreo de personal del área restringida en una estación núcleo eléctrica

**RESUMEN:** La seguridad en una estación núcleo eléctrica es sumamente importante y particularmente en áreas donde se encuentra personal activamente expuesto a la radiación propia del trabajo. Vigilar las causas de las incidencias que se llegan a presentar es de vital importancia para mantener en los niveles mínimos aceptables y que no exista un accidente a futuro, es por ello y debido a la detección constante de eventos catalogados como incidencias que surge la necesidad de realizar un estudio estadístico, donde primeramente se documentaron durante 17 semanas en una hoja de registro las incidencias que se tienen en una estación núcleo eléctrica, en el área denominada portales, con el personal activamente expuesto, para posteriormente mediante el uso de un Pareto, se identifican 3 incidencias que tienen mayor frecuencia durante el periodo de estudio (Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM, Monitorea sólo artículos personales en el CPO y Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos). Finalmente se realiza un análisis de varianza de Fisher (Anova), para demostrar si existe relación entre la frecuencia de dichas incidencias y alguno de los días de la semana, estableciendo si uno de los días de la semana en específico sea determinante estadísticamente en la ocurrencia de las incidencias, es decir, si podemos atribuir a cualquiera de los días de la semana (como variable independiente) el hecho del aumento de la frecuencia en alguna de las incidencias (como variable dependiente).

**PALABRAS CLAVE:** Prueba Fisher / Análisis Estadístico / Pareto / Monitoreo de Personal / Estación Núcleo Eléctrica.



## Colaboración

Antonio Huerta Estévez; Manuel Rivera Moreno; Paulina Gutiérrez León; Cesar Augusto Rogel Galvez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz

**ABSTRACT:** Safety in a power station is extremely important and particularly in areas where personnel are actively exposed to radiation from work. Monitoring the causes of the incidents that come to present is of vital importance to keep the acceptable minimum levels and that there is no future accident, it is for this reason and due to the constant detection of events cataloged as incidents that the need to To carry out a statistical study, where the incidents that occur in a power station, in the area called portals, were first documented for 17 weeks on a record sheet, with the personnel actively exposed, and later by using a Pareto, They identify 3 incidents that are more frequent during the study period (I remove the objects from my pockets to be monitored in the PCM, Only monitor personal items in the CPO and PR Technician Assists the PAE to avoid being monitored with objects in my pockets). Finally, a Fisher variance analysis (Anova) is performed to demonstrate whether there is a relationship between the frequency of said incidents and any of the days of the week, establishing whether a specific day of the week is statistically determinant in the occurrence. of the incidents, that is, if we can attribute to any of the days of the week (as an independent variable) the fact of increasing the frequency of any of the incidents (as a dependent variable).

**KEYWORDS:** Fisher Test / Statistical Analysis / Pareto / Monitoring Personal / Nucleo Electric Station.



## INTRODUCCIÓN

Una Estación Núcleo Eléctrica pertenece al ramo energético siendo la que se encarga de la generación de energía eléctrica. En esta central trabaja personal especializado en el manejo de reactores y estaciones eléctricas, así como personal certificado en el manejo de equipo radiológico, así como de contaminación radiológica en personas equipos, materiales y herramientas. Particularmente, en el área donde se realizó este estudio, llamada área restringida, es en donde se realizan los trabajos de mantenimiento hacia los equipos y control de los niveles de radiación, ubicada en el edificio principal de la Estación Núcleo Eléctrica, el equipo de protección consiste en lentes de protección, guantes y overoles de trabajo especializados ya que es un área en donde no se espera una alta exposición a la radiación, por lo cual se cuenta con técnicas de protección como medidas de seguridad las cuales se analizan así como señalizaciones y radiómetros que miden el nivel de radiación expuesto por los trabajadores.

Por este motivo es de suma importancia el correcto monitoreo del personal, material, herramientas y equipo para evitar la dispersión de la contaminación y asegurarse de que no se ha adquirido dosis de radiación fuera de lo planeado. Con el presente trabajo se reconocer las frecuencias de las incidencias que realiza el PAE (Personal Activamente Expuesto) al momento de realizar su monitoreo personal y de las herramientas, material y equipo que requirió para realizar su trabajo dentro de las unidades.

Este trabajo trata acerca de un estudio estadístico, en donde en primera instancia se registran las incidencias que se tienen en una estación núcleo eléctrica con el personal activamente expuesto que mediante una hoja de registro durante 17 semanas que dura el estudio, posteriormente con un Pareto se demuestra cuáles son las incidencias que se presentan con mayor frecuencia durante el periodo de estudio, identificando 3 incidencias (Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM, Monitorea sólo artículos personales en el CPO y Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos), posteriormente mediante el análisis de varianza (Anova) de Fisher, se hará una para demostrar la si existe relación entre el número de incidencias y alguno de los días, determinando si uno de los días de la semana en específico sea determinante estadísticamente en la ocurrencia de las incidencias, lo cual mediante dichas pruebas se demuestra clara y evidentemente si existe o no relación alguna entre la presencia de las incidencias y los días en las que estas se presentan con mayor frecuencia, es decir, si podemos atribuir a cualquiera de los días de la semana el hecho del aumento de la frecuencia en alguna de las incidencias. El Control Estadístico de Procesos (CEP) es una técnica estadística para asegurar que los procesos cumplen con los estándares [1].

Este estudio surge de la necesidad de tomar decisiones efectivas respecto a las oportunidades de mejora (AFI) reconocidas y señaladas en la Estación Núcleo Eléctrica por la organización WORLD ASSOCIATION OF NUCLEAR OPERATORS/ASOCIACIÓN MUNDIAL DE OPERADORES NUCLEARES (WANO) dicha organización tiene como misión maximizar la seguridad y confiabilidad de las plantas de energía nuclear en todo el mundo, trabajando juntos para evaluar y mejorar el desempeño a través del apoyo mutuo, el intercambio de información y la emulación de las mejores prácticas.

El AFI es reconocido bajo el acato del "ESTANDAR PARA EL CONTROL DE LIBERACIÓN IRRESTRIC-TA DE MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTAS DE AREA RESTRINGIDA" para poder mejorar en dicho estándar se deberán tomar las decisiones pertinentes basadas en el análisis de las incidencias en el monitoreo del personal, material, equipo y herramientas en el área restringida en el edificio de control principal dentro de la Estación Núcleo Eléctrica mediante observaciones diarias realizadas con los supervisores del área de protección radiológica PR. El tamaño de nuestra muestra para el análisis de las incidencias es de 17 semanas del 2018 comprendidas entre los días del lunes 20 de Agosto el día 14 de Diciembre (casi 5 meses). Iniciamos este análisis planteando nuestra pregunta de investigación, ¿Influye los días de la semana en que exista mayor frecuencia de las incidencias en el área a analizar?

Tenido formulada nuestra pregunta de investigación procedemos a plantear nuestra problemática, la cual se basa en que no se tienen identificado la causa por la cual se presentan las incidencias, y al no contar con la plena identificación de las causas, no se puede determinar planeas de acción a seguir para reducir la frecuencia de las incidencias. Es por ello que se hace un análisis estadístico de las incidencias principales que son registrada por parte de los operadores de la Estación Núcleo Eléctrica, al final de este trabajo se demostrará estadísticamente mediante el Software MiniTab si existe o no evidencia estadística para determinar una correlación entre el número de incidencias presentadas (identificada como variable dependiente) con las semanas estudiadas o los días analizados (identificado como variable independiente). Teniendo como propósito determinar si la frecuencia con la que se presenta alguna de las principales incidencias en el área restringida conocida como portales, tiene relación particularmente con algún día de la semana. Con estas sencillas herramientas, se tiene la oportunidad de resolver el 95% de los problemas, lo que nos permitirá entrar plenamente en un mundo de mejora incesante base de la Calidad Total que tenemos como meta común. [2]

## MATERIAL Y MÉTODOS

El departamento de Protección Radiológica (PR) es-

tablece un conjunto de estrategias, acciones y lineamientos que debe cumplir todo el personal de la Estación Núcleo Eléctrica para su propia protección contra la radiación producida por la operación de la misma y adicionalmente para la protección del público en general.

El conjunto de acciones que constituyen están encaminadas a prevenir y limitar la exposición del personal a la radiación adoptando los criterios del principio ALARA (As Low As Reasonable Archivable - Tan Bajo Como Sea Razonablemente Posible). Este principio requiere que se consideren las condiciones de operación de la Central y reflejarlo en procedimientos, planeaciones de trabajo, registros, equipos especiales y otros, para lograr que las exposiciones a la radiación para el PAE (Personal Activamente Expuesto) cumplan con los límites establecidos y sean ALARA.

Se realizó una investigación correlacional, ya que es la que nos ayuda a evaluar la relación estadística de dos variables sin la influencia de alguna variable no considerada o extraña para el estudio, el cual se realizó durante 17 semanas (85 días). Para ejecutar un análisis de varianza de Fisher (ANOVA), debe tener una variable de respuesta (siendo en este caso número de frecuencias que se presentan) continua y al menos un factor categórico o variable independiente (días de la semana).

A continuación, se enlistan las actividades principales con las cuales se llevó a cabo este trabajo:

1. Identificar y contabilizar en una hoja de verificación, la cual sirve para recolectar datos por medio de la observación de una situación o proceso, siendo una de las 7 herramientas de la calidad [5], las observaciones realizadas por el supervisor de PR el número de incidencias sobre los no cumplimientos por parte del técnico auxiliar y el PAE en área restringida. Tomando en cuenta que las acciones correctas serían que el operador se lleve artículos personales (peines, llaves, carteras, etc) al área restringida u olvidar dejar objetos de trabajo, que se encuentran contaminados, en su lugar de trabajo.

2. Elaborar base de datos en Excel para calcular y determinar el porcentaje de las incidencias del correcto monitoreo del personal, material, equipo y herramientas en el área restringida.

3. Realizar un análisis estadístico mediante MiniTab 18 con el número de porcentaje de incidencias en el área de restringida (área de estudio) del personal, material, equipo y herramientas.

Se inicia creando un formato de hoja de control que se utilizó para llevar el registro diario de las incidencias del monitoreo del personal, material, equipo y herra-

mientas en el área restringida, tal como se muestra en la Figura 1. A continuación se detallan las iniciales de dicha figura (PCM: Monitores de Contaminación Personal, CPO: Contaminación Personal en otros objetos, POE: Personal Ocupacional Expuesto, EPP: Equipo de Protección Personal, PR: Protección Radiológica).

Figura tomada de Central Núcleo Eléctrica (2018)

CPO													
ACCIONES OBSERVADAS	No. DE EVENTOS DE MONITOREO												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TÉCNICO DE PR (0)													
1. ATENDIÓ EL EVENTO DE ALARMA EN EL CPO													
2. INSPECCIONÓ EL MATERIAL POR CONTAMINACIÓN REMOVIBLE Y FIA													
3. VALIDA SOLO POR 24 HR LOS ISOTOPOS REALIZADOS AL MATERIAL VOLUMETRO													
ACCION DEL POE													
1. MONITOREA SOLO ARTICULOS PERSONALES EN EL CPO													
2. SOLICITA AL TÉCNICO DE PR EL MONITOREO DE MATERIAL, EQUIPO O HERRAMIENTA													
3. SI NO ALARMA EL CPO RETIRA LOS ARTICULOS DEL CPO Y DEL AREA RESTRINGIDA													
4. SI ALARMA EL CPO SOLICITA EL APOYO DEL TÉCNICO DE PR													
5. ASISTE AL POE PARA EVITAR SE MONITOREE CON OBJETOS EN LOS BOLSILLOS													
6. AL PRESENTARSE ALARMA SE MONITOREA EL EPP EN EL CPO													
ACCION DEL POE													
1. SOLICITA EL APOYO DEL TÉCNICO DE PR (0) ANTE ALARMA DEL PCM													
2. SE RETIRAN LOS OBJETOS DE LOS BOLSILLOS PARA MONITOREARSE EN EL PCM													
3. SE MONITOREA CON Y SIN FAJA DE SEGURIDAD EN LOS PCM													
CRITERIOS C= CUMPLE NC= NO CUMPLE													
NO= NO OBSERVADO (EJEMPLO: SI NO ALARMA EL CPO, NO ES POSIBLE OBSERVAR SI EL TÉCNICO DE PR APOYO AL POE)													
OBSERVACIONES:													

Figura 1. Hoja de control como registro diario de incidencia de Central Núcleo Eléctrica (2018)

## RESULTADOS

En la Figura 2 se muestra el total de las incidencias presentadas durante todo el periodo que contempla este análisis estadístico en donde participaron los operadores del área de estudio llamada restringida y que fueron monitoreados durante las 17 semanas de muestra que se tienen.

TABLA DE REFERENCIA	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	TOTAL
ATENDIÓ EL EVENTO DE ALARMA EN EL CPO	4	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12
INSPECCIONÓ EL MATERIAL POR CONTAMINACIÓN REMOVIBLE Y FIA	4	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
VALIDA SOLO POR 24 HORAS LOS ISOTOPOS REALIZADOS AL MATERIAL VOLUMETRO	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
MONITOREA SOLO ARTICULO PERSONALES EN EL CPO	45	3	3	7	7	0	3	0	1	0	0	0	0	4	3	3	0	79
SOLICITA AL TÉCNICO DE PR EL MONITOREO DE MATERIAL, EQUIPO O HERRAMIENTA	35	3	0	14	3	0	1	0	1	0	0	6	0	1	1	0	0	65
SI NO ALARMA EL CPO RETIRA LOS ARTICULOS DEL CPO Y DEL AREA RESTRINGIDA	3	2	11	1	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	21
SI ALARMA EL CPO SOLICITA EL APOYO DEL TÉCNICO DE PR	15	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	7	0	5	1	1	0	32
RECONOCE QUE LOS MATERIALES VOLUMETRICOS REQUIEREN MUESTREO E ISOTOPICO DEL EQUIPO QUIMICO	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ATENDIÓ AL POE CUANDO SE REPRESENTA ALARMA DEL PCM	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
RECONOCE QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD FISICA PUEDE MONITOREARSE EN LOS PCM CON SU EQUIPO TACTICO	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ASISTE AL POE PARA EVITAR SE MONITOREE CON OBJETOS EN LOS BOLSILLOS	25	11	3	3	6	18	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	74
AL PRESENTARSE ALARMA SE MONITOREA EL EPP EN EL CPO	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
SOLICITA EL APOYO DEL TÉCNICO DE PR (0) ANTE ALARMA DEL PCM	12	1	0	0	0	0	8	0	0	2	0	0	0	2	1	3	2	33
SE RETIRAN LOS OBJETOS DE LOS BOLSILLOS PARA MONITOREARSE EN EL PCM	50	6	11	0	1	6	17	6	4	9	0	5	1	6	2	2	0	126
SE MONITOREA CON Y SIN FAJA DE SEGURIDAD EN LOS PCM	12	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	17
TOTAL	211	27	30	36	22	12	49	6	12	14	0	21	2	24	8	9	2	

Figura 2. Concentrado final de las hojas de control diario.

Elaboración Propia

Las incidencias, denominadas de esta manera ya que son acciones que no deberían de presentarse en el desarrollo del trabajo del operador por no estar dentro de los procedimientos seguros del operario, que mostraron una mayor frecuencia durante las 17 semanas de monitoreo son las siguientes:

- Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM.
- Monitorea sólo artículos personales en el CPO.
- Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos.

Estas incidencias serán identificadas con las iniciales N, D y K respectivamente para las 3 principales incidencias mostradas en las hojas de control. El departamento de Protección Radiológica (PR) establece un conjunto de estrategias, acciones y lineamientos que debe cumplir todo el personal de la Estación Núcleo Eléctrica para su propia protección contra la radiación producida por la operación de la misma y adicionalmente para la protección del público en general.

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras cuyo campo de aplicación son los datos categóricos y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales que tienen más relevancia mediante su principio "pocos vitales" de los "muchos triviales" [4]. En la Figura 3 se ve el resultado del Pareto utilizando el Software Minitab, en donde se muestra como estas 3 incidencias principales : Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM (N), Monitorea sólo artículos personales en el CPO (D) y Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos (K) nos representan un porcentaje mayor al 50% (56.9%) del total de las incidencias presentadas durante las 17 semanas del análisis, las cuales fueron las que se permitieron monitorear para hacer dicho análisis, ya que se determinó que al ser trabajos repetitivos y no estar presente ningún tipo de otra variable que pudiera afectar a la presencia de las incidencia no habría motivo para ampliar el tiempo de estudio.

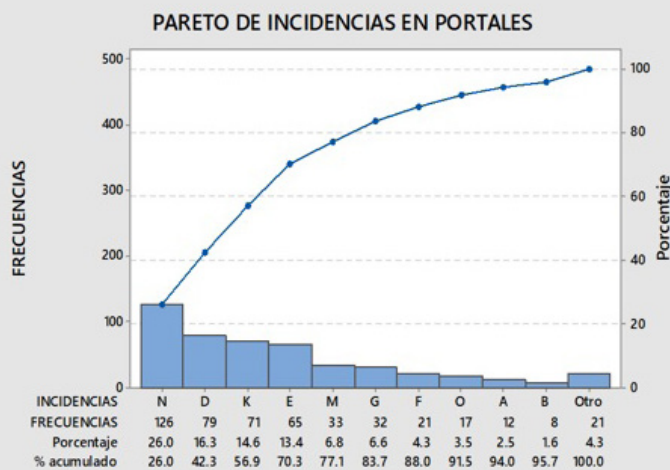


Figura 3. Pareto de Incidencias. Elaboración Propia

En general, la prueba de hipótesis se puede usar para determinar si se debe rechazar o no una afirmación acerca del valor de un parámetro de población. En la prueba de hipótesis se comienza proponiendo una hipótesis tentativa acerca de un parámetro poblacional. Esta hipótesis tentativa se llama hipótesis nula y se define otra hipótesis, llamada hipótesis alternativa, que es la opuesta de la nula. [3]

En la Figura 4 se muestran los resultados de la prueba Fisher (ANOVA) con un nivel de significancia del 95%,

para determinar si hay evidencia estadística para determinar que el FACTOR (día de la semana) influye en la RESPUESTA (Frecuencia de incidencia). En donde se establecerán las hipótesis nula y alterna.

Ho: La media de las frecuencias de incidencias de todos los días son iguales.

Hi: La media de las frecuencias de incidencias es diferente en al menos 1 día.

ANOVA unidireccional: FRECUENCIA vs DIA					
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales				
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente				
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$				
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis					
Información del factor					
Factor	Niveles	Valores			
DIA	5	JU, LU, MA, MI, VI			
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor P
DIA	4	17.89	4.473	0.69	0.599
Error	235	1522.71	6.48		
Total	239	1540.6			
Resumen del modelo					
S	R-cuad	R-cuad (ajustado)	R-cuad (pred)		
2.54551	1.16%	0.00%	0.00%		
Medias					
DIA	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%	
JU	48	0.729	1.621	(0.005, 1.453)	
LU	48	1.5	3.307	(0.776, 2.224)	
MA	48	1.375	2.734	(0.651, 2.099)	
MI	48	1.146	2.593	(0.422, 1.870)	
VI	48	1	2.154	(0.276, 1.724)	
Desv. Est. Agrupada = 2.54551					

Figura 4. Prueba de Fisher (Anova) Frecuencia vs Día Elaboración Propia

Al tener un Valor p del 0.559 el cual es mayor al nivel de significancia del 0.05% podemos concluir que no se rechaza nuestra Hipótesis Nula (Ho), es decir, que durante los 85 días muestreados no hay evidencia estadística en donde indique que en alguno de estos días hubo un comportamiento diferente en la frecuencia presentada de las incidencias.

Ya se estableció que no hay diferencia entre la frecuencia de las incidencias y los 85 días del estudio, pero, ¿Qué pasa si se agrupan los días? Es decir, sumar la frecuencia en cada una de las 3 incidencias principales de este análisis en cada uno de los días, para poder determinar si la diferencia existe entre los días sin importar en que semana se presentó la incidencia, para lo cual se establecen las mismas hipótesis que se hicieron en la prueba anterior.

La Figura 5 muestra un Valor p del 0.095 el cual es mayor al nivel de significancia del 0.05% podemos concluir que debemos de aceptar nuestra Hipótesis Nula (Ho), es decir, que sin importar que día de la semana sea no se mostró evidencia estadística en donde indique que hay un comportamiento diferente en la frecuencia presentada de las incidencias.

Como ya se mencionó anteriormente, la recolección de los datos se realizó durante el periodo de 17 semana, que fueron las permitidas por la estación núcleo

eléctrica ya que fue el periodo donde se tiene una mayor carga de trabajo y cuando se tienen registros históricos en donde hay una mayor presencia de incidencia enunciadas. En este estudio solo se toman en cuenta los días de la semana como variable determinante en la presencia de las incidencias, ya que no existe otra variable que pueda presentarse al ser un área en donde capacitación, rangos de edades, niveles académicos, así como presencia de variables personales como alcohol en la sangre u otras sustancias, son estrictamente controladas por el central núcleo eléctrica, es por eso que la una variable que podíamos usar es los días de la semana.

ANOVA unidireccional: FRECUENCIA vs DIA					
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales				
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente				
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$				
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis					
Información del factor					
Factor	Niveles		Valores		
DIA	5		JU, LU, MA, MI, VI		
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor P
DIA	4	7177	1794.2	2.67	0.095
Error	10	6718	671.8		
Total	14	13895			
Resumen del modelo					
S	R-cuad	R-cuad (ajustado)	R-cuad (pred)		
25.9191	51.65%	32.31%	0.00%		
Medias					
DIA	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%	
JU	3	11.67	3.21	(-21.68, 45.01)	
LU	3	24	7.21	(-9.34, 57.34)	
MA	3	22	7.55	(0-11.34, 55.34)	
MI	3	18.33	4.16	(-15.01, 51.68)	
VI	3	72.7	56.8	(39.3, 106.0)	
Desv. Est. Agrupada = 25.9191					

Figura 5. Prueba de Fisher (Anova) Frecuencia vs Días acumulados. Elaboración Propia

Ya establecidas son las incidencias que se presenta con mayor frecuencia, es imperante hacer acciones correctivas al respecto. Como anteriormente ya se mencionó en este trabajo de las 3 incidencias la de Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM y la de Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos, se refieren a incidencias relacionadas con los monitoreos de objetos en bolsillos.

Esto nos da un punto de partida para implementar propuestas de mejora, ya que estas 2 de 3 incidencias son inherentes al operador, se procedió a establecer 2 acciones principales.

1.- Colocar anuncios carteles en las áreas de vestidores, comedores y demás áreas en común en donde se recordará de no llevar objetos a las áreas restringidas o de no olvidar objetos en todas las áreas anteriormente mencionadas tal como se muestra en la Figura 6.

2.- Retomar las pláticas de seguridad antes del inicio de las labores diarias para los trabajadores del área restringida, las cuales ya con anterioridad ya se daban pero que por caer en la zona de seguridad de los obre-

ros dejo de darse ya que no se había demostrado estadísticamente los efectos que esto tenía.



Figura 6. Señalética para el personal Elaboración Propia

Las implementaciones de estas acciones tuvieron un impacto positivo en el personal del área restringida, ya que después de su implementación se pudo observar una disminución en la frecuencia de las 3 incidencias principales mencionadas anteriormente (en promedio 15%).

## CONCLUSIONES

Para garantizar el mejoramiento continuo en una empresa que tenga diseñado los procesos de su Sistema de Gestión de la Calidad, y los indicadores de desempeño de los mismos, se utilizan técnicas y herramientas para el análisis, control, seguimiento y mejora de dichos procesos [6].

El análisis estadístico de los datos tomados referente a las frecuencias de las incidencias mostradas durante los 85 días que duro el estudio nos muestran que de las 3 incidencias principales que deben de atacar, Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM, Monitorea sólo artículos personales en el CPO y Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos, no mostro estadísticamente una diferencia significativa que nos permitiera establecer que las incidencias se presentan en una mayor frecuencia particularmente alguno de los días de la semana.

Esto significa, que no podemos determinar que el comportamiento de los trabajadores (frecuencia de las incidencias) del área restringida está condicionado a algún día en particular de la semana, es decir, sin importar el día de la semana en que se labore los trabajadores mostraron el mismo comportamiento estadístico en la frecuencia de las incidencias presentadas. Además, que no se presenta alguna otra variable de análisis para dicho estudio debido a que no existen

dichas variables, es decir, el personal que ahí labora cuenta con una capacitación igual en cada uno de ellos, para poder ingresar a esa área se pasan rigurosos exámenes de conocimientos que le permiten al personal a cargo de dicha área poder establecer que no hay variables que afecte al proceso, solo poder relacionarlo con los días de la semana.

En este estudio no se realizó un Ishikawa debido partimos de conocer ya cuales eran las incidencias que se deberían de estudiar, dichas incidencias ya fueron proporcionadas por la central núcleo eléctrica, y que eran las que deberían estar permanentemente monitoreando en el área restringida de dicha planta, y que estas incidencias, al presentarse, ocasionarían que herramientas, artículos de uso personal y hasta el mismo operario, tuviera niveles de radiación por encima de los permitidos ocasionando así una posible contaminación hacia otras áreas.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] Arias Montoya, L., Margarita Portilla, L., y Bernal Loaiza, M. E. (2008). Los costos y su manejo con el control estadístico de procesos, con ayuda de la distribución normal. *Scientia Et Technica*, XIV (38), 259-263. Consultada el 22 de diciembre de 2018, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903845>

[2] Ishikawa, Karou (1985). *¿Qué es control total de la calidad? La modalidad Japonesa*. Bogotá, Colombia: Prentice-Hall.

[3] Figueroa García, J. C., Campos Trujillo, L. E., y Caquimbo Tabares, C. (s.f.). Implementación de Lógica Difusa para realizar Pruebas de Hipótesis Estadísticas Univariadas. *Ingeniería*, 11(1), 51-61. Consultada el 18 de diciembre de 2018, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498850162008>

[4] Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Guadalajara (3<sup>ra</sup> ed.). México: McGraw Hill.

[5] Maldonado, R. M. (2018). *Control Estadístico de la Calidad. Un enfoque Creativo*. México: Patria.

[6] Villar-Ledo, L., y Ledo-Ferre, M. C. (2016). *Aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de indicadores*. *Ingeniería Industrial*.



Calidad

y

Sistemas de  
Manufactura

---

Ingeniantes

# Determinantes de la Competitividad Turística en zonas urbanas

**RESUMEN:** De acuerdo al reporte de la Organización Mundial del Turismo (OMT) [1], en los últimos ocho años este sector ha mantenido un crecimiento constante en sus actividades principales. En ese sentido, de acuerdo con Franzoni [2] el desarrollo del turismo sustentable ha jugado un papel fundamental para la generación de productos turísticos competitivos y de valor agregado por parte de los involucrados, siendo parte esencial en el proceso de crecimiento del turismo. Derivado de lo anterior, en el presente documento busca determinar las variables relevantes para la medición de la competitividad turística en las zonas urbanas de México a partir del análisis de modelos econométricos. El proyecto se realizó en dos etapas, en la primera se hizo una revisión teórica en las principales fuentes de datos confiables; en la segunda etapa se diseñaron los modelos econométricos correspondientes. Los principales hallazgos detectados son, para el primer modelo la determinación de las variables más importantes para elevar el número de turistas en las zonas urbanas denominado "Turismo" que mide el número de turistas tanto nacionales como internacionales. Y en un segundo modelo, se determinaron las variables sobre la "Ocupación hotelera" medida en número de cuartos de hoteles ocupados durante el 2014. Como resultado de lo anterior, se logró especificar por una parte los factores clave de la ocupación hotelera: emergencias naturales, visitas a museos, pasajeros internacionales y tecnología. Además, los factores claves del turismo: la seguridad, la calidad y el PIB, debido a que no necesariamente la ocupación hotelera implica turismo en su definición más pura.



## Colaboración

Jesabel Gómez Sánchez; Ivette Pérez Hernández; Irving Ilhuilcamina Mendoza Ruiz; Paula Rosalinda Antonio Vidaña, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz; Daniel Alejandro Pérez Domínguez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Huatusco

**PALABRAS CLAVE:** Competitividad, Turismo, competitividad turística, modelo de competitividad, análisis econométrico.

**ABSTRACT:** According to the report of the World Tourism Organization (UNWTO) [1], in the last eight years this sector has maintained a constant growth in its main activities. In that sense, according to Franzoni [2] the development of sustainable tourism has played a fundamental role for the generation of competitive and value-added tourism products by those involved, being an essential part in the tourism growth process. Derived from the above, this document seeks to determine the relevant variables for the measurement of tourism competitiveness in urban areas of Mexico from the analysis of econometric models. The project was carried out in two stages, in the first one a theoretical revision was made in the main sources of reliable data; in the second stage the corresponding econometric models were designed. The main findings detected are, for the first model, the determination of the most important variables to increase the number of tourists in urban areas called "Tourism" that measures the number of tourists both national and international. And in a second model, the variables on "Hotel Occupancy" measured in the number of hotel rooms occupied during 2014 were determined. As a result of the above, it was possible to specify on one hand the key factors of hotel occupancy: natural emergencies, visits to museums, international passengers and technology. In addition, the key factors of tourism: safety, quality and GDP, because hotel occupation does not necessarily imply tourism in its purest definition.

**KEYWORDS:** Competitiveness, tourism, tourism competitiveness, competitiveness model, econometric analysis.

## INTRODUCCIÓN

El turismo es considerado como un elemento clave para el crecimiento económico que a nivel mundial ha ido en aumento en los últimos años, el cual asciende a 84 millones de dólares para el año 2017 con un movimiento alcista durante los últimos 8 años consecutivos por esta actividad [1]. En ese sentido, en diversos países se apuesta por el turismo como instrumento de desarrollo, práctica que se ha generalizado en los últimos años creando organismos internacionales que regulen el desarrollo de éste a través del establecimiento de un balance entre el costo social y el beneficio económico como aspecto fundamental. Además, del planteamiento de objetivos acordes que involucren aspectos sociales, competitivos, y económicos de manera simultánea. Derivado de lo anterior, se necesita la introducción de un sistema de medición del desarrollo sustentable basado en los niveles de autonomía de las organizaciones, así como la administración estratégica de sus vínculos más importantes [3].

Actualmente, existen modelos complejos de competitividad relativos al turismo que han sido estudiados por diversos autores, Diéguez [4], Crouch y Ritchie [5], Dwyer y Kim [6] quienes concluyen que la composición de la competitividad incluye las limitaciones, las aportaciones y su aplicabilidad de los factores determinantes en el contexto turístico. Además, Mazaró [7], Toledo, y Polero [8], Genest y Legg [9], y Boch et al. [10], han explorado específicamente modelos de competitividad turística considerando la interacción de las categorías e indicadores que convergen en el paradigma sustentable; mismo que se muestran a continuación: a) Modelo del sistema internacional integrado de la competitividad en destinos turísticos; b) Modelo conceptual de competitividad y sostenibilidad para destinos turísticos; c) Modelos de desarrollo turísticos ambientales- las nuevas coordenadas; e) Clasificación de destinos turísticos de premier - ranked tourist destination. También, Jiménez y Aquino [11] proponen un modelo turístico de competitividad basado en el reconocimiento de la naturaleza del turismo, participación de agentes, la relación del entorno y, determinantes de la competitividad, y los competidores de la industria. Por su parte, Alonso [12] utiliza el método de los factores críticos considerando los factores o variables aplicados en el contexto turístico, determinando los indicadores para su medición y evaluación así como el desempeño empresarial, la microeconomía neoclásica y la economía evolutiva.

Sin embargo, éstos resultan análisis complejos no sólo por la técnica de medición sino por la falta de información, principalmente a nivel municipio, donde se tienen que tomar variables proxy y se pierden datos importantes polarizándose los resultados o no existiendo forma de medición que impacte sobre los determinantes para el sector turismo. Por lo tanto, este trabajo logra determinar variables relevantes para la medición

del turismo, logrando además separar el número de turistas de la ocupación hotelera, ya que como se observó no necesariamente están determinadas por las mismas variables y no todas resultan estadísticamente significativas en el estudio. Y además que dichas variables cumplan con que los datos sean de publicación periódica, de fuentes neutrales y de prestigio, de acceso abierto y no redundantes como lo afirma IMCO [13].

Por lo tanto, se establece la medición de acuerdo al modelo de competitividad utilizado en México por el IMCO (Ibid); donde se pretende analizar los datos que establecen la relación entre sus principales variables y el nivel de turistas en México, así como la ocupación hotelera para las 32 zonas urbanas más importantes de cada Estado, año 2014.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Con base en los datos obtenidos de diversas fuentes como SECTUR, IMCO, SEMARNAT, INEGI, y la SCT, a un nivel nacional e internacional; se generó una base de datos que permitió analizar en dos etapas los aspectos más importantes para identificar los determinantes competitivos turísticos en las principales zonas urbanas en México; en ese sentido, 1) se decide estudiar 378 observaciones respecto a las variables del modelo de competitividad mediante análisis estadístico. 2) se determinan los principales factores considerados por el IMCO, a través del análisis econométrico (Ibid), como determinantes de la competitividad.

Por lo que, para la construcción del modelo de competitividad turístico se utilizó el método de regresión lineal mediante mínimos cuadrados ordinarios, de la siguiente forma:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{Ec. (1)}$$

Y se realizaron las evaluaciones correspondientes para que se cumpliera con que el modelo tenga los mejores estimadores lineales insesgados, (homocedasticidad, normalidad de residuales, y no multicolinealidad, sobre o subestimación del modelo). Debido a dichas pruebas se analizaron los datos y se dividió en dos modelos, primero se determinaron las variables más importantes para elevar el número de turistas en las zonas urbanas denominado "Turismo" que mide el número de turistas tanto nacionales como internacionales. Y en un segundo modelo se determinaron las variables sobre la "Ocupación hotelera" medida en número de cuartos ocupados durante el 2014.

## RESULTADOS

De acuerdo a los datos analizados se tuvo como base la relación existente entre las variables "Turistas y ocupación hotelera" y el la precepción de inseguridad, emergencias ambientales, visitas a museos, empresas socialmente responsables, traslados, calidad de las empresas, y la inversión extranjera directa sin actividad petrolera, como se muestra en la Tabla 1.



Tabla 1. Correlación entre variables.

	1. Turistas	2. Ocupación Hotelera
PIB	0.3391	0.423
Seguridad (percepción)	-0.3011	0.0024
Desastres	-0.0557	0.1324
Visitas a museos	0.5114	0.7231
Empresas Socialmente Responsables	0.4732	0.6563
Ingresos públicos propios	0.5091	0.7062
Tecnología (uso twitter)	0.2203	0.4778
Pasaje aéreo	0.4607	0.909
Líneas de autobús	0.4774	0.524
Inversión extranjera directa	0.3876	0.3857
Pasajeros internacionales	0.3372	0.9271
Pasajeros totales vuelos	0.4607	0.909
Calidad (normas)	0.6289	0.4728
IED sin petróleo	0.4523	0.5817

De acuerdo con el análisis estadístico se observa que la percepción de inseguridad tiene un media de 26.33 considerada baja y una desviación estándar de 13.87 esto se debe a que los turistas se sienten inseguros. También, se tiene que en promedio existen dos empresas socialmente responsable por zona urbana; además, el flujo de pasajeros aéreos presentó una desviación estándar alta, esto se debe a que no todas las zonas urbanas cuentan con aeropuertos, en su defecto, si lo tienen sus volúmenes de servicio son muy variados y depende de las características de cada aeropuerto así como de la ciudad, considerándose también que no solo sirven en materia de turismo; el mismo comportamiento se observa en el flujo de pasajeros del o hacia el extranjero. Para las líneas de autobuses se consideró un factor de bajo impacto, de ahí que no resultara significativa la variable. La inversión extranjera directa, también tuvo una media considerablemente baja indicando que las zonas son poco homogéneas; las certificaciones para la empresas prestadoras de servicios, resultaron un factor importante en el estudio, por lo que se considera la calidad como una variable determinante en la competitividad del turismo; lo anterior se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Dev. tip.
Ocupación hotelera	82	2561	11233978	755985.62	1707246.704
PIB	378	5811	901915151	35921159.90	90826886.678
Percepción seguridad	378	5	66	26.33	13.875
Desastres naturales	378	0	14	1.74	2.386
Espacios culturales	378	1	9708	165.07	613.115
Visitas a museos	378	0	2487040	25677.24	183750.304
Escolaridad	378	4	11	9.57	.827
ESR	378	0	120	2.48	9.415
Participación ciudadana	377	17	82	46.94	11.746
Organizaciones civiles	378	0	498	16.58	48.950
Ingresos propios	377	0	178005750800	8151580983.45	35819677107.746
Salarios mensuales	378	3931	9674	6019.08	849.980
Uso TIC'S	378	0	37083	1453.92	3905.781
Transporte masivos	378	0	3	1.91	1.050
Red de carreteras	378	0	3206	151.46	333.051
Pasajeros aéreos	49	30	17081899	1001991.12	2750445.093
Líneas de autobús	378	0	35	.82	2.901
Inversión extranjera dir.	378	0	1189	60.84	142.306
Pasajeros internacionales	48	0	5863684	348873.19	1187661.484
Pasajeros totales	378	0	17081899	129263.80	1037673.846
Calidad	378	35	626	211.82	208.292
IED sin actividad petrolera	378	1222	189743714	6555937.48	17245360.353
Población	378	2930	1825445	199377.75	302827.461

En lo que respecta a la variable analizada número de turistas, que se muestran en la Figura 1, para el año 2014, Quintana Roo aparece como el primer lugar al que los visitantes llegan, compuesto principalmente por turistas internacionales; seguido por la Ciudad de México en número de visitas, pero en su mayoría está compuesto por visitantes nacionales; se observa también, que el estado de Veracruz ocupa un cuarto lugar, mientras Tlaxcala ocupa el último puesto, no coincidente con la ocupación hotelera que se verá a continuación en la Figura 2, de ahí la importancia que corresponde también con el análisis de los datos sobre separar las variables en turismo y ocupación hotelera.

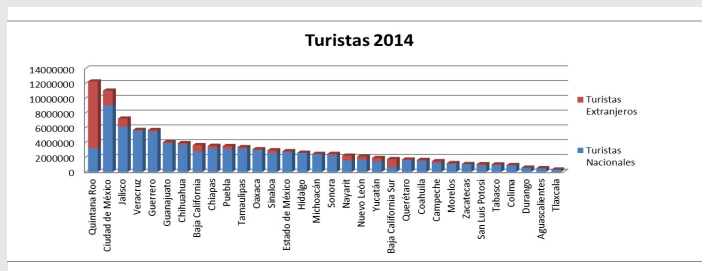


Figura 1. Número de turistas por zona urbana, 2014.

En el tema de la ocupación hotelera, el análisis realizado se muestra en la Figura 2, que para el mismo año (2014), la Ciudad de México obtuvo un contundente primer lugar, casi cuatro veces mayor al segundo lugar, ocupado por Quintana Roo quien en turistas resultara número uno; seguido por Baja California Sur, Jalisco y Yucatán. Esto se debe a que la ocupación hotelera no necesariamente responde a turismo, sino a viajes de negocios, entre otros, en dichas zonas urbanas. En este rubro por ejemplo Veracruz ocupa el número 21 de 32 lugares, contrastante con el cuarto lugar en ocupación por turistas; los últimos puestos, son ocupados por Tlaxcala y Nayarit cuya ocupación hotelera fue muy baja.

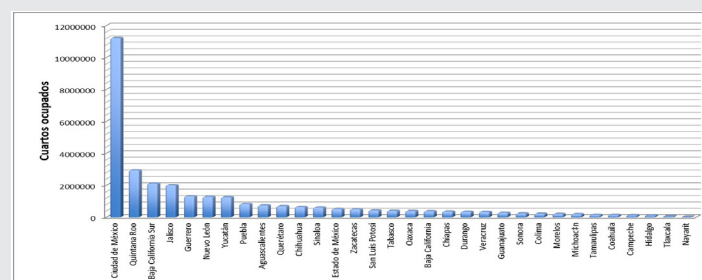


Figura 2. Ocupación hotelera por zona urbana, 2014.

Los resultados del análisis econométrico se muestran en las Tablas 3 y 4. En la primera, se observan como determinantes del número de turistas a las variables: inseguridad, calidad, y el PIB considerados para el mismo año de estudio; es decir la calidad, seguridad y PIB son los factores que más afectan la decisión de asistir a un destino turístico o no. En ese sentido, según el último reporte anual de la OMT [14], consideró que

el número de turistas internacionales que arriban a los distintos destinos mundiales permite medir la cantidad de dinero recaudado por esa actividad, el impacto de crecimiento internacional del flujo de turistas, así como la cantidad de personas que han viajado y hacia donde se dirigieron durante los últimos años, así como la decisión de regresar por la experiencia obtenida; generando un ranking de los países más visitados. Además, de su importante aportación al PIB turístico mundial, como se maneja en los modelos previamente mencionados. Para el modelo 1 donde la variable dependiente es turismo, se estimó la siguiente ecuación:

$$\text{Turistas} = \text{constante} + \text{seguridad} + \text{Ingresos públicos} + \text{Calidad} + \text{PIB} + \text{Pasajeros totales} + \text{población} \quad \text{Ec. (2)}$$

Y de acuerdo a los resultados, obtenidos esto significaría que un incremento de 1% en la percepción de inseguridad disminuirá en 92,143 turistas en un año; por cada empresa certificada el turismo aumenta en 12,297 personas; mientras que el incremento por millón de pesos en PIB irá sumando tres turistas más como se observa en la tabla 3 mostrada a continuación:

Tabla 3. Resumen regresión Turistas.

Modelo 1	Turistas	
	Coefficiente	Probabilidad
Seguridad	-92142.47	0
Ingresos púb	4.69E-06	0.138
Calidad	12296.83	0
PIB	0.0029447	0.032
Pasajeros tot	0.072799	0.474
Población	0.5313346	0.142
Constante	4599657	0

Para el Modelo 2, la variable Ocupación hotelera mostrada en la Tabla 2, se observa la relación existente entre los factores: emergencias naturales, visitas a museos, pasajeros internacionales y tecnología, como lo afirma el modelo de Crouch y Ritchie [15], en donde plasman la integración del contexto competitivo determinado por elementos socioculturales, económico, antropológicos, tecnológicos, comportamentales, medioambientales de mayor impacto, mismos que se logran observar en el presente modelo con la siguiente ecuación:

$$\text{Ocupación} = \text{Emergencias} + \text{museos} + \text{EST} + \text{tec} + \text{pasajeros int} + \text{población} + \text{PIB} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde por ejemplo por cada emergencia declarada la ocupación de cuartos de hotel disminuye en 82,846.42; las visitas a museos implican aumentos de 2 ocupaciones, y el uso de tecnología incrementa en 72 cuartos ocupados; finalmente por pasajero internacional hay un incremento de 1.3 en habitaciones ocupadas como se

observa en la Tabla 4, junto con las probabilidades observadas.

Tabla 4. Resumen regresión ocupación hotelera.

Modelo 2	Ocupación hotelera	
	Coefficiente	Probabilidad
Emergencias naturales	-82846.42	0.008
Visitas a museos	2.045723	0.006
ESR	-17981.39	0.174
Tecnología	72.44365	0.013
Pasajeros internacionales	1.319087	0
Población	0.2565873	0.436
PIB	-0.0009195	0.327
Constante	-23179.63	0.921

El modelo uno presenta una R<sup>2</sup> de 77.57%, mientras que el modelo dos presentó una R<sup>2</sup> de 91.23%; las variables explicadas resultaron estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% para cada caso, sujeto a evaluación MELI (mejor estimador lineal insesgado) [16].

## CONCLUSIONES

A pesar de existir modelos mucho más complejos como el mostrado por Naciones Unidas "Monitor de Competitividad (CM)" para turismo [17], el modelo de sistema internacional en destinos turísticos, la clasificación de destinos turísticos, etc., mencionados previamente, en México no se logra identificar, mucho menos impactar al turismo y la derrama que éste tiene sobre la economía, y la existencia de datos polarizados. Existen lugares con un amplio potencial turístico en México que no logran desarrollarse debido a la situación particular presentada en las bases de datos, antes mencionadas; derivado de lo anterior, el trabajo identificó a partir de dos modelos econométricos las principales variables de competitividad en zonas urbanas que implican la medición de factores publicables y fácilmente identificables.

También, se detectó la falta de variables medibles con bases de datos confiables a nivel municipal, situación que dificulta como se mencionó la aplicación de dichos modelos para la medición del desempeño competitivo de los destinos turísticos, esto a su vez evita que se puedan aplicar estrategias enfocadas al beneficio de las zonas o puntos de aglomeración donde se identifican clústeres turísticos, lo que reduce la posibilidad de generar proyectos de alto impacto económico en las regiones turísticas que actualmente tiene gran mo-

alidad a nivel nacional; finalmente, se observa que la elaboración de políticas públicas adecuadas permitirán que poblaciones de menores tamaños se beneficien del turismo, no se ha trabajado debido a la falta de información y datos confiables, considerando que también, se lograron especificar dos modelos, por una parte donde se identifican factores clave de la ocupación hotelera, y por otra la cantidad de turistas debido a que no necesariamente la ocupación hotelera implica turismo en su definición más pura.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] [14] OMT. (2019). *Annual report 2017, World Tourism organization*. Madrid: OMT. Recuperado el 27 de noviembre de 2018, de: <http://www2.unwto.org/es/annual-reports>

[2] Franzoni, S. (2015). *Measuring the sustainability performance of the tourism sector*. *Tourism Management Perspectives*, 22-27

[3] Cárdenas, G. P. (2012). *Crecimiento turístico vs Desarrollo económico. Una análisis desde la perspectiva de la generación de divisas y la capacidad de recaudación*. *Revista de Economía Mundial*, 73-102. Recuperado el 7 de noviembre de 2018, de: <https://www.redalyc.org/toc.oa?id=866&numero=25395>

[4] Diéguez, I. C. (2011). *Análisis de los principales modelos explicativos de la competitividad de los destinos turísticos en el marco de la sostenibilidad*. *Revista de Cultura e Turismo*, 101-124. Recuperado el 2 de marzo de 2018, de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3743052>

[5] [15] Crouch, G. y Ritchie, J. (1999). "Tourism, competitiveness and societal prosperity". *Journal of Business Research*, 44:137-152. Recuperado el 8 de abril de 2018, de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296397001963>

[6] Dwyer, L. y Kim, C. (2003). *Destination Competitiveness: Determinants and indicators*. *Current Issues in Tourism*, 6(5):369-414. Recuperado el 4 de noviembre de 2017, de: [https://www.researchgate.net/publication/228777665\\_Destination\\_Competitiveness\\_Determinants\\_and\\_Indicators](https://www.researchgate.net/publication/228777665_Destination_Competitiveness_Determinants_and_Indicators)

[7] Mazaro, R. (2008). *Modelos de Competitividad para Destinos Turísticos en el Marco de la Sostenibilidad*. *Revista de Administración Contemporánea*, 789-809.

[8] Toledo, G., Valdés, J. y Pollero, A. (1998). *Empresas turísticas en ambiente globalizado: marketing y competitividad. Estudio de casos de clusters turísticos*. São Paulo: FEA/ USP.

[9] Genest, J., y Legg, D. (2003). *Premier-ranked tourist destinations: development of a framework for analysis and its self-guided workbook*. Ontario. Recuperado el 17 febrero de 2018, de <http://www.tourism.gov.on.ca/english/research/pdf/self-guidedworkbook.pdf>

[10] Bosch, R., Marco, L., Cabado, J., y Riera, F.(1998). *Turismo y medio ambiente*. Madrid: Centro de Estudios Ramon Areces. Recuperado el 5 de diciembre de 2018, de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/530-2013-10-11-Turismo,%20Sostenibilidad%20y%20Medio%20Ambiente.pdf>

[11] Jiménez, P. y Aquino, F. (2012). *Propuestas de un modelo de competitividad de destinos turísticos*. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, Volumen 21 (2012) pp. 977 - 995. Recuperado el 10 de diciembre de 2018, de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/eypt/v21n4/v21n4a10.pdf>

[12] Alonso, V. (2009). *Factores críticos de éxito y evaluación de la competitividad de destinos turísticos*. *Revista Estudios y Perspectivas en Turismo*, volumen 19. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. Recuperado el 5 de diciembre de 2018, de: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-17322010000200003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322010000200003)

[13] IMCO (2007). *Índice de Competitividad Urbana 2007 "Ciudades: Piedra angular en el desarrollo del país"*. Recuperado el 2 de marzo de 2012, de: [https://imco.org.mx/competitividad/indice\\_de\\_competitividad\\_urbana\\_2007\\_-\\_ciudades\\_piedra\\_angular\\_en\\_el\\_desarrollo/](https://imco.org.mx/competitividad/indice_de_competitividad_urbana_2007_-_ciudades_piedra_angular_en_el_desarrollo/)

[16] Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría; Un enfoque moderno (4ta. edición ed.)*. México, D.F., México: Cengage Learning.

[17] Gooroochurn, N. Y Sugiyarto, G. (2005). "Competitiveness indicators in the travel and tourism industry". *Tourism Economics*, 11; 25-43.



Calidad

y

Sistemas de  
Manufactura

---

Ingeniantes

# Reducción de tiempos y actividades mediante un Value Stream Mapping en el proceso interno de un departamento de monitoreo en una empresa de autotransporte

**RESUMEN:** Para el presente artículo, se realizó un estudio detallado del proceso interno de actividades de un departamento en particular “monitoreo”, en una empresa transportista de carga pesada, analizando su cadena de valor mediante la herramienta Value Stream Mapping (VSM), en la cual, se estudian las tareas que el departamento realiza para cumplir su función.

Dentro del VSM creado, se analizó el procedimiento de una actividad señalada en específico por la empresa; “paradas no permitidas y desvíos”, en la cual se detectó un value time (actividades que generan valor) de 32 minutos de realización, lo que representaba la mayor de las problemáticas, puesto que generaba pérdidas económicas, de tiempo, e incluso, causaba que los operadores quedaran expuestos a diversos factores de siniestralidad en campo durante la valuación realizada por “monitoreo”.

Dicho VSM, fue modificado, eliminando un paso que no generaba valor; reduciendo los gastos económicos mensuales de \$9,720.00 a \$6,280.00, y una disminución obtenida en el value time del -46.8%. Con el objetivo principal de reducir tiempos, pérdidas económicas y movimientos para la realización de la actividad; igualmente, el impacto se extendió al sector operacional, agilizando las entregas de mercancía y disminuyendo gastos por infracciones viales.

**PALABRAS CLAVE:** Cadena de Valor, Procesos, Transporte de Carga Pesada, Value stream Mapping.



## Colaboración

Verónica Escartin Hernández; Marcos Salazar Medina; Modesto Raygoza Bello; Gabriela Cabrera Zepeda; Maricela Gallardo Córdova, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba

**ABSTRACT:** For this paper, a detailed study about the inner processes of the activities performed by a department in particular was conducted “monitoring”, within a heavy load transport company, analyzing the value chain through the tool Value Stream Mapping (VSM), where certain process, performed by the department in order to fulfill its function, is studied .

A VSM of the procedure of an activitie specifically indicated by the company was created; “non permitted stops and detours”, in which a 32 minutes value time (tasks that generate value) of performance was detected, this represented the greatest of issues, for it was inflicting losses of time and money, even as well, causing the exposure of the operators to diverse hazardous facts on field, while monitoring’s appraisal was being made.

Said VSM was modified, by deleting a non significant step from the process; cutting monthly expenses from \$9,720.00 MXN to \$6,280.00 MXN, as also a lessening of -46.8% value time. With the main goal of reducing time, economic loss, and steps in the task’s process, the benefits where extended to the operators too, speeding up deliveries and decreasing expenses from traffic fines.

**KEYWORDS:** Value Stream, Processes, Freight transport by road, Value stream Mapping.

## INTRODUCCIÓN

El Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta de manufactura esbelta derivada del Toyota Product System, se conoce como “mapeo de flujo de información y material”. Esta herramienta de mapeo usa las técnicas de manufactura esbelta para analizar y evaluar ciertos procesos de trabajo en una operación

de manufactura o de servicio hacia el cliente. Identifica, demuestra y reduce los residuos, así mismo, crea un flujo en el proceso de fabricación o de un servicio. [1]

[2] Según Dailey (2003), la herramienta VSM permite representar esquemáticamente el procedimiento dentro de la producción de un producto o servicio, para la identificación de las operaciones que aportan valor y las que son innecesarias, consideradas “mudas”, permitiendo realizar una mejora futura en tales procedimientos. Este autor también considera los siguientes puntos:

- Visualización de flujos de todos los materiales e información.
- Facilitar la identificación y eliminación de residuos, actividades y las fuentes de residuos.
- Apoyar la priorización de las actividades de mejora continua a nivel de planta y flujo de valor.
- Análisis restricción de apoyo.
- Proporcionar un lenguaje común para la valoración de procesos.

Para la creación de un VSM se realiza un análisis sobre los desperdicios generados durante el proceso de producción y/o ejecución, y con estos datos se propone una visión del nuevo diseño a implementar, ya que con la aplicación de la técnica (VSM) es más fácil detectar operaciones que no aportan valor; muchas empresas lo realizan con el objetivo de disminuir tiempos y actividades.

