



"LA EXCELENCIA ACADÉMICA AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD"

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LERDO

**CIENCIA, INGENIERÍA Y DESARROLLO TEC LERDO**

REVISTA DIGITAL UNIVERSITARIA. ISSN: 2448-623X. PUBLICACIÓN ANUAL.



# ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

VOLUMEN I  
NÚMERO 7  
JUNIO 2021



Líderes  
Innovando  
al Mundo

revistacid@itslerdo.edu.mx  
<http://revistacid.itslerdo.edu.mx>  
[www.lerdo.tecnm.mx](http://www.lerdo.tecnm.mx)



## Título de la revista:

CIENCIA, INGENIERÍA Y DESARROLLO TEC LERDO

Junio 2021. Volúmen: 1. Año: 7. Número: 7.

## Editor:

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LERDO



Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo, Junio 2021, Volumen 1, Número 7. Publicación electrónica universitaria nacional anual editada por el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico s/n Col. Periférico, c.p. 35150, Ciudad Lerdo, Durango, México. Teléfono: (+52) 871 725 23 71, ext. 134. Correo electrónico: [revistacid@itslerdo.edu.mx](mailto:revistacid@itslerdo.edu.mx), página web: "<http://revistacid.itslerdo.edu.mx>". Editor responsable: César Ríos Marmolejo. No. de reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2017-052914581300-203, ISSN: 2448-623X, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Departamento de Centro de Cómputo: Ing. Marcos Morales Esparza. Edificio H. Av. Tecnológico s/n, Col. Periférico, C.P. 35150. Ciudad Lerdo, Durango, México. La opinión expresada en los artículos firmados es responsabilidad del autor. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes, siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro. No nos hacemos responsables por textos no solicitados. Fecha de última actualización: 30 de Junio de 2021.

# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LERDO



CIENCIA, INGENIERÍA Y DESARROLLO TEC LERDO

## CONSEJO EDITORIAL

PRESIDENTE:

ISRAEL CASTRO MUÑOZ

SECRETARIO GENERAL:

JOSÉ ÁNGEL MÉNDEZ ORTEGA

SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO:

JESÚS ALEJANDRO VALDÉS NIEBLAS

EDITOR RESPONSABLE:

CÉSAR RÍOS MARMOLEJO

<http://revistacid.itslerdo.edu.mx>

<https://www.lerdo.tecnm.mx>



## COMITÉ EDITORIAL

### EDITOR ESPONSABLE:

CÉSAR RÍOS MARMOLEJO

### SUPERVISIÓN EDITORIAL:

KARLA VERÓNICA RODRÍGUEZ LOZANO

### PÁGINA WEB:

MARÍA GUADALUPE FLORES LUÉVANOS

### ARTE, DISEÑO, Y SUPERVISIÓN TÉCNICA:

JUAN MARTÍN ARZOLA MONREAL

### DISEÑO DE PORTADA:

JOSÉ ÁNGEL GARCÍA ESCOBEDO

### SUPERVISIÓN DE REDACCIÓN:

ELDA MORENO NÚÑEZ

### WEB MASTER:

MARCOS MORALES ESPARZA

SILVIA ADRIANA VIDAÑA MARTÍNEZ

TANIA ELIZABETH VELÁSQUEZ CHÁVEZ

### COMITÉ REVISOR:

Antonio Mendoza Ruelas, Carlos Arturo Rodríguez Lozano, Cecilia Inés Calderón Ibarra, César Octavio Márquez Aguirre, Elda Moreno Núñez, Elena Tzetzangary Aguirre Mejía, Erika Alejandra Meraz Salazar, Felipa de Jesús Rodríguez Flores, Francisco Huerta Valenzuela, Jesús Alberto Ramírez Nuñez, José Ángel Candelas Saucedo, Juan Manuel Martínez Burrola, Juan Martin Arzola Monreal, Karla Verónica Rodríguez Lozano, Luis Amado González Vargas, María del Rocío Herrera Morales, María Guadalupe Flores Luévanos, Noé Alvarado Tovar, Omar Fabián Rivera Cenicerros, Percival Inti Serrato Hernández, Rosa María Morales Flores, Silvia Adriana Vidaña Martínez, Tania Elizabeth Velásquez Chávez, Víctor Edi Manqueros Avilés.

*e-mail:* [revistacid@itslerdo.edu.mx](mailto:revistacid@itslerdo.edu.mx)



# ÍNDICE

## Artículos de investigación

01. Mecanismo de ajuste robusto para un controlador PD adaptable aplicado a un robot aéreo no tripulado tipo avión.....	01
» A. T. Espinoza-Fraire; J. A. Sáenz-Esqueda; C. Sáenz-Esqueda; O. Del-Río-Santana.	
02. Estudio descriptivo: Radiografía de las MiPyMEs de Sombrerete, Zacatecas.....	07
» M. I. Ceceñas-Jacquez; A. L. Guzmán-Ayala; J. I. Cuevas-Zapata; M. G. Ceseñas-Cordero.	
03. Control de sensores de presencia de equipo de cómputo usando Alexa e IoT.....	13
» J. I. Vega-Luna; M. A. Lagos-Acosta; G. Salgado-Guzmán; J. F. Cosme-Aceves; V. N. Tapia-Vargas.	
04. Autenticación por patrón de movimientos de mano para acceso a un laboratorio. ....	19
» J. I. Vega-Luna; M. A. Lagos-Acosta; G. Salgado-Guzmán; J. F. Cosme-Aceves; V. N. Tapia-Vargas.	
05. Diseño e implementación de máquina trituradora e instrumentación del ambiente controlado para generar vermicomposta. ....	24
» E. Vaquera-González.	
06. Diseño de un sistema automático para la corrección del factor de potencia mediante programación lógica de PLC y diseño de la interfaz HMI en instalación eléctrica de baja tensión en el edificio D del ITS Lerdo. ....	30
» L. A. González-Vargas; R. Cuellar-Alcalá; F. Huerta-Valenzuela.	
07. Energías limpias y sustentables por medio de paneles solares fotovoltaicos instalados en un ITS. Estudio de caso. ....	38
» E. C. Ávila-Salomón; E. O. Rosas-Meza; R. K. Martínez-Chong; R. G. García-Ramírez.	
08. Elaboración de soporte con base antiquemaduras. ....	44
» R. K. Martínez-Chong; E. C. Ávila-Salomón; E. O. Rosas-Meza; R. G. García-Ramírez.	
09. Análisis de la factibilidad de uso del agua tratada en la planta purificadora del Instituto Tecnológico Superior de Motul y su aplicación como herramienta de aprendizaje. ....	49
» F. Canul-Bacab; J. A. Alonso-Pacheco; C. G. Dzib-Pool.	
10. Implementación de la metodología 5s y su efecto de calidad dentro de una empresa de servicios.....	58
» J. A. Orozco-Pineda; K. G. Orozco-Pineda; A. E. Vidal-Caballero.	
11. Estrategias mercadológicas para la inserción en el mercado.....	64
» F. Álvarez-Zermeño; M. N. Castrejón-Álvarez; J. I. Cuevas-Zapata; A. L. Guzmán-Ayala; L. E. Pinedo-Reza.	
12. Mejora continua en la operación de inserción de clips en empresa automotriz. ....	70
» E. Segovia-Ávila; M. I. Luna-Reyes; G. Sánchez-Chaparro.	
13. Determinación del número óptimo de unidades en un sitio de taxis, usando simulación en Simio. ....	76
» L. Fuentes-Rosas; A. G. López-Cabrera; L. Rojas-Mora.	
14. Optimización en la soldadura por rotación de poliamidas. ....	81
» A. Vivaldo-Vicuña; L. Cortez-Calderón; A. Marquez-Vazquez; E. Aquino-Díaz.	