Por otra parte, la organización donde se realiza el caso de estudio, es una empresa de transporte de carga pesada, una de las actividades más importantes dentro del sector terciario. La importancia del autotransporte se sustenta fundamentalmente en su alto grado de encadenamiento económico, proporcionando así, servicios a todos los sectores productivos de México; este tipo de transporte ha llegado a ser el modo dominante en los movimientos terrestres de mercancías, es donde surge la importancia de un buen manejo administrativo interno, la comunicación departamental y el manejo de datos para la realización de actividades. [3]

A lo largo de los años, el transportar carga se ha convertido en un trabajo de riesgo, puesto que, la inseguridad a la que los choferes se exponen durante la realización de la tarea, como el crimen organizado, siniestros y secuestros; es el principal aliciente para la generación de estrategias evasivas, sin embargo, no solo se generan tácticas en carretera, sino que la organización comienza a adaptarse desde sus departamentos internos, para generar medidas de respuesta funcionales cuando alguno de estos percances se presente.

La administración del transporte forma parte trascendental dentro de la cadena de suministro. En México, la importancia de esta área representa el 49% del costo logístico.

Todos los días millones de empresas se enfrentan a distintos retos como la planeación de rutas de entregas, asegurar que los camiones salgan a su máxima capacidad y en el tiempo exacto, evitar que las rutas se descompaginen por falta de una correcta planeación, mantener un excelente servicio al cliente y cumplir con todas las demandas y características especiales de cada entrega. [4]

Es por esto, que se realizó una investigación, para estudiar el proceso actual del departamento de “Monitoreo” de una empresa de transporte de carga pesada, mediante el análisis de la cadena de valor, realizando un Value Stream Mapping, atendiendo específicamente a la actividad “paradas no permitidas y desvíos”, para así, generar un nuevo procedimiento donde mejoren tiempos y movimientos de las actividades para eficientizar el desempeño del departamento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología de la herramienta VSM, es un proceso estándar que consta de cuatro pasos ver Figura 1.

- I. Mapear la situación actual.
- II. Identificar los problemas dentro del proceso de producción o de servicio.
- III. Realizar una propuesta para alcanzar el estado futuro.
- IV. Elaborar o diseñar un estado futuro VSM.

Para este caso práctico se añadió un quinto, paso que consiste en la revaluación periódica del nuevo diseño, para buscar, detectar y, en su defecto corregir las actividades que no generen valor; con el fin de buscar la mejora continua.

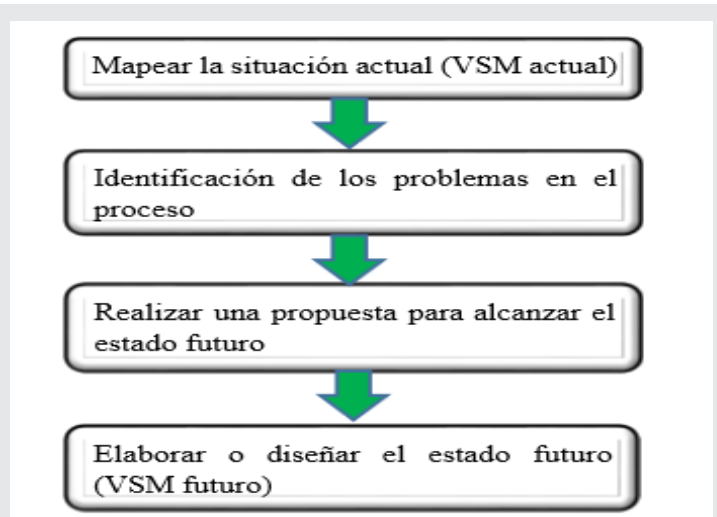


Figura 1. Metodología para generar un Value Stream Mapping. Elaboración propia.

Value Stream Mapping, no resuelve ningún problema por sí solo, visualiza los problemas y permite el establecimiento de sistemas adecuados o mejoras para resolverlos. Para esto existe una nomenclatura propia

de esta herramienta, la cual contiene símbolos, iconos y palabras pertinentes al objetivo de realización; algunos de estos son los siguientes:

- Value time: Refiere a las actividades o tiempos que generan valor dentro del procedimiento, y es calculado en minutos.
- Lead time: Refiere a las actividades o tiempos que no generan valor dentro del procedimiento y es calculado en minutos.

Actualmente en la filosofía Lean, ha adquirido mayor valor e importancia, se ha convertido en una cultura útil para generar ventaja competitiva en las organizaciones, y para muchas de ellas, es el medio de supervivencia dentro del mercado. Esto no solo aplica para fabricantes sino también para mayoristas y minoristas. [6]

**Caso de estudio**

Para el presente trabajo de investigación, se empleó un análisis de cadena de valor dentro del departamento de monitoreo de una empresa de autotransporte de carga pesada, donde se identificó una actividad específica, la cual exponía problemáticas en su procedimiento, dicha tarea pertenece al proceso interno del departamento y está relacionada con la seguridad del camión y su conductor.

Esta actividad es llamada “paradas no permitidas y desvíos”, y consiste en que, los operadores no tienen permitido elegir cuando detener el camión, o cambiar la ruta para llegar al punto de descarga, por protocolo ellos conocen las paradas permitidas y necesitan consentimiento para una parada en un lugar no autorizado o cambiar la ruta preestablecida.

Cuando un monitorista observa que el camión está siendo desviado o está parado en un lugar no permitido, este mismo genera un “paro de motor”, que consiste en la inmovilización del vehículo, puesto que se bloquea el motor mediante una señal satelital.

Este mismo, no analiza si el camión va en tránsito o si será detenido en un lugar de alto riesgo para la seguridad del conductor y de la unidad.

Para que se les autorice a los operadores hacer una parada en un lugar no permitido o cambiar la ruta por estancamiento de tráfico, accidentes o sucesos inesperados, la debe autorizar el jefe de tráfico, (ubicado dentro del departamento de operaciones), mismo que debe analizar la petición y generar un documento de orden que debe ser enviado a monitoreo, para que el monitorista no genere un paro de motor al ver que el operador realizó una parada, o desvío de la ruta programada.

Es por esto, que se genera un procedimiento donde principalmente se procure asegurar la integridad del operador y del camión; y al mismo tiempo pueda rea-

lizar las tareas pertinentes a su departamento; monitorizar los vehículos, prevenir riesgos, y guiarlos con seguridad, lo que genera un tiempo prolongado de ejecución y crea problemáticas para la empresa, puesto que la carga llega con retraso a su punto de entrega, el conductor, el camión y la carga están expuestos mientras se autoriza una parada o un desvío, o bien, se genere algún siniestro que pueda llevar aún más tiempo de ejecución.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Metodología**

Para generar VSM, se parte del análisis del procedimiento de la actividad “paradas no permitidas y desvíos”, y los pasos que se llevaron a cabo son los siguientes:

**1.- Mapear la situación actual**

Se crea un VSM del procedimiento bajo estudio, donde se presenten las actividades que realizan ver Figura 2.

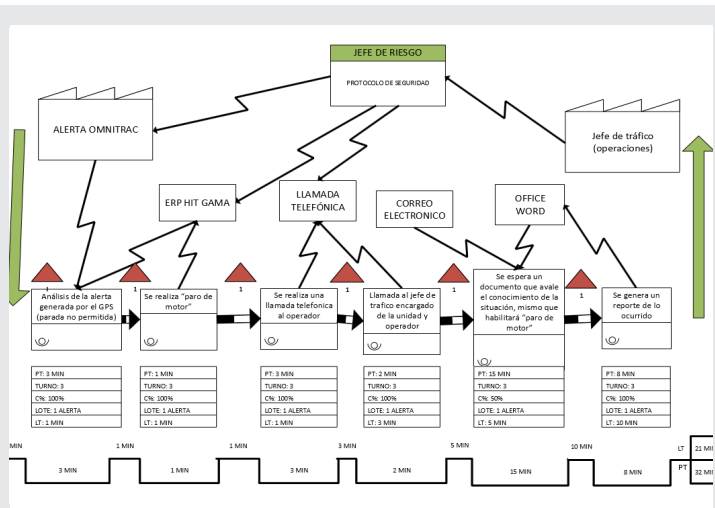


Figura 2. Value Stream Mapping actual de “paradas no permitidas y desvíos”. Elaboración propia.

El procedimiento que se ejecuta es el siguiente:

1. Análisis de la alerta generada por el GPS: Monitoreo recibe la alerta que le genera el GPS por algún desvío o parada no permitida.
2. Se realiza paro de motor: Realiza un paro de corriente al motor desde la oficina de monitoreo.
3. Realiza llamada telefónica al operador: esto para corroborar si se realiza el protocolo de seguridad y atraque o solo es un desvío que no documento su jefe de tráfico.
4. Llama al jefe de tráfico encargado del operador: Con el objetivo de notificarle que se le ha hecho un paro de motor a la unidad del operador a su cargo y no tienen un documento de respaldo.
5. Documento que avale conocimiento de la situación, mismo que habilitará “paso de corriente al motor”: monitorista después de realizar la llamada al jefe de tráfico, espera un documento donde explique la situación y hace una petición para la liberación de la unidad.

6. Generación de reporte de lo sucedido: Una vez que el monitorista recibe el documento del jefe de tráfico, este mismo libera el motor de la unidad y realiza un reporte de lo sucedido.

Obteniendo:

Value time: 32 minutos para la realización de este procedimiento.

## II.- Identificar los problemas dentro del proceso de producción o de servicio.

Después de aplicar un VSM, se determinó que la actividad 5: El monitorista después de realizar la llamada al jefe de tráfico, espera un documento que avale el conocimiento de la situación, mismo que habilitará "paso de motor", es una actividad donde el operador y el camión quedan expuestos, el tiempo de resolución para pasar a la actividad 6, es de 20 minutos (lead time), el cual es mayor a los 10 minutos que la empresa marca como protocolo para la exposición del operador y el camión en un lugar no permitido, lo que ocasiona problemas de tránsito, exposición a riesgos o siniestros.

Tabla 1. Mejora en tiempo de Procesos "paradas no permitidas y desvíos".

Proceso	Tiempo actual (minutos)	Tiempo proyectado (minutos)	Mejora	% Mejora
Análisis de la alerta generada por el GPS (parada no permitida)	3	3	0	0
Se realiza "paro de motor"	1	1	0	0
Se realiza una llamada telefónica al operador	3	3	0	0
Llamada al jefe de tráfico encargado de la unidad y operador	2	2	0	0
Se espera un documento que avale el conocimiento de la situación, mismo que habilitará "paro de motor"	15	0	15	50.8%
Se genera un reporte de lo ocurrido	8	8	0	0
<b>Value add</b>	<b>32</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>46.8%</b>
<b>Lead time</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>23.8%</b>

Elaboración propia.

## III.-Realizar una propuesta para alcanzar el estado futuro.

Se concluyó que se puede posponer la realización del documento, cuando el jefe de tráfico del operador dé la autorización mediante una llamada, el monitorista acceda a dar paso al motor, y quede a la espera del documento para evidencia de la misma.

En la tabla 1, se puede observar el tiempo de mejora que presenta la eliminación de la actividad 5 "Se espera un documento que avale el conocimiento de la situación, mismo que habilitará "paso de motor".

## IV.-Elaborar o diseñar un estado futuro VSM.

Realizando el Value Stream Mapping futuro, el cual contiene la mejora.

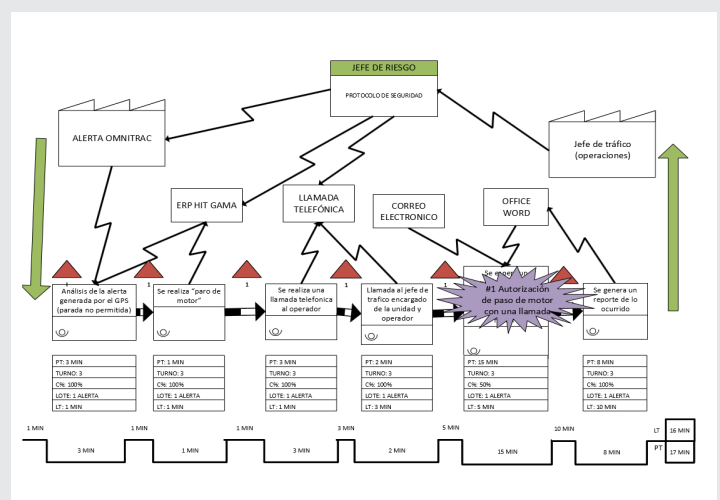


Figura 3. Value Stream Mapping futuro "paradas no permitidas y desvíos". Elaboración propia.

## Mejoras aplicando el modelo VSM a la empresa:

La espera se elimina y el monitorista tiene la autorización de dar paso de motor cuando el jefe de tráfico le explique si fue un desvío o una parada no permitida por algún acontecimiento razonable, y la ejecución de análisis y sanción sea posterior, ya que, en el lapso de espera, este pasa a estar en tiempo de peligro, o bien este puede ser multado por tránsito federal con una sanción económica que se le carga al operador.

## Análisis financiero

Dentro del análisis financiero, se presenta una tabla de la siniestralidad delimitada a la zona centro del mes de marzo del 2019, antes de aplicar el VSM propuesto, donde se da a conocer los valores monetarios de pérdidas que tiene la empresa por la deficiencia presentada en la actividad anteriormente analizada.

Cada operador tiene un número de empleado con el cual es identificado. La falla, da a conocer por qué se creó una sanción económica. La vía, es la ruta de viaje y el km. donde se generó.



Finalmente se encuentra la sanción económica que generó cada operador por la falla ver tabla 2.

Tabla 2. Tabla de pérdidas económicas zona centro del mes de marzo del 2019.

Operador	Falla	Vía	Sanción	
202-2323	Miguel H.	Multa vial	Palmaritos Ver. – km 280	\$2100
200-2875	Juan Bautista J.	Siniestro físico	La tinaja, Ver – km 180	\$1800
188-9263	Andrés B.	Multa vial	Pue. Pue. – km 100	\$1020
199-8263	José María Cerv.	Siniestro físico	Serdan, Pue. – km 250	\$2800
219-8364	Fernando F.	Asalto	La tinaja, Ver. – km 210	GASTOS \$2000
200-2738	Hugo Javier M.	Extorción y robo	Coatza- Ver. - centro	(camión en recup)
<b>TOTAL</b>			<b>\$9720</b>	

Elaboración propia.

### RESULTADOS

Después de ejecutar el cambio diseñado para eliminar la actividad 5 “Se espera un documento que avale el conocimiento de la situación, mismo que habilitará “paro de motor”, se pudieron identificar en el estado actual del procedimiento que se llega a reducir el tiempo de ciclo total en 16 minutos, y el tiempo de las actividades que añaden valor al producto en 17 minutos, lo que representa un 46.8% de reducción en tiempo (value time) y un 23.8% en tiempo de espera (lead time).

Después de la aplicación del VSM dentro del departamento, se realizó un análisis financiero donde se dio a conocer la mejora económica que generó.

El VSM implementado redujo el gasto económico a la empresa, donde tenía un valor aproximado de \$9,720 pesos mensuales de pérdidas económicas a \$6,280 pesos como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3. Tabla de pérdidas económicas zona centro del mes de febrero 2020.

Operador	Falla	Vía	Sanción	
201-5673	Antonio J.	Multa vial	Palmaritos Ver. – km 180	\$2100
210-9735	Roberto Contreras	Multa vial	Palmaritos, Ver – km 180	\$2100
200-8368	Alejandro P.	Multa vial	Pue. Pue. – km 180	\$2080
<b>TOTAL</b>			<b>\$6280</b>	

Elaboración propia.

### CONCLUSIONES

Actualmente, es necesario que las empresas dedicadas al giro transportista perfeccionen la planeación y logística implicadas en los viajes terrestres; puesto que la correcta ejecución de estas actividades, no depende exclusivamente del sector operacional a nivel campo, sino de la eficiente administración interna de la organización igualmente; ya que esta se encarga de planificar y coordinar el desempeño táctico de las actividades que generan valor a la empresa y sus clientes.

Esta noción de obligatoriedad, con respecto a la necesidad de adaptación por parte de la organización para

con su entorno, se origina en el cambio constante de este, pues la delincuencia también ha evolucionado, al grado de permear las estrategias propuestas por el ámbito administrativo y frustrar sus operaciones mediante acciones criminales organizadas; la cuales pueden tener lugar gracias al establecimiento de procesos deficientes por parte de la empresa.

Los resultados obtenidos posterior a la implementación del VSM, demuestran que, se trata de una herramienta sumamente útil para el análisis de procedimientos y generación o corrección de estrategias; puesto que, al haber detectado y eliminado la actividad cinco de “paradas no permitidas y desvíos”, ocurrieron disminuciones significantes en las pérdidas de recursos como tiempo y dinero. De igual manera, se redujeron las ventanas de exposición en carretera a las que eran sometidos los operadores, se agilizaron los tiempos de entregas programadas de mercancías, y se consolidaron las vías de comunicación entre los operadores en ruta y el personal administrativo encargado de monitorear las operaciones.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] Apel, Yong Li, y Walton. (2017). *Development of a multi-agent system for Dynamic value stream mapping in SMEs. Technical Paper Industry 4.0.*

[2] Dailey (2003). *Managing lean manufacturing in material handling operation. Engineering Management Program, Department of Mechanical Engineering University of Louisiana at Lafayette.*

[3] Genaro, (2016) *Transporte de carga pesada, beneficio económico. P.35*

[4] Joseph C. Chen y Ronald A. Cox. (2017), *Value Stream Mapping and process. American Journal of Industrial and Business Management.*

[5] Ángel Hernandez, (2017). "La Importancia de la Administración del Transporte en la Cadena de Suministro" Obtenido el 01 de enero del 2020, de la página: <https://www.netlogistik.com/blog/administracion-del-transporte-cadena-suministro/>

[6] Villadiego, (2014) *Lean Manufacturing Implementation Techniques. 12th Global Congress on Manufacturing and Management, GCMM 2014.*

[7] Gurumurthy, A. y Kodali, R. (2011). *Diseño de sistemas de manufactura esbelta utilizando mapeo de flujo de valor con simulación: un estudio de caso. Journal of Manufacturing Technology Management.*



# Calidad

y

# Sistemas de Manufactura

---

# Ingeniantes

# Modelación de una Celda de Ma- nufactura en la Revolución 4.0 en laboratorio de Mecatrónica TECNM Ciudad Juárez



## Colaboración

Adán Valles; Luis Gerardo Esparza; Carlos Ronquillo, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez; Jaime Sánchez, Universidad de Texas

**RESUMEN:** En este artículo se observan los resultados de aplicar los conceptos de la revolución industrial 4.0, el principal objetivo de este proyecto es actualizar el ecosistema de una celda de manufactura flexible localizada en el laboratorio de mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez y generar el interés en los estudiantes de la institución acerca de este tipo de manufactura, se diseñó y desarrollo el ensamble de un producto (rompecabezas) con la finalidad de obtener datos que después serán almacenados y publicados casi en tiempo real en una plataforma donde el responsable o interesados en el estado físico de los motores de los robots y de los motores de la banda podrán monitorear el funcionamiento con la obtención de la temperatura y humedad, para lograrlo realizamos una investigación para descubrir cual plataforma era la más adecuada y publicar que controlaran en buen estado la celda.

**PALABRAS CLAVE:** celda de manufactura, internet de las cosas, nube, revolución 4.0, robótica.

**ABSTRACT:** This paper we can observe the results of applying the concepts of industrial revolution 4.0, the main objective in this project is to update the ecosystem of a flexible manufacturing cell located in the mechatronics laboratory at the technological institute of Ciudad Juarez and generate interest in the students of the

*institution about this type of manufacturing , we designed and developed a product assembly (puzzle) in order to obtain data that will later be stored and published almost in real time on a platform where the person responsible or interested in the physical state of the robots motors and the conveyor band motor will be able to monitor the operation by obtaining the temperature and humidity, to realize we made an investigation to find which was the best platform to publish that data to control and has the cell working well.*

**KEYWORDS:** big data, cloud, Internet of things, revolution 4.0, robotic.

## INTRODUCCIÓN

Manufactura 4.0 surge en Alemania a finales del año 2011, el principal objetivo en los inicios era generar una política económica gubernamental basada en estrategias de alta tecnología; caracterizada por la automatización, la digitalización de los procesos y el uso de las tecnologías de la electrónica y de la información en la manufactura. Igualmente, por la personalización de la producción, la prestación de servicios y la creación de negocios de valor agregado, así como por las capacidades de interacción y el intercambio de información entre humanos y máquinas. [4]

## Celda Flexible

Una Celda de Manufactura Flexible es un módulo de los sistemas de producción llamados Flexible Manufacturing Systems, se caracteriza principalmente debido a que se integra mediante un arreglo de máquinas, con un enfoque de mecanizado o ensamble de un producto específico, permitiendo un nivel alto de flexibilidad en cuanto a: diferentes tipos de manufactura que puede tomar el material a procesar o semiprocado entre las diversas estaciones de trabajo. [1] [2]

El Internet of Things (IoT) o Internet de las Cosas, no es solo un paradigma para conectar los últimos dispositivos, como un altavoz activado por voz o un termostato inteligente, a su hogar. De

hecho, la evolución hacia el Internet de las Cosas se da en un conjunto de circunstancias que llevaron a la explosión de los dispositivos inteligentes de consumo, como la conectividad inalámbrica universal, la computación en la nube, los sensores baratos y una mejor inteligencia artificial. También a esto se está uniendo el big data para impulsar la próxima generación de industria. [7]

### Problema de Investigación.

El Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez cuenta con una banda transportadora, 4 brazos robóticos que constituyen una celda flexible, y no se encuentran sistematizados para la elaboración de productos, lo que está contribuyendo en el desperdicio de aprovechamiento de aprendizaje que puede proporcionar esta celda flexible a los estudiantes de la institución educativa, se puede crear una celda automatizada con la finalidad de generar conocimiento en múltiples áreas comenzando con la robótica y anexando nuevos equipos para complementar las áreas de conocimiento de la industria 4.0.

### Hipótesis.

Utilizando paquetes de simulación, diseño, utilizando diferentes herramientas como la manufactura aditiva, maquinas CNC, equipo de automatización y con la integración de equipos multidisciplinarios se puede crear una celda didáctica con aplicaciones en la revolución 4.0

### Objetivo

Diseñar una celda con aplicaciones de la revolución 4.0 para fines educativos en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El primer paso de este proyecto fue identificar los físicos que se tenían en ese momento en la celda (robots, PLC, banda transportadora, sensores), se tomó la decisión de diseñar un layout de la celda, como se muestra a continuación en la figura 1.

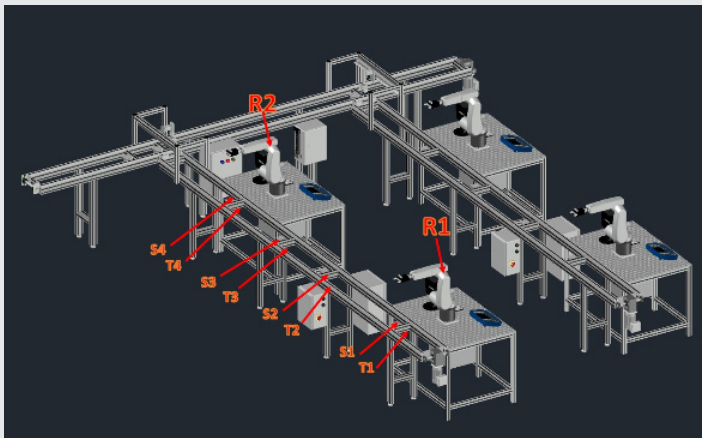


Figura 1. Lay out de la celda flexible.

Fuente: Elaboración propia.

En el segundo paso definimos el proceso que desarrollaremos en esta celda ya después de haber identificado los físicos en la celda de manufactura, se ensamblara un rompecabezas de cuatro piezas, donde cada robot tomara una pieza de un depósito de materiales y lo ensambla en la posición correcta, como se muestra a continuación en la figura 2.

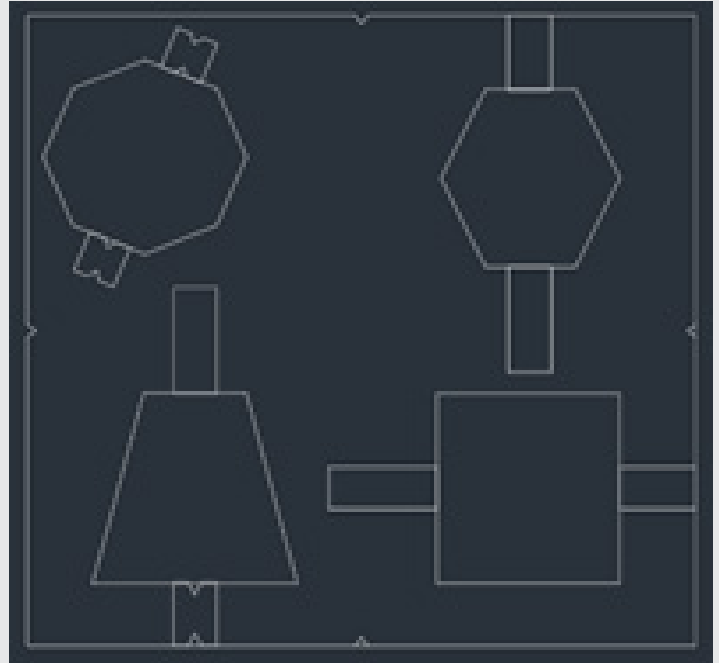


Figura 2. Rompecabezas.

Fuente: Elaboración propia.

Después de definir el proceso de manufactura o ensamble de un producto, comenzamos con la Simulación de la celda en el software FlexSim para detectar mejoras antes de realizar cotizaciones con proveedores.

El equipo continuo con la realización de la simulación donde se definieron el número de operadores y estaciones de trabajo que son necesarios para realizar el ensamble de rompecabezas en la línea de ensamble que se está desarrollando, debido a que utilizamos el software libre no se pudieron obtener resultados estadísticos de este software, los resultados obtenidos después de definir y realizar las simulaciones se muestran a continuación en la Tabla 1.

Adicionalmente el equipo obtuvo datos adicionales donde se determinó el tiempo necesario para realizar cada operación en cada estación definida, los resultados obtenidos de este análisis se muestran en el siguiente Tabla 2.

El tercer paso del proyecto fue definir qué datos necesitaríamos monitorear con la finalidad de que la celda estuviese en óptimas condiciones y los estudiantes del instituto comprendieran la importancia del análisis de datos en la nube.

Tabla 1. Definición de proceso de ensamble.

Descripción	Operadores	Estaciones
Inicia primera operación de placa en la banda transportadora.	Operador 1	Estación 1
El robot 1 toma pieza y ensambla en la posición correcta del rompecabezas		
Transporte de placa hacia operación número 1.	Operador 2	Estación 2
Colocar etiqueta de identificación.		
Transporte de placa hacia operación número 2.		Estación 3
Colocar elemento de sujeción de placa.	Operador 3	
Transporte de placa hacia Robot número 2.		Estación 4
El robot 2 toma pieza y ensambla en la posición correcta del rompecabezas.		
Transporte de placa hacia Robot número 3.		Estación 5
El robot 3 toma pieza y ensambla en la posición correcta del rompecabezas		
Transporte de placa hacia la operación número 3		Estación 6
Retirar elemento de sujeción de placa	Operador 4	
Transporte de placa hacia operación número 4		Estación 7
Instalar etiqueta de identificación	Operador 5	
Transporte de placa hacia Robot número 4		Estación 8
El robot 4 toma pieza y ensambla en la posición correcta del rompecabezas		
Inspeccionar pieza y empacar en caja de piezas terminadas	Operador 6	Estación 9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Proceso de ensamble.

Descripción	Tiempo de ciclo
Inicia primera operación de placa en la banda transportadora.	13 seg
El robot 1 toma pieza y ensambla en la posición correcta del rompecabezas	16 seg
Transporte de placa hacia operación número 1.	13 seg
Colocar etiqueta de identificación.	16 seg
Transporte de placa hacia operación número 2.	13 seg
Colocar elemento de sujeción de placa.	16 seg
Transporte de placa hacia Robot número 2.	13 seg
El robot 2 toma pieza y ensambla en la posición correcta del rompecabezas.	13 seg
Transporte de placa hacia Robot número 3.	13 seg
El robot 3 toma pieza y ensambla en la posición correcta del rompecabezas	13 seg
Transporte de placa hacia la operación número 3	13 seg
Retirar elemento de sujeción de placa	16 seg
Transporte de placa hacia operación número 4	
Instalar etiqueta de identificación	16 seg
Transporte de placa hacia Robot número 4	13 seg
El robot 4 toma pieza y ensambla en la posición correcta del rompecabezas	16 seg
Inspeccionar pieza y empacar en caja de piezas terminadas	10 seg

Fuente: Elaboración propia.

Pero primero debemos establecer la comunicación de los robots con la banda transportadora con la finalidad de ensamblar un producto, se estableció que se debería comprar un par de PLC, debido a que los PLC que estaban instalados en ese momento no cumplían con las características que se necesitan para lograr el objetivo esperado, los PLC que necesitamos instalar deberán ser PLC Allen Bradley compact Logix con entradas analógicas, por lo que se definió utilizar un par de PLCs Allen Bradley versión 1769 compact Logix, a continuación en la figura 3 se muestran el PLC número instalado en la celda.



Figura 3. PLC Allen Bradley 1769.

Fuente: Elaboración propia.

Además, necesitamos instalar sensores de temperatura y humedad, con la finalidad de controlar el estado de los motores y de la celda de un ambiente inadecuado donde se puedan dañar el equipo que se encuentran conectado e instalado en la celda, adicionalmente el número de piezas ensambladas por cada robot la temperatura y torque de cada robot, a continuación, en la figura 4 se muestra uno de los sensores que se utilizan en la celda para monitorear el estado real de los motores.

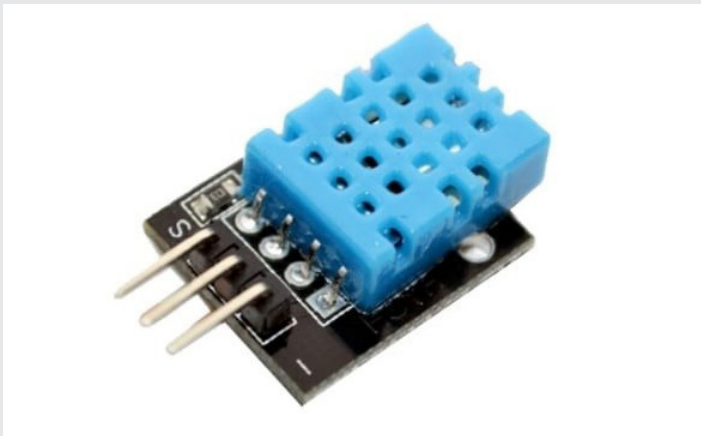


Figura 4. Sensor de temperatura y humedad.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente en las figuras 5 y 6 se muestran uno de los módulos desarrollados para monitorear la temperatura del motor 1 de la banda transportadora.

Estos sensores estarán generando datos que deberemos almacenar de forma segura en la nube con la finalidad de analizar los datos obtenidos y prevenir incidentes o accidentes en el equipo, siempre con el objetivo de salvaguardar la integridad física de las personas que se encuentren en la celda y el equipo que está en la celda.

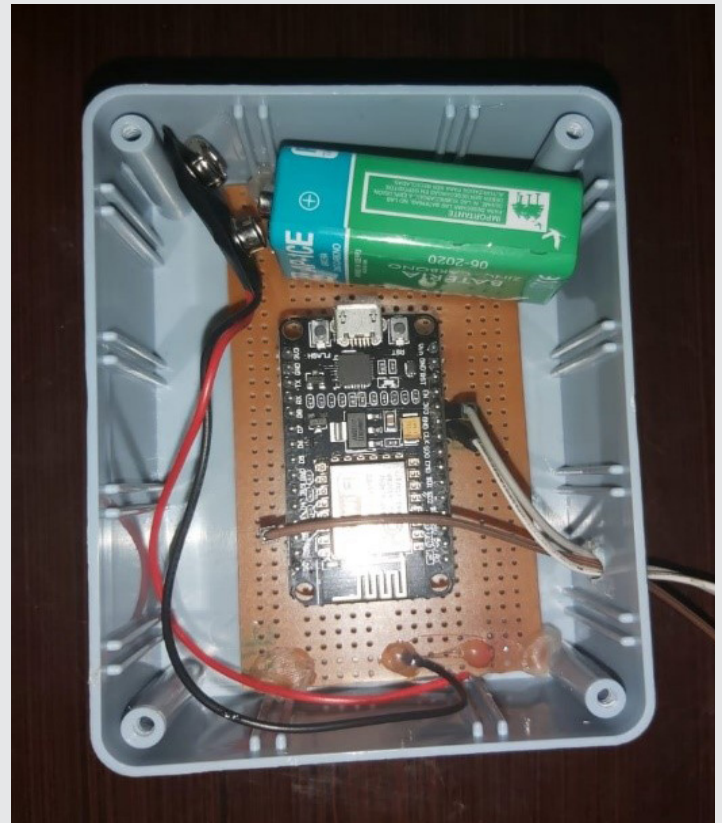


Figura 5. Interior de módulo de monitoreo de temperatura.

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Exterior de módulo de monitoreo de temperatura.

Fuente: Elaboración propia

Para almacenar los datos y subir los datos a una plataforma utilizaremos una placa de desarrollo ESP8266, en esta placa conectaremos los robots y los sensores instalados en cada robot, esta placa se conectará al internet vía wifi para almacenar los datos en una plataforma y de esta manera monitorear cada 2 segundos los datos que se estarán generando y poder tomar decisiones de los robots en base a su comportamiento, se definió utilizar 6 placas de desarrollo, con la finalidad de personalizar cada dato obtenido en base a cada robot (4 robots) y cada motor (2 motores) de la banda transportadora, a continuación en la figura 7 se muestra la tabla de desarrollo utilizada para la comunicación de la información generada por los sensores, con la plataforma que se utilizara para analizar los datos.



Figura 7. Tabla de desarrollo EPS8266. Fuente: Elaboración propia.

La plataforma que se utilizara para obtener los monitorear los datos obtenidos será thingspeak, esta plataforma es gratuita, y de libre acceso con la finalidad de que los estudiantes entiendan la importancia de obtener datos y comenzar a analizarlos.

Finalmente se realizaron algunas pruebas para verificar el equipo y sensores que estaban instalados originalmente en la celda y se detectó que el sensor NPN que controlara el inicio de cada operación no era el adecuado debido que el nivel de alcance de detección era bajo (4mm), se estableció cambiarlo reemplazarlo por un sensor NPN de mayor alcance (8mm), con la finalidad de que detectara la placa metálica en la que es transportado el rompecabezas, a continuación se muestra el sensor que reemplazara los sensores que se encuentran instalados en la banda transportadora además de sus características en la figura 8 y figura 9.



Figura 8. Sensor de proximidad. Fuente: Sick sensors [5].

Technical details		Downloads	Accessories	Applications	Videos	Items supplied	Customs data
Show all   Hide all							
<b>FEATURES</b>							
Housing	Cylindrical thread design						
Housing	Standard						
Thread size	M12 x 1						
Diameter	Ø 12 mm						
Sensing range $S_n$	8 mm						
Safe sensing range $S_s$	6.48 mm						
Installation type	Non-flush						
Switching frequency	2,000 Hz						
Connection type	Male connector M12, 4-pin						
Switching output	NPN						
Output function	NO						
Electrical wiring	DC 3-wire						
Enclosure rating	IP67 <sup>1)</sup>						

Figura 9. Características de sensor de proximidad. Fuente: Sick sensors [5].

## RESULTADOS

En la elaboración del producto que se ensamblara en la celda flexible con aplicaciones en la revolución 4.0, se diseñó en el software gsimple y se mecanizo en una maquina CNC Hass que está localizada en el instituto tecnológico de Ciudad Juarez, en la figura 10 y en la figura 11 se muestra el rompecabezas que fue diseñado y el momento de la mecanización del rompecabezas que se ensamblara en la celda.



Figura 10. Mecanización de placa con rompecabezas.  
Fuente: Elaboración propia.

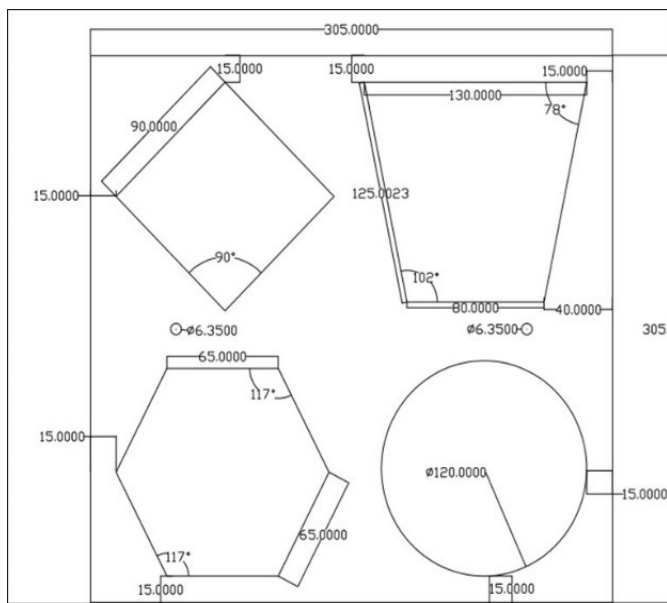


Figura 11. Rompecabezas.  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, después de realizar todas las conexiones de los sensores y los robots a las 6 placas desarrolladoras se comenzaron a analizar los datos obtenidos mediante graficas que se encuentran publicando los datos obtenidos cada 2 segundos, como se muestra en la figura 12.

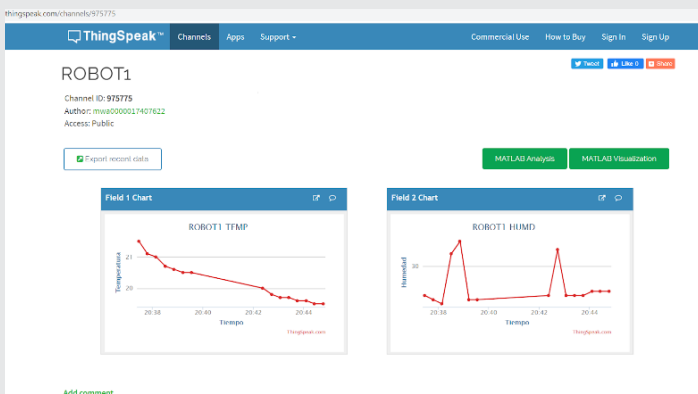


Figura 12. Datos obtenidos por el robot 1.  
Fuente: Thingspeak [6]

Los estudiantes únicamente necesitan entrar al canal para observar los datos obtenidos y comenzar a comprender la importancia de la aplicación de la nube y el big data.

Los estudiantes de la institución tendrán acceso a la celda de manufactura donde observaran los datos que se obtienen de los robots y de la banda transportadora, esta celda funciono aproximadamente un mes, debido a la pandemia que está sucediendo actualmente a nivel mundial los estudiantes no han podido ingresar a la celda y la celda está detenida, terminando la pandemia la celda de manufactura volverá a funcionar y los estudiantes tendrán acceso nuevamente.

## CONCLUSIONES

Es posible crear una celda didáctica con aplicaciones en la revolución 4.0 utilizando paquetes de simulación, diseño, utilizando diferentes herramientas como la manufactura aditiva, maquinas CNC, equipo de automatización y con la integración de equipos multidisciplinarios.

Los estudiantes del tecnológico de ciudad Juarez pueden observar la importancia de un par de principios de la revolución 4.0, como el big data, nube, robótica, donde ellos comprenderán de una manera más adecuada los principios de manufactura 4.0 y la ciudad obtendrá ingenieros con conocimientos básicos de este tipo de manufactura.

En el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo del estado físico del sistema (robots, banda transportadora) con la finalidad de conocer el estado físico casi en tiempo real de los sistemas, adicionalmente con la aplicación de este sistema los estudiantes conocerán la importancia de la nube, blockchain y el desarrollo de aplicaciones o utilizar aplicaciones ya desarrolladas como la aplicación thingspeak donde se pueden almacenar y graficar datos.

Los estudiantes al inicio del año tuvieron acceso a la celda donde manifestaron interés en la celda, debido a la pandemia que esta sucediendo actualmente a nivel mundial, los estudiantes no han ingresado nuevamente a la celda, actualmente en el instituto tecnológico de ciudad Juarez se está desarrollando un nodo donde será incluida esta celda con la finalidad de generar conocimiento en los estudiantes.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Bearzotti, L. (n.d.). *Industria 4.0 y la Gestión de la Cadena de suministro: el desafío de la nueva revolución industrial*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 7.

[2] Carlos Montilla, J. A. (2017). *Simulación de operación de celdas de manufactura flexible fmc, utilizando las redes de petri*. Universidad Tecnológica de Pereira.



[3] Carvajal Rojas, J. H. (2017). *La cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su impacto en la educación superior en ingeniería en latinoamérica y el caribe*. LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, 5.

[4] Net, S. (2018). *La evolución hacia el Internet de las Cosas*. Smart Net. Recuperado el 1 de marzo de 2020, de <https://www.smartnet.com.co/la-evolucion-hacia-el-internet-de-las-cosas/>



Calidad

y

Sistemas de  
Manufactura

---

Ingeniantes

# Metodología de cruce para realizar un diagnóstico general de una PYME. Caso de estudio: empresa comercializadora de Córdoba, Veracruz

**RESUMEN:** El presente trabajo identifica el orden de ejecución de los proyectos estratégicos en una empresa comercializadora de ropa y blancos de la ciudad de Orizaba, Veracruz.

El proyecto consistió en aplicar un “Diagnóstico de Competitividad Organizacional” (DCO), en conjunto con la ejecución del modelo “Sistema Integral de Gestión y Medición de Indicadores de Logro” (SIGMIL), realizando finalmente una metodología de cruce de los resultados de ambas herramientas para obtener un diagnóstico general de la empresa y priorizar la ejecución de los proyectos estratégicos resultantes del modelo SIGMIL en base a los requerimientos del DCO.

Con el DCO se obtuvo la evaluación de 7 principios de competitividad empresarial, y con el modelo SIGMIL se desarrolló un plan estratégico empresarial, consistente en la ejecución y medición de 10 proyectos estratégicos.

De acuerdo con los resultados de la metodología de cruce, se identifican los proyectos estratégicos “Selección, inducción y capacitación al colaborador”, y “Aprendizaje y superación de la competencia” como los prioritarios para ejecutar en la empresa.

**PALABRAS CLAVE:** PYMES, Diagnóstico general, Administración estratégica, Competitividad empresarial, Desarrollo empresarial.



## Colaboración

Steffi Alejandra Guzmán Olivares; Edna Araceli Romero Flores; Eduardo Roldán Reyes; Guillermo Cortés Robles; Gabriela Cabrera Zepeda, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba

**ABSTRACT:** This work identifies the two priority strategic planning projects in execution in a clothing and white goods marketing company in the city of Orizaba, Veracruz.

The project consisted of applying a “Diagnosis of Organizational Competitiveness” (DCO, in conjunction with the execution of the methodology “Integral System of Management and Measurement of Achievement Indicators” (SIGMIL), finally carrying out a methodology of crossing the results of both tools to obtain a general diagnosis of the company and prioritize the execution of strategic projects resulting from the SIGMIL model based on the requirements of the DCO.

With the DCO, the evaluation of 7 principles of business competitiveness was obtained, and with the SIGMIL model a business strategic plan was developed, consisting of the execution and measurement of 10 strategic projects.

According to the results of the crossover methodology, the strategic projects “Selection, induction and training of the collaborator”, and “Learning and overcoming the competition” are identified as the priority projects to be executed in the company.

**KEYWORDS:** SMEs, General Diagnosis, Strategic management, Business competitiveness, Business development.

## INTRODUCCIÓN

El “Diagnóstico de Competitividad Organizacional” (DCO) es una herramienta que califica 7 principios de competitividad empresarial a través de 112 variables (73 validados a través de una encuesta y 39 con el director de la empresa), las cuales fueron obtenidas en base del estudio de diversas teorías administrativas, de la experiencia adquirida en el trabajo de consultoría en empresas mexicanas de los creadores de la herramienta y del análisis de

casos de empresas mundiales, y que al mejorarlas le aseguran a una empresa la reducción de sus debilidades y favorecer su desarrollo. Este diagnóstico brinda resultados sobre el nivel de avance de la empresa, el nivel de desperdicio organizacional, el nivel de madurez y estima la dosis de entrenamiento necesaria en la empresa mediante el modelo "Educación, Capacitación, Adiestramiento e Instrucción" (Modelo ECAI) [1].

Por otra parte, SIGMIL es un modelo de planeación estratégica aplicado a la empresa caso de estudio, el cual busca establecer una gestión integral adecuada que proporcione las bases para la elaboración de un plan integral de desarrollo basado en dos productos principalmente, un plan estratégico de trabajo y un cuadro de mando integral (CMI). Este modelo conjuga distintos conceptos, herramientas administrativas y de control para lograr desarrollar los planes estratégicos de las empresas, algunas de las herramientas que se emplean son el análisis FODA, los modelos de análisis del entorno, el análisis CAME, el diagrama de Pareto, el diagrama de afinidad, y el CMI, entre otros [2].

Las dos herramientas mencionadas con anterioridad se aplicaron a la empresa caso de estudio en el periodo Agosto 2018 – Diciembre 2019, brindando resultados de interés, posteriormente con autorización y dirección del autor del modelo SIGMIL se realizó un proceso de priorización extraordinario al que marca el mismo modelo, extrayendo los resultados del DCO y encuadrándolos con los proyectos estratégicos que satisfacen el cumplimiento de las variables que integran los principios de competitividad.

### Planteamiento del problema

El caso de estudio del presente proyecto recae en una empresa comercializadora de Córdoba, Veracruz, la cual es una empresa de tamaño pequeño, que cuenta con 67 años de participación en el mercado y está dedicada a la comercialización minorista de ropa y blancos principalmente; dentro de esta se ejecutaron dos herramientas administrativas, el DCO y el modelo SIGMIL, obteniendo resultados individuales, con los cuales en este proyecto se realizó una metodología de cruce para priorizar la ejecución de los proyectos estratégicos resultantes del modelo SIGMIL en base a los requerimientos del DCO.

### Objetivo

Realizar una metodología de cruce de resultados para priorizar la ejecución de los proyectos estratégicos resultantes del modelo SIGMIL en base a los requerimientos del DCO.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon 4 fases, la primera fase consiste en la selección de las herramientas administrativas a aplicar para el análisis de la empresa, la fase dos radica en la aplicación de los

instrumentos seleccionados, en la fase tres se analizan los resultados de manera integral para obtener los requerimientos de la organización, y finalmente en la fase cuatro se ejecuta la metodología de cruce entre los resultados de ambas herramientas.

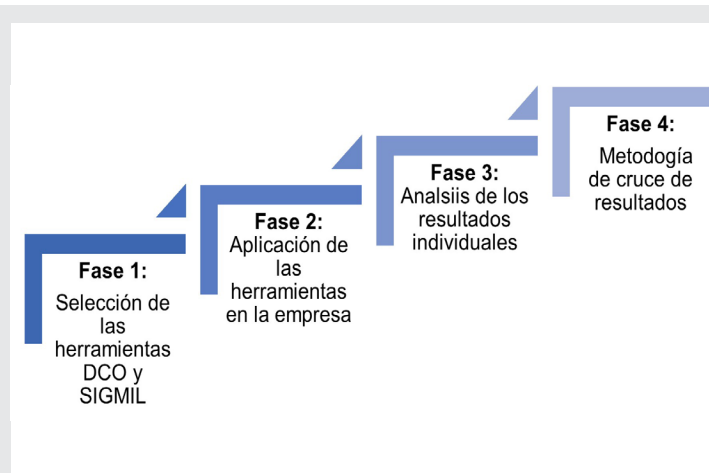


Figura 1. Metodología del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan las etapas anteriormente mencionadas:

#### FASE 1: Selección

Las herramientas seleccionadas para aplicar en la empresa fueron el DCO y el modelo SIGMIL, principalmente por su característica de adaptabilidad a empresas de cualquier tamaño y giro comercial, aunque estas han sido mayormente empleadas en empresas PYME por razones económicas, ya que su aplicación no demanda grandes inversiones económicas para la empresa.

#### FASE 2: Aplicación

Primeramente, se analiza la metodología de aplicación del DCO, la cual comprende los pasos siguientes:

El primer paso es encuestar, el instrumento es una encuesta diseñada específicamente para realizar este diagnóstico, sugiriéndose aplicar tal encuesta a todos los niveles jerárquicos de la organización de acuerdo con el criterio siguiente: directores, gerentes, jefes de área, supervisores y representantes sindicales se deben encuestar al 100% de la población existente, mientras que en el caso de empleados y personal sindicalizado mínimo a 30 personas, y el caso de que su población sea menor que 30 al 100%. En la empresa caso de estudio la encuesta se aplicó a 2 directivos, 3 gerentes de tienda, 3 subgerentes de tienda, 27 vendedores, 3 jefes de área y 3 auxiliares de jefes de área, reuniendo un total de 41 aplicaciones, con la aplicación de las encuestas se calificarán 73 de las 112 variables.

Posteriormente a la aplicación de las encuestas, se procede a realizar el paso dos, en el cual se estima con el director general de la empresa las 39 variables

restantes, esto se llevó a cabo mediante una entrevista en donde se aplicó un segundo cuestionario diseñado específicamente para esta metodología.

El tercer paso es la calificación de los 73 indicadores que provienen de las respuestas obtenidas en la aplicación de la encuesta del paso uno, las calificaciones se obtienen mediante la ponderación de las respuestas obtenidas en la encuesta aplicada en el paso 1, ya sea directamente calificándolo a través de una respuesta o con la interacción de dos o más preguntas. Este paso se ejecuta en base a una métrica ya establecida por la herramienta.

Después de obtener la calificación de las 112 variables, el siguiente paso es agrupar estas variables, ya que cada principio contiene 2 o más variables, por lo que de esta forma se obtiene la calificación de los 7 principios de competitividad, los cuales son:

- Cultura organizacional.
- Nivel de concientización, integración, compromiso y participación con la organización, así como el nivel de concientización sobre el concepto de cliente interno y externo.
- Nivel y estilo de comunicación y toma de decisiones.
- Nivel y desarrollo del potencial organizacional.
- Nivel de conceptualización de la calidad y la productividad, así como la identificación de sus principales indicadores.
- Visualización del entorno externo competitivo.
- Nivel de conocimiento de posición competitiva.

Con base al puntaje total que se obtuvo con la calificación de los 7 componentes de competitividad en el paso anterior y ejecutando una operación matemática se obtiene el porcentaje de avance y desperdicio de la empresa, y encuadrando en un gráfico estos dos resultados se determina su etapa de madurez.

Finalmente, con base a los resultados de las encuestas aplicadas, se obtiene que la dosis de entrenamiento que requiere la empresa.

Por otra parte, la aplicación del análisis mediante el modelo SIGMIL, comprende 3 etapas:

En la primera de estas se realiza la integración y organización del equipo de trabajo, se inicia con el conocimiento general de la empresa y la adquisición del compromiso de la gerencia de la empresa para definir y disponer a su equipo de trabajo para desarrollar el plan estratégico de trabajo.

La segunda etapa genera y procesa la información con la que se desarrollara el plan integral de desarrollo empresarial, esta etapa es primordial ya que en ella se ejecutan diversas herramientas administrativas que se detallan a continuación.

Existen actualmente diversos modelos para analizar el entorno de una empresa, en este caso se diseñó un modelo específico para el análisis del entorno de la empresa caso de estudio, el cual es una hibridación del modelo de las Cinco Fuerzas de Porter de 1979 y de la herramienta de análisis F.O.D.A.

Originalmente, el modelo de las Cinco Fuerzas de Porter está compuesto por las siguientes variables:

- Poder de negociación de los compradores o clientes.
- Poder de negociación de los proveedores o vendedores.
- Amenaza de nuevos competidores entrantes.
- Amenaza de productos sustitutos.
- Rivalidad entre los competidores [3].

En el caso específico de esta empresa, se decidió adaptar dichas fuerzas a las necesidades que se requieren para el adecuado entendimiento y análisis del entorno al que está inmersa la empresa, quedando de la siguiente manera:

- Factor 1: competidores.
- Factor 2: consumidores
- Factor 3: proveedores.
- Factor 4: recurso humano.
- Factor 5: sustentabilidad.
- Factor 6: rentabilidad.

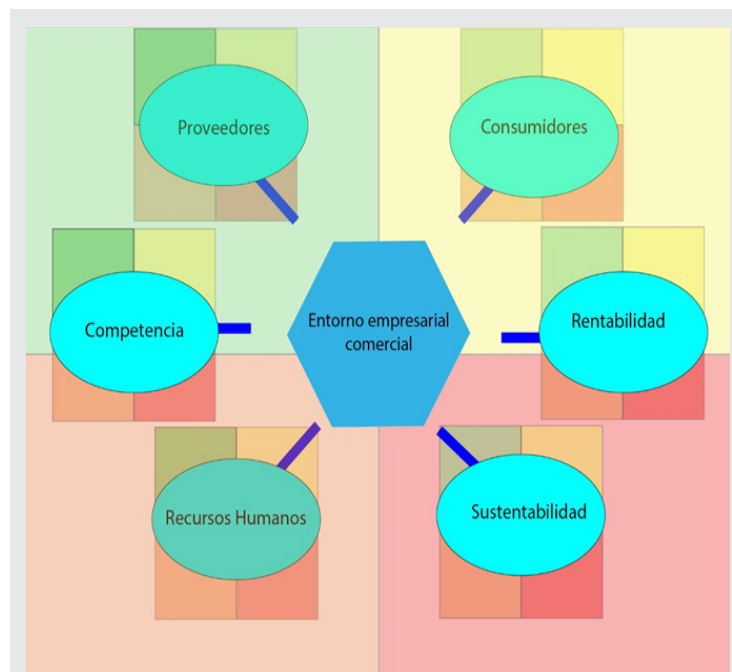


Figura 2. Modelo de análisis del entorno.  
Fuente: Elaboración propia.

Es de suma importancia mencionar que cada una de estas fuerzas estará analizada por la matriz FODA misma que pretende identificar las Fortalezas, Oportunidad, Debilidades y Amenazas de la empresa [4].

Una vez que se definió el modelo de análisis del entorno de la empresa, se convocó a una reunión de trabajo con los líderes de la empresa, en donde se reestructuraron la misión y visión de la empresa y con el modelo propuesto se realizó una lluvia de ideas de los 4 elementos del FODA aplicados a los 6 factores del modelo, obteniendo así un gran número de datos proporcionados, los que en el siguiente paso se reestructuraron para unirlos mediante diagramas de afinidad, consiguiendo de esta forma obtener los proyectos estratégicos de la empresa.

Por parte del equipo de ejecución del plan integral de desarrollo, en donde se incluye al autor de este modelo, se procedió a hacer uso de la herramienta CAME [5], para poder diseñar acciones que solventaran los elementos de los diversos proyectos estratégicos, surgiendo de esta forma los objetivos estratégicos de cada proyecto estratégico, en este punto es relevante mencionar que el cumplimiento de estos objetivos acercara a la empresa al cumplimiento de los proyectos estratégicos, que a su vez impulsara el acercamiento a la misión y visión empresarial, a continuación se observa el diagrama causa efecto [6] de la planeación estratégica de la empresa.

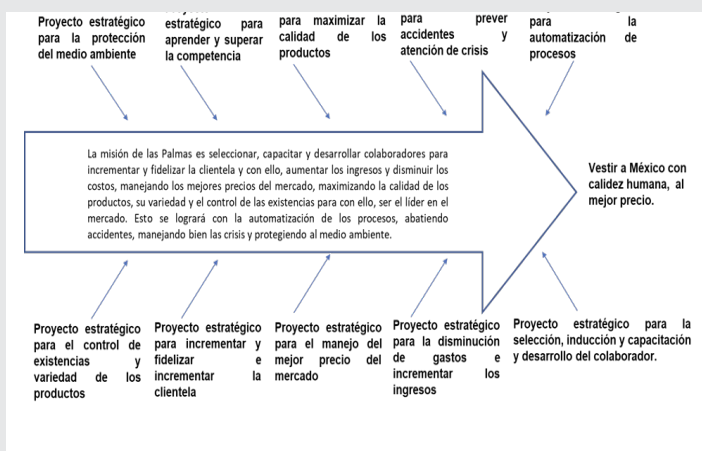


Figura 3. Diagrama causa efecto.  
Fuente: Elaboración propia.

En esta segunda etapa también se emplea la priorización para definir el orden de ejecución de los proyectos estratégicos, la metodología menciona que se realizara en base a votos de los líderes de la empresa, sin embargo, para este caso de estudio la priorización se efectuó en base a las necesidades detectadas del DCO aplicado en la empresa.

En la etapa final se diseña y elabora el CMI [7], el cual es un sistema informático que se usa como herramienta de medición de avance de cada objetivo estratégico diseñado, en este caso se realizó en un documento Excel en línea.

### FASE 3: Análisis de resultados individuales

Primeramente, se detallan los resultados del DCO:

- El porcentaje de avance de la empresa es de 31.2% y el porcentaje de nivel de desperdicio es de 30%.

- En base a los porcentajes obtenidos, la empresa encuadra en la etapa de evolución o madurez número 2, normalización, que según la teoría del autor de la herramienta es en esta etapa cuando la empresa tiene el conocimiento suficiente para iniciar a depurar las actividades que agregan valor, además se busca consolidar el estatus de estabilidad y confiabilidad, estando en la posibilidad de explorar nuevos sistemas, procesos, productos y mercados.

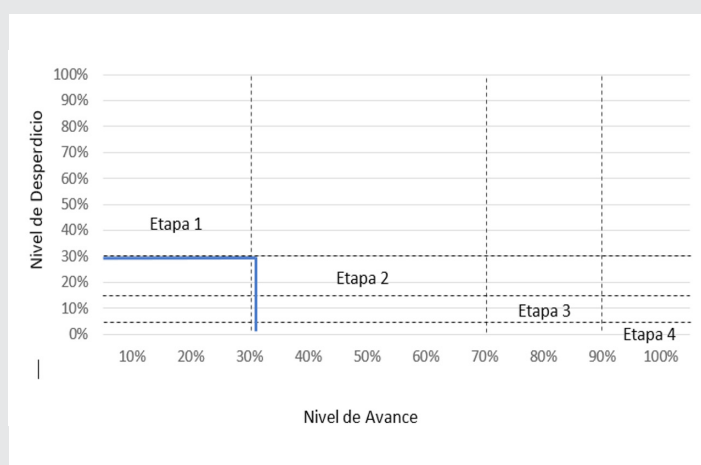


Figura 4. Etapa de madurez.  
Fuente: Elaboración propia.

- En cuanto a la calificación de los principios de competitividad, de los cuales se observa la calificación obtenida en la tabla 1, se detectan tres áreas de oportunidad, siendo que estos componentes tienen un porcentaje de cumplimiento menos al 50%, los cuales son:
  1. Nivel y desarrollo del potencial organizacional.
  2. Visualización del entorno externo competitivo.
  3. Nivel de conocimiento de posición competitiva.

Tabla 1. Calificaciones de los componentes de competitividad

Principio de competitividad	Porcentaje de cumplimiento
Cultura organizacional	63%
Nivel de concientización, integración, compromiso y participación con la organización, así como el nivel de concientización sobre el concepto de cliente interno y externo.	58%
Nivel y estilo de comunicación y toma de decisiones.	53%
Nivel y desarrollo del potencial organizacional.	49%
Nivel de conceptualización de la calidad y la productividad, así como la identificación de sus principales indicadores.	52%
Visualización del entorno externo competitivo.	27%
Nivel de conocimiento de posición competitiva.	21%

En cuanto a los resultados del análisis por medio de la aplicación del modelo SIGMIL, se obtienen los siguientes resultados:

- Con base en la realización de las etapas de la metodología se detecta la necesidad de crear 10 proyectos estratégicos, los cuales se enlistan en la tabla 2, estos proyectos tendrán a su vez objetivos estratégicos alineados al cumplimiento del proyecto estratégico y en general a la misión y visión restructuradas de la organización, el plan integral de desarrollo empresarial considera la medición de cumplimiento de 6 periodos bimestrales, por lo que se puede establecer que todos los proyectos estratégicos están diseñados para ser cumplidos en un periodo anual.

Tabla 2. Proyectos estratégicos diseñados en el modelo SIGMIL

Número	Proyecto estratégico
1	Proyecto estratégico para selección, inducción y capacitación al colaborador.
2	Proyecto estratégico para maximizar la calidad de los productos.
3	Proyecto estratégico para control de existencias y variedad de productos.
4	Proyecto estratégico para incrementar y fidelizar al cliente.
5	Proyecto estratégico para la automatización de procesos.
6	Proyecto estratégico para el manejo del mejor precio del mercado.
7	Proyecto estratégico para la disminución de gastos e incrementar ingresos.
8	Proyecto estratégico para aprender y superar a la competencia.
9	Proyecto estratégico para prevenir accidentes y atención de crisis.
10	Proyecto estratégico para protección del medio ambiente.

Anexo a la planeación estratégica definida en el diagrama causa efecto de la página anterior, se da como resultado a la empresa un CMI, realizado en el programa Excel y manejado por los administradores de la empresa en línea, la Figura 5 muestra la página de inicio.

**FASE 4: Metodología de cruce de resultados**

Como se puede observar en la Figura 4, una pestaña del CMI está dedicada a mostrar los proyectos estratégicos priorizados, la metodología SIGMIL especifica que la priorización se realiza mediante asignación de valor a cada proyecto por cada uno de los líderes de opinion de la empresa, para posteriormente realizar una sumatoria y así obtener el orden de ejecución necesaria de los proyectos estratégicos, sin embargo, para este proyecto se utilizaron los resultados obtenidos del

DCO para priorizar los proyectos a ejecutar en la planeación estratégica.



Figura 5. Cuadro de mando integral. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar esta priorización, se ordenó la tabla de calificaciones de los principios de competitividad de menor a mayor en relación con el porcentaje de cumplimiento obtenido, así mismo, se revisó las variables que daban calificación a cada principio.

Tabla 3. Principios de competitividad ordenados de mayor a menor según su porcentaje de cumplimiento

Principio de competitividad	Variables que lo integran
Nivel de conocimiento de posición competitiva.	99-112
Visualización del entorno externo competitivo.	97-98
Nivel y desarrollo del potencial organizacional.	67-81
Nivel de conceptualización de la calidad y la productividad, así como la identificación de sus principales indicadores.	82-96
Nivel y estilo de comunicación y toma de decisiones.	30-66
Nivel de concientización, integración, compromiso y participación con la organización, así como el nivel de concientización sobre el concepto de cliente interno y externo.	12-29
Cultura organizacional	1-11

Posteriormente, se analizó que proyecto estratégico beneficiaba con su realización a las variables que integran los principios de competitividad ya con el orden estipulado de la tabla 3, al pertenecer el conjunto de variables a cada principio de competitividad no existió controversia en los resultados, ya que en su mayoría las variables que integran un principio de competitividad se satisfacen con el cumplimiento de un proyecto estratégico en particular, por ejemplo, en referencia al principio de competitividad "Nivel de conocimiento de posición competitiva" que está integrado por las variables 99 a 112, resultó que las 14 variables se benefician de la ejecución del proyecto estratégico "Proyecto estratégico para selección, inducción y capacitación al colaborador", y siendo este el principio con menor porcentaje de cumplimiento en el DCO, se delibera ser este el proyecto estratégico 1 en la priorización de ejecución.

Tabla 4. Proyectos estratégicos del modelo SIGMIL priorizados por los resultados del DCO

Número	Proyecto estratégico
1	Proyecto estratégico para selección, inducción y capacitación al colaborador.
2	Proyecto estratégico para aprender y superar a la competencia.
3	Proyecto estratégico para maximizar la calidad de los productos.
4	Proyecto estratégico para incrementar y fidelizar al cliente.
5	Proyecto estratégico para la automatización de procesos.
6	Proyecto estratégico para la disminución de gastos e incrementar ingresos.
7	Proyecto estratégico para control de existencias y variedad de productos.
8	Proyecto estratégico para el manejo del mejor precio del mercado.
9	Proyecto estratégico para prevenir accidentes y atención de crisis.
10	Proyecto estratégico para protección del medio ambiente.

## RESULTADOS

El plan estratégico diseñado para el caso de estudio tiene un plazo de cumplimiento de un año, la evaluación de cada objetivo estratégico se mide bimestralmente, así como el avance de cada proyecto estratégico y del plan estratégico en general, la tabla 4 indica el orden de ejecución de los proyectos estratégicos, en donde sobresale la ejecución de los proyectos estratégicos 1 y 8, ya que en el caso del proyecto estratégico 1 se ven beneficiados 4 principios de competitividad y en el caso del proyecto estratégico 8 se ven beneficiados 2 principios de competitividad, por otra parte el principio de competitividad restante se ve atendido al ejecutar

los proyectos estratégicos 2, 4, 5, 7, 3, 6, 9 y 10 en este orden.

## CONCLUSIONES

En cuanto a la aplicación de ambas herramientas, se obtienen las siguientes observaciones en la empresa caso de estudio:

- Carencia de documentación de procesos.
- Se imparte la capacitación de manera empírica.
- Falta de estandarización de procesos.
- Falta de automatización.
- Carencia de evaluación del desempeño del personal.
- No se realizan actividades de conocimiento de la competencia.
- Falta de comunicación.
- Nulo control y supervisión de actividades.

Como se puede observar la ejecución de los proyectos estratégicos con relación a capacitación de colaboradores y análisis de la competencia tiene un gran impacto según las necesidades identificadas tanto en el DCO como en el modelo SIGMIL, y son estos los dos prioritarios en ejecución. La implementación de tales herramientas dentro de una empresa pequeña demuestra que más que la inversión económica es necesaria la disposición y apertura de los líderes de opinión de la organización para generar procesos de cambio y desarrollo dentro de ésta.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] M. Alvarez Torres. (2010). *Estrategias Efectivas para Incrementar su Posición Competitiva*. México: Panorama.

[2] F. Aguirre y Hernández. (2017). *Generalidades del modelo SIGMIL*. Obtenida el 01 de junio de 2020, de la página electrónica <http://aguirreyhernandez.com/index.php>

[3] M. E Porter. (2008). *Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia*. Perú: Harvard Business Review.

[4] J. L. Ramírez Rojas. (n.d). *Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas*. Obtenida el 04 de abril de 2020, de la página electrónica <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf>

[5] E. Fuentes Abanades. (n.d). *Emprendimiento estratégico: Del DAFO al análisis CAME*. Obtenida el 03 de marzo de 2020, de la página electrónica <https://coaching-para-emprendedores.es/emprendimiento-estrategico/emprendimiento-estrategico-del-dafo-al-analisis-came/>

[6] Lean, Progressa. (2014). *Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa)*. Obtenida el 11 de abril de



2020, de la página electrónica <https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>

[7] Orbe Aguirre, Alexandra. (2012). *Diseño y desarrollo del cuadro de mando integral como herramienta de control estratégico en una empresa de servicios de telecomunicaciones del Ecuador*. Obtenida el 06 de mayo de 2020, de la página electrónica <http://hdl.handle.net/10644/2912>



Multidisciplinario  
e  
ingenierías

---

Ingeniantes

# Resistencia a compresión de una mezcla con cemento, jal, arena, agua y caucho



## Colaboración

José Manuel Guzmán Gileta; José Fidel Navarro Arellano; José Ricardo Moreno Peña; Christian Manuel Flores, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima

**RESUMEN:** Evaluación de resistencia a compresión de una mezcla a base de cemento, jal, arena, agua y caucho, realizando 6 módulos sometidos a prueba en el laboratorio de Ingeniería en Mecatrónica dentro del Instituto Tecnológico de Colima.

Con lo cual, el modelo P-6, fue la más resistente, debido a un agregado mayor de cemento y caucho, teniendo además, un alto grado de deformación antes de la falla, regresando a su forma original al momento de quitar la carga puntual.

**PALABRAS CLAVES:** Desarrollo Sostenible, Innovación Tecnológica, Llantita Triturada, Mortero, Probetas, Productos Impermeables.

**ABSTRACT:** Evaluation of compressive strength of a mixture based on cement, pumice stone, sand, water and rubber. Performing 6 modules to be tested in the Mechatronics Engineering laboratory within the Technological Institute of Colima, of which, the test tube P-6, was the most resistant, due to a greater portion of cement and rubber. Furthermore, the test tube P6 showed to have a high degree of deformation before the failure; returning to its original form when removing the punctual load.

**KEY WORDS:** Sustainable Development, Technological Innovation, Crushed Tire, Mortar, Specimens, Waterproof Products.

## INTRODUCCIÓN

La eliminación de neumáticos al término de su vida útil, afecta directamente al medioambiente a nivel mundial [1], ya que al no ser materiales biodegradables son depositados en basureros o simplemente desechados en zonas públicas. En México se desechan 40 millones de toneladas de llantas al año, de los cuales se reciclan sólo 10%; el resto termina en vertederos, rellenos sanitarios, ríos y calles, de acuerdo con datos de la Secretaría de Medio Ambiente en México" [2].

Bajo estas circunstancias, la utilización de la mezcla con agregado de materiales reciclados permitirá una reducción considerable de recursos durante el proceso y fabricación de los componentes. En este sentido, la investigación evalúa las condicionantes resistentes a compresión provenientes de la incorporación de residuos de neumáticos en el mortero.

En vista de las actuales investigaciones realizadas en los últimos años con respecto al volumen de desechos de neumáticos de vehículos, así como las limitaciones en uso alterno, ha dado gran relevancia por el incremento de contaminación en el país. Los nuevos esfuerzos se orientan a la creación de productos innovadores para su uso en la construcción como los productos impermeables por ejemplo, utilizados en cubiertas, pavimentos, etc. [3].

Como lo menciona NeyvaGissela Almeida Salazar en su trabajo para la obtención de título de Ingeniera Civil de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, "Actualmente se fabrican miles de artículos de caucho para usos muy diferentes. El caucho es ampliamente utilizado en la fabricación de neumáticos, llantas, artículos impermeables y aislantes, por sus excelentes propiedades de elasticidad y resistencia ante los ácidos y las sustancias alcalinas. Es repelente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad. Se disuelve con facilidad ante petrolatos, bencenos y algunos hidrocarburos" [4].

El uso de desechos reciclables no solo reduce el consumo de la materia prima, sino que también es una gran aportación para la problemática mundial del medio ambiente con la eliminación de desperdicios.

Y como lo menciona M. Farfán y E. Leonardo, en su proyecto de tesis, donde realizaron pruebas con caucho triturado de llanta modificado con aditivo pacificante, determinando que "es factible utilizar caucho reciclado en combinación con aditivo plastificante para recuperar significativamente la resistencia mecánica hasta en un 10%, además contribuye a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente. La resistencia a la compresión se ve afectada por el reemplazo de agregado natural por agregado de caucho de neumáticos en desuso, con una reducción de aproximadamente 12% para una proporción de reemplazo del 15%" [5].

Esto determina que la factibilidad del uso de caucho en cementantes puede ser un recurso que disminuya la contaminación que se genera. Así como el estudio que realizó Pérez Oyola y Arrieta de la Universidad Católica de Colombia sobre la caracterización de una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional e 3500 PSI, donde menciona que "con el ensayo de la resistencia a compresión la disminución fue considerable respecto al concreto tradicional, esto debido a la porosidad que se origina en las muestras con adicción de caucho reciclado, además a la baja adherencia que existe entre la pasta de concreto y el caucho este último a su baja absorción de agua no se entrelaza lo suficiente a la mezcla en estado fresco, es necesario recalcar que el caucho tiene la habilidad de experimentar grandes deformaciones

elásticas antes de la falla, es decir se deforma mucho más que la pasta de concreto que lo envuelve" [6].

Por ello, la intención de este proyecto de investigación, es analizar las propiedades de resistencia que tiene el material resultante al aplicarle una carga puntual, utilizando los materiales base en distintas proporciones y así poder crear varias probetas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de la prueba de resistencia a compresión fue necesario crear probetas con dimensiones de 5cm. x 5cm. x 5cm., medida estándar emitida por la N-CMT-2-01-004-02 para la obtención de datos. Esta norma contiene los requisitos de calidad de los morteros que se utilizan en trabajos de albañilería, como lo son juntas, aplanados, firmes, entre otros.

Inicialmente se realizaron moldes (figura 1) hechos con tablillas de madera de pino unidas con pijas que facilitan la extracción de las mezclas al momento de secar. Consecuentemente, los moldes se barnizaron con aceite quemado (figura 2), siendo un proceso necesario para impedir la deformación de la madera al momento del contacto con la mezcla fresca. El aceite debe ser absorbido por la madera, además de que no debe tener excedentes. Este tipo de técnicas son utilizadas en cimbras al momento de verter el colado (cemento) para mantener el molde y la forma original que toma la mezcla al momento del fraguado del concreto.



Figura 1. Moldes de madera de pino de 5cm x 5cm x 5cm fijados con pijas.



Figura 2. Aplicación de aceite quemado a los moldes de madera.



Figura 3. Materiales en estado puro utilizados para la mezcla.

Un par de horas después, cuando la madera haya absorbido el aceite quemado, fue necesario continuar con el siguiente punto, la elaboración de mortero. Para esto, fue necesario crear 6 mezclas basadas en un diseño experimental y poder generar distintas proporciones en los materiales (tabla 1).

Tabla 1. Especificación de probetas y sus proporciones.

MODULO	CEMENTO	AGUA	JAL	ARENA	CAUCHO	Porcentaje
M-1	7.5	20	40	22.5	10	100
M-2	10	20	35	20	15	100
M-3	12.5	20	30	17.5	20	100
M-4	15	20	25	15	25	100
M-5	17.5	20	20	12.5	30	100
M-6	20	20	15	10	35	100

Dentro de los materiales utilizados se encuentra el cemento portland, adquirido de un negocio local de la ciudad de Colima, siendo un cementante de calidad de acuerdo con la norma ASTM C 150 (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales), arena y jal en su estado puro, obtenidos del negocio TRUPECO que maneja altos estándares de calidad en sus materiales, agua, que cumple con lo establecido en la Norma N-CMT-2-02-003 Calidad del Agua para Concreto Hidráulico, y por último, neumáticos triturados (figura 3), obtenidos de la vulcanizadora URZUA ubicada dentro de la misma ciudad, empresa que trabaja con neumáticos de la marca Bridgestone.

Se tomó la cantidad mencionada en la tabla de la imagen 3, dándole un valor del 10%, utilizando la medida para controlar los agregados en la mezcla y así tener proporciones exactas. Por ejemplo, si el agregado de caucho en una de las proporciones marcadas es del 30%, se deben de agregar 3 cantidades similares (figura 4).



Figura 4. Medidas volumétricas estándar utilizadas.

Al momento de realizar la unificación de los materiales con sus distintas proporciones, fue necesario separar las mezclas (figura 5).



Figura 5. Separado de mezclas con diferentes proporciones

La unificación de los materiales a excepción del agua puede observarse en la figura 6.



Figura 6. Ejemplo de aleación uniforme de los materiales en la probeta 1.

El siguiente punto se trató de la colocación de las mezclas dentro de un recipiente para poder agregarle como parte final el porcentaje de agua y así facilitar la revoltura de los materiales hasta obtener la consistencia adecuada (figura 7 y 8).



Figura 7. Molde donde se agregó el material listo para agregar el agua y unificar.



Figura 8. Mezcla uniforme ya con el agregado de agua.

Al momento de tener listas todas las mezclas se vertieron en los moldes colocados en una superficie plana evitar el escurrimiento y esperar su fraguado (figura 9 y 10), que según la NMX-C-021-ONNCCE-2015 en su apartado de especificaciones físicas, "Las especificaciones para caracterizar la calidad del cemento para albañilería (mortero) están establecidas en la tabla 1" (tabla 2). Esta especificación permite someter el cubo o probeta resultante a los 7 días de creación y así poder lograr una comparación bajo la norma en la que se basará la probeta.

Para alcanzar un correcto vaciado de la mezcla en los moldes, se utilizó un elemento de madera que permite su esparcimiento uniforme y así poder obtener un cubo sin burbujas de aire que puedan afectarlo durante la prueba.



Figura 9. Colocación manual del material con un elemento de madera para darle uniformidad al llenado del molde.



Figura 10. Vaciado de mezcla en moldes de madera.



Figura 11. Maquinaria utilizada en prueba.

Tabla 2. Tabla comparativa del alcance de la resistencia del mortero a los 7 días de fraguado tomada de la NMX-C-021-ONNC-CE-2015.

Determinación	Unidad	Condición	Especificación
Sanidad (expansión en autoclave)	%	máximo	1,0
Tiempo de fraguado Inicial	min	mínimo	90
Tiempo de fraguado final	min	máximo	1 080
Resistencia a la compresión a 7 días	N/mm <sup>2</sup>	mínimo	4,4
Resistencia a la compresión a 28 días	N/mm <sup>2</sup>	mínimo	7,8
Contenido de aire	%	máximo	22
Retención de agua	%	mínimo	60

Después de haber transcurrido el tiempo de secado, se retiraron los moldes de manera cuidadosa, deslindándose de las pijas en los moldes de madera para facilitar su extracción.

El siguiente apartado consistió en la realización de las pruebas que fueron hechas en el Instituto Tecnológico de Colima, ubicado en Villa de Álvarez, Colima, siendo el laboratorio de pruebas del área de Ingeniería en Mecatrónica quien facilitó el equipo necesario, así como el apoyo en la ejecución.

El equipo utilizado en esta prueba fue el UH - 500 kNI marca SHIMADZU (figura 11) siendo una maquina con un sistema hidráulico universal de la serie UH con una capacidad del marco de 100 KN a 500 KN.

Este tipo de maquinaria utiliza el KN (Kilo Newton) como unidad de medida de fuerza que se aplica en los distintos materiales posibles a utilizar, entre ellos la madera, los metales y el concreto.

Esta unidad de medida tiene un valor distinto al momento de la conversión a kilogramos, teniendo en cuenta, que 1 kilogramo fuerza es igual a 9.8 kilo Newton.

Después de haber transcurrido los 7 días de secado, se extraen las probetas de los moldes (figura 12).

Ahora bien, para dar inicio a la prueba, se colocan los cubos (probetas) uno a uno en el área de acción dentro de la máquina de manera que las caras lisas queden en los puntos de contacto, esto para lograr mayor firmeza en las caras de contacto, y de esta manera, poder dar inicio a la prueba (figura 13).



Figura 12. Probetas sin molde después de haber alcanzado sus 28 días de secado.



Figura 13. Momento de la realización de la prueba (probeta no. 6).

La prueba termina al reflejarse una falla en la probeta, esto se dictamina al momento de que la máquina detecta reducción de resistencia en el cubo, reflejándolo a manera de en la pantalla de datos (figura 14), el proceso continuó en la captura de datos.

Una vez habiendo obtenido los datos de los 6 cubos, se realizó una base de datos en Excel para comparar los resultados en tablas y gráficas.

El diseño de tablas realizadas en Excel, muestran la probeta manejada, especificando los materiales utilizados con sus porcentajes, su peso, volumen y su densidad. Además, cuenta con los datos de la resistencia obtenida en Newtons, su deformación en milímetros y el valor de resistencia en kilogramos sobre centímetros cuadrado.

Estos factores son determinantes para su uso constructivo, mientras más ligero sea el material, más eficaz será, siempre y cuando contenga una resistencia factible.

Tabla 3. Tabla comparativa de resultados, que especifica el tipo de probetas y su mezcla y sus características.

Datos Generales			Características Físicas			Características de prueba		
Probeta	Material	Material %	Peso (Kg)	Volumen (M3)	Densidad (kg/m3)	Resistencia en N	Deformación (mm)	Resistencia en kg/cm2
P-1	Cemento	7.5	0.160	0.000125	1280	1250	1.9	5.097
	Agua	20.0						
	Jal	40.0						
	Arena	22.5						
	Caucho	10.0						
	Porcentaje	100.0						
P-2	Cemento	10.0	0.145	0.000125	1160	1250	2.3	5.097
	Agua	20.0						
	Jal	35.0						
	Arena	20.0						
	Caucho	15.0						
	Porcentaje	100.0						
P-3	Cemento	12.5	0.140	0.000125	1120	2250	2.8	9.174
	Agua	20.0						
	Jal	30.0						
	Arena	17.5						
	Caucho	20.0						
	Porcentaje	100.0						
P-4	Cemento	15.0	0.135	0.000125	1080	2750	2.2	11.213
	Agua	20.0						
	Jal	25.0						
	Arena	15.0						
	Caucho	25.0						
	Porcentaje	100.0						
P-5	Cemento	17.5	0.140	0.000125	1120	3000	1.7	12.232
	Agua	20.0						
	Jal	20.0						
	Arena	12.5						
	Caucho	30.0						
	Porcentaje	100.0						
P-6	Cemento	20.0	0.135	0.000125	1080	3250	1.7	13.252
	Agua	20.0						
	Jal	15.0						
	Arena	10.0						
	Caucho	35.0						
	Porcentaje	100.0						



Figura 14. Diagrama de esfuerzo de deformación, se indica la falla cuando la línea va en declive (probeta 6).

## RESULTADOS

La probeta P-1 alcanzó una resistencia de 5.097 kg/cm<sup>2</sup>, la probeta P-2 5.097 kg/cm<sup>2</sup>, la probeta P-3 mejoró su resistencia, llegando hasta los 9.174 kg/cm<sup>2</sup>, la probeta P-4 incrementó levemente, con un resultado de 11.213 kg/cm<sup>2</sup>, la probeta P-5 llegó hasta los 12.232 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente, la probeta P-6 que fue las más resistente con 13.252 kg/cm<sup>2</sup> (tabla 3).

## CONCLUSIONES

Las probetas P-1, P-2 y P-3, se deshicieron durante la realización de la prueba convirtiéndose en un material arenoso, conllevando a una falta de cementante al momento de analizarlos, siendo los de menor resistencia. Por otro lado, las probetas P-4, P-5 y P-6, mantuvieron su forma original.

La probeta P-6, fue la más resistente, debido a un agregado mayor de cemento y caucho, que además de obtener alta resistencia, también demostró poseer un alto grado de deformación, regresando siempre a su forma original sin ser destruido al momento de quitar la carga puntual. Este grado de deformación fue de 1.7 mm.

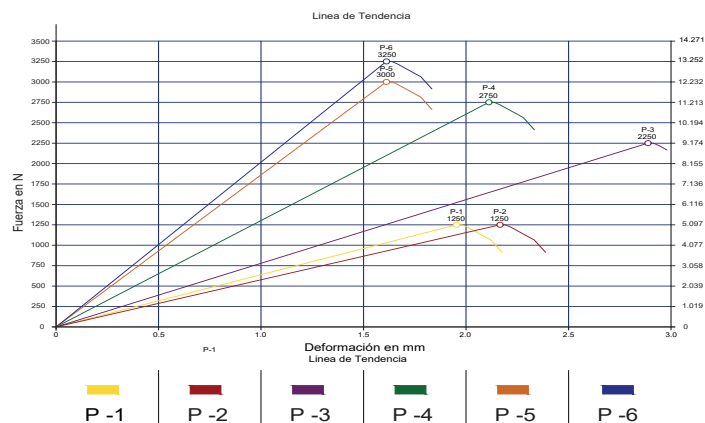
Dicha probeta obtuvo una diferencia considerable al momento de compararla con la resistencia que se obtiene de una probeta de mortero tradicional (arena, cemento y agua) normada por la NMX-C-021-ONNC-CE-2015, que nos especifica que un cubo de mortero de 5cm. x 5cm. x 5cm., a sus 7 días de fraguado, debe alcanzar una resistencia de 4.4 n/mm<sup>2</sup> (43.1493 kg/cm<sup>2</sup>) para uso estructural. Dicha diferencia fue de una cuarta parte (13.252 kg/cm<sup>2</sup>).

Los resultados en las 6 pruebas (tabla 4) realizadas pueden ser considerables y funcionales para otros fines dentro de la construcción como enjarre y pisos, esto implica que se deben de desarrollar mas investigaciones relacionadas con estos términos.

Todo encamina a que el caucho puede ser factible en la mezcla del mortero para su uso en elementos no estructurales dentro de la construcción.



Tabla 4. Gráfica de esfuerzo de deformación. Especifica los rangos obtenidos de las 6 probetas sometidas a prueba.



**BIBLIOGRAFÍA**

[1] Cristhian Roman Peñalosa Garzón (2015), Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto reciclado usando neumáticos triturados como reemplazo del 10% y 30% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural.

[2] Elizabeth Rodríguez Meza, (2018) Crean Artículos Sustentables Con Llantas Usadas - El Economista. 03 de Diciembre de 2018. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Crean-articulos-sustentables-con-llantas-usadas-20181203-0056.html>

José Luis López (2019). Contaminan el país 32 millones de llantas. Periódico Digital, "El Heraldo de México".

NOM-161-SEMARNAT-2011. Plan de Manejo de Neumáticos Usados de Desecho. Manejo Responsable de Llantas Usadas, A.C. 2015. <http://recicllantas.org.mx/wp-content/uploads/2016/02/Plan-de-Manejo-de-Neumaticos-Usados-de-Desecho-2015-.pdf>

Cesar Mauricio Díaz Claros, Liliana Carolina Castro Celis (2017). Implementación del Grano de Caucho Reciclado (gcr) Proveniente de Llantas Usadas para Mejorar las Mezclas Asfálticas y Garantizar Pavimentos Sostenibles en Bogotá. Universidad Santo Tomás, Bogotá. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf>

[3] Iván Cruz (2018). Crean mexicanos Impermeabilizante con Llantas Usadas. Noticiero Digital "El Universal". <https://www.eluniversal.com.mx/colaboracion/orgullomexicano/nacion/crean-mexicanos-impermeabilizante-con-llantas-usadas>

César Mauricio Díaz Claros, Liliana Carolina castro Celis (2017). Implementación del Grano de Caucho Reciclado (gcr) Proveniente de Llantas Usadas para

Mejorar las Mezclas Asfálticas y Garantizar Pavimentos Sostenibles en Bogotá. Universidad Santo Tomás, Bogotá <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf>

[4] NeyvaGissela Almeida Salazar (2011). Utilización de Fibras de Caucho de Neumáticos Reciclados en la Elaboración de Bloques de Mampostería para Mitigar el Impacto Ambiental en el Cantón Ambato. Ambato - Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4346>

[5]. M. Farfán\* E. Leonardo\* (2018). Caucho Reciclado en la Resistencia a la Compresión y Flexión de Concreto Modificado con Aditivo Plastificante. (p. 241). [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732018000300241](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000300241)

[6] Juan Carlos Pérez Oyola - Yeison Leonardo Arrieta Ballén (2017) Estudio Para Caracterizar Una Mezcla De Concreto Con Caucho Reciclado En Un 5% En Peso Comparado Con Una Mezcla De Concreto Tradicional de 3500 PSI. <https://www.coursehero.com/file/47924515/Tesis-ante-propdf/>

Reporte de un organismo o ente:  
Normas: N-CMT-2-01-004-02 CMT.  
Características de los Materiales. 2. Materiales para Mampostería. 004. Morteros.

Ing. Guillermo Castro (2007). Reutilizacion, Reciclado y Disposición Final de Neumáticos. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A. [https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Reutilizacion\\_Reciclado\\_y\\_Disposicion\\_final\\_de\\_Neumatico.pdf](https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf)

NMX-C-021-ONNCCE-2015 - Industria de la Construcción Cemento para Albañilería (mortero) - Especificaciones y Métodos de Ensayo.  
Norma ASTM C 150 - (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).  
N-CMT-2-01-004-02 - Dimencion de probetas de mortero (5cmx5cmx5cm).

Norma N-CMT-2-02-003 - Calidad del Agua para Concreto Hidráulico.

Otros:  
Empresa SELAICON - Empresa de realización de pruebas de ensayo - apoyo con normativa y especificaciones.

Curso de Actualización Sobre Concreto y Mortero (2019) - Colegio de Arquitectos del Estado de Co-lima.



Multidisciplinario  
e  
ingenierías

---

Ingeniantes

# Comportamiento térmico en mezclas de cal hidratada, ceniza y roca volcánica (piedra pómez), en sustitución del cemento Portland



## Colaboración

Christian Manuel Flores; José Manuel Guzmán Gileta; José Fidel Navarro Arellano; Luis Aarón García Solórzano, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima

**RESUMEN:** Las rocas y cenizas volcánicas han sido utilizadas en la construcción de edificaciones a lo largo de la historia. Sin embargo, en el presente estudio se analizan las propiedades térmicas de una mezcla elaborada con cal hidratada, ceniza y roca volcánica (piedra pómez) que pueda sustituir al cemento portland, sin comprometer la resistencia térmica de edificaciones sometidas a temperaturas elevadas, y permitiendo el ahorro de recursos relacionados con la calcinación de las rocas utilizadas en la elaboración del cemento, así como una reducción en las emisiones de dióxido de carbono. Se realizaron pruebas relacionadas con la medición del calor específico, conductividad, resistividad y difusión térmica a una serie de mezclas elaboradas con diferentes proporciones en cada uno de sus componentes, determinando aquellas que mostraron el mejor desempeño en cada una de las propiedades térmicas analizadas, los resultados sugieren que el índice de calor específico en la mezcla disminuye, conforme se incrementa la proporción de materiales volcánicos y cal hidratada, mientras que la conductividad y difusividad crecen.

**PALABRAS CLAVES:** Ceniza Volcánica, Puzolanas, Comportamiento Térmico, Innovación Tecnológica, Concreto, Morteros.

**ABSTRACT:** Volcanic rocks and ashes have been used in the construction of buildings throughout history. However, in the present study the thermal properties of a mixture made with hydrated lime, ash and volcanic rock (pumice stone) that can replace Portland cement are analyzed, without compromising the thermal resistance of buildings subjected to high temperatures, and allowing saving of resources related to the calcination of rocks used in the manufacture of cement, as well as a reduction in carbon dioxide emissions. Tests related to the measurement of specific heat, conductivity, resistivity and thermal diffusion were performed to a series of mixtures made with different proportions in each of its components, determining those that showed the best performance in each of the thermal properties analyzed. Results suggest that the specific heat index in the mixture decreases, as the proportion of volcanic materials and hydrated lime increases, while the conductivity and diffusivity increase.

**KEY WORDS:** Volcanic Ash, Puzolanas, Thermal Behavior, Technological Innovation, Concrete, Mortars.

## INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción cada día surgen nuevos materiales que atienden de manera más efectiva las necesidades de los usuarios. Las empresas en el ramo de materiales han desarrollado una conciencia ecológica en los últimos años, por lo que en la fabricación de sus productos han estado buscando disminuir los estragos ambientales.

El cemento Portland es uno de los productos en la industria de la construcción que más es utilizado a nivel mundial. Este producto es resultado de calcinar hasta fusión parcial a una temperatura de 1450°C, por un proceso de síntesis en estado sólido, mezclas homogéneas de caliza y arcilla del cual se obtiene el Clinker, constituido principalmente por silicatos y aluminatos anhidros de calcio,

que se muelen con yeso para obtener finalmente el cemento. Este proceso de síntesis en estado sólido a alta temperatura, hace que la industria del cemento sea responsable del 5 al 7% de las emisiones antropogénicas globales de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. [1]

En la producción del cemento, las emisiones de CO<sub>2</sub> se deben principalmente a la descomposición, en óxidos, de los carbonatos presentes en la piedra caliza. Para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, la industria cementera ha tomado diversas medidas para reducir el contenido de Clinker, entre las que se encuentra su reemplazo por materiales residuales como el sílica activa, ceniza volante o escoria de alto horno, y su uso como materia prima alternativa. [2]

Existen algunos desechos industriales que pueden ser viablemente utilizados como materiales cementantes y que, además, requieren poco o ningún tipo de tratamiento previo para su utilización en la mezcla para concreto y/o mortero. Por otro lado, también existen otros materiales cementantes de origen natural (por ejemplo, la ceniza volcánica) que se encuentran disponibles para su uso en la mezcla de concreto. [3]

Desde el punto de vista empresarial, el sector industrial ha percibido que los aspectos ambientales bien administrados pueden generar valor económico corporativo, bien sea por la reducción del riesgo, la reducción de los costos totales de producción, el aumento de los ingresos y la buena imagen pública de la empresa. [4]

El Estado de Colima es un lugar con actividad sísmica, debido a que se encuentra un Volcán activo en la cercanía del Estado. El volcán de Colima (103°37'w, 19°30'45"N) se ubica en el sector sudoccidental de la Faja Neovolcánica Transmexicana y con base en su historia eruptiva, es considerado como el volcán más activo de México [5], constantemente realiza emisiones donde nos encontramos con cenizas volcánicas esparcidas en las cercanías al cono que lo conforma, este material natural es considerado como desecho, además de que puede causar problemas de salud si llega a ser inhalado. Otro material volcánico es la Piedra Pómez o Jal nombre otorgado popularmente dado que proviene del Estado de Jalisco, dicho material se forma durante un rápido enfriamiento de un magma ascendente de alta viscosidad.

Con base en lo anterior mencionado, el presente trabajo tiene por objeto el desarrollo de un material que pueda ser empleado en la construcción, en donde se utilicen algunas materias de la región de Colima, como lo es el material volcánico existente en la zona como lo es la ceniza rica en Sílice y la piedra pómez, además se busca reducir el consumo del cemento portland, siendo un producto responsable de emisiones contaminantes en el planeta, por lo que se empleara Cal hidratada con ceniza volcánica en sustitución parcial de este.

Las mezclas propuestas se someterán a una prueba de transmisión térmica para observar el comportamiento que puedan lograr. Para efectos de este artículo de investigación solo se realizarán pruebas a un cierto número del diseño de mezclas, donde variará la cantidad de proporción de los materiales mencionados.

Las consideraciones a evaluar de la transmisión térmica serán el Calor Específico, siendo representado por "C", entendiéndose por la energía que necesita una unidad de masa de una sustancia para aumentar su calor en un grado Celsius, la Conductividad Térmica es representado por " $\lambda$ ", y se entiende por la capacidad de permitir el paso de energía cinética de sus moléculas a otras sustancias adyacentes, la Resistividad Térmica es representado por "r" y es el término opuesto al de conductividad, y se puede definir como la resistencia de ciertos materiales a la transmisión del calor por sus moléculas. Por último, la Difusividad siendo representada por " $\alpha$ " y se entiende que es la tasa de cambio con que un material aumenta de temperatura, al ser puesto en contacto con una fuente de calor.

Producir cemento es un proceso costoso, pues involucra un gran requerimiento energético y presenta altos impactos ambientales, debido a la producción de gases y alta demanda de materiales provenientes de la minería.

Con el fin de reducir costos en la producción de los cementos, así como de ser ambientalmente sostenibles, hoy en día la mayoría de los cementos se constituyen de una mezcla entre clinker, yeso y adiciones. Estos materiales son generalmente materiales de origen natural o subproductos de otros procesos. Las Adiciones o puzolanas pueden clasificarse según su origen en, puzolanas naturales y puzolanas artificiales; entre las primeras se encuentran las cenizas volcánicas, tobas volcánicas, zeolitas, tierras de diatomeas (diatomitas), en las segundas se destacan las cenizas volantes, arcillas activadas térmicamente, microsílíce (humo de sílice), cenizas de cáscara de arroz y escoria de Alto Horno o de fundición. [6]

Una vez que se cuente con la mezcla, su uso puede disminuir los costos en la elaboración del cemento portland, aprovechando el uso de recursos naturales de origen volcánico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La cal hidratada, según la norma N-CMT-4-03-001/02 se define como un producto cementante seco, hidratado, obtenido al calcinar calizas que contienen sílice (SiO) y alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) a una temperatura cercana a la de fusión incipiente, de tal forma que se obtiene suficiente óxido de calcio (CaO) para permitir la hidratación y, al mismo tiempo, dejando suficientes silicatos de calcio (CaSiO<sub>3</sub>) sin hidratar, con lo que resulta un polvo seco, que cumple con las propiedades hidráulicas.

cas requeridas en algunas aplicaciones, destacándose la propiedad de fraguar y endurecer, aun bajo el agua.

La piedra pómez (también llamada pumita o Jal) es una roca ígnea volcánica vítrea, con baja densidad y muy porosa, de color blanco o gris. El origen volcánico le dio ciertas características a la piedra pómez: una multitud de poros y células cerradas que dan por resultado una porosidad con una solidez de grano al mismo tiempo. Debido a su ligereza puede flotar sobre las aguas a causa del aire contenido en sus cavidades. Aparte de eso la piedra pómez es resistente al frío, al fuego y a la intemperie y libre de sales solubles en agua. Las partículas de esta roca volcánica poseen varias formas, predominando las alargadas y las angulosas. Sus poros cerrados le confieren una baja densidad, por lo que el comportamiento al impacto es muy ligero. La piedra pómez comúnmente es utilizada en industrias de la construcción para la fabricación de morteros u hormigones de áridos ligeros, destinados a mejorar las condiciones térmicas y acústicas. [7]

El abasto de la mayor parte de los materiales son de fácil obtención, a excepción de la ceniza volcánica, la cual no es un material en la región de Colima comerciable, por lo que la obtención de esta se conseguirá de la depresión Cordobán (Rio Cordobán), donde se encuentran depósitos que descienden de las partes más altas del volcán por su flanco sudoccidental, hasta llegar al poblado de La Becerrera. [5]

Las cenizas y rocas del Complejo Volcánico de Colima están compuestas en general, de andesitas básicas calcoalcalinas a andesitas silíceas con presencia de anfíboles. Una tendencia al decremento en contenido de sílice en las lavas eruptadas de norte a sur y es correlacionada con una tendencia al incremento en la tasa de erupción. [8]

Como sustento para un buen diseño de proporción de mezcla, se consideró emplear el utilizado en la fabricación de concretos por parte de la PCA (Portland Cement Association), donde nos menciona que las proporciones de la mezcla para un metro cúbico de concreto se calculan usando el rendimiento de la mezcla (volumen) y la densidad (peso volumétrico, peso unitario, masa unitaria, peso específico). [9]. Para efectos de prueba exploratoria de esta investigación se desarrollaron las proporciones de forma arbitraria, variando un 5% la cantidad de material en cada módulo. (tabla 1).

Tabla 1. En la tabla se muestra el diseño de proporción de materiales para cada probeta.

Modulo	Cemento	Cal	Ceniza	Piedra Pómez	%
M-01	30	5	20	45	100
M-02	25	10	25	40	100
M-03	20	15	30	35	100
M-04	15	20	35	30	100
M-05	10	25	40	25	100
M-06	5	30	45	20	100

En la elaboración de las mezclas de acuerdo a la tabla 1, se manejaron los porcentajes a el peso del material más denso, en este caso la ceniza volcánica, utilizando como medida 1 kg de ceniza como el 100%. Como ejemplo, en la elaboración de la mezcla M-01, se colocaron 2 recipientes iguales vacíos sobre una báscula electrónica, al primero se le vertió 1 kg de ceniza y al otro el equivalente al 30% del kilo en cemento, dan por resultado 1.3kg de peso neto en material, así sucesivamente se procedió a pesar el resto de los materiales. En el caso de la piedra pómez o Jal, antes de ser pesada, primero se pasó por una malla criba del No. 4, para tener partículas uniformes.

Una vez pesados los materiales para cada mezcla prototipo se vacían a un cajón mezclero, vertiéndose en el siguiente orden: primero la ceniza, cal y cemento, mezclando con una cuchara de albañilería hasta homogenizar, después se añade el jal y se agrega agua poco a poco hasta lograr una consistencia manejable, lograda la consistencia se vierte en la cimbra asignada.

Las cimbras utilizadas fueron de madera con forma de cubo de 10 cm de dimensión (Figura 1), donde se les marco con un plumón el tipo de mezcla para identificarlas. Las mezclas se dejan fraguar 7 días para su desmolde y posteriormente realizar 2 perforaciones de 5 cm de profundidad aproximadamente y separadas 0.6 cm una de otra, utilizando un taladro con una broca 5/64" o 2mm.



Figura 1. Muestra de los módulos empleados para las probetas.

El siguiente paso es realizar una tabla de valoración de cada módulo donde se especifique las características de cada espécimen, así como las propiedades a evaluar.

Previo a la realización de la prueba, el equipo "Kd2 Pro" se le debe de realizar una calibración, para esto hay que esperar 15 min para que el equipo registre la temperatura del lugar, después realizar una medición de prueba a una sustancia (Glicerina) la cual nos debe de arrojar datos establecidos en el manual operativo. La

prueba se llevó a cabo en un aula con una temperatura estable, en este caso en particular se mantuvo a 23°C.

Una vez realizada la calibración del equipo se procede a efectuarse la prueba con el sensor SH-1 en cada probeta, previamente los orificios de los módulos fueron rellenos con vaselina como indica el manual de operaciones [10], para después proceder a realizar las mediciones, el tiempo estimado por cada probeta es de 2 minutos (Figura 2).



Figura 2. Instrumento Kd2 Pro realizando el análisis en el módulo M5.

Una vez finalizada la medición de cada espécimen, se procede a dar lectura de los datos obtenidos, conjuntamente se fue registrando en el formato elaborado previamente. (Figura 3).

Las unidades que maneja el dispositivo Kd2 Pro son las del Sistema Internacional de Unidades (SI).

De tal modo, el coeficiente de Calor Especifico "C", se medirá en Mega Joule / metro cúbico x Grado Kelvin (MJ/m<sup>3</sup>K).

La Conductividad Térmica "λ", se medirá en Vatios / (metro x Kelvin) (W/(m•K)).

En Resistividad Térmica "r", será en (Grado Celsius x Centímetro) / Watt (C.cm/W).

Por último, la Difusividad Térmica "α", será en milímetro cuadrado / segundo (mm<sup>2</sup>/s).


MATERIAL: Mezcla Prototipo 1	
CARACTERÍSTICAS ANALISADAS	
Notas	Calor específico (C) MJ/m <sup>3</sup> -K 2.874
	Conductividad térmica (K) W/m-K 0.412
Físicas	Resistividad térmica (RHO) C-cm/W
Peso (Kg)	1.79
Volumen (M3)	0.001
Densidad	1790
	Difusividad térmica (D) mm <sup>2</sup> /S 0.143
	
Ceniza Volcánica 20%, Piedra Pómez 45%, Cemento 30%, Cal 05%.	

Figura 3. Muestra las características consideradas para evaluar a las probetas.

Registrado los datos obtenidos de cada prototipo, se procede a ordenar la información, para realizar una tabulación general y comenzar la generación de gráficas, facilitándonos el proceso de análisis e interpretar la información recabada.

## RESULTADOS

Con la elaboración de una tabla general, se muestra un concentrado ordenado de los resultados arrojados en las mediciones de cada prototipo, permitiendo observar y realizar una comparativa rápida de la proporción empleada en cada mezcla, así como las características físicas y térmicas. (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados obtenidos de los prototipos.

Módulo	Datos Generales		Características Físicas			Características Térmicas			
	Material	Material %	Peso (Kg)	Volumen (M3)	Densidad	Calor Especifico (MJ/m <sup>3</sup> -K)	Conductividad Térmica (W/m-K)	Resistividad Térmica (C-cm/W)	Difusividad Térmica (mm <sup>2</sup> /S)
M-1	Ceniza Volcánica	20%	1.79	0.001	1790	2.874	0.412	242.8	0.143
	Piedra Pómez	45%							
	Cemento	30%							
	Cal	5%							
M-2	Ceniza Volcánica	25%	1.765	0.001	1765	2.518	0.391	255.7	0.155
	Piedra Pómez	40%							
	Cemento	25%							
	Cal	10%							
M-3	Ceniza Volcánica	30%	1.77	0.001	1770	2.31	0.403	236.9	0.209
	Piedra Pómez	35%							
	Cemento	20%							
	Cal	15%							
M-4	Ceniza Volcánica	35%	1.77	0.001	1770	2.33	0.42	237.9	0.218
	Piedra Pómez	30%							
	Cemento	15%							
	Cal	20%							
M-5	Ceniza Volcánica	40%	1.77	0.001	1770	1.911	0.47	212.6	0.246
	Piedra Pómez	25%							
	Cemento	10%							
	Cal	25%							
M-6	Ceniza Volcánica	45%	1.77	0.001	1770	1.876	0.461	217.1	0.248
	Piedra Pómez	20%							
	Cemento	5%							
	Cal	30%							

Al expresar en forma gráfica los resultados de la tabla general, nos permite observar un panorama general del desempeño individual que logro cada prototipo en cada una de las características térmicas, además nos facilita realizar un análisis e interpretación efectiva y sencilla de la influencia de los materiales en cada prototipo.

El resultado obtenido en la sección de calor específico "C", indicó la temperatura propia de cada mezcla, además se observa claramente una tendencia descendiente entre las mezclas M-1 a M-6. Esto es debido a la variación de cantidad en el material empleado de cada prototipo, acentuando que ante mayor proporción de cemento y jal se emplee, el coeficiente en "C" es mayor, por consiguiente, ante la ausencia de estos y el incremento de ceniza volcánica y cal, el índice en "C" tendera a ser menor. (Figura 4).

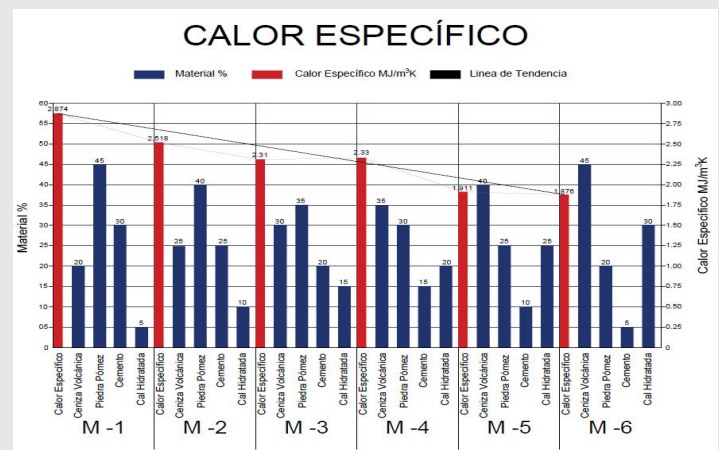


Figura 4. Valores obtenidos de Calor Especifico.

Realizando una comparación entre los prototipos M-1 y M-6, siendo estos el de mayor y menor índice obtenidos, resultó una diferencia en "C" de 0.998 MJ/m3K, esto representa una diferencia del 53.19% de la mezcla M-6 respecto a M-1. La variación en proporción en material fue de un 25% en cemento y 25% en jal.