15. Aceleración en la resolución de modelos transitorios de transferencia de calor mediante un software de elementos finitos en 2d y CUDA. ....	<b>87</b>
<i>» J. Á. Beltrán-Pérez; J. M. Díaz-Chacón; C. Amaro-Hernández; A. Navarro-Valle; P. F. Rosales-Escobedo.</i>	
16. Simulación electromagnética del modelo de validación TEAM 7 usando la formulación T, phi-phi. ....	<b>93</b>
<i>» J. M. Díaz-Chacón; J. Á. Beltrán-Pérez; C. Amaro-Hernández; A. Navarro-Valle; P. F. Rosales-Escobedo.</i>	
17. Optimización de sistemas mecánicos de vehículo eléctrico desarrollado en el ITSL con la creación de una aplicación móvil para la selección de equipo.....	<b>99</b>
<i>» E. R. Arroyo-López; A. Serrano-Hernández; D. A. Román-Landeros.</i>	
18. Supervivencia y creación de empresas industriales en el norte de México. ....	<b>104</b>
<i>» B. Cardona-Ferniza; M. D. C. Garza-García; M. I. Luna-Reyes.</i>	
19. “Electronic Data Logging” Plataforma de registro electrónico de datos como optimizador de procesos en el área de calidad. ....	<b>110</b>
<i>» M. D. C. Garza-García; B. S. Esquivel-Aguilar; B. L. Cardona-Ferniza.</i>	
20. Desarrollo del sistema de gestión para los laboratorios de prácticas del ITSL y su implementación en kioscos móviles interactivos.....	<b>117</b>
<i>» J. M. Arzola-Monreal; E. Moreno-Núñez; K. V. Rodríguez-Lozano; M. G. Flores-Luévanos.</i>	
21. Determinar los factores que impiden el emprendimiento en los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.....	<b>123</b>
<i>» Z. Esquivel-Delgado; V. D. C. García-Hernández; C. F. Nájera-Martínez.</i>	
22. Desarrollo e implementación de redes neuronales para acondicionamiento de sensores LM35, SHARP y MG811 utilizando Matlab y PIC16F877A. ....	<b>127</b>
<i>» J. C. Valdez-Muñoz.</i>	
<i>Índice de autores.....</i>	<b>133</b>
<i>Guía para autores .....</i>	<b>134</b>



**ARTÍCULOS DE LA REVISTA:  
CIENCIA, INGENIERÍA Y DESARROLLO TEC LERDO**

# Mecanismo de ajuste robusto para un controlador PD adaptable aplicado a un robot aéreo no tripulado tipo avión

T. Espinoza-Fraire<sup>1</sup>, A. Sáenz-Esqueda<sup>1</sup>, C. Sáenz-Esqueda<sup>1</sup>, O. Del Rio-Santana<sup>1</sup>

**Resumen**— En este trabajo se presenta un mecanismo de ajuste robusto con la técnica de modos deslizantes para diseñar un controlador PD con ganancias adaptables. El objetivo y contribución es el diseño de un mecanismo de ajuste robusto en presencia de perturbaciones desconocidas y no modeladas en el sistema, esta perturbación puede ser considerada como rachas de viento. El mecanismo de ajuste robusto está diseñado con la regla MIT y el método de gradiente con la teoría de modos deslizantes. El controlador PD adaptable obtenido se aplica para regular la altitud de un robot aéreo no tripulado tipo avión.

**Palabras claves**—Control adaptable, modos deslizantes, robusto.

**Abstract**— In this work is presented an adjustment mechanism with the sliding modes technique to design a PD controller with adaptive gains. the objective and contribution is the design of a robust adjustment mechanism in presence of unknown and not modeled perturbations in the system, this perturbation can be considered as wind gusts. The robust adjustment mechanism is designed with the MIT-rule and the gradient method with the sliding mode theory. The adaptive PD controller obtained is applied to regulate the altitude of an airplane-type unmanned aerial robot..

**Keywords**— Adaptive control, sliding modes, robust.

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo y uso de sistemas aéreos no tripulados (UAVs) sigue en aumento, pero aún existen algunas investigaciones que se pueden desarrollar, una de ellas es el control de altitud en presencia de perturbaciones en UAVs de ala fija no tripulados, las perturbaciones mencionadas son las ráfagas de viento. Por lo tanto, en este trabajo se desarrolla un controlador PD con ganancias adaptables y esta adaptación se basa en el esquema adaptable conocido como Model Reference Adaptive System (MRAS). Entonces, en este trabajo el objetivo es diseñar un mecanismo de ajuste robusto para las ganancias de un controlador PD y nuestra propuesta para diseñarlo, es con el uso de la regla MIT (Astrom K. J., Wittenmark B. (1994)) y el método del gradiente con la teoría de modos deslizantes.

Existen otros trabajos donde se presenta algún aporte a la regla del MIT, por ejemplo, en (Ahmed A., Abdelmageed A. and Mohammed M. (2015)) se desarrolla un modelo de

referencia basado en un controlador PID y se compara con un modelo de referencia convencional u ordinario, esto se hace con el fin de obtener un mejor desempeño en el control de la velocidad de un motor de CC. En (Pawar R.J. y Parvat B.J. (2015)) se presenta una modificación en la estructura de un MRAC (control adaptativo por modelo de referencia) la modificación se basa en un controlador PID.

Mientras que en (Amuthan N. y Singh. S. (2008)) se propone mecanismo de ajuste mediante la ecuación de Perrin que tiene como objetivo evitar la selección de la ganancia adaptativa por un método heurístico.

En (J. Priyank y Nigam M. (2013)) se presenta una regla MIT modificada con el objetivo de resolver dos problemas que presenta la regla MIT, estos problemas son que con una selección suficientemente grande de la ganancia de adaptación o en la magnitud de la señal de referencia, el sistema tiende a la inestabilidad. Por otro lado, los trabajos (Ahmed A., Abdelmageed A. and Mohammed M. (2015)), (Pawar R.J. y Parvat B.J. (2015)), (Amuthan N. y Singh. S. (2008)) y (J. Priyank y Nigam M. (2013)) presentan resultados de simulaciones utilizando el software Matlab, así como en este trabajo.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

### A. Modelo dinámico longitudinal.

El modelo aerodinámico se ha obtenido con base en la segunda ley de movimiento de Newton, se toman algunas consideraciones para la obtención del modelo, es decir, se considera la tierra como un plano debido a que el MAV de ala fija va a volar distancias cortas, y no se considera ninguna parte flexible del avión para el modelo dinámico. Entonces, el modelo longitudinal del avión se ha definido como (Brian L. Stevens y Frank L. Lewis. (1992)):

$$\dot{V} = \frac{1}{m}(-D + T \cos(\alpha) - mg \sin(\gamma)) \quad (1)$$

$$\dot{\gamma} = \frac{1}{mV}(L + T \sin(\alpha) - mg \cos(\gamma)) \quad (2)$$

$$\dot{\theta} = q \quad (3)$$

$$\dot{q} = M_q q + M_{\delta_e} \delta_e \quad (4)$$

$$\dot{h} = V \sin(\theta) \quad (5)$$

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango, México.