Los resultados en tema de conductividad " $\lambda$ ", indico una tendencia con altibajos en las mediciones, pero manteniendo una línea ascendente. Este comportamiento puede derivarse de la presencia en mayores proporciones de ceniza volcánica y cal, pues se observa que ante mayor cantidad de estos elementos el grado de conductividad registró un índice propenso a elevarse. (Figura 5).

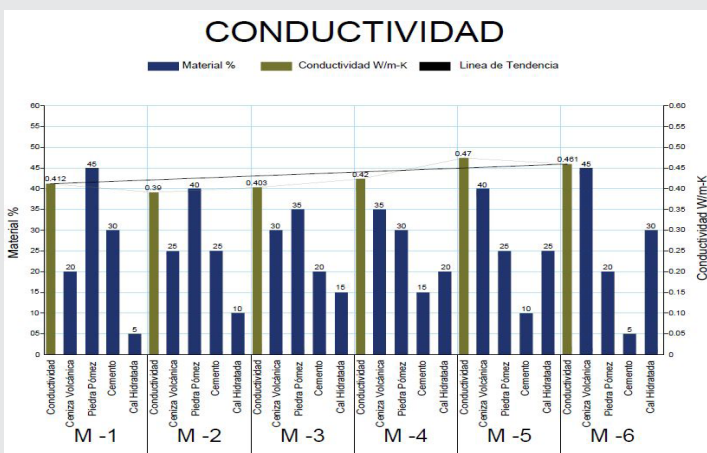


Figura 5. Valores obtenidos de Conductividad Térmica.

En este caso se observa que los prototipos M-5 y M-2 resultaron obtener el mayor y menor índice de desempeño en " $\lambda$ ", existiendo un 22% de diferencia entre ambos, es decir un 0.079 W/m-K, y un 15% de diferencia en contenido de ceniza volcánica y cal.

Los resultados en resistividad térmica " $r$ ", reflejan una tendencia inversa al de conductividad, esta conducta era esperada dado a que son conceptos opuestos. Se observa que los prototipos que alcanzaron un mejor desempeño en " $\lambda$ ", consiguieron un índice en " $r$ " menor. Se puede teorizar que la presencia de ceniza y cal en altos porcentajes reduce su capacidad de resistencia térmica, así como el aumento de jal y cemento gana un grado mayor de resistividad. (Figura 6).

Los resultados de mayor y menor grado de resistividad térmica, se presentó en los prototipos M-2 y M-5, contrario a los obtenidos en conductividad, como era esperado. Existiendo una diferencia de 43.1 C-cm/W, esto representa un 20.7% en el índice de " $r$ " entre ambos.

Por último, los resultados obtenidos en materia de difusividad térmica " $\alpha$ ", se observa una disposición ascendente. Los prototipos mostraron un mayor índice de velocidad de transmisión de calor, ante la presencia de

mayor cantidad de ceniza volcánica y cal se emplee. (Figura 7).

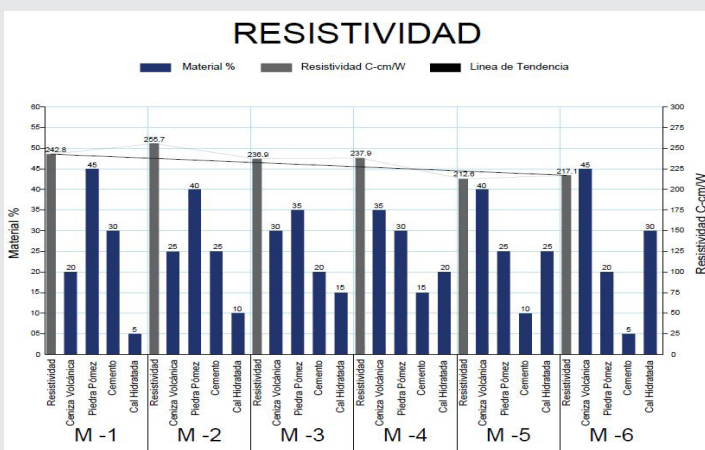


Figura 6. Valores obtenidos de Resistividad Térmica.

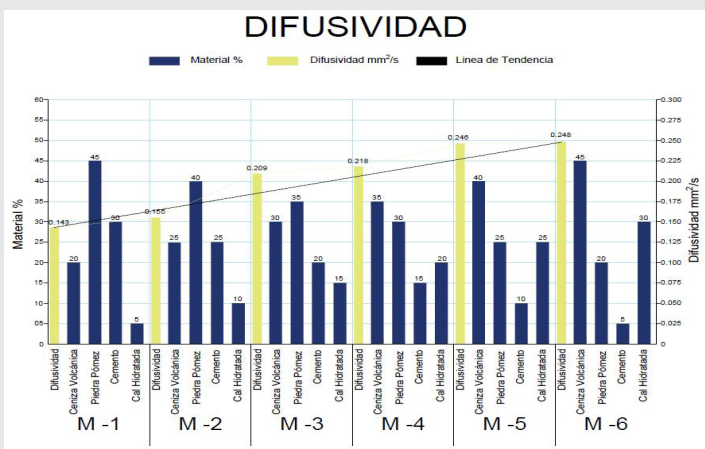


Figura 7. Valores obtenidos de Difusividad Térmica.

Los prototipos M-1 y M-6 obtuvieron el menor y mayor desempeño en " $\alpha$ ". La diferencia obtenida entre ambos es de 0.105 mm<sup>2</sup>/s que equivale a un 73.42%.

### CONCLUSIONES

La mezcla de ceniza volcánica con cal hidratada en distintas proporciones parece demostrar que ante mayor cantidad de estas se emplee, menor será la cantidad de calor necesario para elevar su temperatura. Por consiguiente, la transferencia de calor en este tipo de mezclas será mayor, pues si se observa en los resultados, el mayor índice de conductividad obtenido se logró ante el uso de mayor proporción de ceniza y cal. Lo que supone que al estar en contacto con una fuente de calor este fluirá con mayor facilidad en este material, mencionado esto se deduce que la capacidad de resistencia que se presenta en estas mezclas es bajo, provocando que la tasa de transferencia de calor se logre a una mayor velocidad, tomando en cuenta los resultados obtenidos en difusividad.

Se debe considerar que los resultados obtenidos no son contundentes, dado que los prototipos utilizados en las pruebas contaban con 7 días de edad, se recomienda repetir el estudio con probetas de 15 y 30 días para refrendar resultados.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] Juan Restrepo, O. R. (2013). Reducción de CO2 en la industria cementera por medio de procesos de síntesis química. *Revista Colombiana de Materiales*, 54-60.

[2] Izquierdo, I. S. (2018). Propiedades físicas y mecánicas del hormigón usando polvo residual de desechos orgánicos como reemplazo parcial del cemento. *Revista ingeniería de construcción*, 33(3), 229-240. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000300229>

[3] Cabrera-Madrid, J. A.-G.-B. (2016). Resistencia a la compresión de concretos con escoria de alto horno. Estado del arte re-visitado. *ALCONPAT*, 6(1), 64-83. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-68352016000100064](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352016000100064)

[4] Aura Navas, R. R. (09 de 12 de 2015). Impactos ambientales asociados con el proceso de producción. *Enfoque UTE*, 6(4), 67-80. doi:e-ISSN: 1390-6542 / p-ISSN: 1390-9363

[5] Rodríguez, S. R. (1995). Estratigrafía y estructura del volcán de Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 12(1), 22-46.

[6] Arenas, C. A. (2018). Elaboración de cemento gris, usando como adición el retal cerámico, residuo proveniente de la industria cerámica. Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17786>

[7] CASTRO, D. C. (2010). OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE GEOPOLÍMEROS, SINTETIZADOS A PARTIR DE CENIZA VOLANTE Y PIEDRA PÓMEZ, UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DEL CONCRETO (Vol. 9). <https://doi.org/10.1558/jsrnc.v4il.24>

[8] Komorowski, J. ., & Navarro, C. (n.d.). Petrología y geoquímica. Retrieved October 1, 2019, from <https://portal.ucol.mx/cueiv/Volcan-colima.htm#Volcan-colima>

[9] Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño Y Control De Mezclas De Concreto* (1 ed.). Skokie, Illinois, EE.UU: Portland Cement Association. Recuperado el 11 de noviembre de 2019, de [https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o\\_Y\\_Control\\_De\\_Mezclas\\_De\\_Con](https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o_Y_Control_De_Mezclas_De_Con)

[creto\\_-\\_Steven\\_H.\\_Kosmatka\\_Beatrice\\_Kerkhoff\\_and\\_William\\_C.\\_Panarese\\_1ra\\_Edici%C3%B3n?auto=download](https://doi.org/10.1007/978-3-642-10841-9_18).

[10] Decagon Devices, I. (2016). KD2 Pro Thermal Properties Analyzer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-10841-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-642-10841-9_18)





Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Determinando la existencia de relaciones en bases de datos relacionales mediante el algoritmo DFS

**RESUMEN:** Las bases de datos relacionales son la estrategia más utilizada para almacenar y recuperar datos de una manera organizada, soportando el lenguaje SQL como su interfaz de consulta. Sin embargo, el poder de SQL se ve limitado para expresar consultas analíticas complejas para extraer información de bases de datos cuando se desconoce su esquema entidad-relación. Para solventar esta problemática, en este artículo se propone un enfoque que permite determinar y validar la existencia de relaciones entre tablas de bases de datos relacionales mediante la utilización del algoritmo DFS como mecanismo de búsqueda no informada. Se implementó realizando un grafo equivalente de la base de datos a través de listas de adyacencia en Python, el cual se suministra al algoritmo DFS para encontrar la ruta más corta; es decir, las relaciones entre las tablas de la base de datos, permitiendo la construcción de los productos cartesianos necesarios para conformar una consulta SQL compleja y dinámica que permite la extracción de los datos aun desconociendo el esquema entidad-relación. El enfoque se integró a un sistema de web de apoyo a la toma de decisiones demostrando la viabilidad del enfoque. La aplicación de este enfoque permite desarrollar sistemas de información eficientes.

**PALABRAS CLAVE:** bases de datos relacionales, búsqueda en profundidad, DFS, consultas SQL dinámicas, grafos.



## Colaboración

Héctor Adán Morales Lugo; Patricia Elizabeth Figueroa Milán; Nicandro Farias Mendoza; Jesús Alberto Verduzco Ramírez; Ramona Evelia Chávez Valdez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima

**ABSTRACT:** Relational databases are the most used strategy to store and retrieve data in an organized way, supporting the SQL language as its query interface. However, the power of SQL is limited to express complex analytical queries to extract information from databases when its entity-relationship schema is unknown. In order to solve this problem, this article proposes an approach that allows determining and validating the existence of relationships between relational database tables by using the DFS algorithm as an uninformed search mechanism. It was implemented by making an equivalent graph of the database through adjacency lists in Python, which is supplied to the DFS algorithm to find the shortest path; that is, the relationships between the tables in the database, allowing the construction of the Cartesian products necessary to form a complex and dynamic SQL query that allows the extraction of the data even though the entity-relationship schema is unknown. The approach integrated a web-based decision support system demonstrating the viability of the approach. The application of this approach allows the development of efficient information systems.

**KEYWORDS:** relational databases, depth-first search, DFS, dynamic SQL queries, graphs.

## INTRODUCCIÓN

Las bases de datos (BD) son la principal solución para satisfacer la necesidad de almacenar y recuperar datos de una manera organizada. Permiten representar la estructura del negocio de una empresa, optimizando y automatizando los procesos cotidianos de comercialización; por lo cual, los datos mundiales se duplican cada dos años con una gran cantidad de transacciones que requieren soluciones de almacenamiento. Dentro de estas soluciones, las más utilizadas son las bases de datos relacionales (BDR) y las bases de datos no relacionales, conocidas comúnmente como NoSQL (Not only SQL) [1].

Actualmente, las bases de datos que han tomado mayor popularidad son las bases de datos NoSQL, ya que soportan la gestión de datos estructurados, no estructurados y semiestructurados en formas no tabulares. Sin embargo, a pesar de su popularidad, éstas no reemplazarán completamente a las BDR principalmente por que las BDR se distinguen por su consistencia y seguridad [2], así como por la gran cantidad de herramientas que soportan para inteligencia de negocios, análisis, toma de decisiones e informes [3]. Además, en [4] se demostró que las BDR proporcionan un mejor rendimiento general en comparación por ejemplo con una base de datos orientadas a grafos, un tipo de las bases de datos NoSQL.

Las BDR almacenan los datos en forma de filas y columnas dentro de una tabla, manteniendo las relaciones entre éstas mediante una llave externa [5]. Utilizan únicamente el Lenguaje Estructurado de Consultas (SQL, por sus siglas en inglés) para consultar y manipular los datos almacenados en éstas. No obstante, la versión estándar de SQL no puede expresar efectivamente consultas avanzadas y analíticas. Por ejemplo, un escenario en donde el poder de SQL es limitado es cuando se requiere extraer información de una BD externa al sistema, de la cual se desconoce su esquema. En este caso, la extracción o acceso a la información se convierte en una tarea complicada.

Una de las estrategias para solventar esta problemática es la implementación de algoritmos de búsqueda no informa ya que, no necesitan conocer información sobre su dominio [6]. Entre estos algoritmos, el algoritmo de Búsqueda en Profundidad (DFS, por sus siglas en inglés) es de utilidad para determinar la conectividad informática, recorre cada ruta de cada nodo dentro de un conjunto de nodos unidos por aristas (grafo o árbol) hasta más no poder. Si esto se traslada a una BD, el algoritmo DFS permitiría determinar las relaciones entre las tablas de cualquier BD relacional, a partir de la creación de un árbol o grafo equivalente al esquema de la BD y con esto, construir las consultas SQL de forma dinámica sin tener que utilizar varios lenguajes de datos.

Para clarificar esta problemática, considere un ejemplo real en donde se tiene una base de datos externa al sistema, conformada por información de pedidos, detalle de pedidos, productos, clientes y vendedores, así como las asociaciones entre éstas. A través del sistema, se desea conocer el nombre del producto que compró determinado cliente, el sistema debe poder determinar si la consulta que el usuario desea es válida; por lo cual, al ser una base de datos externa, de la cual se desconoce su esquema es necesario descubrir si existe una relación entre la tabla clientes y la tabla productos para poder extraer la información solicitada. Para efectos de esta clarificación, supon-

ga que la base de datos externa tiene el esquema de tablas y relaciones ilustrado en la Figura 1.

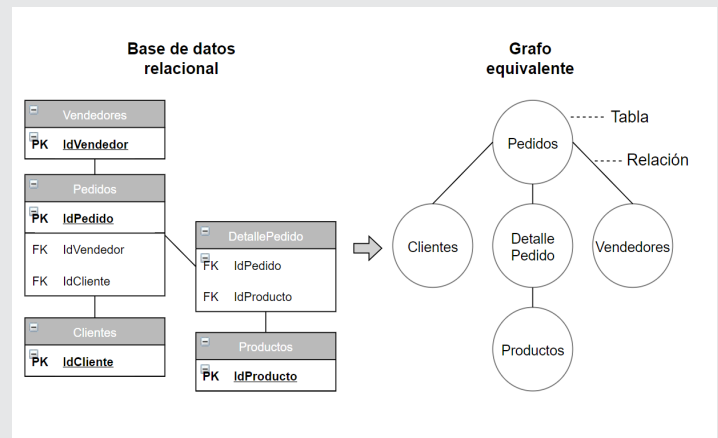


Figura 1. Mapeo de base de datos relacional a un grafo

Como se puede observar, las tablas Clientes y Productos no están relacionadas entre si de manera directa, siendo necesario encontrar el camino que permita determinar las relaciones entre ambas tablas. Como solución para esto, en este artículo se propone realizar un mapeo de la base de datos relacional a un grafo (ver Figura 1), en donde los nodos representan a las tablas y los enlaces entre los nodos las relaciones a través de la llave foránea de cada tabla. Obteniendo el grafo, se ejecuta el algoritmo de búsqueda DFS para determinar la existencia de relaciones entre las tablas involucradas y con esto construir posteriormente la consulta SQL mediante productos cartesianos que permita realizar la extracción de la información solicitada.

Hasta donde se tiene conocimiento existen pocos trabajos relacionados con el objetivo de esta investigación. La mayoría de ellos describen la transformación completa del esquema de BDR a un grafo, implicando un tiempo considerable de procesamiento y complejidad alta de implementación. Por ejemplo, en [7] se describe un método para transformar completamente la BDR con sus atributos y relaciones, a bases de datos orientada a grafos compatible con Neo4j. Este enfoque requiere del conocimiento total de la BDR y de los algoritmos para realizar la transformación de la BDR a una base de datos orientada a grafo, lo que implica un proceso no automatizado y complejo.

Por otro lado, otras soluciones describen sistemas de búsqueda por palabras clave para ejecutar consultas complejas sin necesidad de utilizar consultas SQL, como es el caso de [8], en el cual se describe un sistema de búsqueda de objetos relacionales llamado Ross, que utiliza un enfoque novedoso para encontrar las mejores rutas de unión entre relaciones y predecir relaciones entre tablas no relacionadas. En [9] se describe un sistema similar que realiza búsquedas de

palabras clave en una BDR mediante la creación de un conjunto de relaciones candidatas, las cuales se evalúa y finalmente son ejecutadas en el manejador de base de datos.

Otra estrategia es la implementación de consultas recursivas utilizando extensiones de SQL para implementar Expresiones Comunes de Tabla (CTE, por sus siglas en inglés). Sin embargo, además de requerir conocer el esquema de la base de datos, este estándar solo soporta consultas estratificadas, es decir, el cómputo recursivo en un estrato debe ser completado antes de los agregados y la negación a los resultados producidos [10].

Como se puede observar, las soluciones anteriores proponen la conversión de la BDR a una base de datos NoSQL o la utilización de algoritmos complejos o mecanismos de búsqueda mediante palabras clave lo cual implica conocimiento del esquema entidad relación de la base de datos, complejidad y mayor tiempo de desarrollo. Por el contrario, en este artículo se describe la aplicabilidad del algoritmo DFS como mecanismo de búsqueda para determinar las relaciones de una BDR y posteriormente utilizarlas para construir consultas complejas, ya que está optimizado para determinar si el camino o ruta existe o no. Es importante mencionar que, como caso de uso, este algoritmo se implementó en un sistema web de apoyo a la toma de decisiones para la comercialización de plantas ornamentales, permitiendo crear herramientas dinámicas para la realización de consultas asíncronas a la base de datos, dando soporte a la toma de decisiones mediante tablas, gráficas y reportes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La implementación del mecanismo y del algoritmo para determinar y validar las relaciones existentes entre las tablas de una BDR, se llevó a cabo mediante el empleo del lenguaje de programación Python utilizando listas de adyacencia o diccionarios y el framework Django; además, se utilizó REST para la construcción de una interfaz de programación de aplicaciones web, permitiendo la ejecución de consultas asíncronas a la base de datos y la reducción de tiempo de procesamiento y análisis de cantidades masivas de información a través de Django REST framework.

La metodología para la determinación de las relaciones entre las tablas de una base de datos se describe en el diagrama de flujo de la Figura 2 y 3. Como se podrá observar, el algoritmo DFS se ejecutará siempre y cuando exista más de una tabla en la consulta solicitada por el usuario, determinando la existencia de caminos entre las tablas y validando la ejecución de la consulta final. Si alguno de los caminos no es válido, termina el proceso y la consulta no se ejecuta.

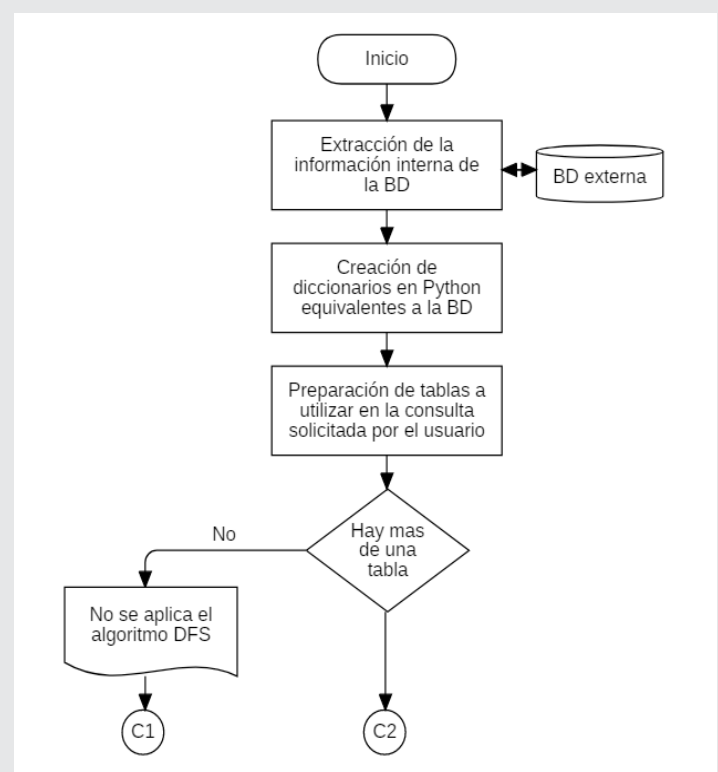


Figura 2. Diagrama de flujo para la búsqueda y validación de relaciones en BDRs con DFS.

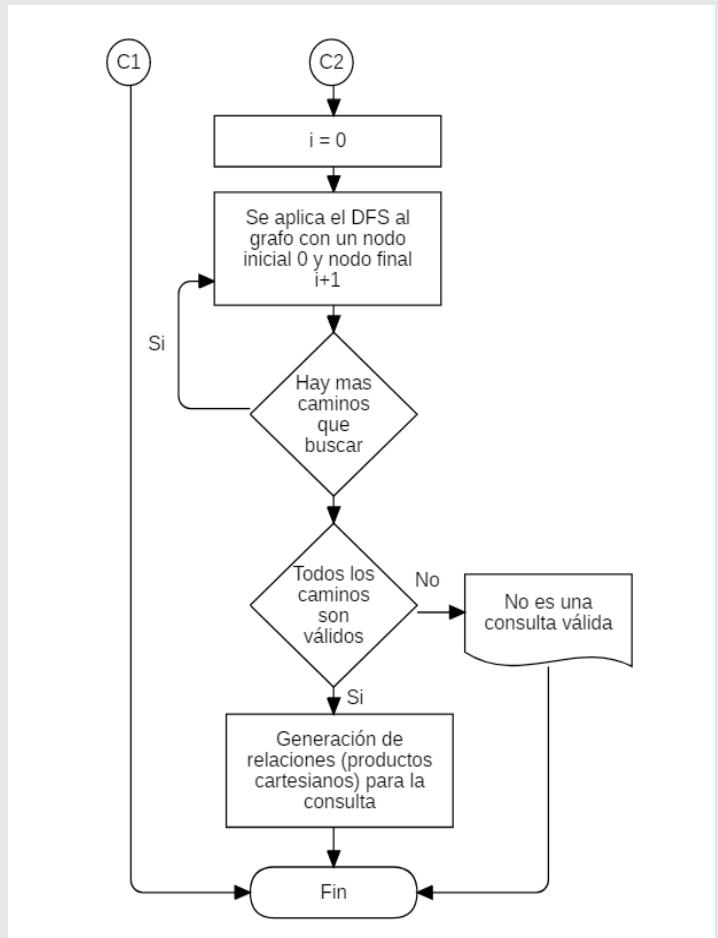


Figura 3. Continuación del diagrama de flujo para la búsqueda y validación de relaciones en BDRs con DFS.

A continuación, se describe paso a paso la metodología llevada a cabo para la determinación de relaciones e ilustrada en la Figura 2 y 3.

**Extracción de información de la BD**

Independientemente del lenguaje que se utilice es necesario, después de establecer conexión con la base de datos, realizar una consulta SQL a la BD para extraer la información interna (tablas y relaciones) como se ilustra en la Figura 4, debido a que se desconoce a priori la estructura de ésta.

```
"SELECT TABLE_NAME, COLUMN_NAME,
CONSTRAINT_NAME, REFERENCED_TABLE_NAME,
REFERENCED_COLUMN_NAME FROM
INFORMATION_SCHEMA.KEY_COLUMN_USAGE WHERE
TABLE_SCHEMA='BASEDEDATOS'"
```

Figura 4. Consulta SQL para extracción de tablas y relaciones de una base de datos.

Como se observa en la Figura 4, se crea una consulta SQL que será de utilidad para determinar el esquema ER de la BD, donde se selecciona información como: nombres de tablas y columnas, llaves, referencias a tablas y columnas asociadas.

**Creación de diccionarios equivalentes a la BDR**

Como ya se mencionó en la sección anterior, es necesario conocer la información interna de la BD, y a partir de ésta, crear una representación de la BDR mediante un grafo, el cual es conjunto de nodos unidos por aristas que permiten representar relaciones entre sí. El grafo es requerido por el algoritmo DFS para buscar la ruta (relación) entre dos nodos (tablas) del grafo representando la BDR.

La representación del grafo se puede lograr a través de diversas estrategias; sin embargo, una de las estrategias más utilizadas son las listas de adyacencia. En una lista de adyacencia se mantiene una lista maestra de todos los vértices (nodos) y cada vértice en el grafo mantiene una lista de los otros vértices a los que está conectado, permitiendo encontrar fácilmente todos los enlaces (aristas) que están directamente conectados a un vértice particular, es decir las relaciones existentes entre éstos [11]. Por lo tanto, se implementó una lista de adyacencia utilizando un diccionario de Python, en donde la llave representa el nodo y el valor es un arreglo que hace referencia a los otros nodos a los que está conectado. Para comprender este proceso considere una BDR conformada por 5 tablas: pedidos, clientes, detallePedido, vendedores y productos (véase Figura 5).

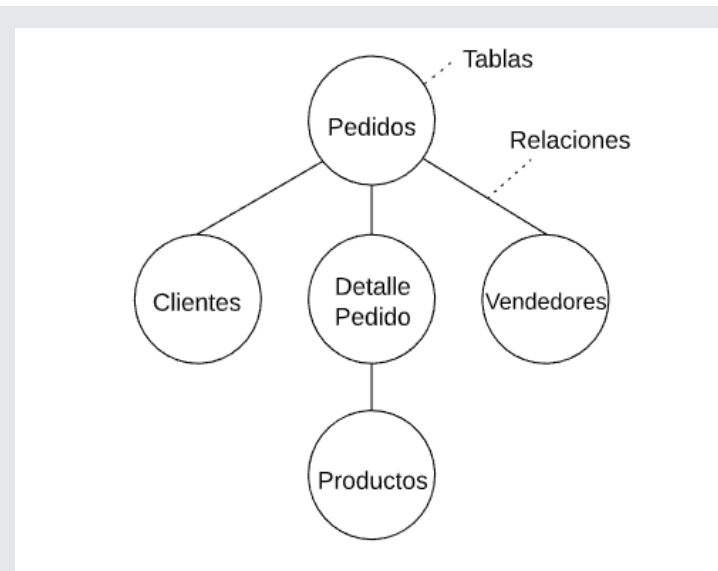


Figura 5. Representación de una base de datos en grafo.

El grafo de la BDR de la Figura 5, quedaría representado mediante una lista de adyacencia en Python utilizando diccionarios como se ilustra en la Figura 6.

```
grafo = {
    "Clientes": ["Pedidos"],
    "Pedidos": ["Clientes", "DetallePedido",
                "Vendedores"],
    "DetallePedido": ["Pedidos", "Productos"],
    "Productos": ["DetallePedido"],
    "Vendedores": ["Pedidos"]
}
```

Figura 6. Representación de grafo en diccionario Python.

El diccionario presentado en la Figura 6, representa los nombres de las tablas y sus relaciones. Al final, se traslada este diccionario a un diccionario representando sus claves y valores con etiquetas numéricas en vez de nombres de tablas, como se muestra en la Figura 7.

```
grafo_num = {
    "1": ["2"],
    "2": ["1", "3", "5"],
    "3": ["2", "4"],
    "4": ["3"],
    "5": ["2"]
}
```

Figura 7. Representación de grafo con etiquetas numéricas en diccionario Python.

Como se observa en la Figura 7, se le asigna un número a cada tabla de la BD ya que, esto facilita la búsqueda con el algoritmo DFS. Sin embargo, es importante mencionar que el algoritmo DFS funciona correctamente tanto con el diccionario de la Figura 5 como con el diccionario de la Figura 6.

Una vez obtenido el grafo numérico, se seleccionan las tablas de la consulta construida por el usuario desde la vista del sistema web a priori y se aplica el algoritmo DFS siempre y cuando exista más de una tabla, ya que el algoritmo requiere de dos nodos como mínimo para buscar y regresar un camino.

### Aplicación del algoritmo DFS

Para verificar si existe algún camino por el cual se pueda relacionar la información, el algoritmo DFS toma como valores de entrada los siguientes parámetros: 1) el grafo con etiquetas numéricas equivalente a la base de datos; 2) el nodo inicial (por el cual empezará la búsqueda) y el nodo final o de destino. Esto se logra en Python implementando una función que recibe 3 parámetros importantes, un grafo, un punto inicial y uno final (véase Figura 8). El algoritmo siempre toma dos tablas del array de tablas que utiliza la consulta y les asigna un punto inicial y un punto final. No importa el orden y no tienen un peso, solamente importa obtener si existe relación entre esas dos tablas.

```
def encontrar_Camino[grafo, inicial, final, camino=[]]:
    camino = camino + [inicial]
    if inicial == final:
        return camino
    if inicial not in grafo:
        return None
    for nodo in str[grafo[inicial]]:
        if nodo not in camino:
            nuevo_camino = encontrar_Camino[grafo,nodo,final,camino]
            if nuevo_camino: return nuevo_camino
    return None
```

Figura 8. Algoritmo DFS para encontrar el camino entre dos puntos. Fuente [12].

Como se observa en la Figura 8, se utiliza el algoritmo DFS para verificar la existencia de camino entre un punto inicial y un punto final, regresando un camino (si es que existe), el cual consiste en una serie de números del recorrido del nodo inicial hasta el nodo final.

### Generación de productos cartesianos para la consulta

Una vez obtenidos los caminos válidos, el algoritmo DFS selecciona la ruta más corta con lo que se determinarán las relaciones entre las tablas involucradas de la consulta final, considerando el esquema de la BD obtenido con la consulta mostrada en la Figura 4. Posteriormente, se crean los productos cartesianos correspondientes a cada tabla. En SQL un producto cartesiano o unión cruzada es la unión de información de dos tablas donde las columnas de una tabla

se unen con otra [13]. Para esto, un ciclo en Python construye los productos cartesianos requeridos, regresando un array de relaciones válidas para ejecutar la consulta que permitirá extraer la información solicitada.

Siguiendo esta metodología, cualquier sistema de información puede utilizar cualquier BDR, aun cuando se desconozca a priori la estructura de ésta, para determinar las relaciones entre sus tablas y con esto poder realizar consultas dinámicas.

### RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante la implementación del enfoque y del algoritmo planteado anteriormente en un sistema web de apoyo a la toma de decisiones para la comercialización de plantas ornamentales, siguiendo la metodología mostrada anteriormente. Para su comprensión, considere el ejemplo en donde el usuario requiere conocer el nombre del cliente y el nombre del producto que compró. Para esto, el usuario construye una consulta en el sistema web arrastrando los parámetros nombre de cliente y nombre del producto a una tabla en la vista del sistema web. Por consiguiente, la Figura 9 ilustra el grafo equivalente de la BDR.

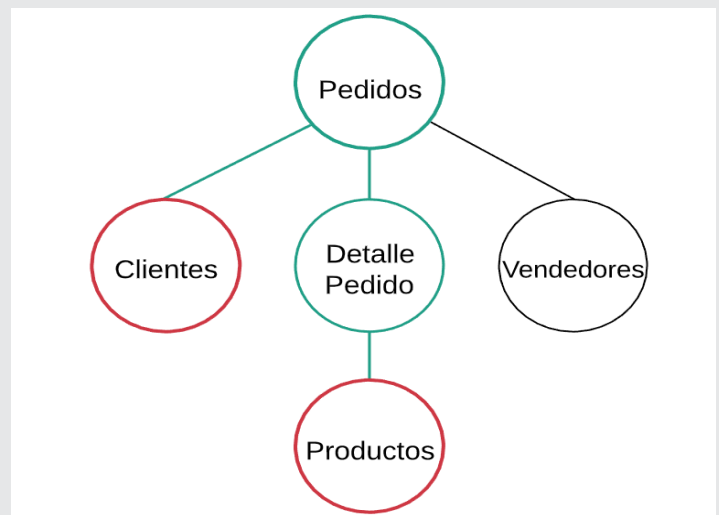


Figura 9. Tablas seleccionadas en la consulta.

Como se puede observar en la Figura 9, las tablas en rojo son las tablas requeridas para obtener información y las tablas en verde son las tablas que se encuentran en el camino entre éstas. Debido a que la tabla Clientes y la tabla Productos no están relacionadas entre sí, se debe verificar si existe algún camino por el cual se pueda relacionar la información. Para esto se utiliza el algoritmo DFS, el cual recibe el diccionario de la Figura 7 y las tablas necesarias para la consulta.

El algoritmo DFS realiza un ciclo para encontrar los caminos y al final validar las relaciones; por lo cual, en

cada iteración recibe la tabla 0 (Clientes) como punto inicial y la tabla i+1 (Productos) como punto final. Al finalizar, el algoritmo regresa una representación numérica de la ruta para llegar desde la tabla Clientes hasta la tabla Productos, siendo esta ruta: [1, 2, 3, 4]; es decir, [Clientes, Pedidos, DetallePedido, Productos]. Con esto se valida la existencia de un camino entre la tabla Clientes y Productos y se construyen las relaciones de la consulta final mediante la construcción de los productos cartesianos como se muestra en la Figura 10.

```
relaciones = [
    "DetallePedido.IDproducto=Productos.IDproducto",
    "Pedidos.IDpedido=DetallePedido.IDpedido",
    "Clientes.IDcliente=Pedidos.IDcliente"
]
```

Figura 10. Array de relaciones válidas.

Lo anterior se traduce de la siguiente manera:

1. La tabla 1 se relaciona con la 2:  
Clientes.IDcliente = Pedidos.IDcliente
2. La tabla 2 se relaciona con la 3:  
Pedidos.IDpedido = DetallePedido.IDpedido
3. La tabla 3 se relaciona con la 4: DetallePedido.IDproducto = Productos.IDproducto

Posteriormente, los tres productos cartesianos resultantes se integran a la consulta final del sistema web de apoyo a la toma de decisiones y se añaden a la cláusula WHERE para terminar la construcción de la consulta dinámica como se muestra en la Figura 11.

```
SELECT nombreCliente, nombreProducto
FROM Clientes, Pedidos, DetallePedido, Productos
WHERE Clientes.IDcliente = Pedidos.IDcliente AND
Pedidos.IDpedido = DetallePedido.IDpedido AND
DetallePedido.IDproducto = Productos.IDproducto
```

Figura 11. Uniones cruzadas agregadas a la consulta SLQ.

Finalmente, la consulta descrita al inicio de esta sección puede ser ejecutada debido a que el algoritmo DFS encontró las relaciones necesarias entre las tablas para que esta sea ejecutada correctamente en la BD y extraiga la información que el usuario consultó. El resultado de la ejecución de la consulta se puede observar en la Figura 12.

nombreCliente	nombreProducto
Rubén Ignacio Torres	AJILLO VERDE
Rubén Ignacio Torres	GUAYABILLO
Rubén Ignacio Torres	HELICONIA
Juan José Pérez López	LIRIO PERSA
María de Jesus Pérez Espinoza	PALMA ARECA
Alejandro Morales Ramírez	PALMA COLA DE ZORRO
Alejandro Morales Ramírez	ROSA LAUREL ENANO FIUSHIA

Figura 12. Tabla del sistema web BI, que muestra el resultado de la consulta.

Como se observa en la Figura 12, el sistema web de apoyo a la toma de decisiones para la comercialización de plantas ornamentales, para el cual se diseñó el algoritmo, despliega la consulta en una tabla con el nombre del cliente y el nombre del producto que compró, utilizando solamente los campos de la BD nombreCliente y nombreProducto. Lo anterior se logra gracias a que el algoritmo DFS permite encontrar la ruta necesaria para extraer la información de las tablas requeridas y así constituir las uniones cruzadas y validarlas; mientras que el sistema se encarga de construir el SELECT y el FROM y así ejecutar la consulta dinámica para visualizar la información necesaria.

### Evaluación cualitativa

Además, como parte de los resultados, se realizó una evaluación cualitativa del método propuesto en este artículo, comparados con otros métodos tradicionales o de mayor complejidad como se observaron en los trabajos relacionados, que cumplan con el objetivo de determinar la existencia de relaciones entre tablas de una BD y construir consultas dinámicas. (véase Tabla 1).

### Aportaciones

Considerando además, que las bases de datos relacionales son las bases de datos principalmente utilizadas para el desarrollo de sistemas de información, proporcionando interoperabilidad también con los sistemas ya existentes, se considera que la aplicación de este algoritmo permite reducir tiempo y complejidad en el proceso de extracción y procesamiento de la información, ya que podría ayudar a desarrollar sistemas BI para cualquier empresa que busque gestionar su información y requieran un sistema capaz de utilizar cualquier base de datos relacional y ejecutar consultas dinámicas complejas que pueda

operarse sin necesidad de conocimientos avanzados en el área, totalmente transparente para los usuarios, construyendo cualquier tipo de consultas de n número de tablas sin afectar la ejecución de la consulta o extraer información innecesaria que pueda afectar el análisis de ésta.

Tabla 1. Tabla comparativa de métodos para la determinación de relaciones en BDRs.

Método	Ventajas	Desventajas
Consultas SQL normales [14]	Permiten crear consultas SQL rápidas y específicas, utilizando tablas y relaciones conocidas.	Se requiere conocer el esquema entidad-relación para construir varias consultas SQL para extraer la información solicitada.
Expresiones de tabla comunes (CTEs) recursivas [15]	Permiten crear consultas recursivas evaluando los resultados previos, por lo que pueden utilizarse para búsqueda de caminos en un grafo.	Se requiere conocer el esquema ER y es necesario generar una vista con la información de las relaciones entre las tablas para determinar los caminos.
Procesamiento de lenguaje natural, búsqueda de objetos [8]	Permite encontrar las mejores rutas de unión entre relaciones y predecir relaciones entre tablas no relacionadas.	- Complejidad alta de implementación. - Se requiere conocer el esquema ER.
DFS y métodos utilizados en esta investigación	- DFS Permite determinar relaciones en una BDR sin conocer sus tablas y relaciones. - Permite trabajar con múltiples BDRs. - Permite la creación de consultas SQL sin conocimiento sobre el lenguaje.	- Se requiere la utilización de BDRs para generar el grafo. - Las relaciones deben de estar definidas.

## CONCLUSIONES

La gran mayoría de consultas a una base de datos son simples, ya que estas se realizan en aplicaciones que se basan en cuatro operaciones básicas como: crear, obtener, actualizar y eliminar; sin embargo, existen escenarios que requieren consultas analíticas y complejas, en donde el poder de SQL es limitado. Por lo tanto, el enfoque propuesto mediante la utilización del algoritmo DFS permite determinar las relaciones existentes entre tablas de una base de datos aun cuando éstas no estén relacionadas directamente, siendo este enfoque de gran utilidad para desarrollar sistemas de información eficientes ya que, posibilita la utilización de cualquier base de datos aún si se desconoce su esquema entidad-relación. El algoritmo se aplicó a un sistema web de apoyo a la toma de decisiones, el cual cuenta con una BDR histórica que contiene información de las ventas de plantas ornamentales. Con la aplicación del algoritmo DFS, se obtuvieron las relaciones de la BD, permitiendo construir y ejecutar consultas dinámicas a la BD histórica, dando un resultado

positivo para los operadores del sistema ya que les permitía crear consultas complejas sin necesidad de conocimientos avanzados en SQL. La implementación de este enfoque impacta en la habilidad del sistema para responder eficientemente a las consultas de los usuarios. Se explicó el enfoque utilizando un caso de uso muy sencillo; sin embargo, con los datos reales del sistema web al cual se integró se observa la eficiencia y la mejora en el proceso de construcción de consultas complejas.

Como trabajo futuro se espera comparar el funcionamiento del algoritmo utilizando la sentencia JOIN de SQL para construir las relaciones y mejorar el funcionamiento del algoritmo prediciendo relaciones en bases de datos que no contengan relaciones bien estructuradas ya que una de las limitantes es que la BD debe de ser relacional y además contener relaciones bien estructuradas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Colima y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ( CONACYT).

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Raut, D. A. B. (2017). *NOSQL Database and Its Comparison with RDBMS. International Journal of Computational Intelligence Research*, 13(7), 1645-1651.
- [2] Kunda, D., & Phiri, H. (2017). *A Comparative Study of NoSQL and Relational Database. Zambia ICT Journal*, 1(1), 1-4. <https://doi.org/10.33260/zic-tjournal.v1i1.8>
- [3] Aftab, Z., Iqbal, W., Almustafa, K. M., Bukhari, F., & Abdullah, M. (2020). *Automatic NoSQL to Relational Database Transformation with Dynamic Schema Mapping. Scientific Programming*, 2020, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2020/8813350>
- [4] Pacaci, A., Zhou, A., Lin, J., & Özsu, M. T. (2017). *Do We Need Specialized Graph Databases?: Benchmarking Real-Time Social Networking Applications. Proceedings of the Fifth International Workshop on Graph Data-Management Experiences & Systems-GRADES'17*, 1-7. <https://doi.org/10.1145/3078447.3078459>
- [5] Aftab, Z., Iqbal, W., Almustafa, K. M., Bukhari, F., & Abdullah, M. (2020). *Automatic NoSQL to Relational Database Transformation with Dynamic Schema Mapping. Scientific Programming*, 2020(1), 1-13. <https://doi.org/10.1155/2020/8813350>
- [6] Chandel, A., & Sood, M. (2014). *Searching and Optimization Techniques in Artificial Intelligence: A Comparative Study & Complexity Analysis. In-*



ternational Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology 3(3), 6.

[7] Bordoloi, S., & Kalita, B. (2013). Designing Graph Database Models from Existing Relational Databases. *International Journal of Computer Applications*, 74(1), 25-31. <https://doi.org/10.5120/12850-9303>

[8] Yin, X., Han, J., & Yang, J. (2005). Searching for Related Objects in Relational Databases. *Proceedings of the International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM. 12-2005*, 227-236.

[9] Hristidis, V., & Papakonstantinou, Y. (2002). DISCOVER: Keyword Search in Relational Databases. *Proceedings of the 28th VLDB Conference*, 670-681. <https://doi.org/10.1016/B978-155860869-6/50065-2>

[10] Wang, J., Xiao, G., Gu, J., Wu, J., & Zaniolo, C. (2020). RASQL: A Powerful Language and its System for Big Data Applications. *Proceedings of the 2020 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 2673-2676. <https://doi.org/10.1145/3318464.3384677>

[11] Miller, B. W., & Ranum, D. L. (2013). *Problem Solving with Algorithms and Data Structures using Python (2a ed.)*. Franklin Beedle & Associates.

[12] Python Software Foundation. (2019). *Python Patterns-Implementing Graphs*. Obtenida el 29 de Abril de 2020, de la página electrónica: <https://www.python.org/doc/essays/graphs/>

[13] w3resource. (2020). *SQL Cross Join*. Obtenida el 29 de Abril de 2020, de la página electrónica: <https://www.w3resource.com/sql/joins/cross-join.php>

[14] Dobson, R. (2017). *List Dependencies for SQL Server Foreign Keys [Artículo]*. *Mssqltips*. Obtenida el 31 de Julio de 2020, de la página electrónica <https://www.mssqltips.com/sqlservertip/4753/list-dependencies-for-sql-server-foreign-keys/>

[15] Kołodziejki, M. (2019). *Get to Know the Power of SQL Recursive Queries [Artículo]*. *Learn SQL*. Obtenida el 31 de Julio de 2020, de la página electrónica <https://learnsql.com/blog/get-to-know-the-power-of-sql-recursive-queries/>



**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

---

Ingeniantes

# Análisis de fallas en sistemas híbridos conectados a la red eléctrica



## Colaboración

Roberto Carlos Arce Ramos; Fernando Jurado Pérez, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

**RESUMEN:** En esta investigación se presenta una simulación analizando distintos escenarios de fallas en los sistemas híbridos de generación eléctrica (eólico-solar), estas fuentes de generación renovables están conectadas a la Red eléctrica que es la fuente principal de generación, las fallas son ocasionadas en el lado de las cargas, es decir donde se consume la energía eléctrica generada por la Red eléctrica, así como de las fuentes renovables con el fin de visualizar y analizar qué tan confiable y viable son el uso de sistemas híbridos como fuentes de generación y si es posible que dichas fuentes renovables sean capaces de estabilizar el sistema eléctrico ante contingencias eléctricas. Este análisis se realiza con la herramienta Matlab/Simulink®.

**PALABRAS CLAVE:** Sistemas híbridos, Panel fotovoltaico, Aerogenerador, Energía renovable, Irradiación, Coeficiente de potencia.

**ABSTRACT:** In this paper, a simulation is presented analyzing different failure scenarios in hybrid electric generation systems (wind-solar), these renewable generation sources are connected to the electricity grid, which is the main generation source, the failures are caused in the side of the loads, that is to say where the electrical energy generated by the electricity grid is consumed, as well as from renewable sources in order to visualize and analyze how reliable and viable the use of hybrid systems are as sources of generation and if it is possible that these renewable sources are capable of stabilizing the electrical system in the event of electrical contingencies. This analysis is carried out with the Matlab / Simulink® tool.

**KEYWORDS:** Hybrid systems, Photovoltaic panel, Wind turbine, Renewable energy, Irradiation, Power coefficient.

## INTRODUCCIÓN

En la última década el consumo energético ha aumentado sin cesar, de la mano del crecimiento socioeconómico del aumento de la población, y sin dejar de un lado los límites de protección y cuidado del medio ambiente derivado del calentamiento global es por lo que los paradigmas energía-ambiente son consideradas en la toma de decisiones en la reducción de las emi-

siones de dióxido de carbono. Esta investigación tiene la objetividad de buscar, indagar, investigar y generar conocimiento de nuevas y mejores fuentes de energía optimizando con ello la demanda energética de una manera amigable con el medio ambiente.

Las nuevas fuentes de energía deben ser renovables y no contaminantes para evitar los inconvenientes del actual modelo de consumo energético y poder alcanzar el cumplimiento del Protocolo de Kyoto [1]. En dicho documento se enlistaron varios sistemas de generación de energía renovable, así como sus aplicaciones como se aprecia en la Tabla 1. Además, con la versatilidad de utilización en lugares desapacible sin tener que desarrollar voluminosas infraestructuras [2].

Tabla 1. Energías Renovables y sus aplicaciones [3].

Tecnología	Aplicación	Lugar de aplicación
Solar Fotovoltaico	Electricidad residencial e industrial	Mayormente Urbano
Sistemas solares caseros	Iluminación	Urbano y rural
Solar Térmica	Electricidad residencia e industrial	Mayormente urbano
Secadores solares	Secado de cosechas	Mayormente rural
Turbinas eólicas	Electricidad residencial e industrial	Urbano y rural
Biomasa solida	Cocina e iluminación	Rural

Las fuentes de energía renovables, la hidráulica, eólica, solar, biomasa, mini hidráulica, etc., sigue teniendo un gran auge en las últimas décadas ya que son decisivas para tener un desarrollo sostenible en el mundo. En este análisis en particular se considera el uso de la energía fotovoltaica y eólica que son viables como opciones para la generación de energía eléctrica.

La energía que irradia el sol es una fuente renovable e inagotable que es factible de ser utilizada en diferentes aplicaciones, la cual está disponible y lista para ser usada y poder generar energía eléctrica a partir de ésta.

De la siguiente forma el aprovechamiento del viento para la generación eléctrica a gran escala es la tecnología de energía renovable que más ha crecido en las últimas décadas, con porcentajes de uso del 40% por año desde 1993 [4]. Es por esto por lo que el viento es aprovechable para aplicaciones mecánicas y electrificación de sitios aislados.

### Modelo matemático del Panel Fotovoltaico.

En la actualidad el conocimiento actual de los dispositivos aplicables a celdas solares está constituidos por una unión p-n y que convierte directamente la energía de la radiación solar en energía eléctrica [2]. Al irradiar luz sobre la celda generando un voltaje y una corriente

produciendo una potencia. Al conjunto de arreglos de varias celdas se le llama panel solar diseñado para conexiones en serie o paralelo.

Los parámetros importantes que caracterizan un panel fotovoltaico (PF) son:

- Corriente de corto circuito  $I_{cc}$ .
- Voltaje de circuito abierto  $V_{oc}$
- Potencia máxima  $P_{max}$ .
- El factor de forma FF.
- Eficiencia  $\eta$ .

Los anteriores parámetros dependen de las condiciones ambientales a las cuales estén expuestos los PF tales como la temperatura, irradiación en el caso de generación mediante el sol y velocidad del viento este último repercute en la temperatura del panel. En la Figura 1 se muestra el esquema de un PF.



Figura 1. Elementos de un Panel Fotovoltaico.

A continuación, se muestra la curva característica del área de operación de un PF a condiciones estándar de  $1000 \text{ W/m}^2$  y  $25^\circ\text{C}$ . Donde la curva I-V (Figura 2.), es la gráfica que marca los valores posibles de voltaje y corriente y la curva P-V (Figura 3), es la gráfica de los valores de potencia, voltaje que principalmente dependen de la temperatura y de la irradiación solar que recibe el PF.

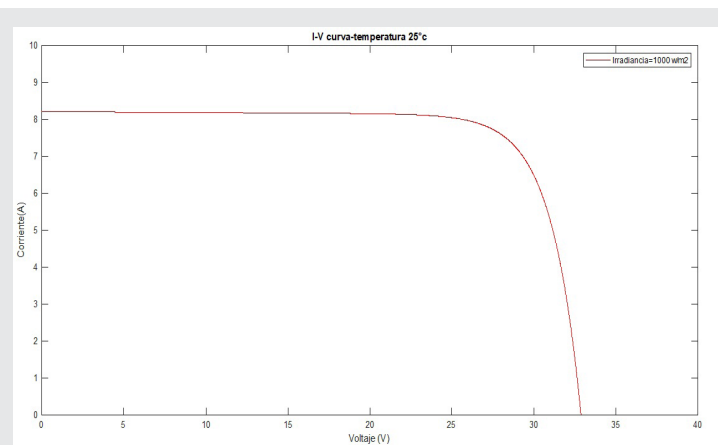


Figura 2. Curva I-V de un PF.

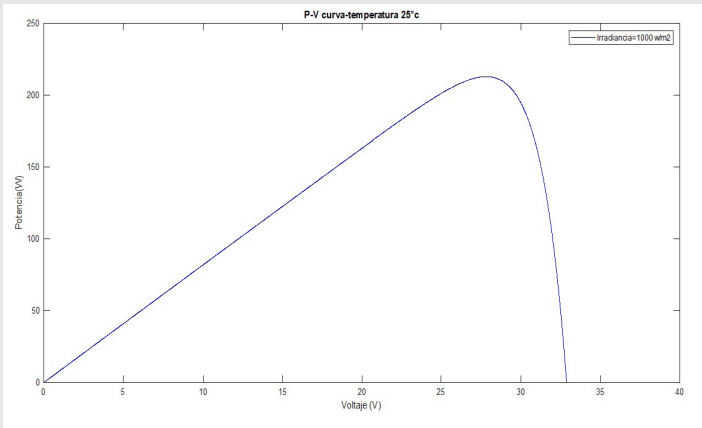


Figura 3. Curva P-V de un PF

El circuito de un PF presenta pérdidas las cuales se pueden apreciar representadas por las resistencias en serie de los contactos superior e inferior de la celda y las terminales de corrientes la cuales debe ser lo menor posible ( $R_s$ ), las pérdidas por resistencias en paralelo representan los defectos estructurales al interior de la celda ( $R_{sh}$ ). En la Figura 4 se aprecia el circuito de un PF.

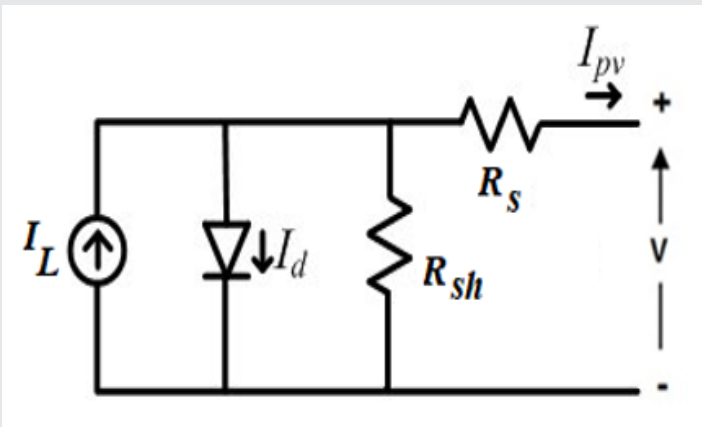


Figura 4. Circuito equivalente de un PF.

A partir de la ley de corrientes de Kirchoff se obtiene la Ec.1

$$I = I_L - I_d - I_{sh} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

$I_L$ = Corriente foto generada.

$I_d$ =Corriente del diodo.

$I_{sh}$ =Corriente de pérdida de la resistencia en paralelo.