\* atespinoza@ujed.mx

donde  $V$  es la velocidad de vuelo,  $\alpha$  describe el ángulo de ataque,  $\gamma$  representa el ángulo de incidencia del viento y  $\theta$  denota el ángulo de cabeceo. Además,  $q$  es la velocidad angular de cabeceo (con respecto al eje  $y$  en el cuerpo del vehículo aéreo no tripulado de ala fija),  $T$  denota la fuerza de empuje del motor,  $h$  es la altura de la aeronave no tripulada

y  $\delta_e$  representa la desviación de la superficie de control, conocida en aerodinámica como elevador (Brian L. Stevens y Frank L. Lewis. (1992)), (Mclean D. (1990)). Los efectos aerodinámicos en el vehículo aéreo son obtenidos por la fuerza de elevación  $L$  y la fuerza de oposición al movimiento  $D$ . La masa total del avión está dada por  $m$ ,  $g$  es la constante gravitacional,  $I_{yy}$  describe la componente  $y$  de la diagonal de la matriz de inercia. El valor del ángulo de ataque es obtenido utilizando la siguiente relación  $\alpha = \theta - \gamma$  (L. Stevens, et al, 1992). En aerodinámica,  $M_q$  y  $M_{\delta_e}$  son las derivadas de estabilidad implícitas en el movimiento de cabeceo. La fuerza de elevación  $L$ , la fuerza  $D$  son definidas como (M.V. Cook, 2013), (Brian L. Stevens y Frank L. Lewis. (1992)):

$$L = \bar{q} S C_L \quad (6)$$

$$D = \bar{q} S C_D \quad (7)$$

donde  $\bar{q}$  denota la presión aerodinámica.  $S$  representa el área del ala y  $\bar{c}$  es la respuesta de la cuerda.  $C_D$  y  $C_L$  son los coeficientes aerodinámicos para las fuerzas de sustentación y de oposición, respectivamente (Brian L. Stevens y Frank L. Lewis. (1992)). Las derivadas de estabilidad aerodinámica

son definidas por  $M_q = \frac{\rho S V \bar{c}^2}{4 I_{yy}} C_{mq}$  y  $M_{\delta_e} = \frac{\rho V^2 S \bar{c}}{2 I_{yy}} C_{m\delta_e}$

donde  $\rho$  es la densidad del aire ( $1.05 \text{ kg/m}^3$ ),  $S$  se define como el área del ala ( $0.09 \text{ m}^2$ ),  $\bar{c}$  es la respuesta estándar de la cuerda ( $0.14 \text{ m}$ ),  $b$  es la envergadura ( $0.914 \text{ m}$ ),  $I_{yy}$  define al momento de inercia en cabeceo ( $0.17 \text{ kgm}^2$ ),  $C_{mq}$  es el coeficiente adimensional para el movimiento longitudinal, obtenido experimentalmente (-50),  $C_{m\delta_e}$  define al coeficiente adimensional para el movimiento del elevador, obtenido experimentalmente (0.25).

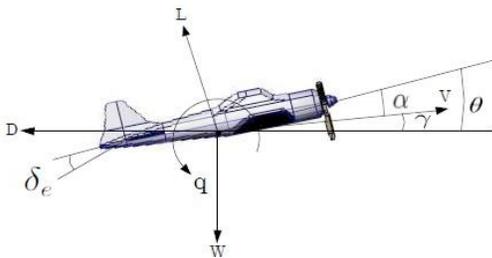


Figura 1. Movimiento de cabeceo.

### B. Diseño del controlador adaptable

Para diseñar el controlador adaptativo por altitud, se consideran las ecuaciones (3) - (5), esto es debido a que la ecuación (1) representa la velocidad del avión, pero para las simulaciones de este trabajo se considera como constante, y la ecuación (2) es el ángulo de incidencia producido por el viento y en este trabajo estamos diseñando la ley de control sobre el sólido (cuerpo de la aeronave). Entonces, el error de altitud se define como  $\tilde{e}_h = h_d - h$ , donde  $h_d$  es la altitud deseada y  $h$  es la altitud real. La altitud deseada se logra controlando el ángulo de inclinación, por lo que hemos definido un error para este ángulo, dado por  $\tilde{e}_\theta = \theta_d - \theta(t)$ , donde  $\theta_d = \arctan(\tilde{e}_h / \zeta)$  es el ángulo de inclinación deseado, y  $\zeta$  denota la longitud desde el centro de masa del vehículo aéreo no tripulado hasta la nariz de este. Considere las ecuaciones (3) - (4), define la entrada de control. Así, el control adaptativo viene dado por:

$$\delta_e = \hat{k}_{pa} \tilde{e}_\theta + \hat{k}_{va} \dot{\tilde{e}}_\theta \quad (8)$$

donde  $\hat{k}_{pa}$  y  $\hat{k}_{va}$  se denominan ganancias de posición y velocidad, respectivamente, estas son las ganancias adaptables. Las ganancias del control de PD tienen implícito un subíndice para indicar el algoritmo que se ha aplicado como mecanismo de ajuste,  $a = a_1, a_2, a_3, a_4$ , esto es,  $a_1$ : corresponda a la regla MIT,  $a_2$ : corresponde a la regla MIT con modos deslizantes de primer orden (MIT-SM),  $a_3$ : corresponde a la regla MIT con modos deslizantes de segundo orden (MIT-2SM),  $a_4$ : corresponde a la regla MIT con modos deslizantes de alto orden (MIT-HOSM). Por tanto, para el diseño de la regla MIT se introduce un error dado por:

$$e_{\theta_m} = \theta_m - \theta \quad (9)$$

donde  $\theta_m$  es la salida del modelo de referencia, se considera la metodología presentada en (Astrom K. J., Wittenmark B. (1994)) para la regla del MIT, teniendo en cuenta esto, el modelo aerodinámico se ha transformado en la representación de una función de transferencia para desarrollar las derivadas de sensibilidad; estos se han obtenido calculando derivadas parciales con respecto a los parámetros del controlador  $\hat{k}_{pa}$  y  $\hat{k}_{va}$ . Por lo tanto, la función de transferencia de bucle cerrado con el controlador PD adaptable se ha definido como:

$$\theta = \frac{M_{\delta_e} (\hat{k}_{pa} + \hat{k}_{va} s)}{s^2 + (M_q + M_{\delta_e} \hat{k}_{va}) s + M_{\delta_e} \hat{k}_{pa}} \theta_d \quad (10)$$

y el modelo de referencia para la dinámica de altitud se ha definido como:

$$\theta_m = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \theta_d \quad (11)$$

donde  $\zeta = 3,17$  y  $\omega = 3,16$ . Considerando (9) - (11) y calculando las derivadas parciales con respecto a  $y$ , se obtiene:

$$\frac{\partial e_{\theta m}}{\partial \hat{k}_{pa}} = \frac{M_{\delta e}}{s^2 + (M_q + M_{\delta e} \hat{k}_{va})s + M_{\delta e} \hat{k}_p} (\theta - \theta_d) \quad (12)$$

$$\frac{\partial e_{\theta m}}{\partial \hat{k}_{va}} = \frac{M_{\delta e}}{s^2 + (M_q + M_{\delta e} \hat{k}_{va})s + M_{\delta e} \hat{k}_p} (\theta) \quad (13)$$

Generalmente, las expresiones (12) y (13) no se pueden utilizar debido a los parámetros desconocidos de modo que, se ha asumido un caso óptimo y se define como:

$$s^2 + (M_q + M_{\delta e} \hat{k}_{va})s + M_{\delta e} \hat{k}_p = s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 \quad (14)$$

así, después de estas aproximaciones, hemos obtenido las ecuaciones diferenciales del controlador PD adaptativo.

$$\dot{\hat{k}}_{pa1} = -\gamma_1 \left( \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (\theta - \theta_d) \right) e_{\theta m} \quad (15)$$

$$\dot{\hat{k}}_{va1} = -\gamma_2 \left( \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (\theta) \right) e_{\theta m} \quad (16)$$

Ahora, se propone una regla MIT con modos deslizantes de primer orden; este enfoque es diferente al definido en (Astrom K. J., Wittenmark B. (1994)). Entonces, se define una superficie deslizante como  $s_1 = \dot{\theta}_m - q + k_1 e_{\theta m}$  con  $k_1 > 0$ . Luego, las ecuaciones diferenciales del controlador adaptable con la metodología por modo deslizantes de primer orden, vienen dadas por:

$$\dot{\hat{k}}_{pa2} = -\gamma_1 \left( \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (\theta - \theta_d) \right) (\beta_p \operatorname{sgn}(s_1)) \quad (17)$$

$$\dot{\hat{k}}_{va2} = -\gamma_2 \left( \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (\theta) \right) (\beta_p \operatorname{sgn}(s_1)) \quad (18)$$

donde  $\beta_p$  y  $\beta_v$  son valores positivos. Debido al efecto de *chattering* de los modos deslizantes de primer orden, se propone un mecanismo de ajuste con modos deslizantes de segundo orden. Estos modos deslizantes de segundo orden incluyen un diferenciador robusto de primer orden (Levant A. (1998)):

$$\begin{aligned} \dot{x}_0 &= v_0 = -\lambda_0 |x_0 - s_1|^{2/3} \operatorname{sgn}(x_0 - s_1) + x_1 \\ \dot{x}_1 &= -\lambda_1 \operatorname{sgn}(x_1 - v_0) \end{aligned}$$

Donde  $x_0$  y  $x_1$  son estimaciones en tiempo real de  $s_1$  y  $\dot{s}_1$ , respectivamente. Los valores de  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  son positivos y constantes. Por lo tanto, las ecuaciones diferenciales del controlador PD adaptable con modos deslizantes de segundo orden se definen por:

$$\begin{aligned} \dot{\hat{k}}_{pa3} &= -\gamma_1 \left( \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (\theta - \theta_d) \right) \\ &\times (\beta_p \operatorname{sgn}(s_1) + \beta_v \operatorname{sgn}(\dot{s}_1)) \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \dot{\hat{k}}_{va3} &= -\gamma_2 \left( \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (\theta) \right) \\ &\times (\beta_p \operatorname{sgn}(s_1) + \beta_v \operatorname{sgn}(\dot{s}_1)) \end{aligned} \quad (20)$$

donde  $\beta_p, \beta_v > 0$ . Para reducir o eliminar aún más el efecto de *chattering* en los modos deslizantes de segundo orden, se propone un mecanismo de ajuste con modos deslizantes de alto orden. Para diseñar el mecanismo de ajuste con modos deslizantes de alto orden es necesario un diferenciador robusto de segundo orden (Levant A. (1998)):

$$\dot{x}_0 = v_0 = -\lambda_0 |x_0 - s_1|^{2/3} \operatorname{sgn}(x_0 - s_1) + x_1$$

$$\dot{x}_1 = v_1 = -\lambda_1 |x_1 - v_0|^{1/2} \operatorname{sgn}(x_1 - v_0) + x_2$$

$$\dot{x}_2 = -\lambda_2 \operatorname{sgn}(x_2 - v_1)$$

donde,  $x_0$ ,  $x_1$  y  $x_2$  son estimaciones en tiempo real de  $s_1$ ,  $\dot{s}_1$  y  $\ddot{s}_1$ . Los valores de  $\lambda_0$ ,  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  se definen como constantes positivas. Finalmente, las ecuaciones diferenciales del controlador PD adaptable con modos deslizantes de alto orden se definen por:

$$\dot{\hat{k}}_{pa4} = -\gamma_1 \left( \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (\theta - \theta_d) \right) \quad (21)$$

$$\times (\alpha_p (\ddot{s}_1 + 2(|\dot{s}_1|^3 + |s_1|^2)^{1/6} \operatorname{sgn}(\dot{s}_1 + |s_1|^{2/3} \operatorname{sgn}(s_1))))$$

$$\dot{\hat{k}}_{va4} = -\gamma_2 \left( \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} (\theta) \right) \quad (22)$$

$$\times (\alpha_v (\ddot{s}_1 + 2(|\dot{s}_1|^3 + |s_1|^2)^{1/6} \operatorname{sgn}(\dot{s}_1 + |s_1|^{2/3} \operatorname{sgn}(s_1))))$$

donde  $\alpha_p$  y  $\alpha_v$  son ganancias positivas y constantes.

### III. RESULTADOS

#### A. Análisis del error y esfuerzo del controlador.

Para describir los resultados de las simulaciones con la regla MIT con teoría de modos deslizantes, hemos analizado los resultados con la norma  $l_2$  (Khalil H. (1996)), ver la Tabla I, es decir, analizar las señales de error (23) y el esfuerzo de control (24) con los diferentes mecanismos adaptables propuestos.

$$l_2[e_h] = \sqrt{\frac{1}{T-t_0} \int_{t_0}^T \|e_h\|^2 dt} \quad (23)$$

$$l_2[\delta_e] = \sqrt{\frac{1}{T-t_0} \int_{t_0}^T \|\delta_e\|^2 dt} \quad (24)$$

TABLA I  
NORMA  $l_2$  DEL ERROR Y ESFUERZO DE LOS CONTROLADORES

Controlador	$l_2[e_h]$ [grados]	$l_2[\delta_e]$ [grados]
MIT	1.2949	0.2876
MIT-SM	1.2913	0.2686
MIT-2SM	1.0856	0.2362
MIT-HOSM	1.0773	0.2519

*B. Resultados obtenidos en simulación.*

Los resultados de las simulaciones para el control de altura aplicando la regla MIT (Astrom K. J., Wittenmark B. (1994)), se presentan en la Figura 2, en el gráfico superior de la Figura 2 se presenta la respuesta de la regla MIT y en el gráfico inferior de la misma figura, muestra la respuesta del controlador. Analizando los resultados obtenidos en la Tabla I se aprecia que el controlador PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT ha presentado más error que el MIT con la teoría de los modos deslizantes, es decir, el error en altura con la regla MIT es más grande que la regla MIT con modo deslizante (MIT-SM), y que la regla MIT con dos modos deslizantes (MIT-2SM) y que la regla MIT con modo deslizante de orden superior (MIT-HOSM). Mientras tanto, el esfuerzo de control con la regla MIT es mayor que las otras técnicas en estudio, es decir, con el mecanismo adaptativo de la regla MIT, el esfuerzo de control de PD es más grande que la regla MIT con modo deslizante (MIT-SM), que la regla MIT con dos modos deslizantes (MIT-2SM) y que la regla MIT con modo deslizante de orden superior (MIT-HOSM), ver Tabla I.