$I$ =Corriente de salida del PF.

**Modelo matemático del aerogenerador.**

El proceso de la conversión de la energía eólica en el siguiente diagrama de bloques (Figura 5).

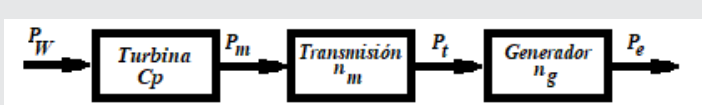


Figura 5. Sistema de conversión de energía eólica.

Donde:

$P_w$ =Potencia del viento

$P_m$ =Potencia mecánica de la turbina

$P_t$ =Potencia transmitida al generador

$P_e$ =Potencia eléctrica

$C_p = n_m = n_g$ =Eficiencias

Un aerogenerador convierte la energía cinética del viento en trabajo mecánico y este a su vez es transmitido a un generador que se encarga de la potencia eléctrica ( $W$ ). La curva de potencia característica del generador describe la relación entre la variable de entrada de la velocidad del viento y la variable de salida de la potencia eléctrica en watts.

La curva característica P-V (Figura 6), de un generador eólico de 3 palas, 920 – 1,560 rpm, 60 (Hz), 1500W.

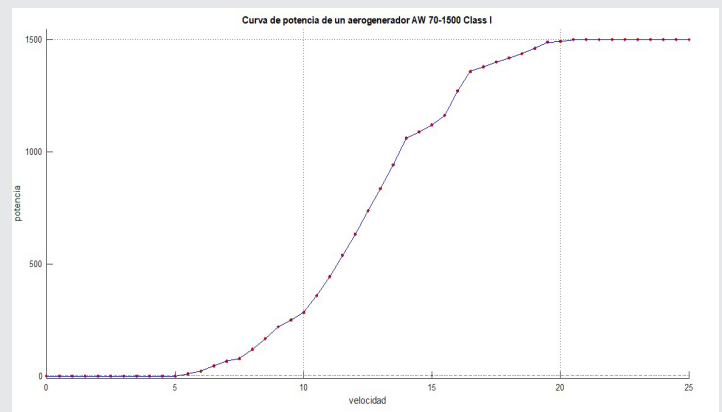


Figura 6. Curva Característica V-P

Uno de los parámetros más importantes cuando se investiga sobre la generación eólica, en específico de aerogeneradores es su función la cual es interceptar la mayor cantidad de aire en un área determinada a su vez este enfocada a la turbina conocida como área de barrido.

En esta zona se produce el cambio de la energía cinética del viento a potencia mecánica que se entrega a través del eje de la turbina, en esta transformación como en toda conversión energética existen pérdidas. Para considerar las pérdidas de transformación de la máquina, se el concepto de Coeficiente de Potencia ( $C_p$ ), se muestra en Figura 7, siendo la eficiencia de la conversión de las turbinas eólicas [5].

El valor máximo de este coeficiente corresponde a 16/27 y es mencionado como Límite de Betz. Los diseños más modernos de turbinas pueden lograr alcanzar un valor máximo de coeficiente de potencia de 0.4 aproximadamente.

Cabe aclarar que, si bien la determinación del coeficiente de potencia se ha realizado para turbinas de eje horizontal, su expresión es válida para cualquier clase de turbina [6].

La ecuación que determina la potencia mecánica es la siguiente:

$$P = \frac{\rho A V^3 C_p}{2} \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

$P$  = Potencia (W)

$\rho$  = Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = Área Barrida por el rotor(m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad del viento (m/s)

$C_p$  = Coeficiente de potencia.

Existen 3 principales factores que nos ayudan a determinar la potencia de un generador [7].

- La distribución del viento donde sea instalado el aerogenerador, debe elegirse un sitio con un buen potencial de energía eólica,

- La altura de la turbina, existen muchas relaciones que se utilizan para encontrar la variación del viento una altura determinada.

- La curva de potencia eléctrica de salida, dicha información es proporcionada por el fabricante y por el tipo de modelo que se utilizara.

Cabe mencionar que es de suma importancia un análisis previo que nos ayude a pronosticar el clima para tener un mejor desempeño en un generador eólico.

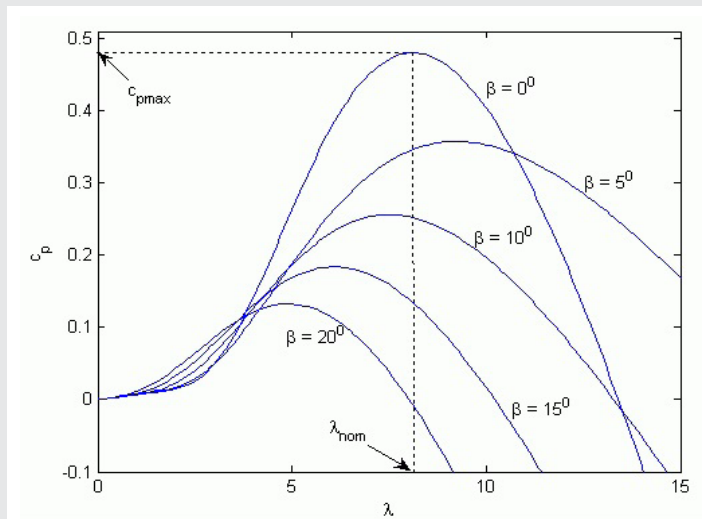


Figura 7. Coeficiente de potencia en función del ángulo de paso de las palas.

### Sistema híbrido Eólico-Solar

Un Sistema híbrido es aquel que nos permite aprovechar dos o más fuentes de energía para suministrar la energía demandada. Los sistemas híbridos eólicos y fotovoltaicos constan de aerogeneradores y paneles fotovoltaicos para captar la energía, debido que los tiempos picos de operación de los sistemas renovables ocurren en diferentes tiempos y momentos del año es probable que un sistema híbrido produzca energía cuando este lo demande.

Este tipo de sistemas de generación de energía renovable ha crecido y ha tenido más popularidad ya que son sistemas autónomos, esto quiere decir que no es necesario la conexión a la red o a cualquier otro tipo de sistemas de distribución eléctrica

### Ventajas de un sistema híbrido:

- Cuando no se cuenta con una fuente disponible el sistema podrá proporcionar energía de la fuente alternativa.

- Los PF requieren poco mantenimiento.

- Los aerogeneradores solo ocupan un mantenimiento periódico.

Existen diferentes tipos de conexión en los sistemas híbridos ya sean conexiones CA/CD, CD/CA, CA/CA o CD/CD.

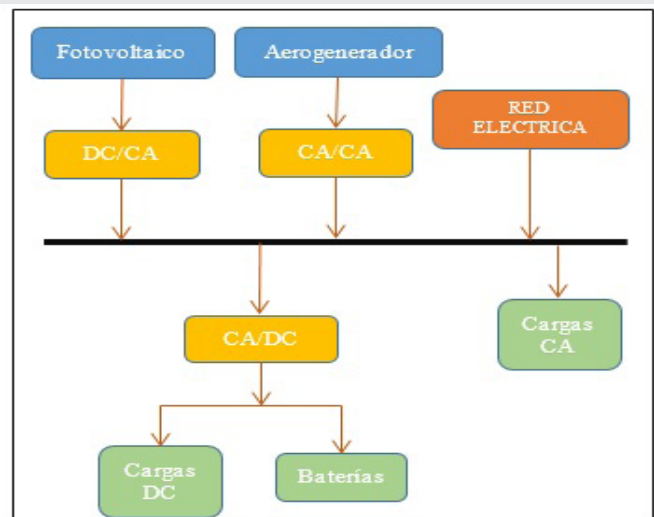


Figura 8. Sistema híbrido con cargas en CA Conectado a la RED eléctrica.

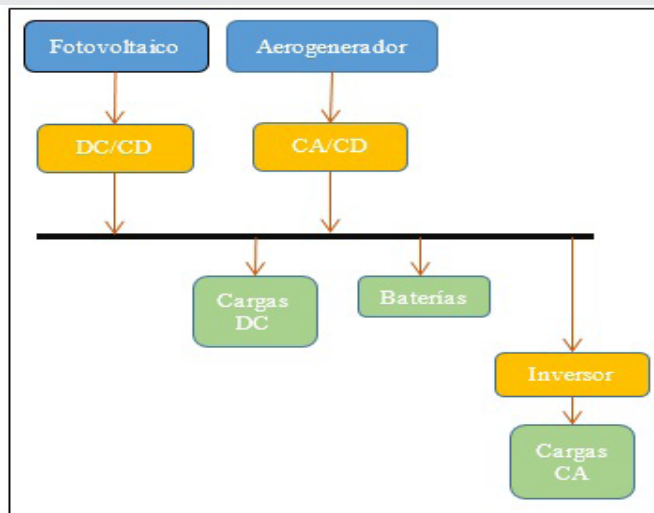


Figura 9. Sistema híbrido con cargas en CD Aislado de la RED eléctrica.

**Desarrollo del modelo en Simulink®**

El modelo desarrollado en Simulink® a través de diagramas de bloques consta de un generador (Red eléctrica) que suministra 15 MW y 25 KV el cual acoplado a un transformador 1 a 1, el sistema de generación renovable consta de dos fuentes una eólica de 4.5 MW y 575 V conectado a un transformador elevador a 25 KV la fuente solar de 8 MW y 25 KV, todo el sistema de transmisión está conectado a un transformador reductor a 600 V.

Se tiene dos cargas conectadas el sistema de distribución una de 4 MW y otra de 10 MW, en esta última carga se someterán el sistema de distribución a diferentes tipos de fallas:

- Monofásica a tierra
- Fase a fase
- Bifásica a tierra
- Trifásica a tierra

Para visualizar el comportamiento de nuestras tres distintas fuentes de energía que tenemos en nuestro diagrama.

La simulación está programada 24 horas tomando en cuenta la velocidad del viento para que los aerogeneradores que van variando conforme pase el día, así como la irradiación del sol del mismo modo el consumo de energía depende de la hora pico donde es mayor el consumo

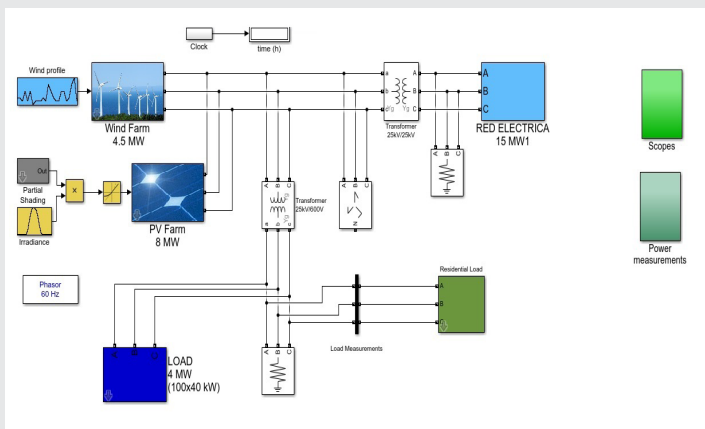


Figura 10. Diagrama de bloques del sistema híbrido conectado a la RED eléctrica.

**RESULTADOS**

**Caso I. Falla monofásica A a tierra.**

La fase 1 mostrada de azul tiende a caer a casi un valor de 0 v, de igual modo la corriente de la fase 1 tiene un pico de corriente debido a la caída de tensión, esto con el fin de buscar un balance en el sistema trifásico. Esto se puede verificar en la Figura 11 en la gráfica del V / I.

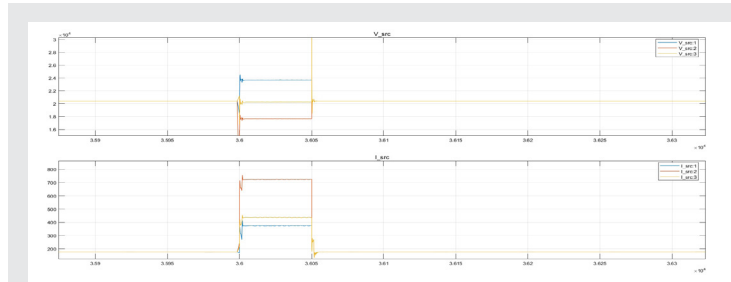


Figura 11. Gráfica de V e I en la red eléctrica.

**Caso II. Trifásica a tierra aislada a la Red**

Las fallas en un sistema aislado a la Red y soportadas solamente por nuestras fuentes renovables son incapaces de satisfacer y balancear las cargas.

En la Figuras de 12, 13 y 14 se pueden apreciar comportamiento de voltaje, corriente, potencia aparente, activa y reactiva de las tres fuentes de energía eléctrica del modelado del sistema híbrido mostrado en la Figura 10.

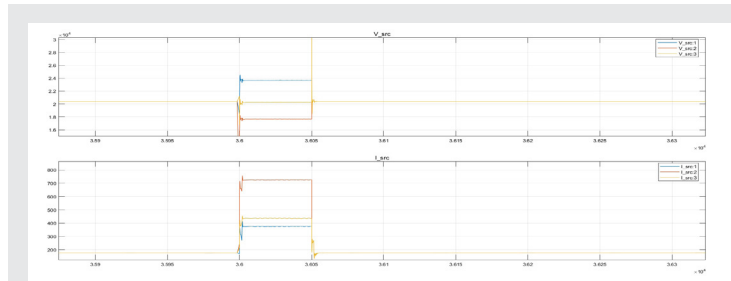


Figura 12. Gráfica de V, I, S, P, Q de la Red eléctrica.

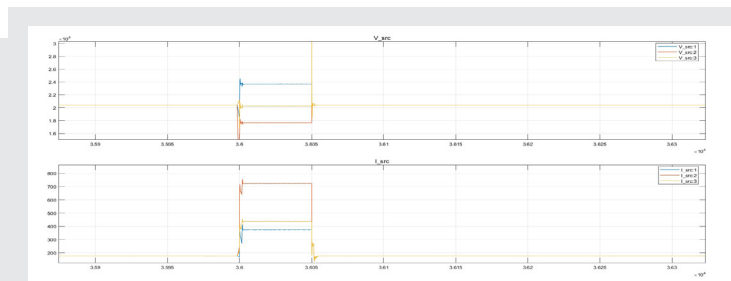


Figura 13. Gráfica de V, I, S, P, Q de los aerogeneradores.

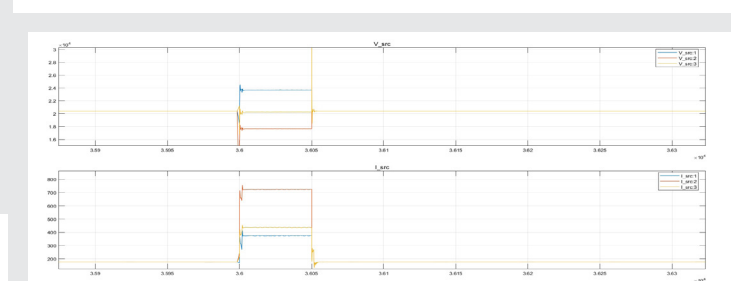


Figura 14. Gráfica de V, I, S, P, Q de los paneles solares.

**CONCLUSIONES**

El uso de sistemas híbridos basados de la mano de fuentes de energías renovables es un tema que ha tenido un gran desarrollo en las últimas décadas sin embargo la dependencia de estas fuentes para la gene-

ración de energía es una variable, aún muy inestable y eso ocasiona que en ciertos casos de emergencia no sea del todo útil el uso de éstas fuentes.

Como se mostró en el último caso simulado las fuentes naturales como en el caso de los paneles el tiempo de generación de energía es muy poco y en el caso de los aerogeneradores aunque su generación sea de mucho más tiempo en los horarios nocturnos (entre 11 de la noche y 6 de la mañana) el consumo es mínimo, así no es aprovechada el uso de esta fuente al cien por ciento (en el estudio In Situ), dado estos resultados y a lo observado en las simulaciones el uso de una energía renovable tiene una mayor eficiencia como un generador de energía distribuida ya que permitiría usar en caso específicos la energía de esta fuente, el almacenarla y el inyectar energía a la red eléctrica.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] G. d. Mexico, «protocolo de kioto,» Semarnat, Ciudad de Mexico, 2014.

[2] J. Roe., «Diseño e Implementacion de un inversor,» 2009.

[3] «Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century REN21,» Renewables , 2007.

[4] Manuales sobre energia renovable: Eolica, San Jose, Costa Rica, 2002.

[5] T. S. Campos, Algunos elementos sobre la energia eolica, Gerente Programa de Energia.

[6] J. N. Walker J. F., Wind Energy Technology, John Willey & Sons, 1997.

[7] A. G. Thapar V., «Critical analysis of methods for mathematical modelling of wind turbines,» Renewable Energy, 2011.

[8] Desarrollo de un Sistema Hibrido de Genracion Electrica para Aplicaciones en Areas Rurales, 13 de mayo de 2011.

[9] International course on the implementation of wind energy, Holanda: ECN, 1994.

[10] Multinivel para Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red, 2009-2010.

[11] L. G. V. C. Ponce Corral, «Diseño de un Sistema Hibrido Eolico Solar para Suministro de Energia Electrica a zona rural en el estado de Chihuahua,» 2014.

[12] M. H. Diaz, «Diseño de un sistema hibrido de generacion electrica a partir de fuentes renovables de energia.,» 2013.

[13] F.Valenciaga, «Control de Estructura Variable en Sisitemas Hibridos de Generacion de Energia,» 2001.

[14] M. Bell y D. I.E, «Performance Analysis of Photovoltaic System Coupled to Universal Motor Using Matlab Tool,» 2006.

[15] W. De Soto, «Improvement and validation of a Model for Photovoltaic Array Performance,» 2004.

[16] C. y. b. S. Honsberg, «Red de educacion fotovoltaica».





**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

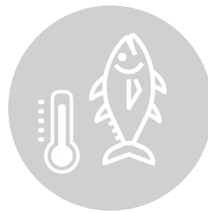
---

Ingeniantes

# Relación de la temperatura con la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesca con palangre de atún aleta amarilla (*thunnus albacares*), en la zona de la plataforma continental del estado de Nayarit, México durante el 2019

**RESUMEN:** *RESUMEN: Se analizó la CPUE del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) pescado con palangre en la plataforma continental de Nayarit durante el año 2019. Los resultados del CPUE, fueron comparados con la temperatura superficial de compuestos diarios proveniente del producto de GHRSSST y con las mediciones de la temperatura de profundidad de pesca obtenida por medio de HOBOS. Los ejemplares capturados presentaron un rango de peso entre 23 y 68 kg y de 111 cm a 173.8 de Longitud Furcal, con la mayor frecuencia de tallas en el rango de 140 a 160 de Longitud Furcal. Los registros de las variaciones de temperaturas superficiales y de profundidad de pesca, fluctuaron para la temperatura superficial el rango fue de 24.5°C a 32°C y de profundidad de pesca de 15°C a 24°C. Se determinó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) que fluctuó de 1.1 a 6.7 ((Kg/S)/100Anz) y un promedio de 3.13 ((Kg/V) /100Anz). Se determinaron las relaciones de las variaciones de temperatura de superficie y de profundidad de pesca, encontrándose que existe una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), asimismo, se documentó una tendencia positiva entre la temperatura superficial y el CPUE.*

**PALABRAS CLAVE:** *CPUE, Temperatura Superficial, Temperatura profundidad de pesca.*



## Colaboración

Jorge Flores Olivares; Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares; Osiris Chavez Vargas, Instituto Tecnológico de Mazatlan; Oscar Guevara Rodríguez, Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas; José Alejandro Mendoza Munguía, Instituto Tecnológico de Nayarit

**ABSTRACT:** *CPUE of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) longline catch on the Nayarit continental shelf during the year 2019 was analyzed. The results of the CPUE were compared with the surface temperature of daily compounds from the GHRSSST product and with measurements of the fishing depth temperature obtained using HOBOS. The specimens catch presented a weight range between 23 and 68 kg and from 111 to 173.8 cm Furcal Length, with the greatest frequency of sizes in the range 140 to 160 cm Furcal Length. The records of the variations of surface and fishing depth temperatures fluctuated for the surface temperature, the range was 24.5°C C to 32°C and for the fishing depth of 15°C to 24°C. The catch per unit effort (CPUE) of the Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) that fluctuated from 1.1 to 6.7 ((Kg/S)/100Anz) and an average of 3.13 ((Kg/S)/100Anz). The relationships of the surface temperature and fishing depth variations were determined, finding that there is a significant difference ( $P > 0.05$ ), likewise, a positive trend between the surface temperature and the CPUE was documented.*

**KEYWORDS:** *CPUE, Surface Temperature, Temperature of fishing depth.*

## INTRODUCCIÓN

La distribución de los túnidos es muy amplia, cubren prácticamente todos los mares y océanos de aguas cálidas y templadas, clasificándose como altamente migratorios [1]. Más del 95% de los túnidos capturados por flotas industriales se pescan con diferentes tipos de embarcaciones y artes de pesca, principalmente red de cerco y palangre [2].

Existen diferentes factores que podrían afectar la distribución de los organismos marinos tales como los ciclos lunares, la profundidad, la productividad primaria o la temperatura; siendo esta última considerada como uno de los factores más relevantes. Existe una gran variedad de especies asociadas a estructuras y/o condiciones térmicas específicas [3]; En el caso del Atún aleta amarilla (AAA) (*Thunnus albacares*) se tiene el conocimiento de que prefiere temperaturas sobre los 20 °C [4].

En el Pacífico mexicano, la flota atunera palangrera está constituida por 140 embarcaciones menores distribuidas en dos diferentes puertos: Bahía de Banderas (Nayarit), Salina Cruz (Oaxaca).

La pesca del AAA en el Pacífico mexicano se ha incrementado de manera considerable desde sus inicios a finales de los años 70 del siglo pasado hasta el presente, con capturas superiores a las 130, 000 toneladas anuales [5]. La pesca con palangre aporta en el Pacífico mexicano el 0.30% de esta captura, contrastando con su alto valor comercial tanto para el mercado nacional (200 por kg) y en el mercado internacional (400 pesos la libra).

En los últimos años un pequeño batitermógrafo, se ha ideado y puesto en práctica el sistema se llama HOB0 [6] que recientemente se ha empezado a utilizar principalmente en varias operaciones de palangre experimentales y comerciales, para investigar la forma subacuática del tren de palangre o la profundidad de enganche, la temperatura y tiempo de enganche.

Por esta razón, el objeto central de este trabajo es determinar la relación entre la temperatura superficial del mar (TSM), la temperatura de profundidad de pesca del palangre en condiciones de trabajo y los valores de densidad expresados en Captura por unidad de esfuerzo (CPUE).

## Hipótesis

La CPUE en AAA, está directamente influenciada por las variaciones temporales de temperatura superficial y de profundidad de pesca en la zona de estudio.

## Objetivos

### -General

- Determinar la existencia de una relación de las variaciones de temperatura con la CPUE de la pesca

con palangre de AAA en la zona de la plataforma continental del estado de Nayarit, México, durante el 2019.

### -Específicos

- Registrar las variaciones temporales de la temperatura superficial y profundidad de pesca de la pesquería con palangre del AAA en la zona de la plataforma continental del estado de Nayarit, México, durante el 2019.

- Determinar la CPUE del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en la zona de la plataforma continental del estado de Nayarit, México, durante el 2019.

- Determinar la existencia de una relación de las variaciones de temperatura superficial y de profundidad de pesca, con la CPUE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La área de pesca comprendida en el presente estudio está asociada directamente al quiebre o ruptura de la plataforma. Punto en el cual se produce un aumento rápido de la profundidad, que marca el borde externo de la plataforma continental y el comienzo del talud continental, delimitado en esta zona por la isobata de 200 m. Las áreas de captura se localizan en los alrededores de las Islas Marías, siendo la zona de pesca más cercana del puerto de salida a 56 mn. (Millas náuticas) y la zona más lejana a 110 mn (Figura 1).

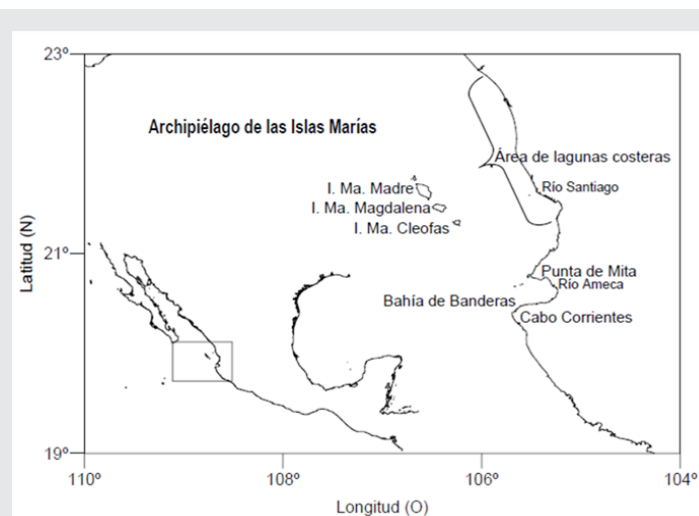


Figura 1. Área de estudio localizada sobre la plataforma continental de Nayarit.

El Polígono en la zona de estudio comprende 6 cuadrantes, cada uno de 30 x 30 millas náuticas que se encuentran entre las coordenadas -106.583, 22.399 -107.385, 21.745 -105.575, 21.327 -106.336, 20.661. La zona de pesca se destaca por contar en la zona centro del polígono geográfico al área marina protegida (Figura 2).

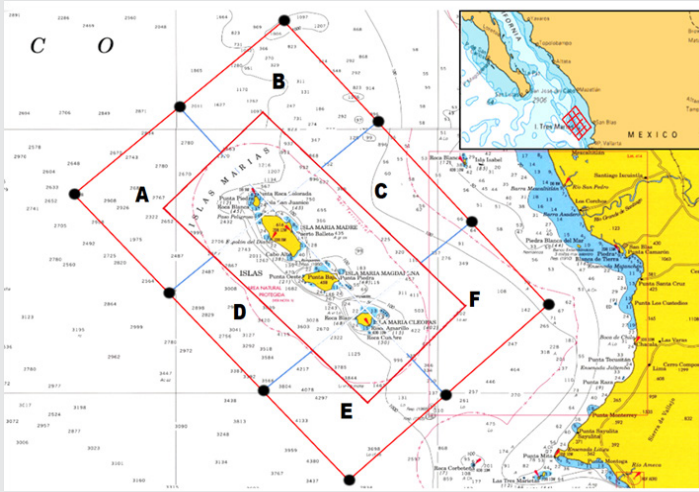


Figura 2. Zona de estudio la cual comprende 6 cuadrantes localizados en la zona contigua al área marina protegida, A, B, C, D, E, F.

### Información de sensores remotos satelitales

La información satelital sobre TSM se complementó con compuestos diarios proveniente del producto de GHRSSST a una resolución espacial de 1 km (Figura 3 y 4). Posteriormente importados a un ambiente de Sistema de Información Geográfica (SIG).

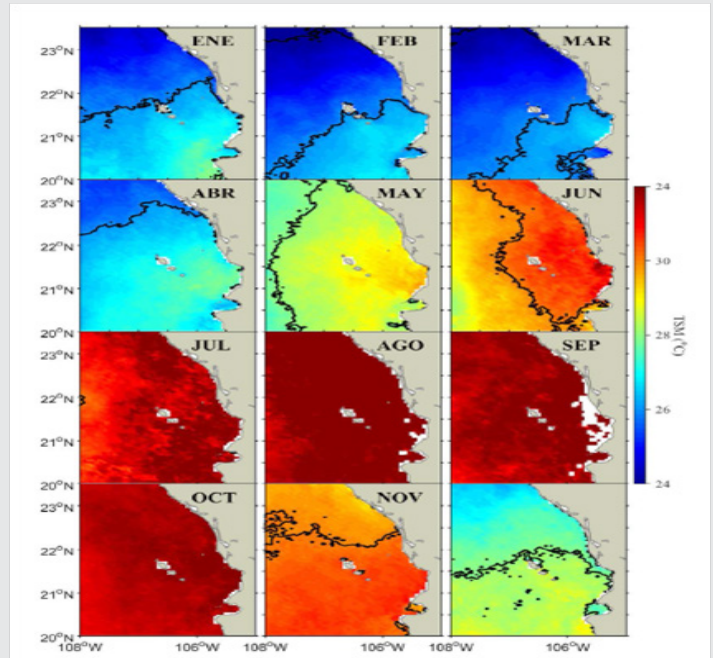


Figura 4. Climatología promedio mensual de temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) para la serie de tiempo entre 1985-2018, calculado por medio del método de ajuste armónico. (Cepeda-Morales 2018).

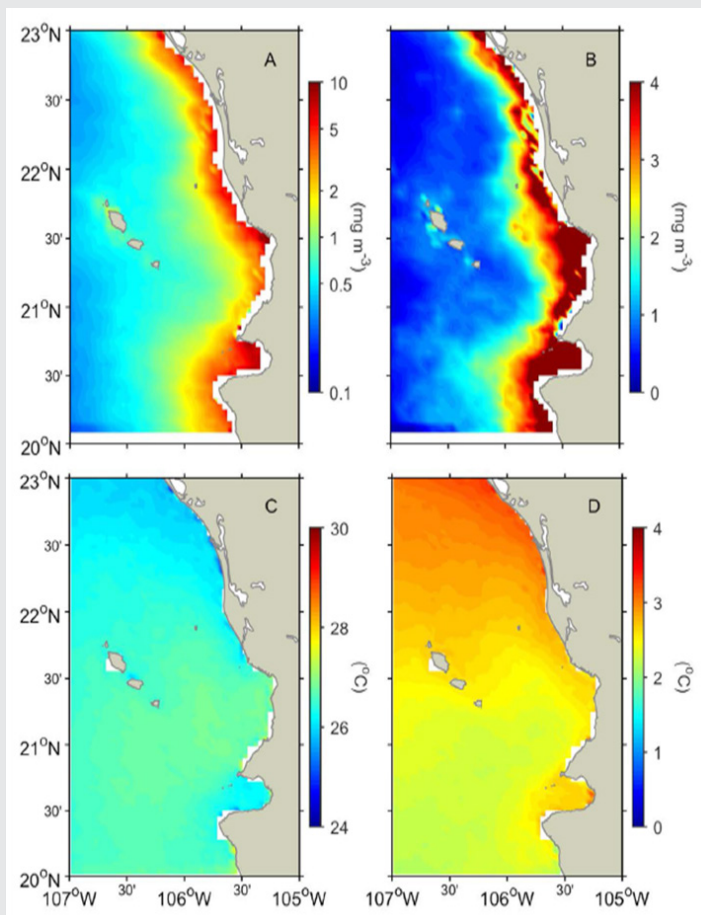


Figura 3. Información satelital sobre Temperatura Superficial del Mar (TSM) obtenida a partir de imágenes de composiciones diarias provenientes del GHRSSST a una resolución espacial de 1 km.

### Mapeo en el SIG

Con el propósito de explorar la información de TSM proveniente de sensores remotos, se producen mapas de puntos individuales para visualizar la información de la CPUE a lo largo de toda el área de estudio, utilizando el mismo enfoque metodológico empleado por Power y May [7], Yáñez y Barbieri [8] y Lanz et al., [9]. Esos mapas de puntos fueron posteriormente convertidos en una malla regular de 1 km de resolución espacial para producir mapas raster que puedan sobreponerse a la información proveniente del satélite.

Los valores de la CPUE, fueron mapeados para producir mapas de densidad de puntos (promedio) basados en el promedio de los valores de CPUE que caen en cada celda individual y posteriormente serán combinados con mapas conteniendo los campos de TSM y gradientes de TSM. Las celdas que no contenían información de CPUE se les asignó un atributo nulo, excluyéndose de esta manera del análisis ambiente-recursos.

Entre los parámetros oceanográficos, la temperatura como lo demuestra el presente estudio es probablemente el factor más importante en la pesquería de atún pescado con palangre. En esta investigación se muestra que la distribución de la temperatura superficial del mar con relación a la profundidad de operación guardan una relación con su densidad de AAA expresada en CPUE. En esto resalta la principal originalidad del presente trabajo.

**Determinación de la temperatura superficial remota y la profundidad de pesca in situ**

La temperatura superficial del mar (TSM) de compuestos semanales proveniente del sensor MODIS-Aqua a una resolución espacial de 1 km, durante las temporadas de pesca 2017-2019, utilizando para ello un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para tomar la temperatura a la profundidad de operación in situ, se colocó un HOBO en el último anzuelo del orinque del palangre.

El objetivo del uso de los sensores térmicos en la biología de la conservación suele ser el registro de datos de temperatura de manera continua en los lapsos de tiempo de interés y su facilidad para la descarga y manejo de la información almacenada. Las principales ventajas que ofrecen estos dispositivos para este tipo de monitoreo son registros continuos de la temperatura y almacenamiento de la información por largos periodos de tiempo.

mente sellado para evitar la humedad) que cuenta con una conexión micro USB para facilitar la descarga de la información en una computadora mediante el empleo de un software específico. Estos sensores, comúnmente denominados como "HOBO" [10], son dispositivos electrónicos que miden la temperatura en periodos de tiempo programables por el usuario. (Figura 5).

**Datos de captura, talla y CPUE durante el ciclo de pesca 2017-2019**

Se utilizó una embarcación tipo BOOGIE de 30 pies eslora y 10 pies de manga, con un motor fuera de borda de 150 hp, bodegas para almacenamiento con poliuretano con capacidad de 3 toneladas de producto (atún) y GPS portátil marca garmin para la pesca con palangre de AAA. La embarcación está equipada con un palangre de monofilamento de 400lb semiautomatizado y un sistema hidráulico con un motor de 16hp.

Se registró el peso total en y la longitud furcal de los organismos utilizando una báscula Torrey con capacidad de 0 - 200 kg y un ictiometro de cinta flexible de 20 m, respectivamente.

**Unidad de pesca**

El palangre está conformado de monofilamento de 400 lb para la línea madre y flurocarbono de 400 lb para reinales, destorcedores del 2/0, anzuelo circular 16/0 y snaps 3.8 x 137 mm. Cada reinal contó con tres brazadas (1.8m x braza) de monofilamento de 400 lb, un snap que va sujetado a la línea madre, media brazada de flurocarbono, un destorcedor y un anzuelo (Figura 6).

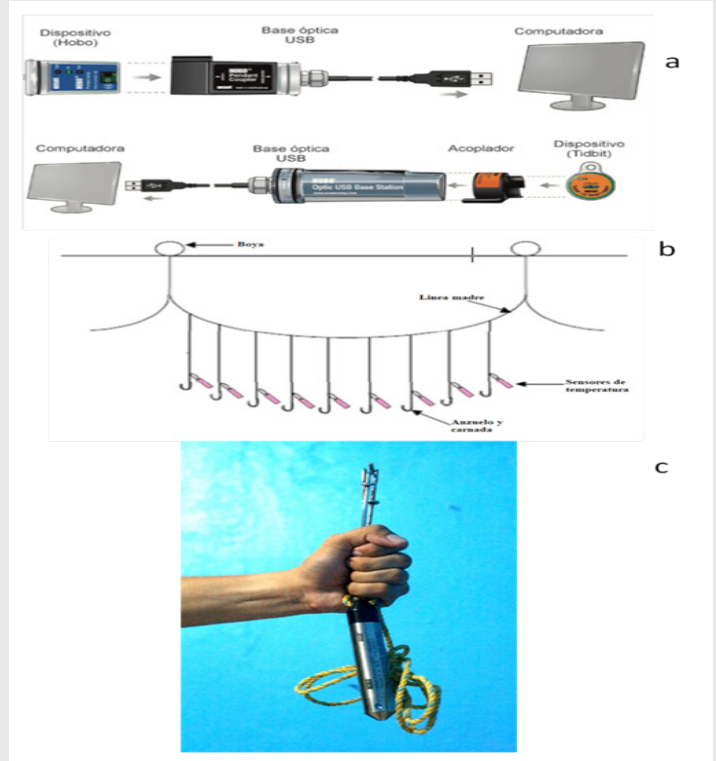


Figura 5. Componentes de la operación de los sensores térmicos (a), esquema de su instalación en la línea madre (b) y preparación de un sensor individual previo a colocarse en la línea madre (c).

El funcionamiento de estos dispositivos es sencillo; cuentan con un sensor para medir algún parámetro ambiental (como temperatura y humedad), un sencillo sistema para determinar la frecuencia con la que se realizarán las mediciones (asociándolo a fecha y hora), una memoria flash que almacena los valores de los registros en un formato sencillo y una batería pequeña. El dispositivo completo se encuentra contenido en una cápsula o carcasa de plástico resistente a la intemperie (regular-

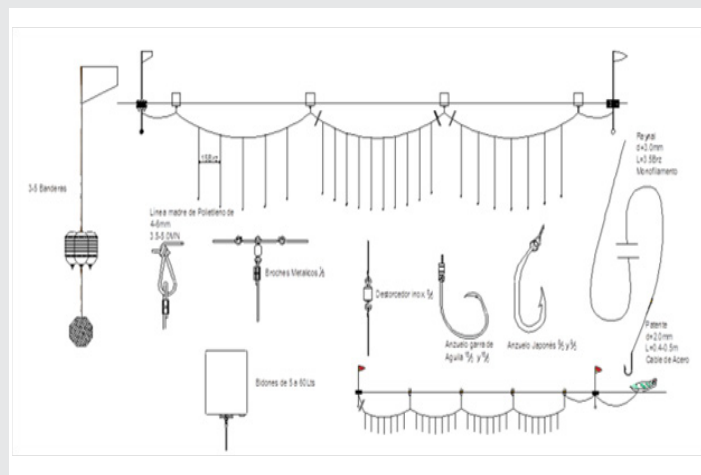


Figura 6. Equipo de pesca tipo palangre para la captura de atún

La velocidad de viaje dependerá mucho del clima y la hora de salida, con velocidades de 6 hasta 28 nudos. El encarnado fue de un anzuelo cada 12 brazadas y una boya de flotación de 5 o 10 litros cada 5 anzuelos y una de 20 litros cada 20 anzuelos; la carnada consistió en calamar (*Dosidicus gigas*) y Jurel (Fam.

Carangidae) (Figura 7). Los lances fueron determinados por el capitán tanto en hora y lugar según: sus conocimientos, los reportes de otras embarcaciones y la observación del organismo en la zona. Los días de pesca varían de 2 hasta 7 días, esto dependió del volumen de captura y/o el consumo de víveres.

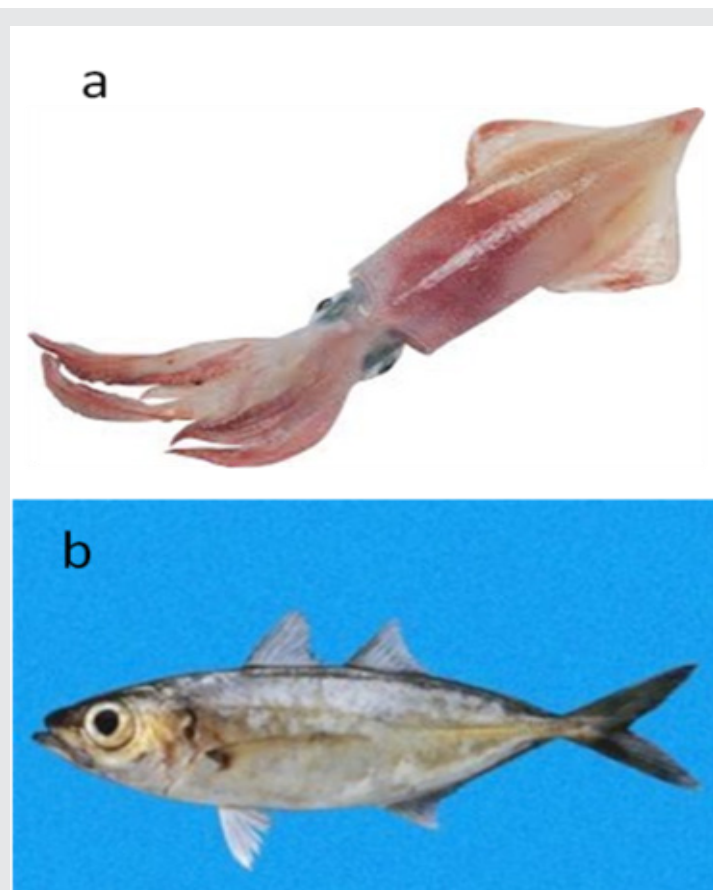


Figura 7. Ilustración de la carnada utilizada en el palangre calamar (a) y Jurel (b).

### Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

El análisis de la eficiencia del arte de pesca se determinó con base en los valores de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) expresada con la fórmula:

$$CPUE = (Kg/S)/100Anz. \quad Ec. (1)$$

Es decir, la captura (kg) dividida por cada salida de pesca (S) y multiplicada por 100 anzuelos (100anz) [11].

### Comparaciones estadísticas

Para determinar la relación existente entre la temperatura y los valores de CPUE, se realizaron pruebas de comparación de medias paramétrico usando la prueba t de Student y no paramétrico Mann Whitney, de acuerdo a los resultados de las pruebas de normalidad y de homoscedasticidad de Lilliefors y de Sahpiro-Wilk, así como el análisis de correlación con un 95% de confianza de acuerdo a Zar [12].

## RESULTADOS

### TSM promedio mensual del periodo de muestreo enero-diciembre, 2019

La TSM del periodo de muestreo fluctuó entre 23.6 °C para el mes de marzo a 30.45 °C para el mes de julio. Con una fluctuación para el invierno de 24.9 °C y para el verano de 29.9 °C (Figura 8), teniendo los meses de junio a noviembre como los meses más calientes y los meses de diciembre a mayo como los más fríos.

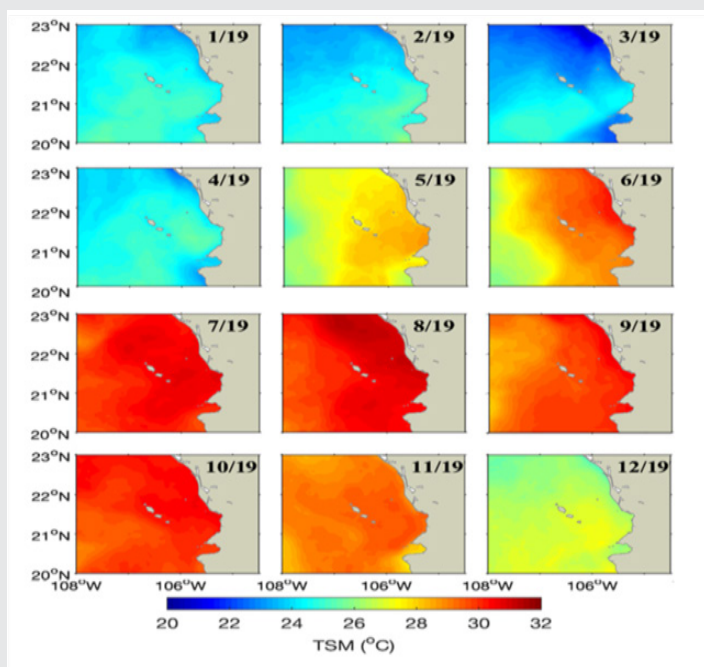


Figura 8. Variabilidad general de la temperatura a lo largo de los meses de estudio.

### Mediciones de temperatura in situ por medio de HOBO

Las mediciones de temperatura in situ promedio registradas en los lances de pesca, mostraron un comportamiento fluctuante durante el tiempo que el arte de pesca se mantuvo en el agua, mostrando una variación de temperatura entre los 15 °C y 24 °C. Asimismo, se puede observar una marcada variación entre los meses en que se realizaron las pruebas.

Para el mes de agosto, en el lapso de tiempo de las 4:48 a las 10:48 hrs, el HOBO reporta a las cinco de la mañana una temperatura promedio de 20 °C, para las 7:12, reporta la temperatura a 17 °C y en el rango de tiempo de las 8:24 a las 10:48 hrs, un incremento de 19 °C a 24 °C. (Figura 9a). Para el mes octubre de 2019, el tiempo de reposo de la línea madre del palangre fue de 8 horas, en la (Figura. 9b), se observa que en el lapso de tiempo de las 6:30 a las 15:36 hrs, el HOBO reporto que a las siete de la mañana una temperatura promedio de 22°C, para las 8:24, la temperatura disminuyo a 19°C y en el rango de las 13:12 a las 15:00 hrs, un decremento de la temperatura in situ de 22 °C a 15 °C.

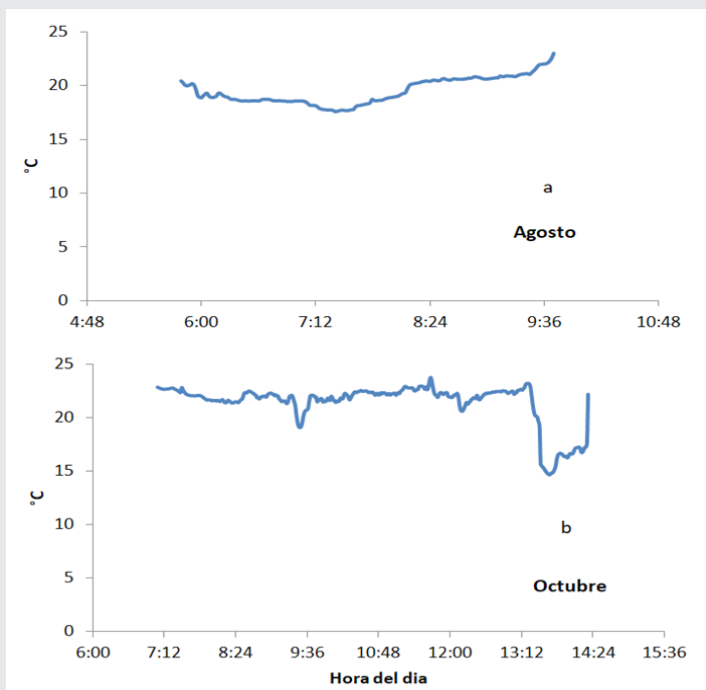


Figura 9. Registros promedio de temperatura in situ con HOBO en los lances de pesca en los meses de agosto (a) y octubre de 2019 (b) en la captura de atún en la pesca artesanal de Nayarit.

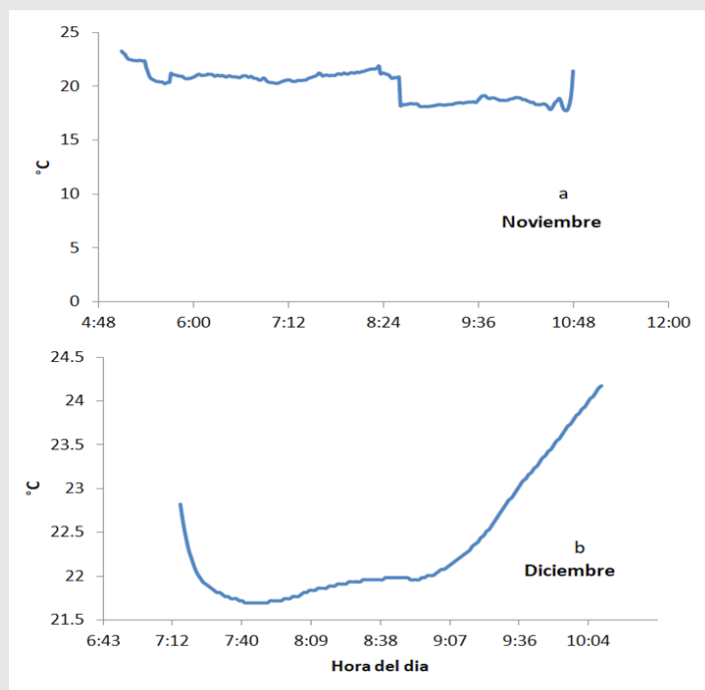


Figura 10. Registros promedio de temperatura in situ con HOBO en los lances de pesca para los meses de Noviembre (a), Diciembre (b) del 2020 en la captura de atún en la pesca artesanal de Nayarit.

Para el mes de noviembre de 2019, el tiempo de reposo promedio de la línea madre del palangre fue de 5 horas, en la (Figura 10a), se observa que en el lapso de tiempo de las 4:48 a las 10:48 hrs, el HOBO reporto que a las cinco de la mañana existió una temperatura promedio de 24 °C, para las 8:24 hrs, reporta la temperatura a 18°C y en el rango de tiempo de las 8:40 a las 10:48 hrs, una temperatura in situ constante 18 °C con un incremento a 22°C. Para diciembre de 2019, el tiempo de reposo promedio de la línea madre del palangre fue de 4 horas, en la figura 10b, se observa que en el lapso de las 7:12 a las 10:04 hrs, el HOBO reporto al inicio del tiempo de reposo una temperatura promedio de 23 °C, para el rango de las 7:40 a las 9:00 hrs, reporta la temperatura 22 °C y en el periodo de tiempo de las 9:07 a las 10:04 hrs, una temperatura in situ constante de 22°C con un incremento a 24.2 °C.

En el registro de datos de la temperatura de la profundidad de pesca medida in situ con HOBO, para el periodo agosto a diciembre de 2019, se registra una tendencia al incremento con valores promedios de 20 °C a 23 °C. Igualmente se puede observar que se presenta una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) durante el periodo de estudio entre la temperatura superficial e in situ, lo que sugiere la existencia de una termoclina que separa dos masas de agua; la superior con valores promedio de 29.2 °C y la inferior con valores 20 °C, (Figura 11).

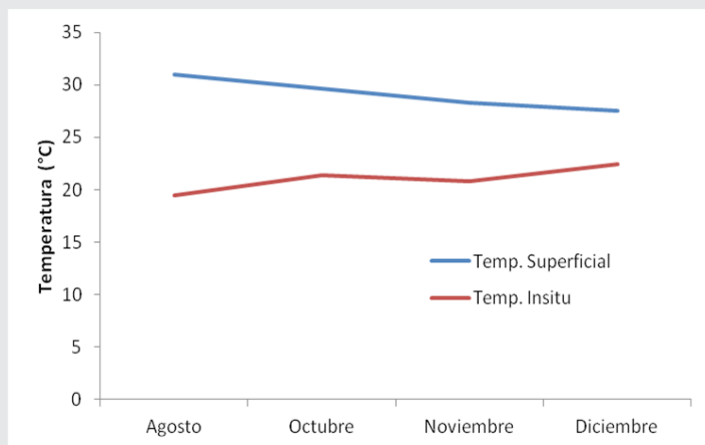


Figura 11. Temperatura superficial y temperatura in situ para el periodo de agosto a diciembre de 2019.

Captura por unidad de esfuerzo mensual para 2019

### Captura por unidad de esfuerzo mensual para 2019

De acuerdo a la Figura 12 se reportan las capturas de la flota palangrera de Bahía de Banderas, Nayarit, correspondiente al primer semestre del periodo 2015 - 2019. Destacando el primer semestre de 2016 con 140 t.

Se realizaron 96 viajes en el periodo de enero a diciembre del 2019 (Tabla 1), en los cuales se obtuvieron los siguientes resultados: el número total de 1,112 organismos muestreados, una captura total de 56, 546 kilogramos, CPUE promedios de 3.13 ((Kg/V)

/100Anz), con una talla y peso promedio de 149.5 cm y 56.4 kg.

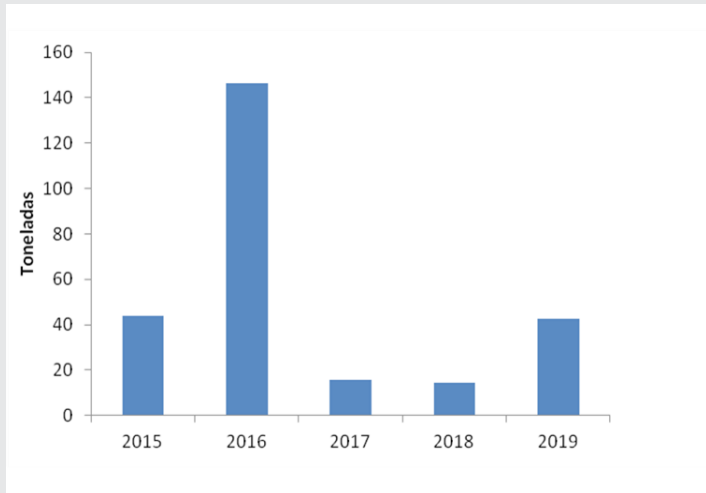


Figura 12. Capturas anuales registradas de Atún aleta amarilla por la flota ribereña palangrera de Bahía de Banderas, Nayarit.

Tabla 1. Concentrados mensuales de los parámetros de estudio en la captura de atún con palangre en el estado de Nayarit. Periodo 2017-2019.