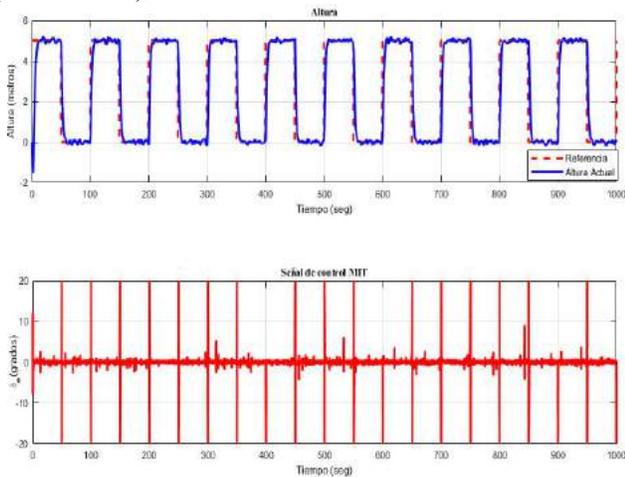


Figura 2. Mecanismo adaptable basado en la regla MIT.

Por otro lado, el error del controlador PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con el modo deslizante es mayor que la regla MIT con dos modos deslizantes (MIT-SM) y es mayor que la regla del MIT con modos deslizantes de orden superior (MIT-HOSM). Los resultados obtenidos con el mecanismo adaptable basado en regla MIT con modos deslizantes se presentan en la Figura 3, donde en el gráfico superior de la misma figura podemos apreciar la convergencia a los valores deseados a pesar del ruido aplicado en el sistema de control. En la Tabla I podemos ver que el controlador PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con modos deslizantes aplica una señal de control mayor que el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con dos modos deslizantes (MIT-2SM), e incluso el mecanismo adaptable con la regla MIT con modos

deslizantes el esfuerzo de control es más grande que la MIT con modos deslizantes de orden superior (MIT-HOSM). En el gráfico inferior de la Figura 3 se muestra la señal de control generada por el PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con los modos deslizantes.

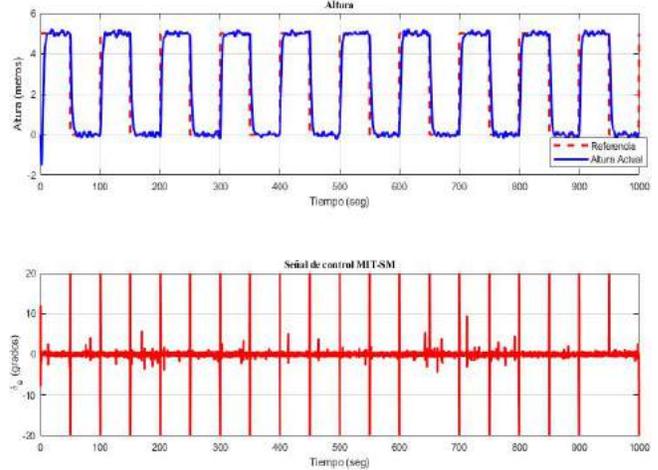


Figura 3. Mecanismo adaptable basado en la regla MIT con modos deslizantes de primer orden.

En la Figura 4 se presentan los resultados obtenidos por el controlador PD basado en la regla MIT con dos modos deslizantes (MIT-2SM), en el gráfico superior se aprecia la respuesta del controlador PD con el mecanismo adaptativo basado en la regla MIT con dos modos de deslizamiento (MIT-2SM). En la Tabla I podemos ver que el controlador PD basado en la regla MIT con dos modos deslizantes (MIT-2SM) ha presentado un error mayor que la regla MIT con modo deslizante de orden alto (MIT-HOSM), pero el mecanismo adaptable basado en MIT con dos modos deslizantes ha presentado un esfuerzo de control menor que la regla MIT con modos deslizantes de alto orden (MIT-HOSM). En el gráfico inferior de la Figura 4 se presenta la respuesta del mecanismo adaptable basado en la regla MIT con dos modos deslizantes.

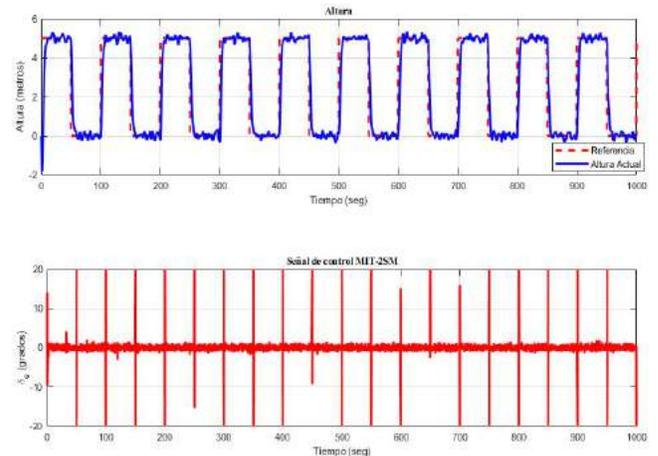


Figura 4. Mecanismo adaptativo basado en la regla MIT con modos deslizantes de segundo orden.

Mientras tanto, la respuesta del controlador PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con modos deslizantes de alto orden (MIT-HOSM) se presenta en la Figura 5, en el gráfico superior de la misma figura se muestra la convergencia a los valores deseados y en el gráfico superior se muestra la respuesta del controlador. El controlador PD basado en la regla MIT con modos deslizantes de alto orden (MIT-HOSM) tiene un error menor en comparación con los otros mecanismos adaptables presentados en este trabajo e incluso presenta una acción de control menor cuando se compara con el controlador PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT y con el basado en la regla MIT con modos deslizantes. Se produce una excepción cuando se compara con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con dos modos deslizantes (ver Tabla I). Y finalmente, la ventaja de utilizar el controlador PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con modos deslizantes de alto orden es la reducción del efecto *chattering* en la señal de control, la evolución del efecto *chattering* se reduce incluso con la perturbación en el sistema, esto se puede apreciar en la Figura 6.

Basados en los resultados obtenidos con el control adaptable con regla MIT y modos deslizantes de alto orden tiene la ventaja que se reduce de forma significativa las perturbaciones generadas sobre el UAV de ala fija y con ello se logra el objetivo de control sin tener vibraciones en las superficies de control y en consecuencia evitar el desgaste de la superficie y el calentamiento de los motores o actuadores en el UAV de ala fija.

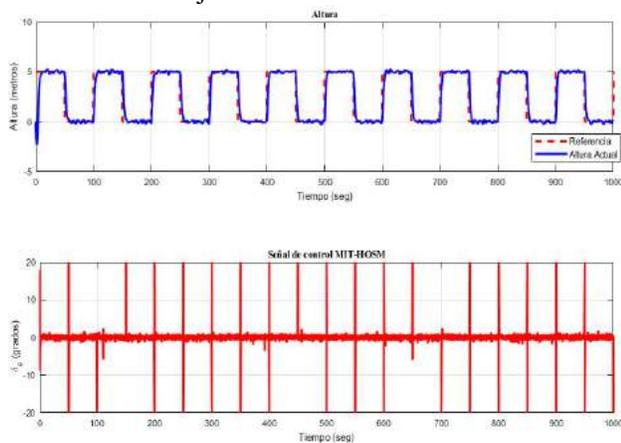


Figura 5. Mecanismo adaptable basado en la regla MIT con modos deslizantes de alto orden.

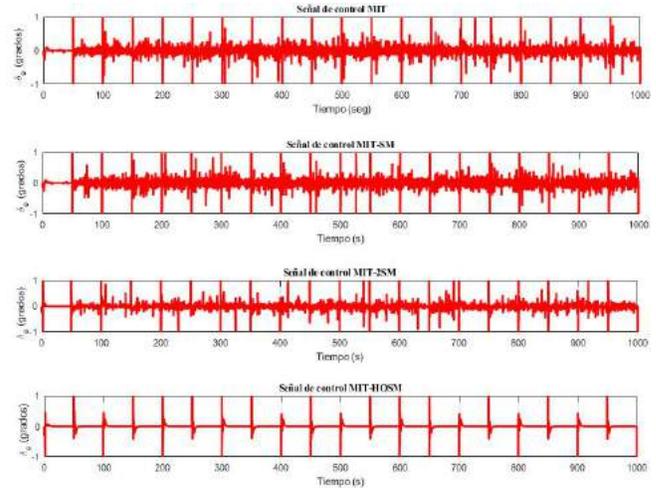


Figura 6. Acercamiento de las señales de control, disminución de perturbaciones y de efecto *chattering*.

#### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El mecanismo adaptable basado en la regla MIT presentó un error y esfuerzo de control mayor que el basado en la regla MIT con las técnicas de modos deslizantes, a pesar de ello, el controlador adaptable con la regla MIT alcanza la altitud deseada. Por otro lado, el controlador PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con los modos deslizantes de primer orden presentó un error y un esfuerzo de control mayor que el basado en la regla MIT con los modos deslizantes de segundo orden y con el basado en los modos deslizantes de orden superior.

El mecanismo adaptable basado en la regla MIT con dos modos deslizantes ha presentado una mejor respuesta con el controlador PD en altitud considerando que el esfuerzo de control es menor en comparación con los otros mecanismos adaptables presentados en este trabajo, pero el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con dos modos deslizantes ha presentado un error mayor que la regla MIT con modo deslizante de orden superior. Finalmente, el mecanismo adaptativo basado en la regla MIT con modo deslizante de alto orden ha presentado un mejor desempeño en comparación con los otros mecanismos adaptables presentados en este trabajo considerando que el error de altitud es el más pequeño, e incluso este mecanismo adaptable para el controlador PD, ha presentado un menor esfuerzo de control que los mecanismos adaptativos basados en la regla MIT y la regla MIT con modos deslizantes de primer orden. Más aún, el controlador PD con el mecanismo adaptable basado en la regla MIT con modos deslizantes de alto orden ha presentado una reducción considerable del efecto de *chattering*.

## V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la UJED por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

## VI. REFERENCIAS

*Para artículos en revistas:*

- [1] Astrom K. J., Wittenmark B. (1994). Adaptive Control. 2nd Edition. Ed. Prentice Hall
- [2] Ahmed A., Abdelmageed A. and Mohammed M. (2015). A Novel Model Reference Adaptive Controller Design for a Second Order System. International Conference on Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering. pp.409-413
- [3] Pawar R.J. y Parvat B.J. (2015). Design and Implementation of MRAC and Modified MRAC technique for Inverted Pendulum. 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC)
- [4] Amuthan N. y Singh. S. (2008). Direct Model Reference Adaptive Internal Model Controller using Perrin equation Adjustment Mechanism for DFIG Wind Farms. Third International Conference on Industrial and Information Systems
- [5] J. Priyank y Nigam M. (2013). "Design of a Model Reference Adaptive Controller Using Modified MIT Rule for a Second Order System." Advance in Electronic and Electric Engineering. vol.3. No. 4. pp. 477-484
- [6] Brian L. Stevens y Frank L. Lewis. (1992). "Advances in Unmanned Aerial Vehicles." Ed. Jhon Wiley and Sons. 1992
- [7] Mclean D. (1990). Automatic Flight Control Systems, Ed. Prentice hall International
- [8] Levant A. (1998). Robust Exact Differentiation Via Sliding Mode Technique. Automatica. vol.34, pp.379-384, 1998.
- [9] Khalil H. (1996). "Nonlinear Systems." Ed. Prentice Hall.

## VII. BIOGRAFÍA



**Espinoza Fraire Arturo Tadeo.** Nació el 19 de abril de 1983 en Torreón, Coahuila, México. Obtuvo el grado de Ingeniería en Electrónica en la especialidad de Control Automático e Instrumentación en 2008 en el Instituto Superior de Lerdo, Durango, México. Obtuvo el grado de Maestría y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Eléctrica en la especialidad de Mecatrónica y Control en el Instituto Tecnológico de la Laguna en 2011 y 2015 respectivamente. Trabajó en la

empresa Ingeniería Mexicana de Sistemas del 2007 al 2008, realizó estancias de investigación. en el laboratorio Franco-Mexicano en el CINVESTAV Zacatenco en el 2010 y una estancia de investigación en la Université de Technologie de Compègne en el 2011 en Francia. Desde el 2017 labora como Profesor Investigador en la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango en Gómez Palacio Durango, México. El Dr. Arturo Tadeo Espinoza Fraire es parte del comité técnico internacional del International Conference on Unmanned Aircraft Systems y nivel I del sistema nacional de investigadores (SNI). Sus áreas de interés son: vehículos aéreos y acuáticos no tripulados, control lineal y no lineal, sistemas embebidos y aplicaciones con vehículos aéreos no tripulados.



**Sáenz Esqueda José Armando.** Nació en Gómez Palacio, Durango el 15 de julio de 1988. El historial académico es el siguiente: Ingeniero en Mecatrónica, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, en el año 2010. Doctorado y Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con especialidad en Mecatrónica y Control, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coah, en el año 2018 y 2013, respectivamente. Él actualmente es profesor investigador de la Facultad en Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango, sus temas de interés son: Control no Lineal, Robótica Móvil, Visión Artificial. M.C. Sáenz miembro de la Asociación Mexicana de Robótica.



**Sáenz Esqueda Cristina** nació el 11 de noviembre de 1989 en Gómez Palacio, Durango, México. Obtuvo el grado de Ingeniería en Sistemas Computacionales con especialidad en Desarrollo de Software en 2013 en el Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila. Actualmente se encuentra cursando estudios de Maestría en Ciencias de los datos en la Universidad Cuauhtémoc, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Es coordinadora de la carrera de Ingeniería y Tecnología en la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la UJED. Sus temas de interés son: minería de datos, sistemas de información geográfica, graficación y procesamiento de imágenes.