Año	Mes	No. Viajes	No. Organismos	Captura (kg)	CPUE ((Kg/Vj)/100Anz)	Promedio		
						Talla (cm)	Peso (kg)	TSM (°C)
2017	Sep	1	8	507	5.1	156	63	29.61
2017	Oct	3	29	1644	5.5	149	57	30.11
2017	Nov	2	25	1634	8.2	156	65	29.38
2017	Dic	2	49	2602	13	146	53	26.83
2018	Ene	2	19	1445	7.2	165	76	24.82
2018	Feb	1	2	60	0.6	122	30	24.4
2018	Mar	2	5	296	1.5	144	59	23.6
2018	Abr	2	4	406	2	181	102	24.85
2018	May	1	7	401	4	148	57	27.8
2018	Jun	2	20	1115	5.6	151	56	29.04
2018	Jul	2	24	1244	6.2	146	52	30.45
2018	Ago	2	28	998	5	130	36	30.44
2018	Nov	6	102	4002	6.7	133	39	27.96
2018	Dic	12	107	4348	3.6	132	41	26.32
2019	Ene	10	54	2558	2.6	138	47	25.35
2019	Feb	8	24	1779	2.2	163	74	24.45
2019	Mar	1	1	52	0.5	150	52	24.3
2019	Abr	1	6	373	3.7	151	62	25
2019	May	1	4	90	0.9	111	23	27
2019	Jun	1	6	359	3.6	148	60	27.6
2019	Jul	19	189	12630	6.7	173	66.8	23
2019	Agos	14	110	1495	1.1	163	54.9	19.5
2019	Sept	4	30	1917	4.8	169	59	20.1
2019	Oct	13	129	6694	5.1	144	51.89	21.65
2019	Nov	18	105	6101	3.4	152	58.10	20.49
2019	Dic	6	25	1796	3.0	161	71.84	22.4

La captura de atún se ha mantenido variable, siendo el año de 2016 el año de mayor captura, registrando una producción de 140 t. de las cuales 40 t fueron aportadas en el mes de julio (Figura 13).

En lo que respecta a los CPUE de este año, julio fue la más alta con 6.7 ((Kg/S)/100Anz), y en marzo fue la CPUE mínima con 0.5 ((Kg/S)/100Anz). Mientras que en los meses de septiembre a diciembre se mantiene promedio de 4.2 ((Kg/S)/100Anz) (Figura 14).

Con relación a la temperatura superficial por zonas, destaca que la zona C mantuvo un promedio más bajo reportando una temperatura promedio de 24.7 °C y las temperaturas más altas fueron reportadas para la zona E y F con un registro promedio de 29.3 y 29.4, respectivamente. En cuanto a la captura por

zona de pesca y de acuerdo al mapa de distribución de cuadrantes que rodea al archipiélago de las Islas Marías, se encontró que el esfuerzo se mantuvo principalmente en las zonas B, C, D, E y F, con valores máximos de CPUE de 6.363 a 13 ((Kg/V) /100Anz), registrado en la zona B y el menores en la zona D, con valores de CPUE de 0.900 a 13 ((Kg/V) /100Anz) (Tabla 2).

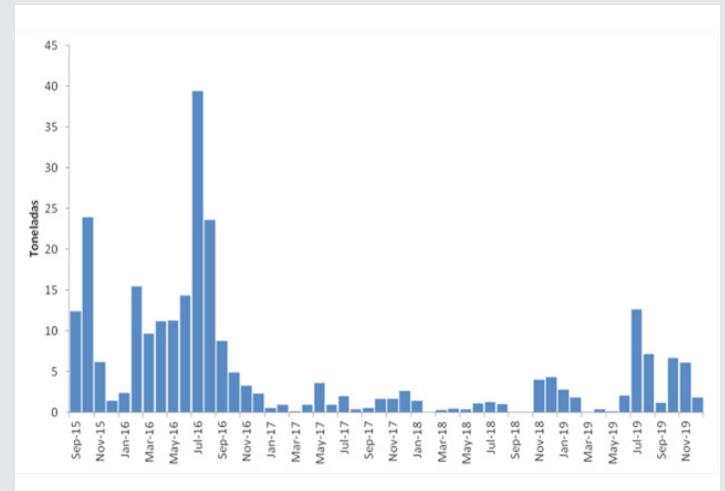


Figura 13. Relación del peso total histórico de la captura de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) con palangre en las zonas de pesca de las Islas Marías, en el periodo 2015-2020.

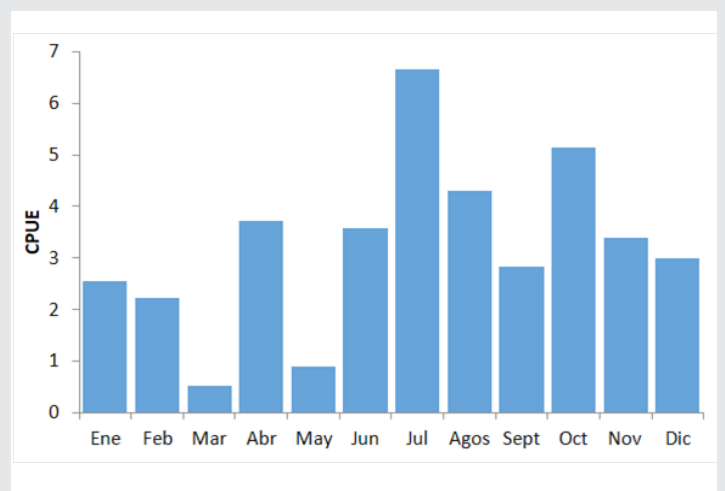


Figura 14. CPUE mensual encontrado en la captura de atún aleta amarilla con palangre en Nayarit durante el año 2019

Para la Figura 15 se incluyen a manera de ejemplo, cuatro imágenes de temperatura satelital de la zona de estudio, el periodo incluido es julio, septiembre, noviembre y diciembre, en donde la temperatura se distribuye homogéneamente en el área, sin embargo entre ellas existieron valores muy significativos de temperatura superficial, todo ello, da cuenta que en esta zona geográfica las variaciones de los factores ambientales, son muy intensos.



Tabla 2. Zonas de pesca, captura, rendimientos y tallas promedio y temperatura promedio superficial en la captura de atún con palangre en el estado de Nayarit 2019.

ZONA	Viajes	No. Org	Kg	CPUE ((Kg/V)/100Anz)	Promedio	
					Talla (cm)	TSM (°C)
B*	21	201	13362	6.363	157.35	27.4
C*1	19	79	4389	2.310	150.45	24.7
D*2	1	4	90	0.900	110.63	27.0
E*3	23	184	10407	4.525	157.96	29.3
F*4	32	215	7596	2.374	157.43	29.4

D\*2.-21°18.809, 106°016.108 - 21°21.730, 107°01.525  
 B\*.-22°23.24, 106°35.118 - 21°41.614, 106°37.627  
 C\*1.-21°37.573, 105°52.648 - 21°41.792, 106°37.646  
 E\*3.-20°39.669, 106°20.214 - 21°18.940, 106°16.525  
 F\*4.-21°00.678, 105°34.536 - 21°37.597, 105°51.525

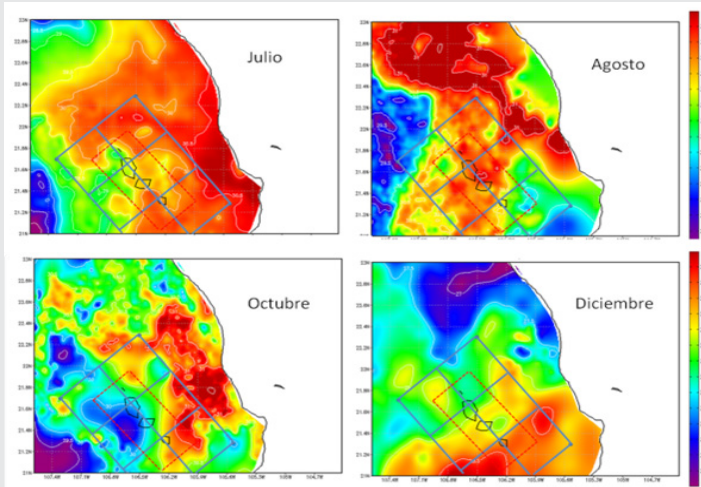


Figura 15. Promedio mensual de temperatura superficial del mar (°C) para la serie de tiempo de los meses de julio, septiembre, noviembre y diciembre del 2019.

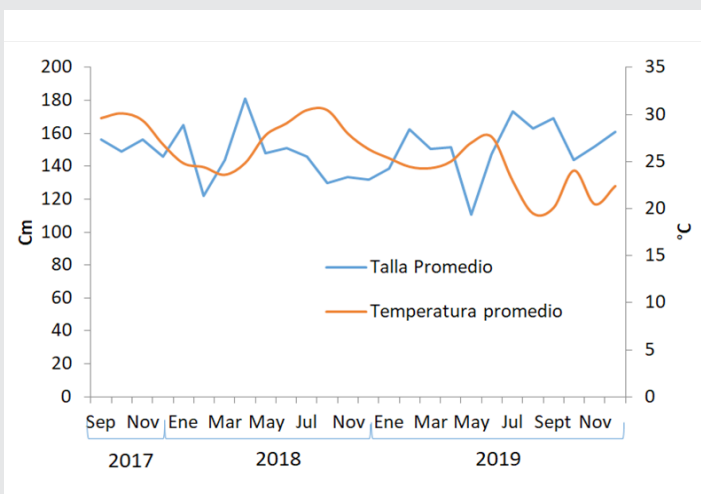


Figura 16. Talla promedio (LT) comparada con la temperatura promedio en el periodo de septiembre del 2017 a Diciembre del 2019

**Comparaciones entre las variables observadas**

La tendencia entre la talla promedio mensual y la temperatura superficial de la serie 2017-2019, se

observan que las tallas son bastante constantes reportando una longitud promedio entre 120 y 170 cm (Figura 16)

En la tendencia entre la temperatura superficial del mar (°C) y la talla para el periodo enero - diciembre del 2019, se observa una tendencia negativa, con una correlación de  $R^2 = -0.4015$ , (Figura. 17).

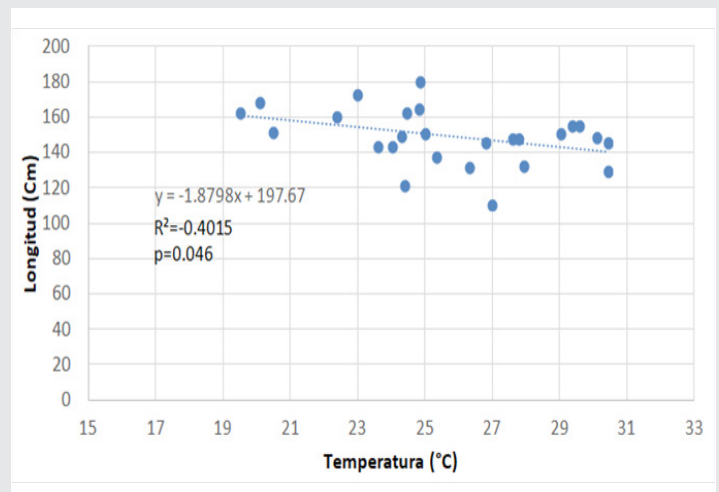


Figura 17. Tendencia de la talla promedio (LT) comparada con la temperatura promedio.

En la tendencia entre la temperatura superficial del mar(°C) y el CPUE para el periodo de enero a diciembre de 2019, manifiesta una tendencia negativa con un coeficiente de correlacion al cuadrado de  $R^2=0.401$ , lo anterior confirma lo encontrado también la temporada 2017-2018. Del análisis efectuado en el presente trabajo se encuentra que existe una correlación positiva en la captura de AAA ( $P<0.05$ ) (Figura 18).

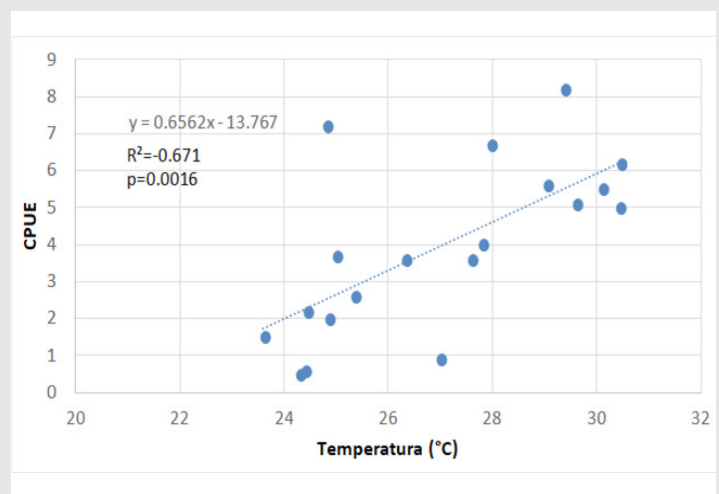


Figura 18. Relación de tendencia entre la temperatura superficial del mar (°C) y el CPUE.

En relación de la tendencia entre la temperatura in situ (°C) y el CPUE se observa una tendencia positiva, con

una correlación a  $R^2 = 0.878$ . En el registro de datos de la temperatura in situ promedio y el CPUE, el registro mínimo marcó  $19.5\text{ }^\circ\text{C}$  con un CPUE de 3 ((Kg/V) /100Anz), asimismo una temperatura de  $22.06\text{ }^\circ\text{C}$  con un CPUE de 5.1 ((Kg/V) /100Anz), (Figura 19).

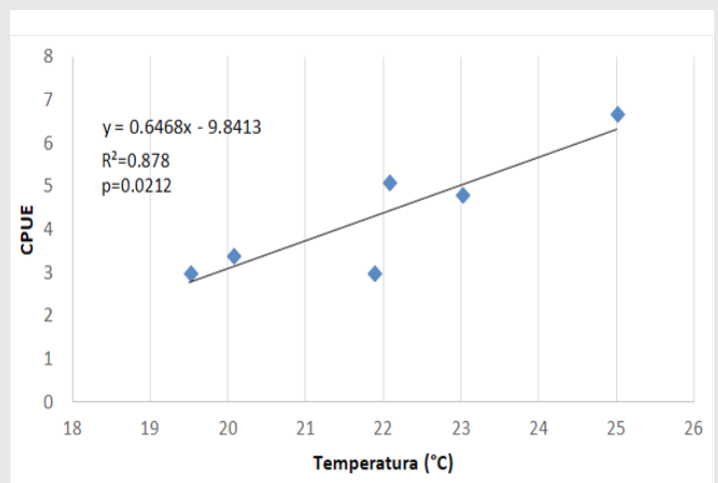


Figura 19. Relación de tendencia entre la temperatura en la profundidad de pesca ( $^\circ\text{C}$ ) y el CPUE

## Discusión

Debido a que los atunes son una población muy móvil y robusta las evaluaciones dependen de una comprensión profunda de patrones de movimiento a corto y largo plazo [13].

Entre los parámetros oceanográficos, la temperatura es probablemente el factor más importante, siendo considerado en la localización de caladeros de pesca. En el estudio realizado por Brill, 1994; muestra que la distribución de la temperatura superficial del mar y su distribución con relación a la profundidad establece el tipo de especies de atún y su relación con su CPUE.

En el presente trabajo tenemos temperaturas que fluctúan de  $23.6\text{ }^\circ\text{C}$  a  $30.45\text{ }^\circ\text{C}$ , nuestro CPUE más elevado registrado se obtuvo a una temperatura de  $26.8\text{ }^\circ\text{C}$ , lo cual no concuerda con lo encontrado por López en el 2006 [14] con casi  $3.2\text{ }^\circ\text{C}$ .

Se sabe que la CPUE de algunos atunes se ve afectada por varios factores además de la abundancia. La profundidad de pesca del palangre ha demostrado ser una fuente importante de variación de CPUE en varios estudios ([6], [15]). En nuestro estudio, se puede decir que el rango de profundidad para la captura del atún aleta amarilla pescado con palangre en las costas de Nayarit es totalmente superficial y su rango fluctúa de 20 a 80 m.

Solana y sus colegas en el 2004 [16], presentaron la CPUE del atún aleta amarilla registrado por la flota

palangrera mexicana en el Golfo de México. El índice de CPUE presentó variaciones trimestrales. Para el tercer trimestre se registró el valor más bajo con 1.43 organismos de atún aleta amarilla por cada 100 anzuelos y el valor más alto en el segundo trimestre 1.82 atunes por 100 anzuelos.

Ramírez López y Uribarren en 2013 [17] presentan la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) del palangre del atún aleta amarilla en el Golfo de México. Se reportó que durante 2001 y 2003 se presentan las mayores tasas de captura con 1.8 y 2.0 organismos/100 anzuelos, respectivamente. Para nuestro estudio los valores reportados fluctuaron entre 5.3 (Kg/S)/100Anz para el periodo de 2015-2017 y 13.0 (Kg/S)/100Anz para 2017-2018 y 6.7 (Kg/S)/100Anz para el periodo de muestreo 2019.

Los datos de distribución vertical para el atún aleta amarilla basados en 21 individuos rastreados en el Pacífico indican que la especie se distribuye a temperaturas relativas a la capa superficial ([18], [1]). Esta conclusión se aplica a una variedad de factores, tales como: 1) área donde los determinantes térmicos similares fueron evidentes entre el Pacífico central y oriental, 2) tiempo donde no hay diferencias significativas en el comportamiento diurno y 3) ontogenéticos. Hoy día, en la pesca con palangre en la costa de Nayarit, existen principalmente dos modalidades de palangre profundo, los que utilizan de 7 a 12 anzuelos entre boyas y los que utilizan de 15 a 18, las cuales se dirigen al atún aleta amarilla, muy parecido a pesquerías que se realizan para especies como al patudo y al atún rojo respectivamente [19]. Estos cambios en la conformación del arte de pesca del palangre, fueron consecuencia de que alrededor del 50% de la flota artesanal que opera en el puerto base de la Cruz de Huanacastle, presenta la mecanización del virado del mismo, en referencia a palangres operando a una profundidad de 80 m. La otra parte de la flota pesquera que opera con los palangres que son totalmente superficiales y que solo alcanzan profundidades no mayores de 20 m, la respuesta es que operan totalmente a mano, ya que no cuentan con alguna ayuda mecanizada.

Por otra parte, Durazo y compañeros en el 2002 [20] encontraron que la actividad de la flota mexicana en el Pacífico Oriental Tropical (POT) se realiza en un área muy amplia dominada por la corriente de California y la corriente costera mexicana, y donde hay remolinos y ondas atrapadas a la costa en la entrada del Golfo de California. En la zona frente a la península de Baja California, la estructura termohalina y de corrientes responde a forzamientos estacionales, y la presencia de surgencias principalmente en primavera y verano. El POT se caracteriza por una termoclina permanente, bien desarrollada y relativamente somera (menos de 100 m), cuya profundidad va au-

mentando hacia el oeste. En nuestro estudio, se encontró que en el dato de la temperatura de fondo en la zona de estudio, fluctuaron entre el rango de 20°C y 28°C, demostrando por su valor estadístico significativo ( $P>0.05$ ) una termoclina en la zona de estudio y que se localiza a entre 80 y 100 m de profundidad y que es clave para la captura de atún con palangre en el corto plazo.

## CONCLUSIONES

La TSM del periodo de muestreo fluctuó entre 23.6 °C para el mes de marzo a 30.45 °C para el mes de julio. Con una variación para el invierno de 24.9 °C y para el verano de 29.9°C. Las mediciones de temperatura de la profundidad de pesca in situ promedio registrada en los lances de pesca, mostraron un comportamiento fluctuante, registrando una variación entre los 15 °C y 24 °C.

Se realizaron 86 viajes en el periodo de enero a diciembre del 2019, en los cuales se obtuvieron los siguientes resultados: un total de 683 organismos muestreados, una captura de 35,844 kilogramos, un CPUE promedio de 3.13 (Kg/S)/100Anz, con una talla y peso promedio de 151.9 cm y 56.7 kg.

En la captura de AAA encontramos una correlación positiva entre los valores de CPUE y los valores de temperatura, mostrando que la pesca es más abundante en este año a un valor promedio de 29.31 °C de TSM con 8.2 (Kg/S)/100Anz de CPUE.

Los datos estadísticos reportados de CPUE, talla, temperatura superficial y temperatura de la profundidad de pesca in situ, nos muestra que no existe entre ellos una diferencia significativa ( $P>0.05$ ). Sin embargo, se encontraron correlaciones directas entre la mayoría e las variables; Tanto la temperatura superficial como la temperatura in situ, mostraron una clara tendencia positiva con relación al CPUE.

Las relaciones de temperatura superficial y de profundidad de pesca muestran valores estadísticamente significativa ( $P<0.05$ ) y se observa la existencia de una posible termoclina en la zona de estudio, lo cual para la pesca de atún con palangre, es una herramienta importante para la determinación de nuevas zonas de pesca.

La pesca con palangre de AAA para esta zona es de suma importancia ya que tiene a favor varios aspectos que la coloca como una pesquería sustentable, esto se debe a que las tallas de capturas a lo largo de todo el año en su mayoría están por arriba de los inmaduros. La explotación racional de estos recursos, permitiría la formación de un acervo adecuado de información para dar continuidad a estudios ecológicos de las comunidades, biológico - pesqueros y tecnológicos de los sistemas de captura, los cuales

tienen una importante injerencia sobre estas especies.

Debido a que los atunes son una población muy móvil y robusta las evaluaciones dependen de una comprensión profunda de patrones de movimiento a corto y largo plazo. En la presente evaluación, se ha considerado los dos valores de la temperatura superficial y la de profundidad de pesca del atún pescado con palangre, sin embargo, se debe de profundizar sobre estudios complementarios futuros que profundicen estas relaciones y que hagan más robustos los análisis con el afán de localizar nuevas áreas de captura.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Brill, R.W. (1994) *A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement models and stock assessments*. *Revista Fisheries Oceanographics Vol 3, num. 3, pp.204-216*.

[2] Chávez, F. P., J. Ryan, S. E. Lluch-Cota Y C. M. Niquen. (2003) *From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the pacific ocean*. *Revista Science, Vol 299, num 5604, pp. 217-221*.

[3] Yáñez, E., A González Y M.A. Barbieri. (1995) *Estructura térmica superficial del mar asociado a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992*. *Revista Investigaciones Marinas, vol. 23, pp 123-147*.

[4] Ortega-García, S., R. Rodríguez-Sánchez & U. Jakes-Cota. 2015. *Eventos "El Niño" y el Atún Aleta Amarilla*. Instituto Politécnico Nacional-CI-CIMAR. *El vigia. (42):2*

[5] SAGARPA, (2013) *Anuario estadísticos de pesca*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. *Versión en CD*.

[6] Hanamoto, E. (1987) *Effect of oceanographic environment on bigeye tuna distribution*. *Revista Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography. Vol. 51, pp. 203-216*.

[7] Power, J.H. y L.N. May. (1991) *Satellite observed sea-surface temperatures and yellowfin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico*. *Revista Fisheries. Bulletin, vol 89, num. 3, pp. 429-439*.

[8] YÁÑEZ, E., A GONZÁLEZ Y M.A. BARBIERI. (1995) *Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992*. *Revista Investigaciones marinas, Valparaíso, Vol.23, pp. 123-147*.

- [9] Lanz, E., Nevárez-Martínez M., López-Martínez J. y A. Dworak J. CALCOFI. (2009) Small Pelagic Fish Catches In The Gulf Of California Associated With Sea Surface Temperature And Chlorophyll. CALCOFI Reports, Vol. 50, 134-146 pp. 2009.
- [10] Onset data logger. <https://www.onsetcomp.com/corporate>
- [11] Flores, O. J, Vázquez O. E. Murillo, O. A. (2018) Eficiencia y selectividad de carnada y anzuelo en el uso del palangre para la captura del pez "cabeza de tornillo" espina larga (*Sebastolobus altivelis*) en aguas profundas de Baja California, México. *Revista Intropica*. Vol.13. num 1.pp 30-40.
- [12] Zar JH (1996) *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- [13] Brill, R. y Lutcavage, M. (2001) Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments. En: *Islands in the Stream: Oceanography and Fisheries of the Charleston Bump*. G. Sedberry (ed.) Bethesda, MD: American Fisheries Society Symposium 25, pp. 179– 198.
- [14] López Medina, D. (2006). *Variabilidad espacio-temporal de las capturas de atún aleta amarilla en aguas adyacentes a las islas marías, México* (doctoral dissertation, instituto politécnico nacional. centro interdisciplinario de ciencias marinas)
- [15] Boggs, C.H. (1992) Depth, capture time, and hooked longevity of longline-caught pelagic fish: Timing bites offish with chips. *Revista Fisheries Bulletin*. Vol. 90, pp.642-658.
- [16] Solana-Sansores, R., R. Urbina Y C. A. Brown. (2004) *Estandarización de las tasas de captura de la pesquería del atún aleta amarilla, Thunnus albacares, con palangre en el Golfo de México, con base a los programas de observadores de México (PNAAPD) y Estados Unidos (1992-2002)*, *El Vigía*. Órgano informativo del PNAAPD Vol. 9, num. 20, pp: 13-15.
- [17] Ramírez-López, K., y Uribarren, A. A. (2013). *Análisis de la captura incidental del atún aleta azul (thunnus thynnus) por la flota palangrera mexicana en el golfo de México, 1994-2011*. *Revista Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, Vol. 69, num. 2, pp. 1046-1056.
- [18] Holland, K., BRILL, R. AND Chang, R.K.C. (1990) Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. *Publicacion Fisheries Bulletin/ U.S Department of Commerce, NOAA*. Vol. 88, num. 3, pp. 493-507.
- [19] Miyake P., Miyabe N. & Nakano H. (2004) *Historical trends of tuna catches in the world*, *FAO Fisheries Technical Paper 467*, Rome: 74 p.
- [20] Durazo, R., Baumgartner, T. R. (2002) Evolution of oceanographic conditions off Baja California, 1997-1999. *Revista Progress in Oceanography*, Vol. 54, num. 1, pp. 7-31.

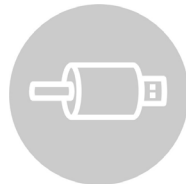


Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Sistema de control PID con sintonización por respuesta en frecuencia basado en microcontrolador



## Colaboración

Benigno Muñoz Barrón; Luis Díaz Gómez; Jesús Eduardo Yáñez Chávez; José Miguel Hernández Paredes, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

**RESUMEN:** El controlador PID es uno de los esquemas de control más utilizados. Sin embargo, a pesar de ser tan utilizado, no todas las herramientas son de fácil acceso para analizar su funcionamiento. En el presente trabajo se muestra el desarrollo y aplicación de una plataforma basada en un microcontrolador PIC18F4550 para la implementación de un controlador y la comunicación de los datos a través de USB en modo bulk. Se utiliza el método de respuesta en frecuencia para encontrar las constantes del controlador. Se validaron los resultados a través del control de velocidad de un motor de corriente directa.

**PALABRAS CLAVE:** PID, USB bulk, microcontrolador, control, respuesta en frecuencia.

**ABSTRACT:** The PID controller is the most used control scheme. However, even when it is so used, there are not tools with easy access to analyze their working. In this work a platform based on PIC18F4550 is presented for PID control implementation and USB communication through USB Bulk mode. Frequency response is used to calculate the PID constants. Results are validated through DC motor velocity control.

**KEYWORDS:** PID, USB bulk, microcontroller, control, frequency response.

## INTRODUCCIÓN

El esquema de control PID (proporcional, integral, derivativo) es el más utilizado actualmente por su simplicidad, eficiencia y robustez [1]. Para obtener las ganancias del controlador existen diversas técnicas que han sido reportados, siendo la más utilizada el análisis de Ziegler-Nichols, y sus variaciones. Además, se han desarrollado otras técnicas de sintonización, incluyendo modificaciones que se han realizado a la estructura original del PID para mejorar su desempeño. Por otra parte la implementación del PID digital por medio de una ecuación en diferencias permite que se pueda programar en diferentes plataformas.

Es por esto que el estudio del PID es vigente, tanto como en metodologías de sintonización, como en esquemas de optimización. Por ejemplo [1] muestra en forma de tutorial diversas técnicas de diseño de controladores PID, sin embargo, aunque el desarrollo teórico del diseño de controladores es extenso, la implementación presentada es a través de MATLAB.

En [2] se muestra una aplicación de algoritmos genéticos para mejorar la sintonización de un PID para control de servomotores, la implementación se realiza en un FPGA (Field Programmable Gate Array), y en el algoritmo reportado se analizan varios parámetros para la optimización. En [3] se presenta un estudio de las estructuras se realiza un estudio para estructuras modificadas del PID FOPID, IOPID y SIMC PID aplicado a motores, utilizan como herramienta labview para la experimentación y una tarjeta de National Instruments.

Posteriormente [4] presentó un estudio de sintonización de controladores PID con algoritmos genéticos, para la implementación se utilizó Matlab y una tarjeta NI DAQ 6008. De igual manera [5] utilizó una tarjeta de National Instruments para la aplicación de un controlador PID en procesos de destilación. También [6] presentó la aplicación de un controlador PID mejorado con algoritmos genéticos para el control de temperatura y humedad.

Para la aplicación del controlador PID y tener mejor acceso y manejo de datos se ha reportado el uso de plataformas como Arduino, [7] presentó la aplicación de Arduino para controlar un UAV de 4 motores implementado el controlador en Arduino. Finalmente [8] presentó una simulación de utilizar un controlador PID, LQR y un PID fraccional, su estudio se queda en una simulación.

El estudio del controlador proporcional integral derivativo sigue vigente y en la implementación existen diversas opciones de hardware para integrarlo en las pruebas físicas, sin embargo, la cantidad de información que se maneja en el análisis de los esquemas de control hace que algunas plataformas no sean la mejor opción de implementación y algunos estudios se quedan en simulación.

En el presente artículo se presenta una plataforma de control con conexión de alta velocidad USB, para probar la plataforma se presenta una aplicación que utiliza el método de respuesta en frecuencia para la sintonización del controlador, y que puede ser adaptada para ejecutar otros algoritmos o modificaciones del esquema PID, y se utiliza la conexión USB bulk entre un microcontrolador y una computadora para transferencia y análisis de datos.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Controlador PID**

Un controlador PID se expresa mediante la función de

transferencia de la ecuación 1. Este modelo describe el funcionamiento en tiempo continuo.

$$\frac{u(s)}{e(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \tag{Ec. 1}$$

Un equivalente en tiempo discreto del controlador mencionado se muestra en la ecuación y se obtiene al sustituir  $S$  por  $\frac{1}{T(1-z^{-1})}$  donde  $T$  es el periodo de muestreo.

$$\frac{U(z)}{E(z)} = \frac{(K_p + K_i T + \frac{K_d}{T}) + (-K_p - \frac{2K_d}{T})z^{-1} + (\frac{K_d}{T})z^{-2}}{1 - z^{-1}} \tag{Ec. 2}$$

$$K_1 = (K_p + K_i T + \frac{K_d}{T}) \tag{Ec. 3}$$

$$K_2 = (-K_p - \frac{2K_d}{T}) \tag{Ec. 4}$$

$$K_3 = (\frac{K_d}{T}) \tag{Ec. 5}$$

$$\frac{U(z)}{E(z)} = \frac{K_1 + K_2 z^{-1} + K_3 z^{-2}}{1 - z^{-1}} \tag{Ec. 6}$$

$$u[k] = u[k - 1] + K_1 e[k] + K_2 e[k - 1] + K_3 e[k - 2] \tag{Ec. 7}$$

La ecuación 7 muestra la ecuación en diferencias que permite implementar la versión digital de un controlador PID, esta ecuación puede ser fácilmente programable en un microcontrolador ya que consiste simplemente de multiplicaciones y sumas, así como corrimientos si se utilizan arreglos para el manejo del error y de la salida del controlador, los coeficientes dependen de las ganancias del controlador en forma continua y del periodo de muestreo como se muestra en las ecuaciones [3-5].

**Respuesta en frecuencia**

El comportamiento de un sistema puede obtenerse a través de un análisis de respuesta en frecuencia. Este análisis, de acuerdo con [9], consiste en excitar la entrada del sistema con una respuesta sinusoidal del tipo

$$x(t) = X \text{sen}\omega t \tag{Ec. 8}$$

Donde  $\omega$  corresponde a la velocidad angular en radianes por segundo.

Para una función de transferencia

$$G(s) = \frac{p(s)}{q(s)} = \frac{p(s)}{(s + s_1)(s + s_2) \dots (s + s_n)} \tag{Ec. 9}$$

$$Y(s) = G(s)X(s) = \frac{p(s)}{q(s)}X(s) \tag{Ec. 10}$$

$$G(j\omega) = Me^{j\phi} = M \angle \phi \tag{Ec. 11}$$

Donde  $M$  es el cociente de amplitud entre las señales sinusoidales de entrada y salida, y  $\phi$  es el ángulo de desfase entre la señal de entrada y la respuesta del sistema.

**Margen de fase y de ganancia**

Se define el margen de fase como la cantidad de retardo de fase adicional en la frecuencia de cruce de

ganancia requerida para llevar el sistema al borde de la inestabilidad.

$$\gamma = 180^\circ + \phi \quad \text{Ec. 12}$$

El margen de ganancia: Recíproco de la magnitud de  $|G(j\omega)|$  en la cual el ángulo de fase es de  $-180^\circ$ .

Frecuencia de corte: Es la frecuencia en la cual la magnitud es igual a 1. Esta frecuencia está relacionada a la velocidad de respuesta del sistema a través de la ecuación  $\tau = \frac{1}{\omega_c}$ . Donde  $t$  es la constante de tiempo de respuesta.

Como regla se considera que si el margen de fase es positivo el sistema es estable, y si es negativo el sistema es inestable. Para valores entre 30 y 45 grados se obtiene una respuesta subamortiguada, un margen de fase menor corresponde a una respuesta con menor amortiguamiento (mayor sobrepaso u oscilaciones), y mayor a una respuesta sobre amortiguada (puede ser lenta).

### Sintonización por respuesta en frecuencia

El objetivo del método consiste en encontrar los parámetros de ganancia del controlador digital que hagan que el comportamiento del sistema corresponda con el deseado de acuerdo a las condiciones de estabilidad. Se puede realizar un análisis en tiempo continuo y posteriormente discretizar el controlador para que corresponda con el esquema de la figura 1. Debido a que se desea implementar un controlador digital, analizando en tiempo continuo, el efecto del periodo de muestreo se puede aproximar mediante

$$G(s) = e^{-\frac{sT}{2}}$$

De acuerdo con [10], el método de sintonización por respuesta en frecuencia puede resumirse en los siguientes pasos.

Para el sistema que se muestra en la figura, la función de transferencia en lazo abierto está dada por la ecuación:

$$L(s) = \left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) \times K \times H(s) \times e^{-\frac{sT}{2}} \quad \text{Ec. 13}$$

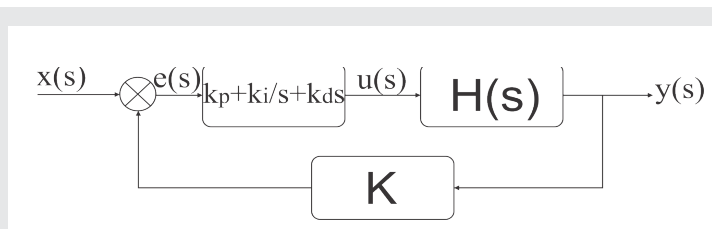


Figura 1. Esquema de control PID

a) Los objetivos están expresados en términos de la frecuencia de cruce y el margen de fase, para que se cumpla la regla de estabilidad.

$$|L(j\omega_c)| = 1 \quad \text{Ec. 14}$$

$$\Theta_m = 180^\circ + \text{Arg}[L(j\omega_c)] \quad \text{Ec. 15}$$

Usualmente, el sistema sin controlador no cumplirá con las condiciones establecidas por las ecuaciones 14 y 15, es por ello que el proceso consiste en encontrar las ganancias del modelo de PID cuya aportación ayude a satisfacer las condiciones.

El retardo asociado al muestreo tiene un magnitud unitaria, pero tiene un desfase que se encuentra mediante la ecuación.

$$\text{Arg}[e^{-\frac{sT}{2}}] = \frac{-\omega_c T}{2} \text{ rad} = \frac{-180\omega_c T}{2\pi} \text{ deg} \quad \text{Ec. 16}$$

De tal manera que las condiciones de estabilidad para el sistema de control ilustrado en la figura 1 queda expresado en las siguientes ecuaciones.

$$|(K_p + j\omega_c K_d) K H(j\omega_c)| = 1 \quad \text{Ec. 17}$$

$$\Theta_m = 180^\circ + \text{Arg}[H(j\omega_c)] + \tan^{-1}\left(\frac{\omega_c K_d}{K_p}\right) - \frac{-180\omega_c T}{2\pi} - 5^\circ \quad \text{Ec. 18}$$

$H(j\omega_c)$  y  $\text{Arg}[H(j\omega_c)]$  pueden ser calculados si la función de transferencia  $H(s)$  es conocida, por otra parte, estos parámetros también pueden ser obtenidos de forma experimental si el sistema está disponible.

b) Especifique el margen de fase  $\Theta_m$  (relacionado con el amortiguamiento) y la frecuencia de cruce  $\omega_c$  (relacionada al tiempo de respuesta mediante  $\tau = \frac{1}{\omega_c}$ ).

c) Obtenga la función de transferencia en lazo abierto  $H(s)$ , y calcule la magnitud y la fase en la frecuencia de cruce deseada.

$$A = |H(j\omega_c)| \quad \text{Ec. 19}$$

$$\alpha = \text{Arg}[H(j\omega_c)] \quad \text{Ec. 20}$$

d) Calcule el ángulo necesario para cumplir la condición de estabilidad.

$$\beta = \Theta_m - 175^\circ - \alpha + \frac{180\omega_c T}{2\pi} \quad \text{Ec. 21}$$

e) Resuelva para las ganancias Proporcional y Derivativa

$$k_p = \frac{1}{AK} \cos \beta \quad \text{Ec. 22}$$

$$k_d = \frac{1}{\omega_c AK} \sin \beta \quad \text{Ec. 23}$$

f) Determine la ganancia integral.

$$k_i = \omega_c k_p \tan 5^\circ \quad \text{Ec. 24}$$

### Plataforma de control

Para la implementación del algoritmo se diseñó un sistema automático basado en un microcontrolador PIC18F4550, este microcontrolador se utilizó para el desarrollo de la plataforma ya que cuenta con un módu-



lo USB 2.0 que se utilizó para la comunicación con una interfaz en computadora. Además entre los microcontroladores de 8 bits, a diferencia de otros semejantes, cuenta con un multiplicador por hardware de 8 bits lo que permite desarrollar operaciones a mayor velocidad, puede trabajar hasta 48 MHz, es posible configurar su pwm con una resolución de 10 bits y finalmente está disponible de forma comercial tanto en formato DIP como de montaje superficial. La plataforma desarrollada se resume en el esquema que se muestra en la figura 2.

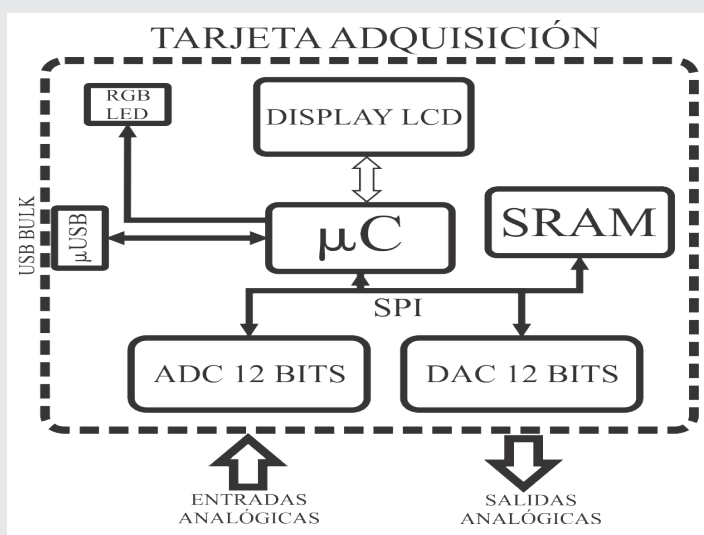


Figura 2. Esquema del sistema de adquisición

El microcontrolador utilizado es un pic18f4550, el convertidor analógico - digital es un MCP3208, el convertidor digital a analógico es un MCP4902, y la memoria SRAM es una 23LC1024, sus principales características se muestran en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Datos del ADC

MCP3208	
Número de bits	12 bits
Protocolo	SPI
Frecuencia de muestreo	100 kSPS
Canales	8
Voperación	2.7 - 5.5 V

Tabla 2. Datos del DAC

MCP4902	
Número de bits	12 bits
Protocolo	SPI
Tiempo de establecimiento	4.6µs
Canales	2
Voperación	2.7 - 5.5 V

Tabla 3. Datos memoria SRAM

23LC1024	
Número de bits	128k×8bit (1 Mbit)
Protocolo	SPI
Velocidad de reloj	20 MHz
Modo de operación	Byte, página y secuencial
Voperación	2.7 - 5.5 V

El sistema se desarrolló en una tarjeta de circuito impreso de dos capas, el cual se muestra en la figura 3.

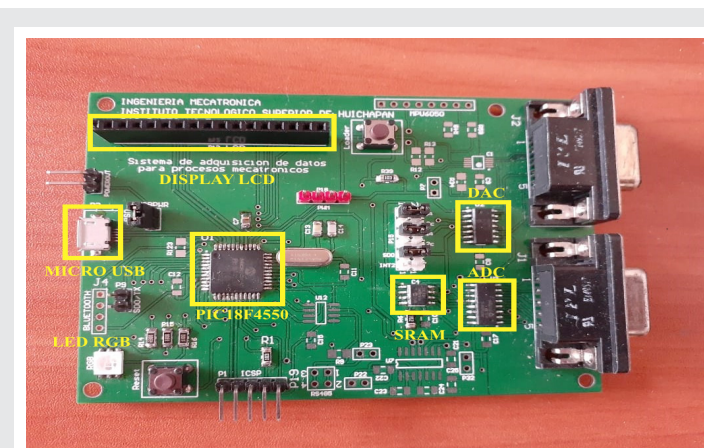


Figura 3. Sistema de adquisición de datos

## Conexión USB Bulk

La conexión USB Bulk se realizó a través del módulo usb del pic18f4550. Este módulo soporta cuatro tipos de transferencias definidas en el protocolo USB.

**Asíncrono:** Provee un método de transferencia para grandes cantidades de datos, con un tiempo de entrega asegurado, sin embargo, la integridad no está asegurada.

**Bulk:** Permite una gran cantidad de datos para ser entregados, sin embargo, el tiempo de entrega no está asegurado.

**Interrupción:** Este tipo provee tiempo de entrega asegurado para pequeños bloques de datos más integridad asegurada.

**Control:** Este tipo es para control de dispositivos.

Para el desarrollo de esta plataforma se consideró el uso del modo bulk, ya que garantiza la integridad de los datos, y aunque el tiempo de entrega no está totalmente garantizado, usualmente permite una escritura y lectura cada milisegundo hacia la computadora. Además, el puerto USB es utilizado para la transferencia de datos, pero el controlador se ejecuta en el microcontrolador.

La integración de la plataforma al sistema de control se muestra en la figura 4, como puede observarse la tarjeta de adquisición de datos se conecta a la planta y a través de usb hacia una computadora para la transferencia de datos. La plataforma permite enviar los datos necesarios hacia la computadora.

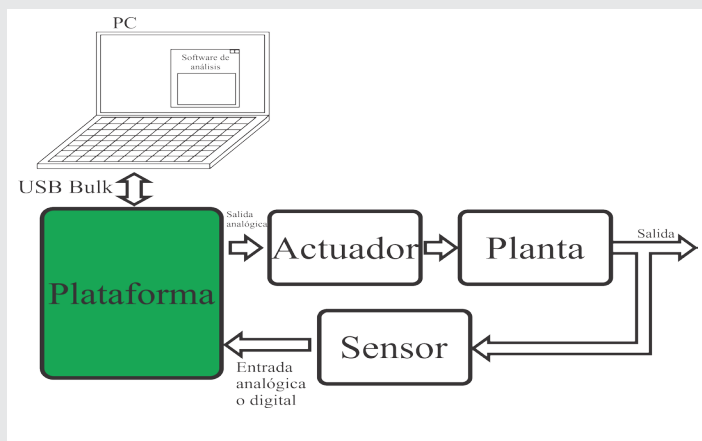


Figura 4. Integración de la plataforma

## RESULTADOS

Se desarrolló un software de comunicación con una computadora personal que se muestra en la figura 5.

El software permite la configuración de los parámetros del controlador PID, realiza la discretización de las constantes y permite configurar el periodo de muestreo. El microcontrolador ejecuta el algoritmo de control PID y envía diferentes variables a la com-

putadora para ser analizados. Para probar el funcionamiento de la plataforma de hardware-software se utilizó un sistema de control de velocidad que se muestra en la figura 6, donde se utiliza un motor como sistema y un motor encontrado utilizado como sensor de velocidad.

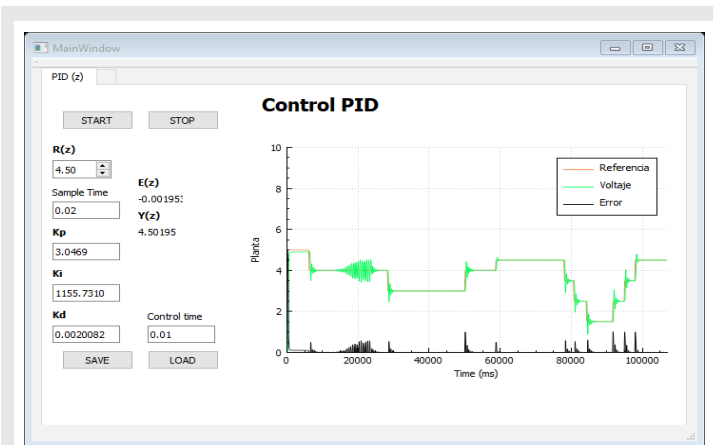


Figura 5. Interfaz de configuración para computadora personal.

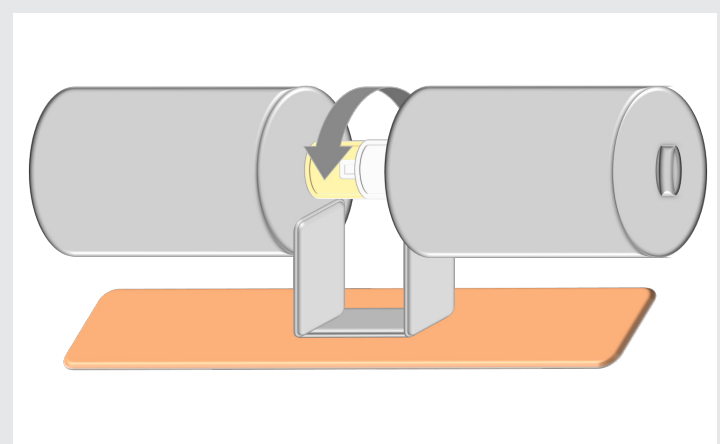


Figura 6. Sistema de control de velocidad de un motor de CD.

El controlador se probó a diferentes periodos de muestreo, alcanzando un máximo de 1 KHz para obtener comunicación en línea con el software en computadora. Los resultados obtenidos se muestran en la figura.

Para obtener los parámetros de sintonización del sistema, descritos en la metodología se realizaron pruebas tanto con equipo de laboratorio como con la plataforma desarrollada. El esquema de prueba se muestra en la figura 7.

Los motores utilizados son motores de marca generica a 20 Volts de alimentación, como actuador se utilizó un servoamplificador marca Crouzet BDE Pro 84855104, y para la identificación se utilizaron un generador y un osciloscopio, como la plataforma desarrollada.

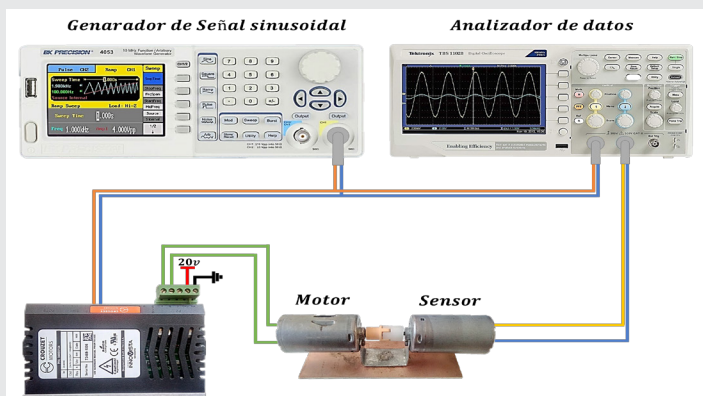


Figura 7. Esquema de prueba para identificación del sistema

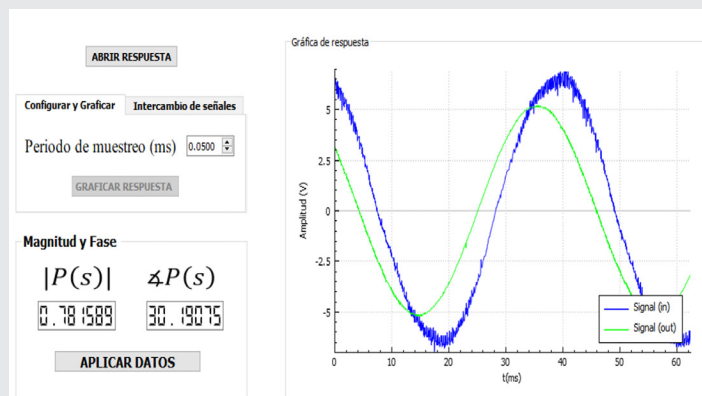


Figura 11. Obtención de magnitud y ángulo de desfase.

En las figuras 8-10 se muestran los resultados obtenidos de respuesta para diferentes frecuencias. La señal graficada en azul es la señal que se inyecta al sistema, la señal roja es la respuesta del sistema. Como puede observarse la frecuencia de la respuesta es la misma que la de la señal de entrada, pero existen cambios tanto en la magnitud como en la fase. Estos parámetros son estimados como se muestra en la figura 11, para aplicar el algoritmo de sintonización y obtener las ganancias del controlador que cumplen las condiciones de estabilidad.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en pruebas realizados en un rango de frecuencias (tiempos de respuesta).

Tabla 4. Identificación del sistema

Magnitud y fase de la planta		
Frecuencia	Magnitud	Fase (deg)
3 Hz	1.2791	-30.0008
6 Hz	0.9790	-51.4673
9 Hz	0.7257	-65.0047
12 Hz	0.5548	-73.9933
15 Hz	0.4402	-81.1480
18 Hz	0.3586	-86.0032
21 Hz	0.3076	-87.9338
24 Hz	0.2751	-92.8680

El método de sintonización sugiere hacer pruebas en un rango de frecuencias para obtener la respuesta adecuada. Aplicando el método en un rango de frecuencias entre 21 hasta 30 Hz, se obtuvieron las ganancias para el controlador que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Ganancias para diferentes parámetros de sintonización

Ganancias del controlador			
$\Theta$	kp	ki	kd
35	4.4122	551.4470	0.0002669
45	4.2796	534.8802	0.0007955
60	3.8396	479.8894	0.0018
75	3.1380	391.7517	0.0022

Al enviar estas ganancias a través del software hacia el sistema se obtuvieron las respuestas del sistema que se muestran en las siguientes figuras. Se agregan respuestas obtenidas a través de otros parámetros para mostrar cómo es posible cambiar el comportamiento del sistema al cambiar los parámetros de sintonización.

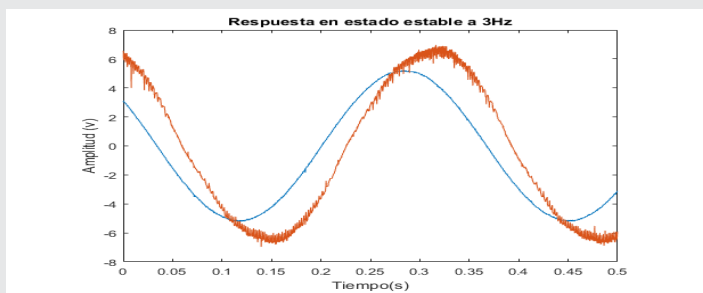


Figura 8. Respuesta obtenida a 3 Hz.

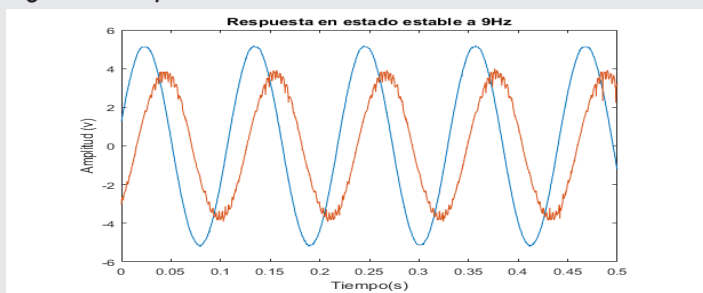


Figura 9. Respuesta obtenida a 9 Hz.

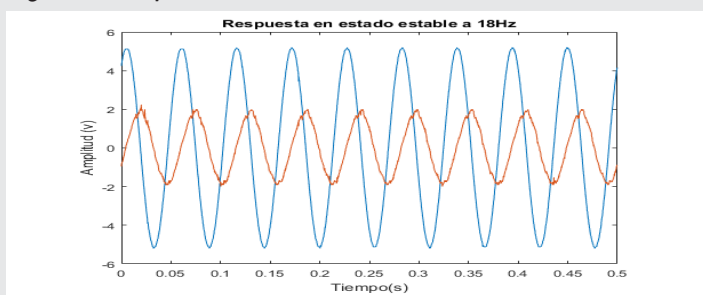


Figura 10. Respuesta obtenida a 18 Hz.