**Omar del Río Santana.** Nació el 29 de noviembre de 1975 en la cd. de Gómez Palacio Durango, México. Obtuvo el grado de ingeniero civil en la Universidad Juárez del Estado de Durango, en la ciudad de Gómez Palacio Durango, México en agosto del 2017. Actualmente cursa el 5to tetramestre de maestría en ingeniería civil con especialidad en planeación y construcción en la Facultad de Ingeniería Ciencias y Arquitectura de la

UJED. Integrante del cuerpo docente de ésta facultad, siendo miembro del personal del área de laboratorio de materiales de la facultad desde hace 5 años, en los cuales tiene en su haber trabajos realizados tanto para el municipio de Gómez Palacio y cd Lerdo Durango, México como en la industria privada, por nombrar algunos; supervisión y control de calidad de los materiales de la construcción del cuartel militar de San Pedro de las Colonias Coahuila, México supervisión y control de calidad de los materiales de una planta fotovoltaica localizada en el ejido Jauja Durango, México, control de calidad en minera Indé, en minera Velardeña y para el municipio obras de pavimentación y de líneas de conducción de agua y drenaje.

# Estudio descriptivo: Radiografía de las MiPyMEs de Sombrerete, Zacatecas

M.I. Ceceñas-Jacquez<sup>1</sup>, A.L. Guzmán-Ayala<sup>1</sup>, J.I. Cuevas-Zapata<sup>1</sup>, M.G. Ceseñas-Cordero<sup>1</sup>

**Resumen**—Análisis de las MiPyMEs que esboza un esquema de la forma de operación de las empresas en Sombrerete, Zacatecas. La investigación considera cuatro bloques básicos de estudio. 1. Nacimiento de la MiPyME que contempla motivaciones que impulsaron la apertura y bases experienciales de los fundadores. 2. Área financiera que analiza el tipo de capital de inicio, fuentes de financiamiento, uso del financiamiento, entre otros aspectos de manejo monetario. 3. Problemas y dificultades de la organización. 4. Retos y gestión de la organización, contempla las limitantes para el desarrollo hasta las prácticas empresariales. El estudio crea una radiografía que permite conocer a un nivel global la forma en que se desarrolla y opera el ecosistema empresarial dentro del municipio. Se consideran todos los sectores económicos presentes en el municipio que van desde el comercio, turismo, minería y construcción. Los resultados arrojan a nivel general que las empresas inician impulsadas por necesidad familiar, pero casi en la misma medida por pérdida de fuentes de empleo. La mayoría de las empresas inician con recursos propios o de la familia y sus administraciones tienden a ser empíricas, aunque comienzan a profesionalizarse y a buscar una posición competitiva más fuerte frente a empresas más grandes.

**Palabras claves**—Competitividad, empresa, gestión, MiPyME, radiografía.

**Abstract**—Analysis of the MiPyMEs that outlines a scheme of the form of operation of the companies in Sombrerete, Zacatecas. The research was designed considering four basic study blocks. 1. Birth of the MiPyME that contemplates motivations that promoted the opening and experiential bases of the founders. 2. Financial area that analyzes the type of initial capital, sources of financing, use of financing, among other aspects of monetary management. 3. Problems and difficulties of the organization. 4. Challenges and management of the organization, contemplates the limitations for the development of business practices. The study creates an X-ray that allows to know at a global level the way in which the business ecosystem develops and operates within the municipality. All economic sectors present in the municipality are considered, ranging from commerce, tourism, mining and construction. The results show at a general level that companies start driven by family

need, but almost to the same extent due to loss of sources of employment. Most companies start with their own or family resources and their administrations tend to be empirical, although they begin to professionalize and seek a stronger competitive position against larger companies.

**Keywords**— Company, competitiveness, management, MiPyME, radiography.

## I. INTRODUCCIÓN

En México hay más de 4.1 millones de microempresas que aportan 41.8% del empleo total. Las pequeñas suman 174,800 y representan 15.3% de empleabilidad; por su parte, las medianas llegan a 34,960 y generan 15.9% del empleo [1].

El estudio realizado está enfocado en conocer la radiografía de las MiPyMEs en el municipio de Sombrerete, Zac. De ahí la relevancia que representan estas entidades dentro del desarrollo regional y nacional. En el caso de Sombrerete como municipio más del 90% de la economía está apoyada en las MiPyMEs [2]. Por lo anterior, es importante identificar algunos factores relevantes que permitan conocer la radiografía de la MiPyME en el municipio, conociendo desde su nacimiento, desarrollo y operación hasta sus dificultades y cierre en algunos casos, con ello tener una base de conocimiento que permita a dependencias gubernamentales y a este tipo de entidades tener información que les ayude en las diferentes etapas de desarrollo de las empresas.

Para el desarrollo del estudio se consideraron las empresas que cubrieran las características de las MiPyMEs como bases de la economía [3]-[4]. Se consideraron 281 empresas distribuidas en proporción a los sectores presentes, el comercial, transporte, turismo, construcción, manufactura y servicios relacionados con la salud. Se aplicó un instrumento de recolección de información que se conforma de cuatro bloques. El primero nacimiento de la MiPyME, mientras que el segundo contempla aspectos financieros, el tercero dificultades y problemáticas, finalmente el cuarto bloque mide retos y gestión de la organización. La aplicación del instrumento fue mediante el uso de elementos electrónicos y presencial en entrevista con los dueños o administradores de este tipo de entidades. El uso de los

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente. Av. Tecnológico No. 2000, Colonia Loma la Perla, CP 99102, Sombrerete, Zacatecas, México.

\* [micecenas@itszo.edu.mx](mailto:micecenas@itszo.edu.mx)

resultados obtenidos es para un estudio descriptivo que permita conformar la radiografía de las MiPyMEs en el ecosistema empresarial de la región.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

### A. *Formulación del problema*

Dada la condición del entorno y la poca información existente al respecto, impulsó la propuesta de realizar el estudio en MiPyMEs derivado de la importancia que representan para la economía de Sombrerete.

### B. *Determinación del marco muestral*

El marco muestral se conforma por 281 empresas en el nivel local, el 59.7% pertenecen al sector comercial, el 8.5% servicios de transporte, 20% servicios turísticos, 5.8% sector de construcción, 4.2% sector de transformación o manufactura y 1.8% a servicios de salud y otros. La plantilla laboral oscila entre 0 a 10 empleados en el caso de las microempresas, las pequeñas que tienen entre 11 a 50 y menores a 250 para las medianas, manejan volúmenes anuales de venta menores a los 4 millones, 10 millones y 50 millones respectivamente. Dichas empresas son localizadas dentro del municipio de Sombrerete principalmente en la cabecera municipal.

### C. *Determinación de la muestra*

Dada la población determinada y el afán de poder tomar con mayor exactitud la representación de la totalidad de las empresas y analizando las posibilidades técnicas, financieras y humanas se decide realizar un censo por lo que no se requiere de hacer un muestreo. Con el censo se garantiza la fiabilidad y representación de la información.

### D. *Diseño del instrumento*

Se desarrolló una encuesta para la recolección de datos, se formularon 27 preguntas divididas en cuatro secciones para el análisis de las MiPyMEs, cabe mencionar que para la validación del instrumento se consulta a un grupo de expertos para definir medidas de fiabilidad de los cuestionamientos y sus escalas, verificar también la información sobre las relaciones entre elementos individuales [5]. Se calibra el instrumento para obtener el índice global de la replicabilidad o de la consistencia interna e identificar elementos problemáticos que deberían ser excluidos o modificados en los cuestionamientos. Con ello se llega al diseño final del instrumento usado en la recolección de información, considerando las bases de administración y organización de las empresas [6]-[7]. Bloques del instrumento:

**Bloque 1.** Nacimiento de las MiPyMEs. Contempla 3 cuestionamientos los cuales son de opción múltiple, que miden aspectos de origen de las empresas.