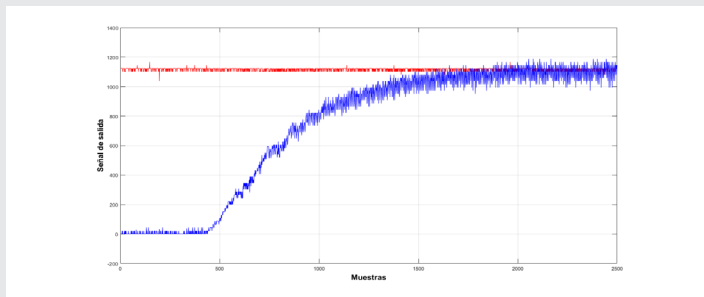


Figura 12. Margen de fase mayor a 60°.

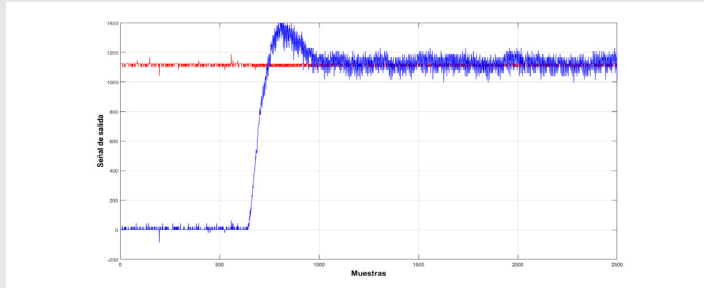


Figura 13. Margen de fase de 35°

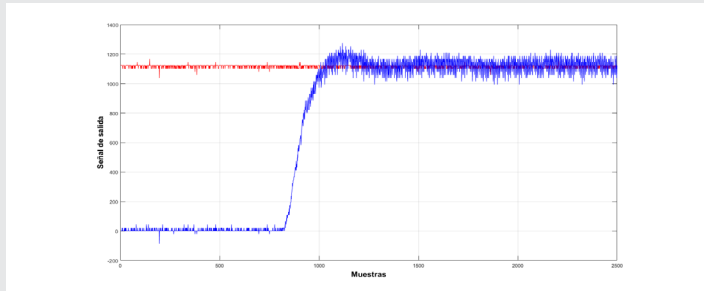


Figura 14. Margen de fase de 45°

Como puede observarse en las figura 12-14, al variar los parámetros de sintonización (en este caso el margen de fase) se obtienen diferentes respuestas del sistema, además la plataforma permite implementar el controlador y almacenar los datos de la respuesta para analizar su desempeño.

## CONCLUSIONES

Se presentó una plataforma que consiste en un sistema de adquisición de datos y un software para implementar un sistema de control. Para probar la funcionalidad se implementó un sistema de control de velocidad sintonizado por respuesta en frecuencia, me demostró que tanto el algoritmo como la plataforma permiten implementar el algoritmo de control PID en el sistema mostrado, de igual manera se mostró que es posible variar los parámetros de sintonización para ver los efectos en el sistema. Se obtuvo una velocidad de muestreo de 1 KHz para la transferencia de datos en línea, sin embargo, se integró una memoria SRAM para adquisición de datos y posteriormente la descarga de los datos. La plataforma se utilizará para implementar y validar otros esquemas de control, aprovechando la velocidad de transferencia de información que ofrece el usb y la seguridad en la entrega de datos. El proyecto es distribuido por el Instituto Tecnológico Superior de Huichapan y está disponible para quien desee utilizarlo y/o adaptarlo a su aplicación.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por financiar parte de este proyecto a través de la Convocatoria 2019: Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en los Programas Educativos de los Institutos Tecnológicos Federales, Descentralizados y Centros.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Rivera Flores, D. E. (2007). Una metodología para la identificación integrada con el diseño de controladores IMC-PID. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 4(4), 5,18.

[2] Jaen-Cuellar, A. Y., de J. Romero-Troncoso, R., Morales-Velazquez, L., & Osornio-Rios, R. A. (2013). PID-Controller Tuning Optimization with Genetic Algorithms in Servo Systems. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 10(9), 324.

[3] Angel, L., & Viola, J. (2015). Design and statistical robustness analysis of FOPID, IOPID and SIMC PID controllers applied to a motor-generator system. *IEEE Latin America Transactions*, 13(12), 3724-3734.

[4] Angel, L., Viola, J., & Vega, M. (2019). Hardware in the loop experimental validation of PID controllers tuned by genetic algorithms. *2019 IEEE 4th Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)*.

[5] Joseph, A., & Vasanthi, D. (2019). Performance Analysis of PID Control Loops in Desalination Process using LabVIEW. *2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*.

[6] Peng, Z. (2019). PID Control of Temperature and Humidity in Granary Based on Improved Genetic Algorithm. *2019 IEEE International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems (ICPICS)*.

[7] Meslouli, I., Cherigui, N., Sedini, C., Choukchou-Braham, A., & Cherki, B. (2019). Quadrotor Based Arduino Design Using PID Control. *2019 International Conference on Applied Automation and Industrial Diagnostics (ICAAID)*.

[8] Orostica, R., Duarte-Mermoud, M. A., & Jauregui, C. (2016). Stabilization of inverted pendulum using LQR, PID and fractional order PID controllers: A simulated study. *2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)*.

[9] Ogata, K., Sebastián Dormido, Raquel Dormido Canto, Mariani, A., & Al, E. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Prentice Hall.

[10] Tal, J. (1994). *Step by Step design of motion control systems (1st ed.)*. Galil Motion Control. Inc.



Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Impacto de la aplicación web OCIP3 en el proceso productivo de la empresa Dtooltek S.A. de C.V.

**RESUMEN:** En la actualidad las empresas cada vez más están en busca de adoptar el concepto de industria conectada con el propósito de ser más competitivas y poder expandir sus mercados. La industria automotriz es una de las más importantes del estado a nivel nacional e internacional, esto debido a que generan un porcentaje considerable de ingresos, además de generar empleos.

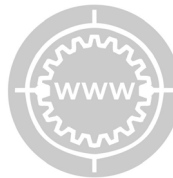
La empresa Dtooltek S.A. de C.V. se dedica al diseño y fabricación de herramientas, refacciones y autopartes para la industria automotriz, requiere llevar el seguimiento específico al proceso de producción de una pieza.

El proyecto se ha desarrollado bajo la metodología RUP, es un proceso de software que puede ser utilizado para una gran cantidad de tipos de sistemas de software, para diferentes áreas de aplicación, diferentes tipos de organizaciones, diferentes niveles de competencia y diferentes tamaños de proyectos.

El desarrollo e implementación de ésta aplicación web ha podido recabar información en tiempo real de manera automática, se genera solo la información necesaria y los departamentos ahora tienen un mejor control de ésta, se ha optimizado el tiempo de producción de una pieza y se ha disminuido el uso de recursos de papelería.

Lo anterior se puede apreciar en la reducción de los tiempos de entrega, se logró una reducción en un 75%; así como el logro del control de las piezas producidas en un 85% ya que la aplicación web tiene un control preciso de las fases que conlleva el proceso de producción.

Se logra en un 95% el control de los materiales utilizados en el proceso de fabricación de las piezas.



**Colaboración**  
Guadalupe Robles Calderón; Raúl Mora Reyes, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; Genaro Eduardo Romero Peralta, Dtooltek S.A. de C.V.

**PALABRAS CLAVE:** aplicación web, software, industria conectada, piezas, control, producción.

**ABSTRACT:** Nowadays, more and more companies are looking to adopt the concept of connected industry in order to be more competitive and to be able to expand their markets. The automotive industry is one of the most important in the state at a national and international level, this because they generate a considerable percentage of income, in addition to generating jobs.

The company Dtooltek S.A. de C.V. is dedicated to the design and manufacture of tools, spare parts and auto parts for the automotive industry, requires specific monitoring of the production process of a part.

The project has been developed under the RUP methodology, it is a software process that can be used for a large number of types of software systems, for different application areas, different types of organizations, different levels of competence and different sizes of projects.

The development and implementation of this web application has been able to collect information in real time automatically, only the necessary information is generated and the departments now have better control of it, the production time of a part has been optimized and it has been reduced the use of stationery resources.

The above can be seen in the reduction of delivery times, a reduction of 75% was achieved, as well as the achievement of control of the parts produced by 85% since the web application has a precise control of the phases involved in the production process.

95% control of the materials used in the parts manufacturing process is achieved.

**KEY WORDS:** web application, software, connected industry, parts, control, production.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente México es uno de los principales países productores de vehículos a nivel mundial, esto se debe al incremento en actividades relacionadas, tales como la ingeniería, diseño e investigación y desarrollo de soluciones hacia problemáticas de la industria a nivel global [1].

Es de suma importancia la industria automotriz en las economías nacionales y su papel como propulsor para el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado, han provocado que diversos países tengan como uno de sus principales objetivos el desarrollo y/o fortalecimiento de esta industria, tal es el caso de México y hablando más específicamente del estado de Puebla.

Actualmente las empresas se están adaptando al cambio generacional derivado del nuevo concepto llamado Industria 4.0 donde el manejo de la información es realizado de manera digital ofreciendo mejores soluciones a problemáticas presentes en las empresas, así como también crear nuevas alternativas contribuyendo a mejorar la rapidez, la disponibilidad de la información en cualquier momento y el cualquier lugar logrando con lo anterior tener a la industria conectada [2].

La empresa Dtooltek es joven respecto a su competencia y ha optado por adoptar el concepto de industria conectada dentro de sus procesos debido es que se encuentra en pleno crecimiento, es por eso que se ha optado por desarrollar una solución a una problemática real en el sector automotriz dentro de esta empresa, donde se podrá fomentar el crecimiento de soluciones de software y mejorando así la calidad de los productos elaborados en el país, contribuyendo a la economía nacional y al desarrollo de nuevas tecnologías.

### Problema de investigación

Actualmente la empresa Dtooltek dedicada a la elaboración de troqueles, lleva un seguimiento al proceso de fabricación de una pieza mediante hojas de cálculo a las cuales se les conoce internamente en la empresa como "avance", se anotan las diferentes etapas, fechas, máquinas y departamentos por los que tiene que pasar una pieza desde el inicio de fabricación hasta su completa realización y entrega al cliente. Esto provoca que el monitoreo de una pieza en específico consume tiempo, debido a que cada pieza es única y sus datos siempre son distintos.

El supervisor de producción debe revisar las piezas que están en espera y cuales están en producción, tiene como tarea anotar en hojas de cálculo (avance) en que parte del proceso se encuentra una pieza, posteriormente estas se imprimen para servir como una referencia visual para todos los demás departamentos involucrados en la elaboración de una pieza.

Cabe mencionar que esta información generada es recabada por los diferentes departamentos, pero cada departamento maneja los datos de manera aislada, provocando que la toma de decisiones sea más difícil además de que no existe una correcta comunicación entre departamentos y los clientes de la empresa.

Es importante recalcar que el realizar todo el proceso de fabricación de una pieza anteriormente genera tiempo perdido, se pueden producir algunos errores y esto impacta directamente en la productividad. No se genera información en tiempo real, debido a que está dispersa y por lo tanto tiene un mayor grado de inconsistencia al momento de recabarla para algún reporte.

El proceso de fabricación de una pieza inicia cuando se genera una orden de trabajo, el estatus de una pieza se ve reflejado en el avance, este abarca desde que se genera la orden de trabajo, pasando por sus diversos procesos de producción hasta que la pieza es entregada al cliente, esta metodología se lleva a cabo en hojas de Excel y en documentos de Word.

Cuando se genera una nueva orden de trabajo los empleados comunican a los otros departamentos verbalmente, por lo que deben acudir a los otros departamentos perdiendo tiempo de productividad para la empresa.

El monitoreo de una pieza es importante debido a que de esta forma se puede notar cuando surge algún inconveniente, verificar si la pieza cambió de área, se modificó, o simplemente saber su estatus hasta que esté lista para entregarse al cliente, esto provoca una gran pérdida de tiempo en producción y en las metodologías internas de la empresa.

Por lo tanto, se planteó desarrollar e implementar una aplicación web, la cual recogerá datos del usuario, los enviará al servidor, que ejecutará un programa y cuyo resultado será formateado y presentado al usuario en el navegador [3], lo anterior para poder optimizar las metodologías de producción internas, centralizar la información, brindar información en tiempo real y reducir el tiempo de producción, así como también los errores que surgen en el proceso. Ante la situación descrita anteriormente surge la siguiente pregunta de investigación:

¿El desarrollo e implementación de una aplicación web podrá optimizar y automatizar el proceso de producción a través de información generada en tiempo real de la empresa Dtooltek S.A. de C.V.?

Para poder dar respuesta a la hipótesis planteada y solución a la problemática identificada, se opta por el diseño de una aplicación web que permita optimizar y automatizar el flujo de información en tiempo real de la cadena logística de la empresa Dtooltek S.A. de

C.V. mediante el desarrollo de una aplicación web con propósito de incursionar en la Industria 4.0.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Metodología.

Para poder dar solución a la problemática identificada, se consideró a la ingeniería del software, que por definición es un tipo de ingeniería y, por lo tanto, tiene el mismo conjunto de responsabilidades sociales que todas las otras ingenierías[4], seleccionando dentro de este marco de trabajo a la metodología RUP, abreviatura de Rational Unified Process (o Proceso Unificado Racional), es un proceso propietario de la ingeniería de software creado por Rational Software, proporcionando técnicas que deben seguir los miembros del equipo de desarrollo de software con el fin de aumentar su productividad en el proceso de desarrollo.

Dicha metodología tiene 4 fases:

1. Inicio.
2. Elaboración.
3. Construcción.
4. Transición.

### Fase de inicio.

Para esta fase se consideró el proceso de producción de piezas que tiene la empresa Dtooltek, donde la información generada se encuentra dispersa entre los diferentes departamentos generando un conflicto en el flujo de información, es por lo anterior que, en esta fase se determinaron los requerimientos funcionales, los cuales son una lista completa de las propiedades específicas y la funcionalidad que debe tener la aplicación, expresada con todo detalle [5].

La determinación de requerimientos es una actividad necesaria para desarrollar una solución basada en la implementación de una aplicación web que pueda optimizar y automatizar el flujo de información, generando información en tiempo real, además de concentrar los departamentos dentro del sistema y generando reportes de estado, información sobre producción, fabricación y retroalimentación de piezas.

### Fase de Elaboración.

Una vez analizada e identificada la problemática se procedió al diseño detallado, el cual comienza con el resultado de la etapa de requerimientos y termina con el diseño de la base de datos [6]. Con el diseño del diagrama de la base de datos de la aplicación se busca satisfacer los requerimientos funcionales del sistema.

Para poder concentrar la información, se consideró el sistema gestor de bases de datos (SGBD), el cual es un software del sistema para crear y administrar bases de datos. Esta solución brinda a los usuarios y programadores una forma sistemática de crear, recuperar, actualizar y administrar su información. De acuerdo

con esto, es la forma más efectiva para detectar duplicados y garantizar la calidad de los datos [7].

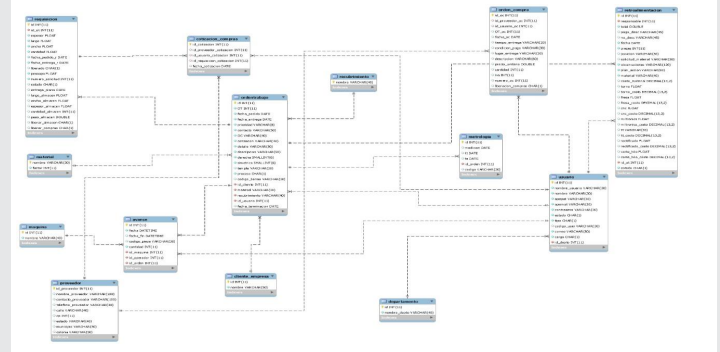


Figura 1. Diagrama de la base de datos.

Fuente: elaboración propia.

### Fase de Construcción.

En esta fase se desarrolló e implementó la aplicación web logrando mejorar los procesos de producción y el flujo de información acerca de una pieza de la empresa Dtooltek S.A. de C.V. Se han optimizado y automatizado las tareas de los departamentos acerca de la producción de una pieza a través del uso del sistema.

Durante la fase de construcción y para cuidar la calidad de la aplicación web se implementaron métricas del proceso para medir la efectividad de proceso y la secuencia de pasos, también para medir la efectividad del análisis, diseño, codificación y pruebas de requerimientos [8]. A continuación, se presentan los módulos programados, resultado del desarrollo e implementación de este proyecto.

### Módulo 1: Orden de trabajo.

El proceso de fabricación inicia cuando el departamento de cotización genera una orden de trabajo (Figura 2), se pueden agregar los ítems necesarios por cada una de las órdenes de trabajo, debido a que pueden ir desde 1 a n y cada uno representa una pieza distinta. Al guardar los datos se notifica a los demás departamentos que se ha generado una nueva orden de trabajo a través de un correo electrónico que es enviado por la aplicación.

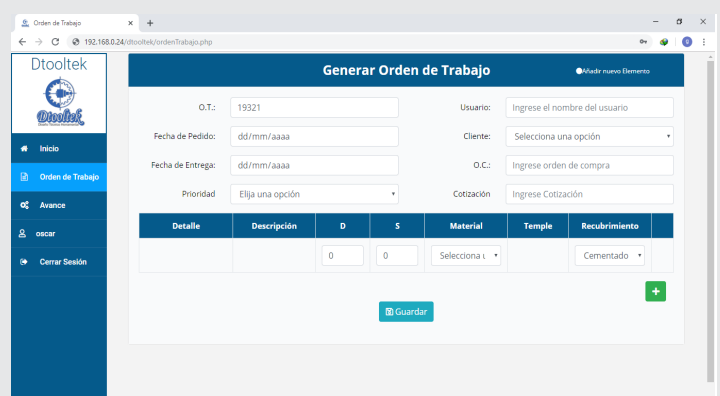


Figura 2. Interfaz Generar Orden de Trabajo

Fuente propia



### Módulo 2: Avance.

Cuando se ha registrado una orden de trabajo se puede visualizar la información de las piezas, a este concentrado de información se le denomina avance (Figura 3), se tienen tres opciones principales, el generar una hoja de procesos (Figura 4) que contiene información de cada pieza registrada, posteriormente se imprime y se entrega al departamento de producción, el reporte de orden de trabajo (Figura 5) y el estatus, una opción que muestra el avance con información generada en tiempo real (Figura 6) para visualizar en qué proceso de fabricación se encuentra la pieza.

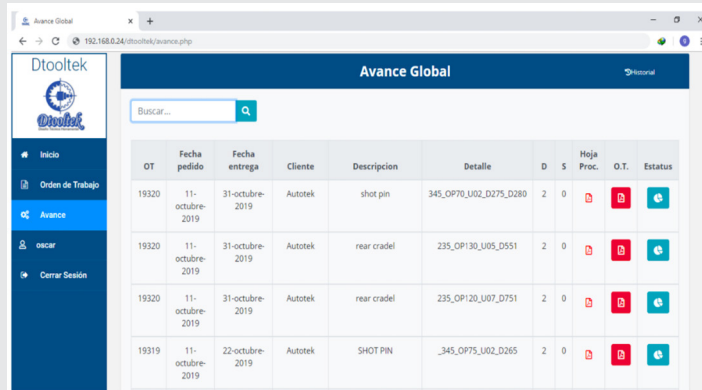


Figura 3. Interfaz Avance Informativo  
Fuente propia

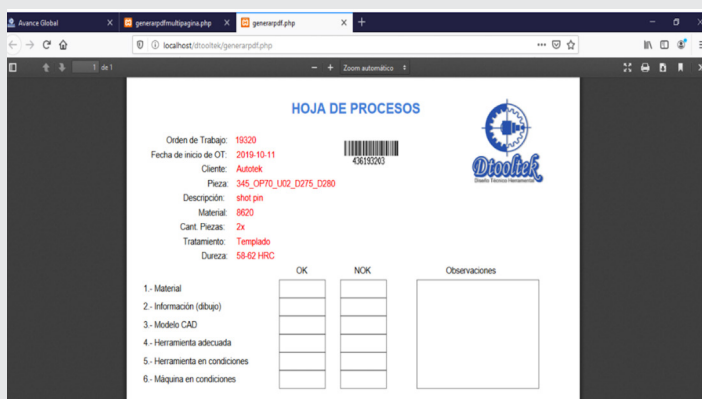


Figura 4. Interfaz Hoja de procesos formato PDF  
Fuente propia



Figura 5. Interfaz Orden de Trabajo Formato PDF  
Fuente propia

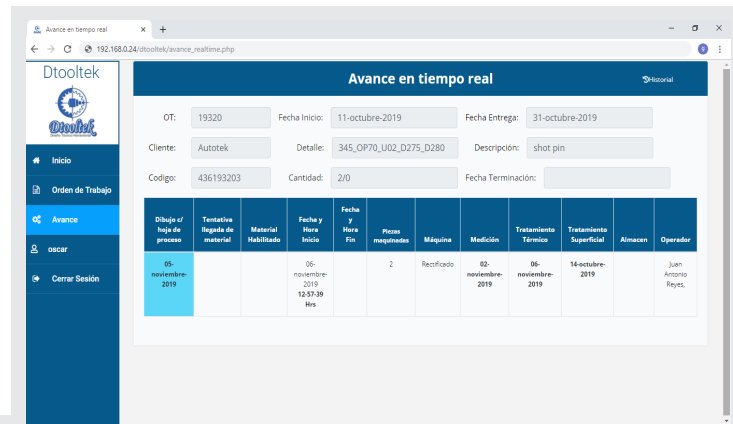


Figura 6. Interfaz Avance en tiempo real  
Fuente propia

### Módulo 3: Escanear Pieza.

Aquí se inicia el proceso referente al departamento de producción, cada vez que un operador va a iniciar a fabricar una pieza usa la hoja de procesos generada anteriormente y mediante un lector de código de barras lee el código único de la pieza (Figura 7), anotando el nombre de la máquina donde está fabricando esa pieza y la cantidad de piezas hechas.

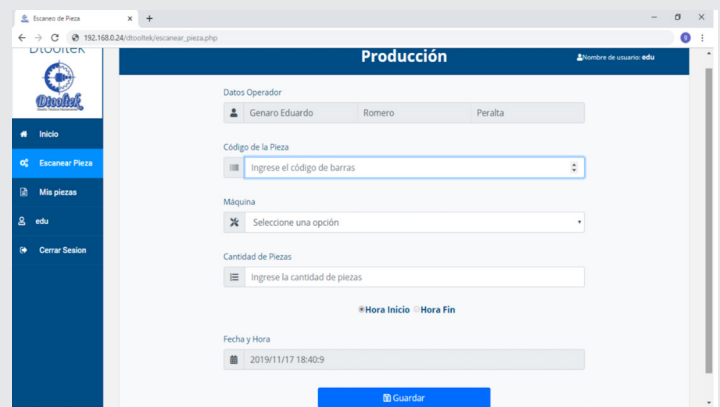


Figura 7. Interfaz de producción  
Fuente propia

Cuando un operador termina de fabricar una pieza solo vuelve a leer el código de barras y guarda la hora y fecha (Figura 8).

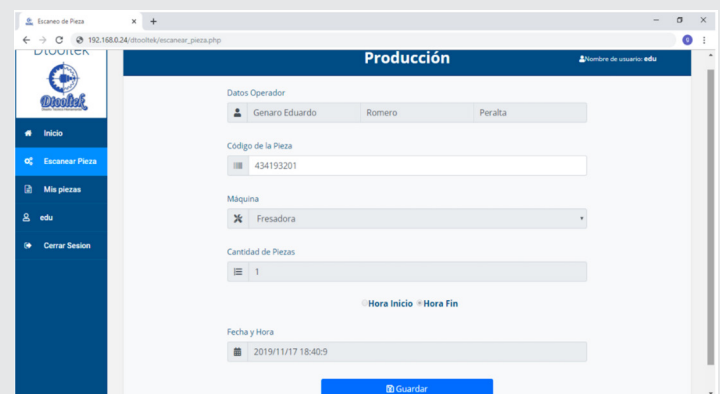


Figura 8. Interfaz Hora de terminación de una pieza  
Fuente propia

## Fase de Transición.

Al terminar de desarrollar los módulos que conforman el sistema se implementó el sistema en la empresa, a continuación, se presenta evidencia fotográfica del uso de la herramienta por parte de los empleados de la de la misma.

## RESULTADOS

Una vez probada la aplicación web, se procedió a elegir una muestra entre los empleados pertenecientes a los departamentos de cotización, ingeniería, almacén, compras, metrología, envíos y producción debido a que son quienes se involucran directamente con el proceso de producción que se pretende mejorar.

Se ha decidido darle un enfoque cuantitativo a esta investigación debido a que se espera poder medir un porcentaje de optimización y de procesos dentro de la cadena logística de la empresa Dtooltek S.A. de C.V. con respecto al desarrollo de los procesos antes del desarrollo e implementación de esta aplicación.

Se ha decidido utilizar como instrumento una encuesta diseñada en base al proceso que sigue la producción de una pieza dentro de la empresa Dtooltek S.A. de C.V. para poder analizar el proceso y cuantificar la optimización del proceso.

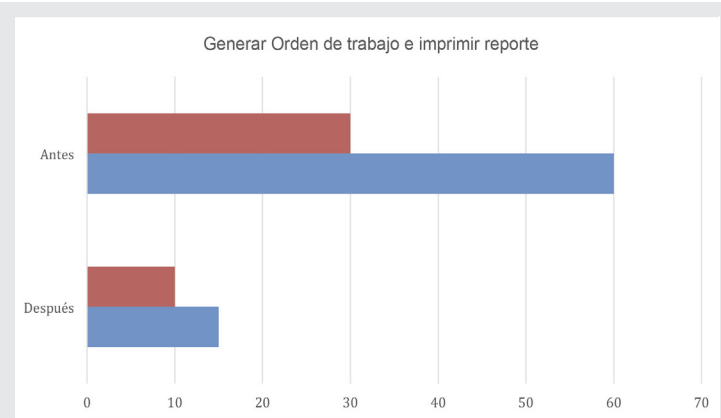
Se tomaron en cuenta los empleados de cada departamento para poder especificar que parte del proceso se busca optimizar y poder analizar los datos de una manera más fácil y rápida.

El instrumento aplicado consideró los aspectos más importantes del proceso de producción. La encuesta se aplicó de manera presencial y escrita a los empleados. Los resultados fueron evaluados y analizados para hacer un análisis de los datos.

Al terminar de aplicar el instrumento se obtuvieron los resultados y la recolección final de los datos.

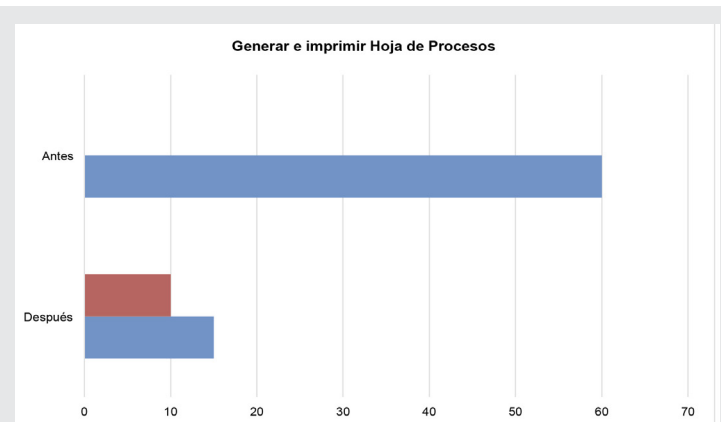
Al haber recopilado los resultados que arrojó el instrumento, se hizo un análisis acerca de estos, se pudo observar que los procesos redujeron su tiempo considerablemente y otras tareas se automatizaron.

El proceso de generar una orden de trabajo e imprimir su reporte fue optimizado en gran medida debido a que con base a la Gráfica 1, el tiempo en que se registraban los datos de una orden de trabajo y se hacían los reportes e impresión de los mismos tomaba un tiempo de alrededor de 30 a 60 minutos ahora solo toma de 10 a 15 minutos el llevar a cabo esta tarea.



Gráfica 1. Resultados Generar OT y reporte  
Fuente propia

Anteriormente el realizar el avance de las piezas era un proceso donde se recopilaba a mano los datos de una pieza y se mandaban a una hoja de Excel para posteriormente imprimir el documento que era un compuesto de aproximadamente 9 hojas, tomando esta tarea alrededor de 2 horas antes de la implementación de la aplicación web, según los resultados observados en la Gráfica 2 esa tarea ahora esta automatizada casi por completo según la opinión de los empleados, debido a que esa recopilación se hace de manera automática y la visualización ahora es a través del sistema.

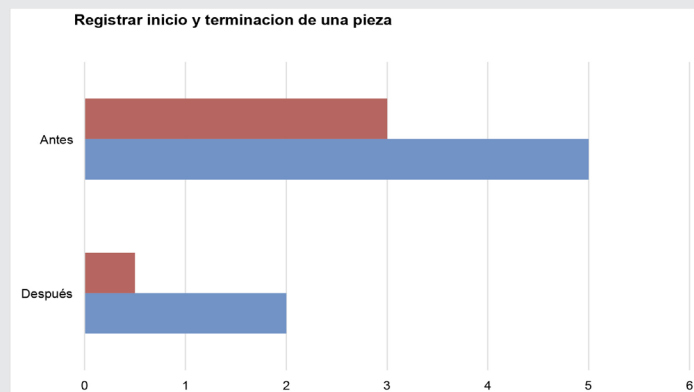


Gráfica 2. Generar e imprimir hoja de procesos  
Fuente propia

Cada vez que se generaba una orden de trabajo se debía hacer una hoja de procesos para cada pieza, esta tarea se realizaba manualmente con un tiempo estimado de 1 hora o más por cada Orden de trabajo, pero ahora esa tarea se hace de manera automática y el tiempo que consume es para imprimir el formato con un tiempo estimado de entre 10 y 15 minutos (Gráfica 2) según el promedio de 20 piezas por orden de trabajo.

Un operador debe registrar información relacionada a la pieza que va a fabricar, tal como la hora de inicio y terminación, sus datos personales y la maquina en que la hizo, este proceso se hacía anteriormente de manera manual, pero ahora mediante la aplicación

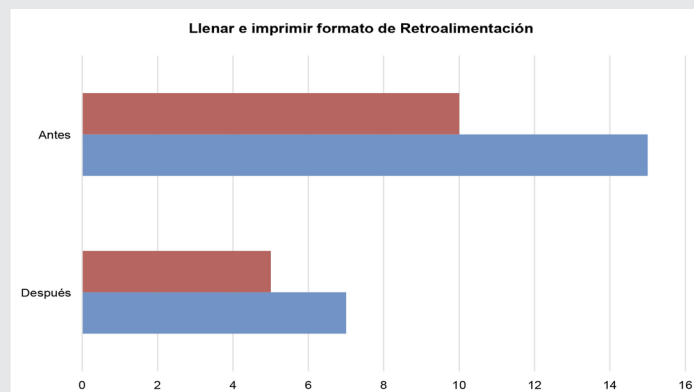
web solo con leer el código de barras de la pieza se registran automáticamente los datos, según la Gráfica 3 esto consumía un tiempo aproximado de 3 a 5 minutos, pero ahora solo toma de medio minuto a 2 minutos.



Gráfica 3. Resultados Registrar inicio y terminación de fabricación de una pieza. Fuente propia

Se tiene que solo algunas piezas van a un proceso denominado tratamiento, este proceso se anotaba de manera manual en el avance, tomando un tiempo aproximado de 10 a 15 minutos por pieza según la Gráfica 1, pero ahora este proceso solo requiere de anotar el código de las N piezas que se manden a tratamiento, por lo que consume un tiempo aproximado de 1 a 5 minutos según la Gráfica 2.

El proceso de producción de una pieza conlleva otros subprocesos que pueden provocar errores, cuando esto sucede se llena un formato y se genera un reporte de la retroalimentación que tiene esa pieza, esta tarea antes consumía un tiempo aproximado de 10 a 15 minutos, ahora solo toma de 5 a 7 minutos realizar este procedimiento según la Gráfica 4.



Gráfica 4. Resultados Formato de Retroalimentación Fuente propia

Debido a lo analizado anteriormente se puede obtener una respuesta respecto a lo planteado en un principio, se ha optimizado y automatizado el flujo de información de los procesos de producción de una pieza de esta empresa a través del uso de esta aplicación.

Lo anterior se puede apreciar en la reducción de los tiempos de entrega, se logró una reducción en un 75%, así como el logro del control de las piezas producidas en un 85% ya que la aplicación web tiene un control preciso de las fases que conlleva el proceso de producción.

Se logra en un 95% el control de los materiales utilizados en el proceso de fabricación de las piezas.

### CONCLUSIONES

Se puede concluir satisfactoriamente que el proyecto logró cumplir los objetivos planteados, el más importante, con la implementación de la aplicación web se lleva el proceso producción de una pieza de forma más óptima y está automatizado, esto ha provocado que el generar reportes de manera automática reduzca considerablemente los tiempos de elaboración.

Gracias al uso de la aplicación web, los operadores pueden tener un mejor control de las piezas que fabrican, tienen acceso a la información en tiempo real por lo que la comunicación con los demás departamentos se lleva a cabo de una manera más rápida y eficiente, los errores que surgen en producción son dados a conocer de manera automática por lo que se facilita la toma de decisiones, además de que se redujo el uso de hojas de papel puesto que anteriormente se visualizaba la información en hojas impresas, los departamentos reciben notificaciones al instante lo que agiliza aún más el proceso de fabricación.

También se puede concluir que, el proceso principal que fungía guía para la producción de piezas se adaptó para que el sistema pudiera reunir toda esa información en tiempo real y de manera más sencilla. Las necesidades de cada departamento fueron cubiertas por el sistema, lográndose adaptar a la infraestructura.

El desarrollo de software fue retroalimentado y tomado en cuenta para su diseño final, la información se encuentra centralizada en una base de datos facilitando el control de información.

Se concluye que el objetivo de optimizar y automatizar el flujo de información en tiempo real de la cadena logística de la empresa Dtooltek S.A. de C.V. mediante el desarrollo de una aplicación web fue alcanzado con éxito, es perceptible dentro de la logística de la empresa y por los trabajadores que han dicho comentarios positivos con base al uso de esta herramienta. Con el desarrollo de este proyecto se ha explorado un proceso único referente al sector automotriz donde una aplicación web ha podido aprovechar al máximo su estructura y funcionalidad generando un óptimo control en la producción en tiempo real, además de generar una toma de decisiones más eficiente y reducir el porcentaje de error de fabricación.

Se considera que este proyecto tiene un gran impacto debido a que la industria automotriz es una unidad económica y generadora de empleo fomentando la incorporación de nuevas tecnologías aportando a la transición que se vive actualmente en las industrias.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Enrique Chavacano Mendoza, Director General de la empresa Dtooltek S.A. de C.V., por las facilidades otorgadas para llevar a cabo el presente proyecto, así como al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado para la realización del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] O. Almaraz. *Sistema de información para la venta de refacciones automotrices*. Texcoco, Edo de México: Centro Universitario UAEM, 2012.

[2] A. Chóez, A. *Diseño y desarrollo del sistema web para la gestión del abastecimiento de repuestos automotrices*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Licenciatura en Sistemas de Información, 2018.

[3] C. Jaimez. *Programación de Web Dinámico*. México D.F.: Universidad Autónoma de Cuajimalpa, 2015.

[4] E. Braude. *Ingeniería de software - una perspectiva orientada a objetos*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. 2003.

[5] B. Bruegge, & D. Allen. *Ingeniería de software orientado a objetos*. México: Pearson Education, 2002.

[6] M. Rouse, M. *Bases de Datos*. Obtenido de datacenter: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Base-de-datos>, 2019.

[7] R. Marín, R. *Sistemas Gestores de Bases de Datos*. Obtenido de revista digital: <https://revista-digital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>, 2019.

[8] M. Piattini, F. García, J. Garzás, & M. Genero. *Medición y Estimación del Software: Técnicas y Métodos para Mejorar la Calidad y la Productividad*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2008.



Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Desarrollo de una herramienta informática para la gestión administrativa de servidores virtuales privados

**RESUMEN:** En este artículo, se plasma el trabajo interdisciplinario de la Maestría en Sistemas Computacionales con apoyo del CONACYT, impartida en el Instituto Tecnológico de Acapulco. El artículo tiene por meta presentar el desarrollo utilizando las diferentes tecnologías de programación web como lo es el framework ASP.NET Core y en framework Vuetify para el diseño de la aplicación web, que permita la gestión administrativa de VPS (Servidores Virtuales Privados). Se hace mención a que este artículo forma parte de una serie de trabajos siendo el tercero de estos, el cual, da seguimiento a un artículo previo titulado: Diseño de una herramienta para la gestión administrativa de servidores virtuales privados [1].

**PALABRAS CLAVE:** ASP .NET, Framework, MVC, SPA, UML, VPS, Vuetify

**ABSTRACT:** In this article, the interdisciplinary work of the Master in Computer Systems with the support of CONACYT, taught at the Technological Institute of Acapulco, is captured. The aim of the article is to present the development using the different web programming technologies such as the ASP.NET Core framework and the Vuetify framework for the design of the web application, which allows the administrative management of VPS (Virtual Private Servers). It is mentioned that this article is part of a series of works being the third of these, which follows up on a previous article entitled: Design of a tool for the administrative management of private virtual servers.

**KEYWORDS:** ASP .NET, Framework, MVC, SPA, UML, VPS, Vuetify



## Colaboración

Ángel Rodríguez Rayo; Alma Delia de Jesús Islao; Eduardo de la Cruz Gámez; Rafael Hernández Reyna, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Acapulco

## INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se aborda principalmente el desarrollo de una herramienta para la gestión administrativa de servidores virtuales (VPS, del inglés Virtual Private Server), que es una aplicación web para gestionar la información relacionada con servidores virtuales privados y los clientes responsables de dicho servicio, herramienta que notificará vía correo electrónico de forma automática cuando su periodo de pago esté por finalizar y así evitar la suspensión de su servicio. El proyecto se propone a una empresa dedicada a proveer soluciones de comunicación en el municipio de Acapulco de Juárez del estado de Guerrero, encargada de la virtualización de servidores de cómputo para el almacenamiento de datos y/u operación de aplicaciones para una gran variedad de empresas, debido a que en la actualidad es mucho más rentable que poseer un servidor físico y sus instalaciones correspondientes, con esta herramienta se busca evitar el atraso de los pagos correspondientes en los servidores virtuales privados.

## Antecedentes

La organización donde propondremos nuestra herramienta es BTU, una empresa dedicada a proveer soluciones de comunicación, tanto al ramo empresarial como usuarios particulares. Estas soluciones de comunicación abarcan desde Servicios de Acceso a Internet, como Instalación y configuración de redes LAN y WAN cableadas e inalámbricas, redes privadas virtuales (VPN's), cableado estructurado (UTP y Fibra óptica), soluciones de seguridad (Firewalls, Cámaras de Vigilancia IP, Controles de Acceso) y Servidores Virtuales Privados (VPS).

La compañía tiene el reconocimiento de proveer servicios de muy buena calidad en los diferentes ámbitos que maneja, cuenta con una disponibilidad del 99.73% ya que proporciona un soporte técnico de veinticuatro horas los siete días de la semana. Sin embargo, a lo largo del tiempo que la empresa ha proporcionado estos servicios se ha presentado una problemática, muchos de sus clientes no realizan el pago de su factura en tiempo y forma.

Para la empresa esto genera problemas, principalmente de forma administrativa, y a su vez problemas de credibilidad. Genera problemas de forma económica debido a todos los gastos con los que tiene que cumplir para seguir subsistiendo.

Por estas razones la empresa al detectar que cierto número de clientes no ha realizado el pago de sus servicios notifica por correo electrónico uno por uno de los clientes de cualquier servicio que está por terminarse el plazo para realizar el pago de su factura, en la gran mayoría de las personas que son notificadas no dan respuesta alguna por lo cual se decide suspender el servicio, ya sea Servidor Virtual Privado, Cuentas de correo, Pago de Hosting Web, Pago de dominio Web, Enlaces de internet dedicados y enlaces domésticos. Para esto hay que identificar qué servicio es el que se le provee a la persona y proceder a suspenderlo.

Esta acción suele generar un impacto negativo en muchos clientes, se comunican al área de soporte para reportar el servicio y argumentando mala calidad, o mencionando por qué no se les avisó antes si se iba a realizar algún mantenimiento, diciendo que su servicio no puede estar fuera de línea que es lo que utilizan para trabajar día a día, molestos comentan que no era la primera vez que sucede y se genera un problema mucho más grande de lo que en realidad había sucedido.

A estos clientes se les notifica que han sido suspendidos debido a que no se recibió el pago de su factura, se les comenta que fueron notificados mediante correo electrónico en al menos dos ocasiones en diferentes días al área o persona encargada de realizar los pagos, se les notifica que el periodo para realizar su depósito está por finalizar y de no subsanarse el servicio se verá suspendido.

El área donde ocurre principalmente esta problemática es el la de Servidores Virtuales Privados, razón por la cual la herramienta se enfoca en ellos.

### Planteamiento del problema

En BTU actualmente no se cuenta con un sistema que controle la disposición de sus servicios mediante la realización de un pago en tiempo y forma, el no contar con esta plataforma ha concedido la oportunidad para que se generen malos entendidos entre los clientes y la compañía, así como problemas administrativos dentro de la misma, viéndose obligada a utilizar recursos de otras áreas para subsanar otros gastos.

Es importante atender este problema ya que es de gran importancia para la empresa, porque la generación de este tipo de conflictos puede repercutir para el futuro, ya sea que el cliente busque otro proveedor, no contrate más servicios con la empresa o simplemente siga prolongando sus pagos. Para la empresa

es un tema de alta relevancia el cuidar su imagen y no perder clientes, ya que esto no atrae a nuevos posibles clientes.

El problema en esta empresa es que no se incorporó desde un inicio este software y no se generó esta norma desde un comienzo, probablemente por el hecho de que no es una empresa muy grande o con renombre como otras que existen en la actualidad y brindan este servicio, que cortan de inmediato el servicio al no recibir el pago acordado, el principal objetivo fue adquirir clientes y hacer crecer esta infraestructura, aún no es una infraestructura tan grande como la de otras compañías y se empiezan a generar este tipo de problemas, la razón por la cual se busca dar solución a este problema.

El problema identificado comienza desde el envío por operador de notificaciones por medio de correo electrónico, las cuales se envían faltando cinco y dos días para concluir con el límite del periodo para realizar su pago, suspender el servicio de forma manual, en donde el personal administrativo se comunica con el área de soporte técnico cada vez que desea suspender un servicio, notificación de que el equipo ha sido suspendido por falta de pago, y volver a notificar cuando el servicio ha sido reactivado.

### Propuesta de solución

Por lo tanto, en el presente artículo se propone desarrollar una herramienta que ayude a notificar vía correo electrónico de forma automática a los clientes que cuenten con el servicio de servidor virtual privado, la intención fundamental de esta aplicación web es evitar llegar al nivel de suspender un servidor virtual por falta de pago y evitar malos entendidos entre la compañía y el cliente.

La herramienta propuesta es una solución que consta de tres proyectos relacionados entre sí, esto para generar capas de abstracción entre los datos, entidades y las reglas de negocio del software.

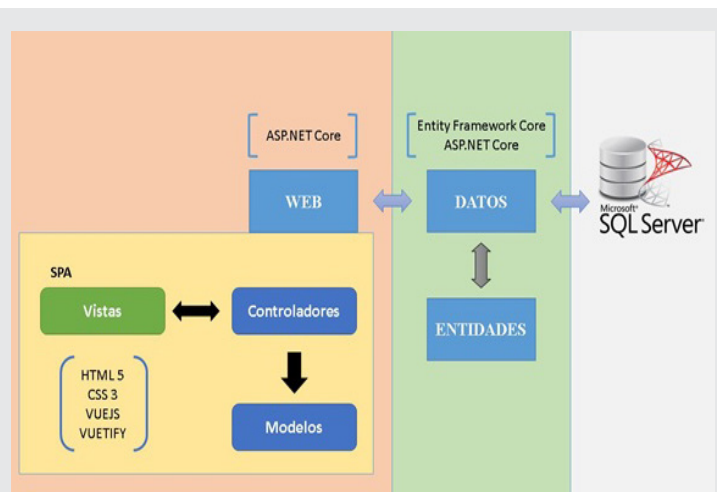


Figura 1. Arquitectura de la herramienta propuesta.

El gestor de base de datos a emplear en el desarrollo de este proyecto será SQL Server, se puede utilizar SQL Server 2008 en adelante hasta la versión más reciente, la versión que utilizaremos es la de SQL Server 2017.

En el proyecto Datos, esta será la capa que interactúe con la base de datos, aquí estarán las referencias a Entity Framework y la referencia al gestor de base de datos con el que se va a trabajar. Para nuestro proyecto utilizaremos la referencia a SQL Server.

Entidades, en esta capa se encuentran las clases que definen el modelo de datos, aquí tendremos una clase por cada tabla de la base de datos.

Por último nuestro proyecto Web, en esta capa tendremos todo nuestro proyecto web utilizando el patrón MVC. Este patrón arquitectónico separa una aplicación en tres grupos principales de componentes, que son los modelos, las vistas y los controladores, permitiendo la separación de las preocupaciones. Con este patrón las solicitudes de los usuarios se enrutan en un controlador que es responsable de trabajar con el modelo para realizar acciones de usuario y/o recuperar resultados de consultas. El controlador elige la vista que le mostrará al usuario y le proporciona los datos del modelo que requiere.

Las vistas trabajarán con SPA (Aplicación de una Sola Página, en inglés Single Page Application). La vista será una sola página web con el propósito de dar una experiencia más fluida a los usuarios, Para esto utilizaremos VueJS y Vuetify que es un framework progresivo de componentes para VueJS sobre Material Design.

Se desarrollará una herramienta web con una arquitectura robusta, crearemos nuestra solución dividida en tres proyectos. Para el backend de nuestra solución utilizaremos ASP.NET Core MVC y Entity Framework Core.

En nuestro Frontend se trabajará un SPA utilizando VueJS y el framework Vuetify, trabajaremos con el gestor de base de datos SQL Server, para la gestión de accesos y autorización utilizaremos Jason web tokens. Diseñaremos nuestra plantilla con Vuetify.

Nuestro Backend lo vamos a manejar con nuestro IDE Microsoft Visual Studio, dentro de nuestra solución tendremos el proyecto datos donde realizaremos la manipulación de datos de nuestra base de datos. Tendremos también nuestro proyecto entidades con las clases que van a representar a cada una de las tablas de la base de datos y tendremos nuestro proyecto web, donde aplicaremos el patrón MVC. Tenemos aquí los controladores, los modelos y también tenemos en este caso las vistas de nuestro proyecto. Pero las vistas las trabajaremos en este caso utilizando VueJS.

Para el Frontend implementaremos SPA utilizando VueJS, aquí tendremos todos los componentes que hacen peticiones Ajax mediante axios a nuestro backend (Todo esto para tener un código mejor ordenado).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para desarrollar la herramienta web fue necesario el uso de las siguientes herramientas:

Enterprise Architect 12.0.1210 Version

Fiddler 4

Visual Studio Code

Visual Studio 2019

Para empezar el desarrollo se contemplan primeramente los requerimientos de sistema, y estas se anotan en el documento de requerimientos como dice [2], con base en las necesidades de la empresa y haciendo un análisis de la problemática que se requiere resolver; en este caso, para que posteriormente se modelen mediante una herramienta de lenguaje de presentación gráfica descriptiva, denominado Unified Modeling Language (UML) traducido al español como Lenguaje Unificado de Modelado con la finalidad de describir gráficamente una serie de comportamientos del sistema que puede interpretar un programador para desarrollar el sistema, estos modelos son como “los planos arquitectónicos en lo que se desarrollará el software” [2], los modelos que se desarrollaron en el presente estudio y que atienden a las necesidades de desarrollo de sistemas web [3] son: modelado de negocios, modelos de casos de uso, diagrama de clases, diagrama de entidad asociación y diagrama de paquetes desarrollados con la aplicación Enterprise Architect 12.0.1210.

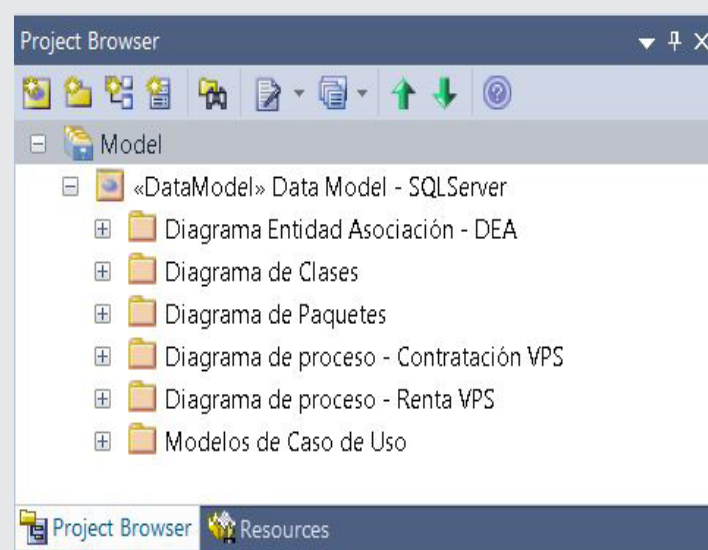


Figura 2. Modelos del sistema desarrollados en la herramienta de Enterprise Architect 12.0.1210.

## RESULTADOS

Una vez considerada como concluida la etapa de modelado del sistema y herramientas elegidas, se pro-



cede a desarrollar la herramienta, una aplicación web consta de dos partes principales, el front-end y el back-end.

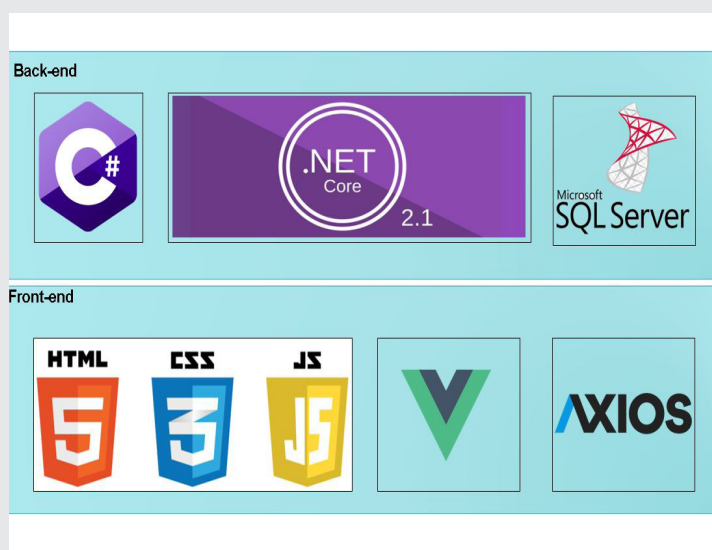


Figura 3. Pila de tecnologías utilizadas en el desarrollo de la aplicación web del sistema.

Para la parte de la aplicación web encargada de realizar las notificaciones vía correo electrónico a los clientes con Servidores Virtuales activos, se desarrolló la aplicación utilizando el .NET Framework con la tecnología de ASP.NET Core, utilizando el concepto de desarrollo de las SPA (Single Page Application) o aplicaciones de una sola página la cual ofrece un mayor rendimiento y su carga en el navegador es mucho más rápida, dado que ya no se hacen peticiones directamente al servidor para cargar todo el DOM Document Object Model de HTML, es decir que este concepto utiliza llamadas asíncronas mediante AJAX (Asynchronous JavaScript And XML) o basada en WebSockets para actualizar únicamente las partes necesarias en el DOM de HTML, por lo que, para su uso en aplicaciones de nueva generación que emiten información de forma automática es recomendado [4].

Para la parte de la arquitectura y diseño de la aplicación en la figura 1 se puede observar la segmentación física del proyecto, aplicando el patrón MVC (Model View Controller), la librería de Vue JS y la arquitectura de una aplicación de Single Page Application [4].

Como resultado del desarrollo de la aplicación web se tiene las siguientes interfaces gráficas del sistema.

- Página de inicio de sesión para ingresar al sistema la funcionalidad es introducir las credenciales de usuario autorizado dado de alta en la base de datos del sistema, para acceder y controlar el sistema, ver figura 4.
- Si el usuario está autenticado y autorizado, la página de inicio mostrará la vista principal del sistema, esto

es, que nos muestra el logo de la empresa BTU y una breve descripción de los servicios que proporciona, del lado izquierdo se encuentra el menú principal que consta de 5 submenús, el principal es donde se contendrá un listado de los clientes que han adquirido un servidor virtual, el siguiente submenú contendrá los listados de los servidores virtuales y los servidores físicos que son utilizados para la virtualización, seguido de este submenú se encuentra el de consumibles, estos hacen referencia a todos los complementos que pueden integrarse al servicio de servidor virtual, después procederemos a encontrarnos con el submenú accesos, en este apartado encontraremos un listado de usuarios en donde podremos registrar nuevos y modificar datos o contraseñas de los existentes, además de un listado de los roles existentes para interactuar con el sistema, por último, encontraremos el submenú notificaciones, dentro encontraremos dos apartados, el principal será donde podremos realizar las modificaciones al periodo de notificación, y en la siguiente vista podremos ver un listado de las notificaciones vía correo electrónico ya emitidas.

### CONCLUSIONES

En la presentación de la funcionalidad y operación del sistema de gestión administrativa para la notificación de clientes con servidores virtuales activos al responsable del área de sistemas computacionales de la empresa BTU del municipio de Acapulco se demostró que utilizando herramientas de nueva generación para desarrollar software y utilizando patrones de diseño de software, se pueden crear herramientas a la medida de la organización de tal manera que puedan agilizar el periodo de tiempo para realizar actividades que son vitales para ellos, en este caso la notificación a los clientes por motivo de pago se redujo en un 80% y gradualmente se espera disminuir el número de servidores virtuales suspendidos.

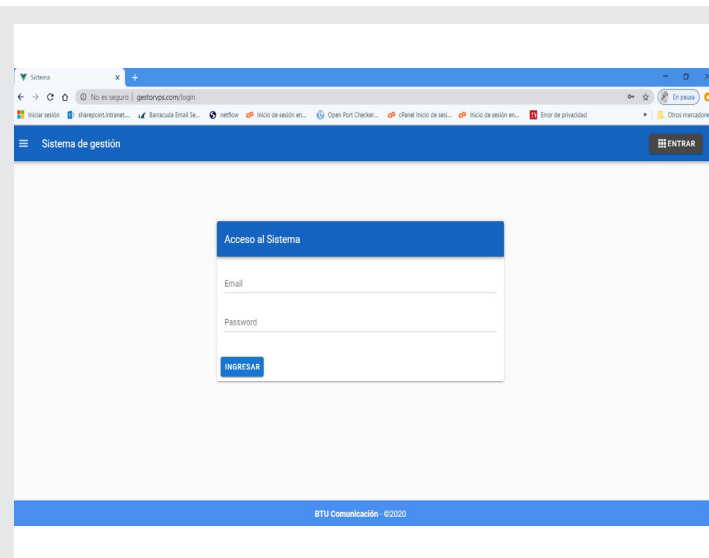


Figura 4. Página de inicio de sesión para ingresar al sistema.

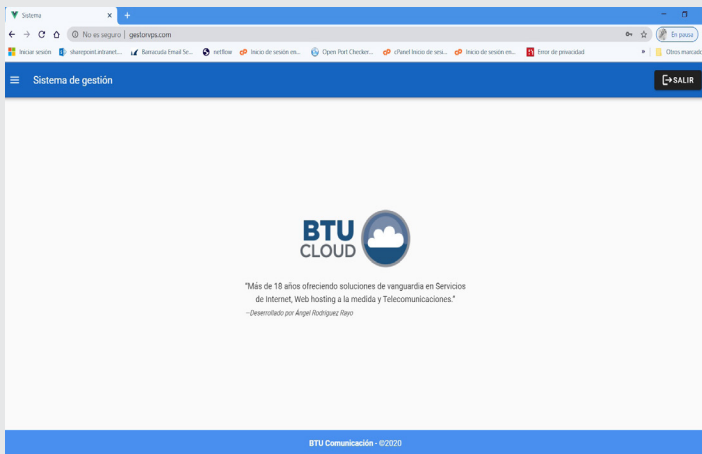


Figura 5. Página principal del sistema.

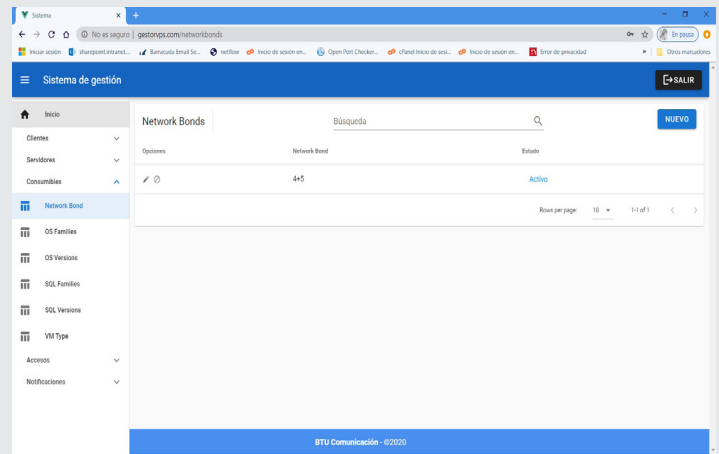


Figura 8. Submenú Consumibles, dentro de ellos se obtiene el acceso a los catálogos de network bond, sistemas operativos, versiones de sistemas operativos, gestores de base de datos disponibles, versiones de los gestores y tipo de servidores virtuales.

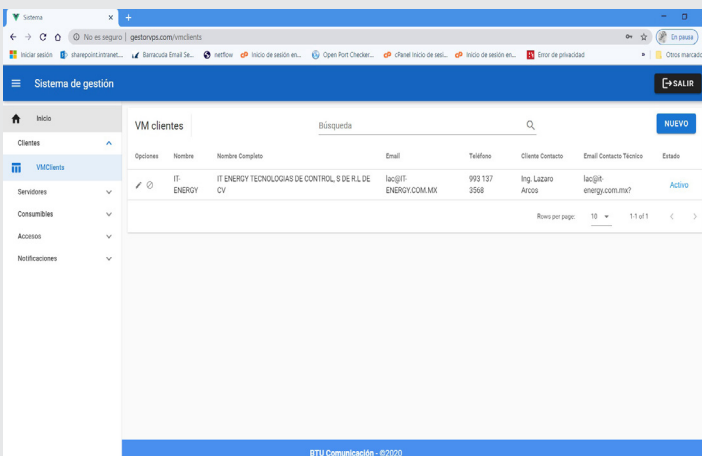


Figura 6. Submenú Clientes, vista VMList, donde se muestra el listado de clientes que adquirieron un servidor virtual privado.

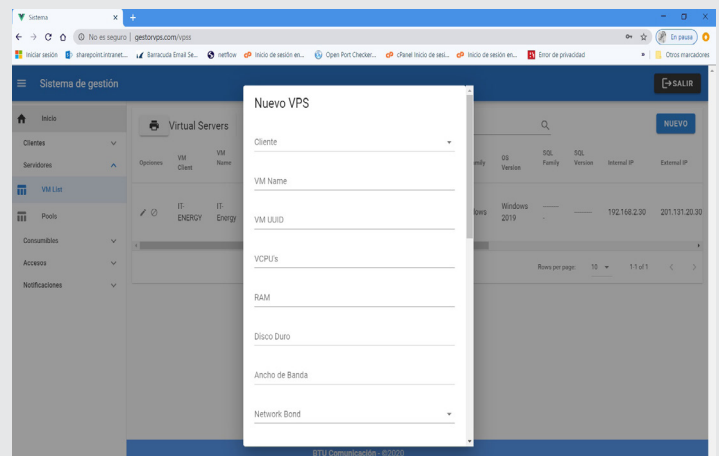


Figura 9. Página de registro de servidores virtuales, VPS.

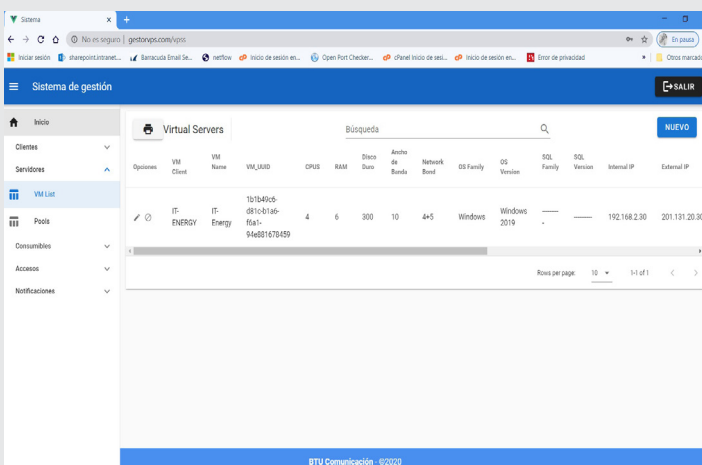


Figura 7. Submenú Servidores, vista VPS List, donde se muestra el listado de servidores virtuales privados.

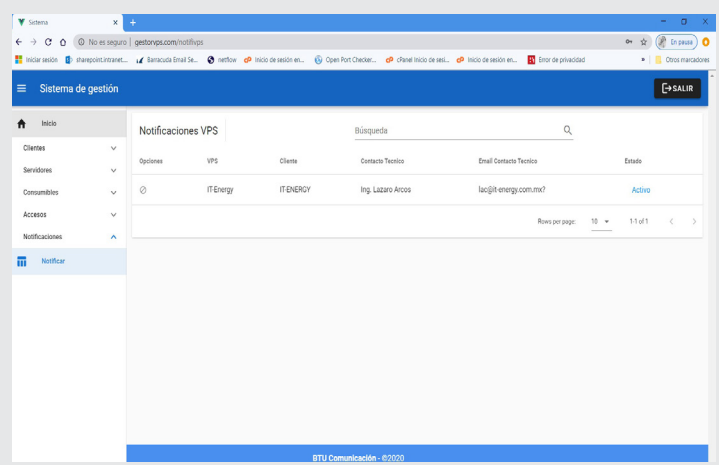


Figura 10. Listado de los servidores que serán notificados automáticamente, tras agregar un registro de VPS se agregara dicho servidor a este listado.



Figura 11. Notificación vía correo electrónico.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rodríguez Rayo, A., Cadena Mendoza, E., de la Cruz Gámez, E., & Hernández Reyna, R. (15 de agosto de 2019). Propuesta de una herramienta para la gestión administrativa de servidores virtuales privados. *Academia Journals*, 14, 2263-2268.
- [2] H. Deitel and P. Deitel, *Cómo programar en C#*, 2da edición. México: Pearson Educación, 2007, pp. 9-15.
- [3] Braun, R., & Schlieter, H. (2014). Requirements-based development of BPMN extensions: The case of clinical pathways. *IEEE Xplore*, 39-44.
- [4]. E. Scott, *SPA Design and Architecture Understanding single-page web applications*, 1st ed. New York, EU.: Manning Publications Co., 2016, pp. 3-184.
- [5] Sommerville, I. (2016). *Ingeniería de software*. México: Pearson.
- [6] Tahuiton Mora, J. (2011). *Arquitectura de software para aplicaciones web*. Unidad Zacatenco.



Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Sistema informático para gestionar basado en SCRUM, el desarrollo de proyectos de software



## Colaboración

José Raúl López Morales; José Francisco Gazga Portillo; Juan Miguel Hernández Bravo; Alma Delia de Jesús Islao, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Acapulco

**RESUMEN:** En este artículo, se presenta el trabajo interdisciplinario de la Maestría en Sistemas Computacionales con apoyo del CONACyT, impartida en el Instituto Tecnológico de Acapulco. El artículo tiene por meta, presentar el desarrollo de un sistema informático que permite gestionar y monitorizar proyectos de desarrollo de software cuya construcción se basa en la metodología Scrum, la implementación de este sistema permitirá fortalecer el desarrollo de software en el departamento de desarrollo de la empresa: Proyectos, Instalaciones y Construcciones Civiles y Eléctrica (PICCE), al proveer una forma de monitorizar y gestionar los proyectos con base a la metodología Scrum, proporcionando así, una flexibilidad en los cambios de requerimientos, además de entregas funcionales en cortos periodos.

Se hace mención a que este artículo forma parte de una serie de trabajos siendo el cuarto y último de estos, el cual da seguimiento a un artículo previo titulado: Patrones de acceso de una aplicación basada en Scrum para la gestión de proyectos de desarrollo de software, escrito por los mismos autores y que fue aceptado en el séptimo congreso internacional de robótica y computación del Instituto Tecnológico de La Paz.

**PALABRAS CLAVE:** arquitectura MVC, ASP.NET Core, Metodología Scrum, unidad de trabajo, repositorio.

**ABSTRACT:** In this article, the interdisciplinary work of the Master in Computer Systems with the support of CONACyT, which is taught at the Instituto Tecnológico de Acapulco, is reflected. The article aims to present the development of a computer system that allows managing and monitoring software development projects, WHICH make use of the Scrum methodology, the implementation of this system will strengthen software development in the company's development department: Proyectos, Instalaciones y Construcciones Civiles y Eléctrica (PICCE), by providing a way to monitor and manage projects based on the Scrum methodology, thus providing flexibility in changing requirements, as well as functional deliveries in short periods. It is mentioned that this article is part of a series of works being the fourth and last one of these works, this article follows up on a previous one entitled: Access Patterns of a Scrum-based Application for the Management of Software Development Projects, written by the same authors and which was presented and published at the seventh international conference on robotics and computing at the Instituto Tecnológico de La Paz.

**KEYWORDS:** architecture MVC, ASP.NET Core, Scrum methodology, unit of work, repository.

## INTRODUCCIÓN

A mediados de los 90's comenzó a forjarse la definición de desarrollo ágil como una reacción en contra de las metodologías tradicionales (modelo en cascada, prototipo, incremental, desarrollo rápido de aplicaciones), que son consideradas pesadas y rígidas por su carácter normativo y una fuerte dependencia de planeaciones detalladas previas al desarrollo. El uso de las metodologías de desarrollo ágil o metodologías ágiles, son más recientes en la ingeniería de software, las cuales están acaparando, a la vez, gran interés y controversia (Ruiz Guadalupe, 2014).

Los procesos de desarrollo del software rápido se diseñan para producir rápidamente un software útil. El software no se desarrolla como una sola unidad, sino como una serie de incrementos, y cada uno

de ellos incluye una nueva funcionalidad del sistema (Sommerville, 2016).

Existen varias formas de metodologías ágiles como el método de desarrollo de sistemas dinámicos (en inglés Dynamic Systems Development Method o DSDM), Scrum, la programación extrema (en inglés eXtreme Programming o XP) pero todas ellas comparten características similares. La piedra angular de cada rama, es la idea de la satisfacción del cliente (Blankenship, Bussa, & Millett, 2011).

Como se mencionó anteriormente, existen diversas metodologías y cada una se enfoca en ciertos aspectos del desarrollo de software, por ejemplo, la programación extrema se centra en la propia programación del producto, en cambio, la metodología Scrum se enfoca en la administración del proyecto. En el presente artículo se aborda el desarrollo de un sistema informático para la gestión y monitorización de proyectos de desarrollo de software basados en Scrum, que una plataforma web para gestionar proyectos de desarrollo de software de una forma colaborativa con base a los roles establecidos en la metodología Scrum, además permitirá la visualización del progreso de cada una de las tareas involucradas en cada sprint de un proyecto. Actualmente en el mercado existe diferentes plataformas para la gestión de proyectos las cuales son de propósito general. Los requerimientos solicitados por la empresa PICCE no son cumplidos en su totalidad por estas plataformas existentes, además de que tampoco desean adquirir un licenciamiento, por tal motivo surge la necesidad de desarrollar una plataforma para la gestión y monitorización de proyectos de desarrollo de software basado en Scrum para la empresa mencionada con anterioridad.

### Objetivo general

El objetivo principal consiste en desarrollar una plataforma web para la gestión y monitorización de proyectos de desarrollo de software basados en la metodología Scrum para la empresa PICCE, utilizando el lenguaje de programación C# con el framework ASP.NET Core.

### Planteamiento del problema

El departamento de desarrollo de software de la empresa PICCE en los últimos años ha estado usando los modelos desarrollo de software: prototipo e incremental, pero los han dejado de usar debido a ser robustos, es decir, implica que tienen que realizar una serie de fases e ir documentando cada una de ellas, pero no es permitido hacer cambios en los requerimientos que estaban establecidos al inicio de cada proyecto. Los nuevos requerimientos que se definen se tienen que hacer al final del producto entregable y esto causa que se prolongue la fecha de entrega del producto de manera considerable causando en ocasiones gastos para la empresa.

Actualmente, el departamento de desarrollo de la empresa PICCE ha estado implementado la metodología ágil Scrum en la gestión del desarrollo de proyectos de software debido a que, se trata de una metodología flexible en actualizaciones de requerimientos y las entregas del producto son más rápidas. Sin embargo, aun implementando dicha metodología, se llegan a presentar problemas de entregas de los sprints, originando la necesidad de implementar un sistema bajo los requerimientos propios de la empresa PICCE que le permita realizar la monitorización día a día del progreso de cada tarea que está involucrada en el desarrollo de sus productos de software, así como las horas diarias que invierte un desarrollador a dichas tareas. Así mismo, percibir, identificar los inconvenientes que se están presentando en el desarrollo de cada producto y de esta forma prevenir retrasos en las entregas de los sprints.

### MATERIAL Y MÉTODOS

En esta sección se describe la arquitectura del sistema propuesto, las herramientas para su desarrollo, así como la metodología de desarrollo del proyecto.

#### Metodología

El desarrollo de esta investigación se realizó bajo el esquema de investigación aplicada, la cual consta de tres etapas:

- **Ideación y conceptualización:** Donde se eligió el tema de investigación, se planteó el problema a resolver, se investigó los antecedentes de las metodologías tradicionales y ágiles, así una metodología para la comprensión de los procesos en la metodología Scrum, a través del modelo de negocios que se describe en esta sección.
- **Ejecución:** En la sección de desarrollo del sistema informático se describe el desarrollo de la plataforma, la cual es soportada por la identificación de los procesos en que estará involucrada la plataforma dentro de la metodología Scrum y en conjunto con las reglas de negocio proporcionadas por la empresa PICCE, utilizando las herramientas de desarrollo que se describen más adelante.
- **Resultados de investigación (RI) y Transferencia:** Los resultados de esta investigación se muestra en la sección resultados de este artículo, derivados de la etapa de ejecución.

Para el desarrollo de la plataforma, se toma en cuenta una visión global del sistema a desarrollar, en el Anexo A se muestra el modelo de negocios del sistema. Con este modelo se presentan los procesos de la propia metodología Scrum, esto permite tener una mejor comprensión de los procesos que se llevan a cabo durante la implementación de la metodología Scrum, y a su vez, saber en qué procesos estará involucrada la plataforma a desarrollar.

En el diagrama que se ilustra en el Anexo A, se observa cuatro carriles que representan los roles de la metodología Scrum donde cada uno realiza ciertos procesos en la metodología, así como los artefactos o cambios en la base de datos que se generan en los procesos. A continuación, se describe con un alto nivel de abstracción cada uno de los procesos del modelado de procesos de negocio:

- Proceso: Colección de las historias de usuario. El cliente (StakeHolder) menciona las necesidades o requisitos (historias de usuario) al product owner y éste realiza la anotación de las mismas.
- Proceso: Identificación de las historias de usuario. El product owner identifica e interpreta las historias de usuario a través de un lenguaje de fácil entendimiento para el equipo de desarrollo, además éstas definirán la liberación del producto final.
- Proceso: Asignación de prioridad a las historias de usuario. El product owner prioriza las historias de usuario según al criterio del cliente y se obtiene un product backlog priorizado.
- Proceso: Estimación de tiempo para cada historia de usuario. El equipo de desarrollo junto con el product owner, estiman los tiempos para el desarrollo de cada historia de usuario.
- Proceso: Presentación de historias de usuarios con mayor prioridad. Se realiza una reunión antes de iniciar el Sprint, en la cual, el product owner presenta las historias de usuario con mayor prioridad hasta el momento al equipo de desarrollo, dando origen a un Sprint backlog.
- Proceso: Desglosamiento de tareas. El equipo de desarrollo divide en pequeñas tareas las historias de usuarios.
- Proceso: Estimación de tiempo para cada tarea. El equipo de desarrollo estima un tiempo para cada tarea que surgió del desglosamiento de tareas.
- Proceso: Asignación de tareas a realizar. Entre los integrantes del equipo de desarrollo se lleva a cabo la asignación de las tareas a realizar para completar cada una de las historias de usuario.
- Proceso: Realización de las tareas asignadas de cada historia de usuario. El equipo de desarrollo dedica tiempo diariamente a cada tarea para completar las historias de usuario según lo estimado.
- Proceso: Seguimiento de cada sprint. Cada integrante del equipo de desarrollo registra las horas invertidas en cada tarea asignada, esto sirve para saber el avance real de un proyecto.
- Proceso: Revisión del sprint. El product owner comprueba el progreso del proyecto, donde identifica las funcionalidades que se pueden considerar hechas y las que no.
- Proceso: Verificación de la desviación de tiempos de planeación. El scrum master verifica la desviación de tiempos de planeación en cada Sprint apoyándose con el burndown chart y poder mitigar riesgos en caso de existir anomalías en los tiempos estimados,

permitiendo que no existan atrasos en las entregas de los Sprints.

**Arquitectura del sistema informático**

En el presente artículo se propone el desarrollo de un sistema informático para la gestión de proyectos de desarrollo de software basados en la metodología Scrum. El desarrollo del sistema propuesto, está diseñado con base en el patrón arquitectónico: Modelo-Vista-Controlador (Model-View-Controller o MVC) (ver figura 1) propuesto como arquitectura en el primer artículo (López Morales, Gazga Portillo, Hernández Bravo, & de Jesús Islao, 2019).

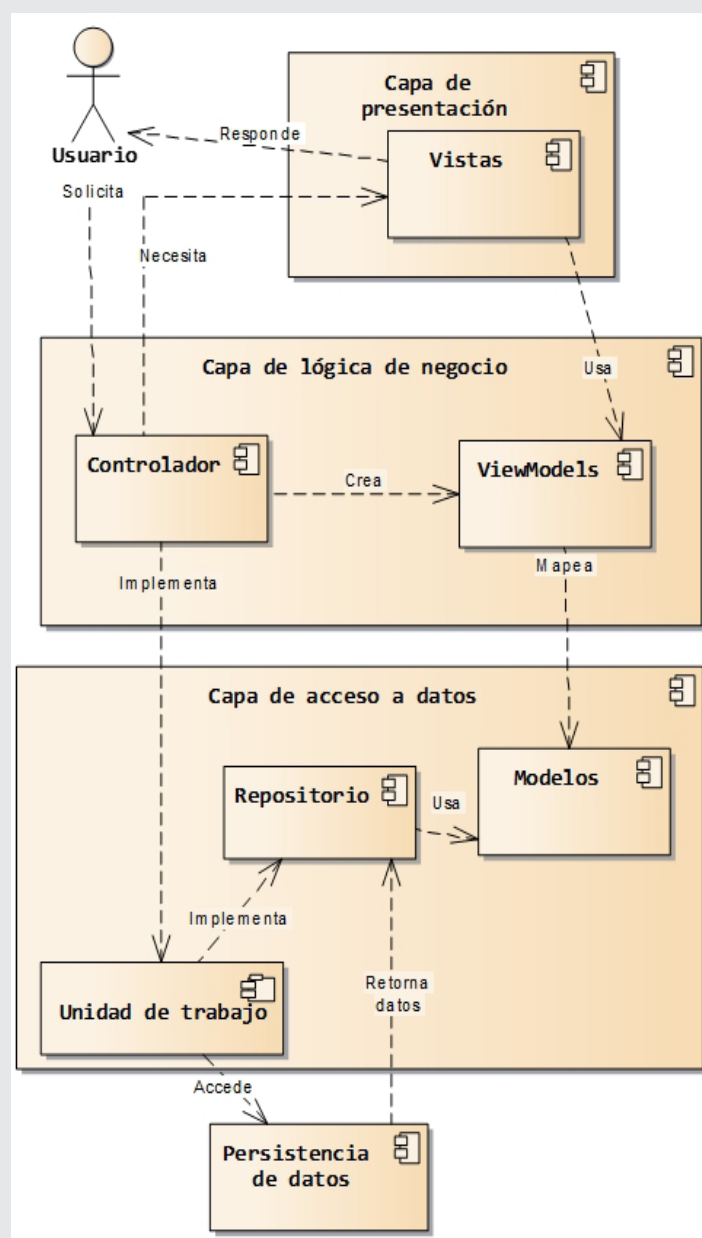


Figura 1. Arquitectura del sistema implementando el patrón MVC.

El diagrama de la figura 1 muestra los componentes que conforman cada una de las capas de la arquitectura del sistema y la manera en que se relacionan. En

la capa de acceso a datos se puede observar los patrones unidad de trabajo y repositorio donde la implementación de estos fue expuesta en el tercer artículo de la serie (López Morales, Gazga Portillo, Hernández Bravo, de Jesús Islao, & Ramírez Silva, 2020).

Se describe brevemente el flujo que sigue una petición realizada por un usuario a través de los componentes de cada capa de la arquitectura del sistema. El usuario realiza una petición al controlador el cual contiene la lógica de negocio, éste crea un objeto de un viewmodel el cual es una copia exacta de un modelo o la combinación de estos para representar un conjunto de datos de diferentes modelos, permitiendo crear una capa de abstracción entre los modelos que almacenan datos temporalmente y las vistas. La construcción de esta capa de abstracción, permite proporcionar una mayor seguridad debido a que los controladores no manipulan directamente los modelos, evitando que se realicen cambios en la persistencia de datos no deseados ya que los modelos son la representación de las tablas de la persistencia de datos. Debido a que el viewmodel es creado por el controlador, éste puede ser mapeado con el modelo o modelos correspondientes para que al momento de realizar una transacción utilizando el patrón unidad de trabajo, el patrón invoque uno de los métodos (agregar, consultar, modificar y/o eliminar) proporcionados por el patrón de repositorio, el cual va a recibir un modelo para realizar la transacción con la persistencia de datos. En caso de realizar una consulta de datos se lleva a cabo el mismo proceso que cuando un usuario efectúa una petición, pero al momento de consultar los datos a la persistencia de datos, éste devuelve un conjunto de datos al patrón de repositorio que es implementado por el patrón de unidad de trabajo que retorna un modelo o un conjunto de propiedades de diferentes modelos correspondiente a los datos devueltos, en seguida, previo a que llegue el modelo o el conjunto de propiedades con datos almacenados temporalmente, son mapeados con un viewmodel para que el controlador muestre los datos almacenados en el viewmodel temporalmente a la vista. En la figura 1 se observa entre la capa de presentación y lógica de negocio la relación entre el controlador, el viewmodel y la vista generando la misma estructura y relaciones de MVC.

### Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo del sistema propuesto se implementó la metodología Scrum, la cual fue descrita en el primer artículo (López Morales, Gazga Portillo, Hernández Bravo, & de Jesús Islao, 2019). En la tabla 1 se describe el propósito de haber usado cada tecnología en la implementación de los componentes para el desarrollo del sistema propuesto, tanto para la parte de lado del servidor (Back-End) como para la parte de lado del cliente (Front-End).

Tabla 1. Descripción de uso de cada tecnología para el desarrollo del sistema.

Back-End	
Tecnología	Uso
ASP.NET Core	Proporciona un marco de trabajo para desarrollar una aplicación web basado en el patrón <b>MVC</b> .
C#	El lenguaje de programación <b>C#</b> permite la creación de la <b>lógica de negocio</b> en los <b>controladores</b> y de los <b>modelos</b> .
Entity Framework Core	Esta tecnología facilitó la generación y conexión de la base de datos a partir de los modelos creados con <b>C#</b> . Esta tecnología es un <b>Direccionador de Objetos Relacionales</b> (en inglés <b>Object-Relational Mapper, O/RM</b> ).
LINQ	Con <b>LINQ</b> se realizan <b>consultas SQL</b> nativamente con <b>C#</b> , facilitando la creación y mantenimiento de éstas.
AutoMapper	Esta librería facilita el mapeo entre clases, por ejemplo, entre <b>viewmodels</b> y <b>modelos</b> .
PostgreSQL	Para almacenar la <b>base de datos</b> creada a partir de los <b>modelos</b> con <b>Entity Framework Core</b> , se hizo uso del sistema gestor de base de datos <b>PostgreSQL</b> .
Front-End	
Tecnología	Uso
HTML	HTML proporciona una estructura <b>web</b> general para cada <b>vista</b> del sistema propuesto.
CSS	Se usa con el fin de implementar, con base a los mecanismos de estilos proporcionados por <b>CSS</b> , la estructura web general de las <b>vistas</b> construidas en HTML, configurándoles los atributos tales como color, tipografía, márgenes, posicionamiento, etc.
JavaScript	Para la manipulación de información y validaciones en el <b>Front-End</b> , se utilizó el lenguaje de programación <b>JavaScript</b> .
JQuery	El uso de la librería de <b>JavaScript: JQuery</b> , tiene por objeto permitir agregar <b>interactividad</b> y <b>efectos visuales</b> en las <b>vistas</b> .
Bootstrap	Para crear <b>vistas</b> con <b>diseño adaptativo</b> haciendo uso de <b>CSS, JavaScript</b> y <b>JQuery</b> , se implementó el framework <b>Bootstrap</b> .
Chart js	Para la graficación del <b>burndown chart</b> se hizo uso de la librería <b>Chart js</b> .



Las herramientas para el desarrollo del sistema propuesto son las siguientes:

Visual Studio Community 2019.

PgAdmin 3.

Las características del equipo donde se desarrolla el sistema son las siguientes:

S.O Windows 10 a 64 bits.

16 Gb de memoria RAM.

Procesador Intel Core i7.

### Desarrollo del sistema informático

Con el diseño del sistema presentado en el segundo artículo (Gazga Portillo, López Morales, Hernández Bravo, & de Jesús Islao, 2019), donde se mostraron los diagramas de casos de uso, clases, despliegue haciendo uso del UML, estos diagramas dan soporte al desarrollo del sistema. En esta sección se presentan los resultados del uso las herramientas y tecnologías elegidas. En la figura 2 se presenta la instancia (solución) creada en el IDE Visual Studio, que contiene el sistema propuesto (PiScrum\_2\_0).

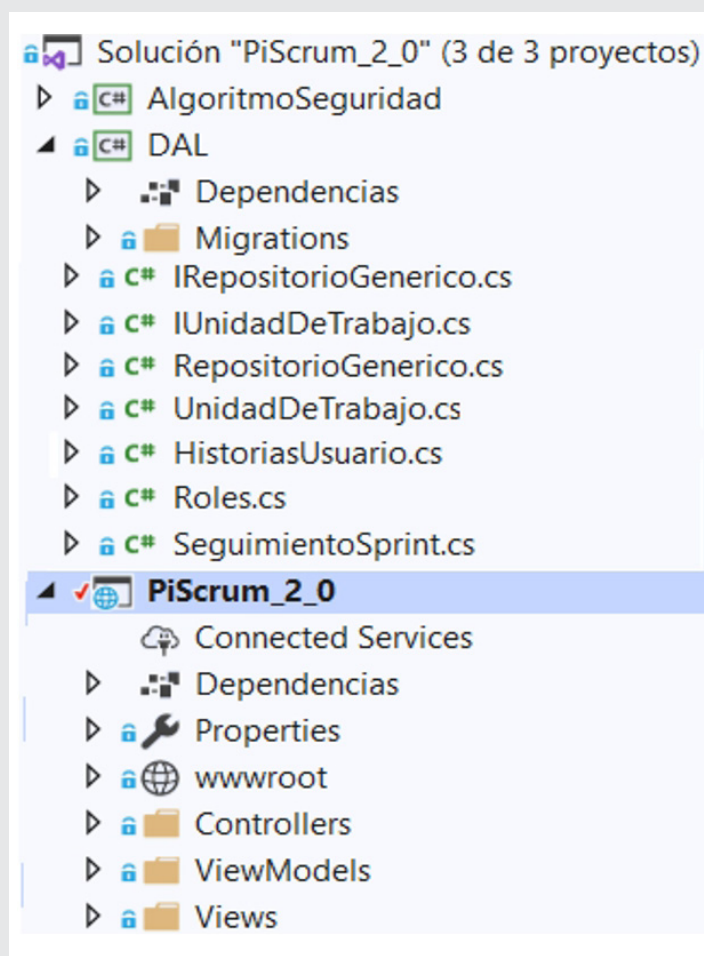


Figura 2. Instancia del sistema propuesto en Visual Studio.

En la figura se puede observar dos proyectos más, AlgoritmoSeguridad y DAL, los cuales proporcionan servicios al proyecto principal (PiScrum\_2\_0). El primer proyecto proporciona los mecanismos necesarios

para el encriptado y descifrado de las contraseñas introducidas por los usuarios a través de las vistas del sistema. El segundo proyecto es la capa de acceso a datos, proporcionando los modelos (clases) y el uso de los patrones unidad de trabajo (UnidadDeTrabajo.cs) y repositorio (RepositorioGenerico.cs). Esta estructura fue proporcionada gracias a la tecnología ASP.NET Core y los modelos y patrones con extensión .CS, se tratan de clases creadas con C#.

En la figura 3 se ilustra pgAdmin 3 para la administración de base de datos en PostgreSQL de manera gráfica.

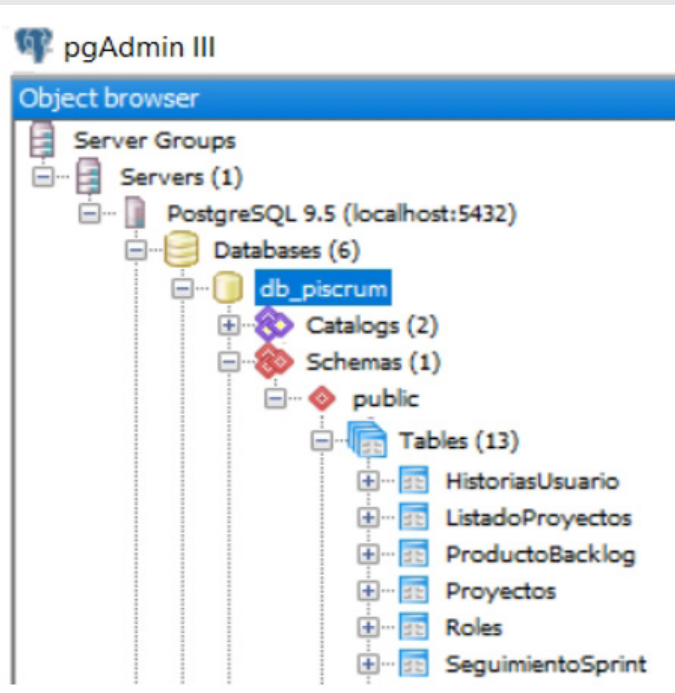


Figura 3. Base de datos del sistema propuesto en pgAdmin 3.

También se puede observar que contiene una base de datos llamada db\_piscrum, la cual contiene las tablas generadas a través de los modelos creados en el proyecto DAL con el enfoque CodeFirst proporcionado por Entity Framework Core. Este enfoque además de permitir la migración (creación de una base de datos a partir de los modelos creados). También proporciona herramientas para modificar o actualizar automáticamente la base de datos cuando el modelo cambia (Murro, 2015).

En el proyecto principal (PiScrum\_2\_0), están contenidos los controladores (carpeta Controller), view-models (carpeta ViewModels) y las vistas (carpeta Views) (ver figura 4).

En la figura 4 se puede observar que la carpeta Controllers contiene una clase nombrada HistoriasUsuarioController, la cual contiene la lógica de negocio para la gestión de las historias de usuario en el sistema propuesto,

en la carpeta ViewModels se encuentra una clase llamada HistoriasUsuarioViewModel, que contiene las propiedades para almacenar temporalmente la información proporcionada por el usuario a través de las vistas, y pueda ser mapeada a la clase HistoriasUsuario contenida en el proyecto DAL (ver figura 2). Este mapeo se hace con AutoMapper, este proceso tiene dos funciones, primero crear una capa de abstracción entre los modelos y controladores y la otra es poder realizar transacciones en la base de datos con la tabla HistoriasUsuario (ver figura 3) con ayuda de Entity Framework y de los patrones unidad de trabajo y repositorio. La carpeta Views contiene subcarpetas con los mismos nombres de los controladores, esto para indicar que los archivos contenidos en estas subcarpetas son las vistas de sus controladores correspondientes. En la figura 4, se puede observar que existe una subcarpeta llamada HistoriasUsuario dentro de la carpeta Views, que contiene archivos con extensión cshtml, estos archivos son las vistas creadas con HTML de cada acción que contiene el controlador HistoriasUsuarioController. Con lo expuesto anteriormente, se cumple la estructura que se estableció en la arquitectura que se ilustra en la figura 1.

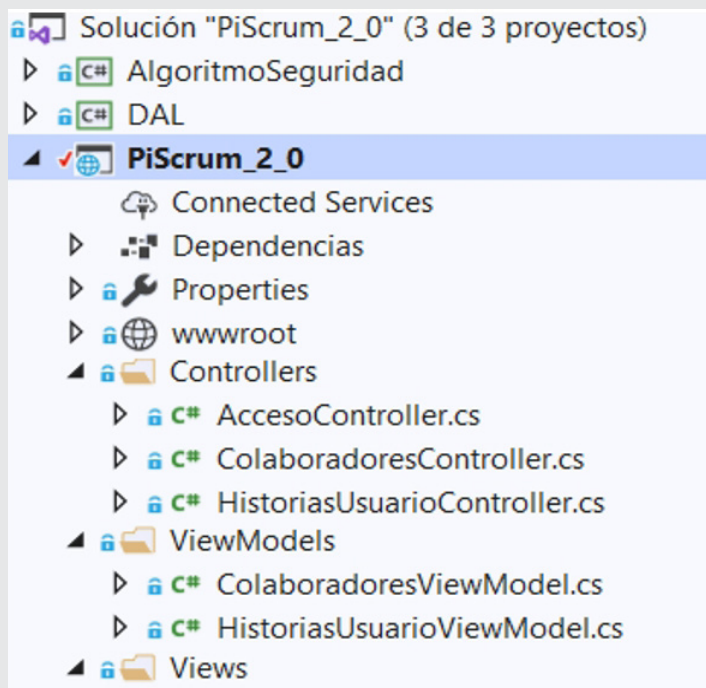


Figura 4. Controladores, ViewModels y Vistas del sistema propuesto.

## RESULTADOS

El sistema informático propuesto en este artículo, actualmente está en la fase de pruebas en la empresa PICCE. A continuación se presentan algunos de los resultados derivados de estas pruebas. Como resultado del desarrollo de la aplicación web se tiene las siguientes vistas del sistema propuesto.

En la figura 5 se ilustra la vista donde los usuarios del sistema pueden consultar los proyectos donde están involucrados, así como su rol.



Figura 5. Vista para consultar los proyectos gestionados.

Cuando se gestiona un proyecto, la vista principal muestra el product backlog y sus historias de usuario como se muestra en la figura 6, donde el proyecto con nombre Sistema de solicitudes en el product backlog cuenta con historias de usuario y un sprint (INVENTARIOS) con sus historias de usuario y tareas contenidas. Todas las páginas cuentan con el menú lateral izquierdo ( $\beta$ ) (ver figura 6).

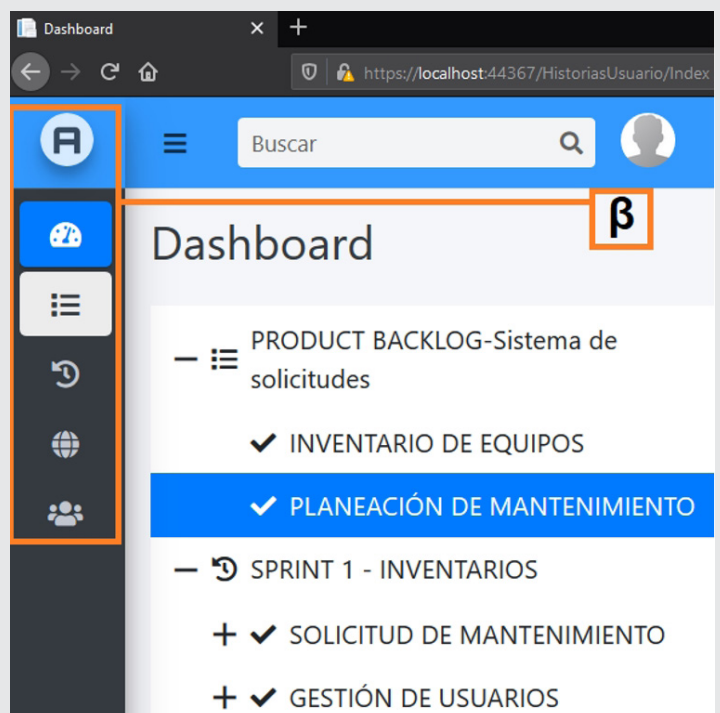


Figura 6. Página para la gestión del product backlog de los proyectos en el sistema propuesto.

Otra funcionalidad que ofrece el sistema es la consulta detallada del seguimiento de un sprint (ver figura 7). En la figura 7 se puede observar el seguimiento detallado de tiempo invertido en cada tarea involucrada en el sprint (INVENTARIOS) que fueron asignadas a cada integrante del equipo de desarrollo.

Consultar seguimiento:		Buscar...									
				Día	1	2	3	4	5	6	7
				Horas pendientes	80	72	65	65	61	61	61
<b>SPRINT 1 - INVENTARIOS</b>											
historia	Tarea	Responsable	Estado	Tiempo requerido							
SOLICITUD DE MANTENIMIENTO	Eliminar solicitud de mantenimiento	Raul Morales	FINALIZADO	10	5	0	3	0	0	2	0
GESTIÓN DE USUARIOS	Dar de baja usuario	Angel Rodriguez	FINALIZADO	8	3	4	0	0	1	0	0

Figura 7. Vista del detalle del seguimiento de un sprint.

En la figura 8 se ilustra el burndown chart del seguimiento de un Sprint, donde se grafica lo ideal ( $\beta$ ) contra lo real ( $\alpha$ ).

El burndown chart del sprint (INVENTARIOS) muestra que no hubo retrasos en las tareas debido a que lo real está por debajo de lo ideal (ver figura 8).

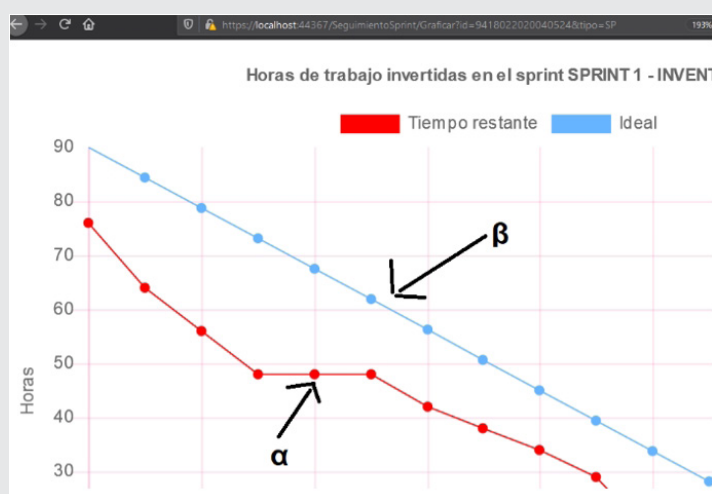


Figura 8. Gráfica del tiempo invertido en el Sprint (burndown chart).

**CONCLUSIONES**

Derivado de los requerimientos de la empresa PICCE, se provee de una plataforma que permite el control solicitado de las tareas asignadas a los integrantes del equipo de desarrollo y del progreso de cada una de

ellas a través de gráficos a través del burndown chart, facilitando la toma de decisiones en caso de existir inconvenientes. Con esta plataforma se podrá administrar correctamente el recurso humano, es decir, que cada una de las personas involucradas en un proyecto tendrá un rol específico y tareas específicas con la finalidad de tener mayor productividad y mejor calidad en los productos de software de la empresa PICCE. Así como también la administración de los tiempos en cada una de las tareas para alcanzar el objetivo en cada entrega de un sprint, y esto es gracias al detalle del seguimiento del sprint que proporciona la plataforma.

Los usuarios no tendrán la necesidad de realizar una instalación y configuración experta para su uso, además no será requerido de un equipo con características de alto rendimiento debido a que la plataforma es una aplicación web, simplemente debe contar con un navegador web, el cual hoy en día, la mayoría de las plataformas operativas ya cuentan con uno de ellos incluido en el proceso de instalación y configuración de las mismas. También mencionar que PICCE decide contar con su propia herramienta de gestión de desarrollo para no depender de software de terceros.

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Blankenship J., Bussa M. y Millett S.(2011). *Pro Agile .Net Development with Scrum*, New York: Apress.
- [2] Sommerville I.(2016). *Ingeniería de software*, México: Pearson.
- [3] Munro J.(2015). *ASP.NET MVC 5 with Bootstrap and Knockout.js*, United State of America: O'Reilly.
- [4] Ruiz Guadalupe C.M. (2014). *Implementación de una red social usando metodologías ágiles para mejorar el proceso de participación estudiantil en la universidad autónoma del Perú*, Abril, 10, 2020, <http://repositorio.autonoma.edu.pe/bitstream/AUTONOMA/123/1/RUIZ%20GUADALUPE-TELA-YA%20ESCOBEDO.pdf>.
- [5] López Morales J. R., Gazga Portillo J. F., Hernández Bravo J. M. y de Jesús Islao A. D. y Ramírez Silva, R. (2020). *Patrones de acceso de una aplicación basada en Scrum para la gestión de proyectos de desarrollo de software*, Instituto Tecnológico de La Paz, 273-277.
- [6] López Morales J. R., Gazga Portillo J. F., Hernández Bravo J. M. y de Jesús Islao A. D. (2019). *Diseño de una herramienta informática basada en la metodología Scrum para la gestión del desarrollo de software*, *Academia Journals*, 11(6), 789-794.

[7] White S. A. y Miers P. a. D. (2008). *BPMN Modeling and Reference Guide, USA: Future Strategies Inc.*

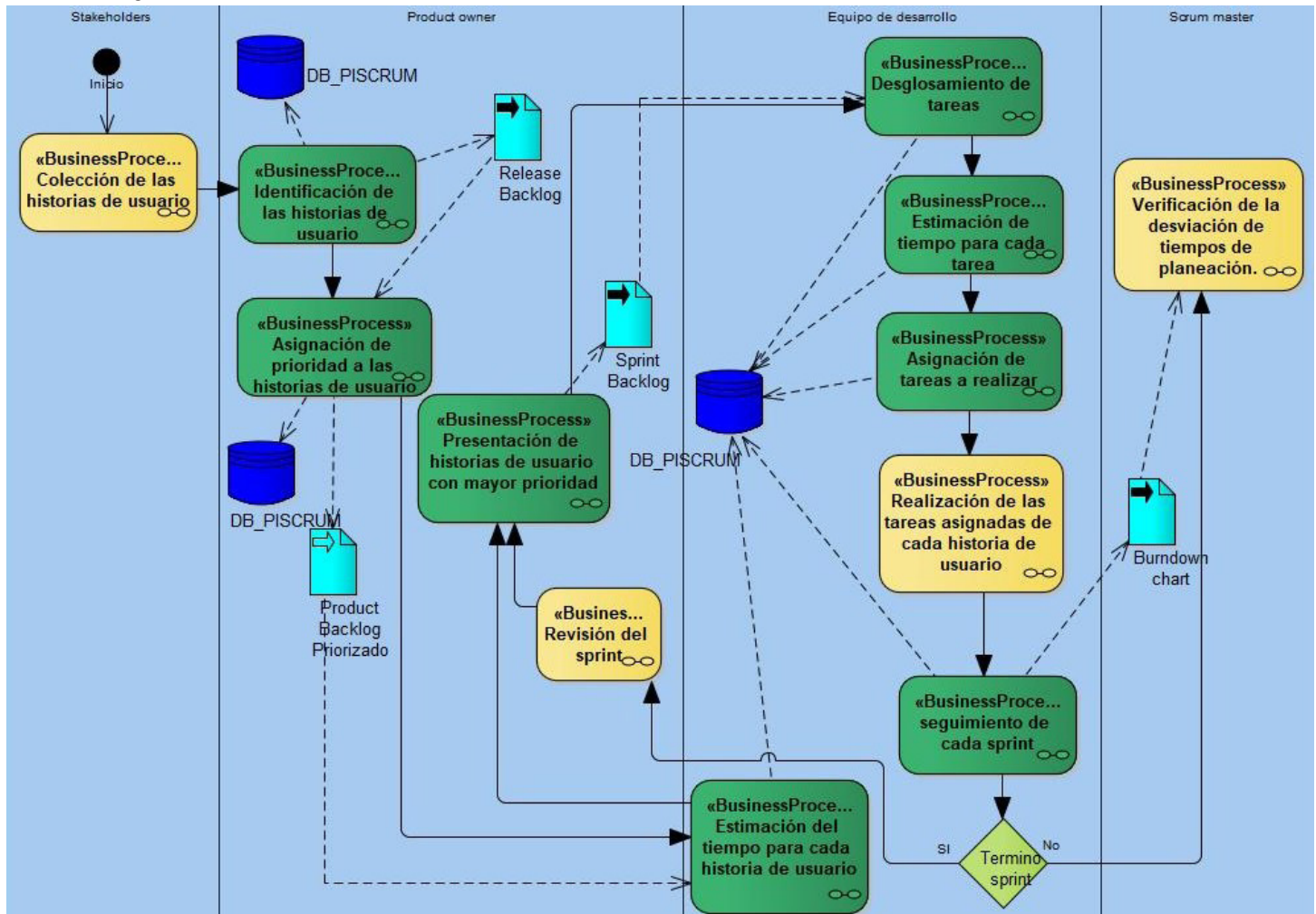
[8] Braz A., Rubira C. M.F. y Vieira M. (2015). *Development of complex software with agile method, IEEE Xplore, 97-101.*

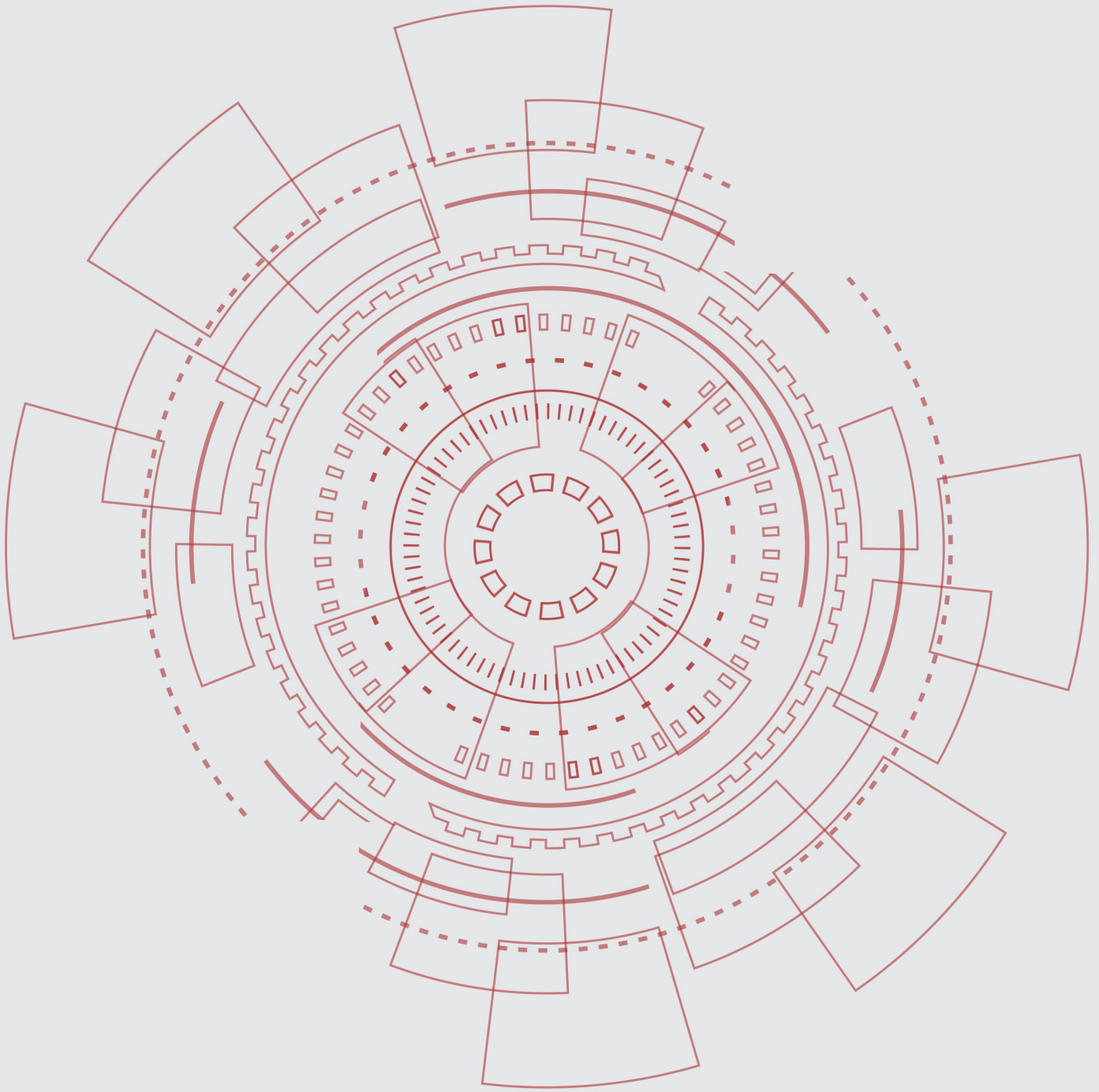
[9] Cervantes Maceda H., Castro Careaga L. y Velasco-Elizondo P.(2016). *Arquitectura de software: Conceptos y ciclo de desarrollo, Ciudad de México: Cengage Learning.*

[10] Sutherland J. (2014). *Scrum: The art of doing twice the work in half the time, United States: Crown Business.*

[11] López Morales J. R., Gazga Portillo J. F., Hernández Bravo J. M. y de Jesús Islao A. D. (2019). *Propuesta de una herramienta basada en la metodología Scrum para la gestión del desarrollo de software, Academia Journals, 11(2), 1597-1602.*

## Anexo A Diagrama





Ingeniantes®