**Bloque 2.** Área financiera. Contempla 7 cuestionamientos de opción múltiple, que identifican aspectos de capital, financiamiento, mercados y rendimientos.

**Bloque 3.** Problemas y dificultades. Contempla 6 cuestionamientos de los cuales 2 son de ordenamiento de factores y los restantes de opción múltiple, que analizan las principales situaciones problemáticas, errores que se cometen y causas de posible cierre.

**Bloque 4.** Retos y gestión de la organización. Contempla 11 cuestionamientos que miden forma de operación y manejo de la organización; barreras o limitantes en la gestión, estrategia, propiedad y gestión, entre otros aspectos.

### E. *Recopilación de la información.*

De acuerdo a las empresas consideradas en el estudio se dividen en seis bloques para ser encuestadas y clasificar la información. Los criterios para la generación de bloques obedecen al tipo de aplicación del instrumento si es electrónico o presencial y la ubicación geográfica. La recopilación de la información se realiza con un cronograma que contempla un periodo de ocho semanas en donde cada bloque tiene un responsable de verificación de correcta aplicación y cumplimiento en fechas.

### F. *Análisis de los datos.*

En análisis de datos se llevó a cabo el ordenamiento, validación y análisis de los datos, se elaboró una base de datos con el apoyo de herramientas electrónicas conteniendo la estructura de los cuatro bloques de la encuesta. Con ayuda de software se elaboraron las gráficas para su interpretación.

## III. RESULTADOS

En esta investigación se analizan cuatro directrices: nacimiento de la empresa, área financiera, problemas y dificultades, finalmente retos y gestión de la organización. Los resultados que arroja se presentan de acuerdo a cada una de las directrices.

A. Nacimiento de la empresa.

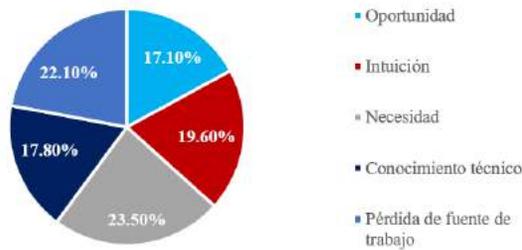


Figura 1. Motivo de nacimiento de la empresa

Como se puede observar en la figura 1 la mayor parte de las empresas encuestadas iniciaron operaciones derivado de la necesidad de sus fundadores para tener una fuente de ingresos, representando el 23.5%; sin embargo, muy de cerca la pérdida de la fuente de empleo ha sido otra motivación para iniciar una empresa, esto representa el 22.1%. Lo anterior muestra que existe poca cultura emprendedora propiamente en la economía local, derivado de que la mayoría de estas empresas inician por un motivo de sobrevivencia y no tanto por aprovechar las condiciones de la economía.

B. Área financiera.

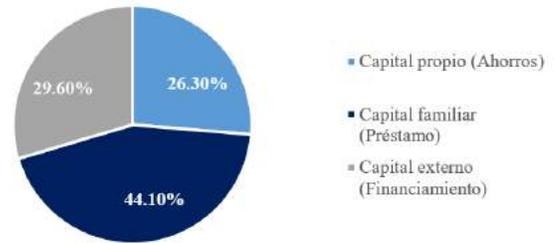


Figura 3. Origen del capital inicial

La figura 3 muestra que, para el inicio de sus operaciones, las empresas encuestadas en gran parte comenzaron con un capital familiar que podemos ver representado con el 44.1%, esto es indicativo que acudieron a familiares o venta de propiedades para generar el capital necesario para la empresa; en menor medida el 29.6% aprovechó los sistemas de financiamiento para acceder al capital. Pocas empresas que representan el 26.3% iniciaron con un capital que fuera fruto del ahorro de sus fundadores. Se puede evidenciar que no existe un respaldo previo para el inicio de las MiPyMEs en el municipio, que se ve estrechamente relacionado con los motivos de apertura.

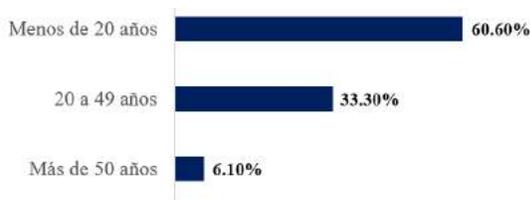


Figura 2. Años de la empresa en el mercado

Según la figura 2 las empresas de Sombrerete son relativamente jóvenes al tener menos de 20 años y únicamente el 6.10% ya se ha consolidado al tener más de 50 años. Este 60.60% de las empresas menores a 20 años indican que ha sido durante los últimos años que se ha comenzado a incrementar el número de empresas que si permanecen en el mercado, lo que implica un incremento en la dinámica empresarial del municipio y se refleja en una economía mas activa. Es importante resaltar que el 45.2% de las empresas encuestadas comentaron que contaban con la experiencia previa y fundamento teórico para la gestión y operación de la empresa, el 24.2% declaró tener un conocimiento parcial que les dio las herramientas suficientes para poder operar. Lo anterior respalda la evidencia de permanencia de las organizaciones al existir una noción de manejo de negocios.

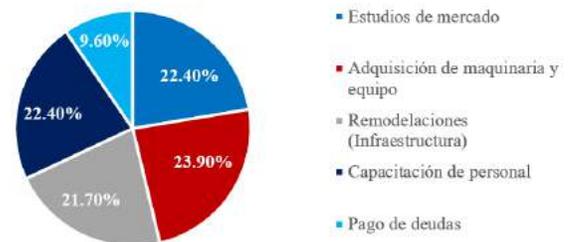


Figura 4. Destino del financiamiento de operación

De acuerdo a la figura 4 se puede observar que el destino de los financiamientos que tienen las empresas encuestadas van destinados en una proporción muy similar a inversión en maquinaria y equipo (23.9%), estudios de mercado (22.4%), capacitación y manejo de talento humano (22.4%) y remodelaciones o adecuaciones en instalaciones (21.7) lo que implica que las empresas buscan cubrir la mayoría de los aspectos de operación. Según la encuesta aplicada, el origen del financiamiento son los programas gubernamentales (financiamiento público) con un 39.1%, le sigue las cooperativas financieras con 30.6% y casi en la misma media el bancario con un 30.3%. Se observa el aprovechamiento de las MiPyMEs en el acceso a los recursos públicos

orientados a la economía; pocos acceden al financiamiento privado por considerar más complejo o difícil de liquidar por las tasas de interés comparados contra los programas gubernamentales que manejan tasas más flexibles o bajas.

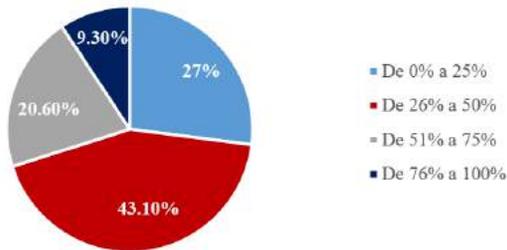


Figura 5. Crecimiento de la empresa en base a utilidades obtenidas

La figura 5 muestra el crecimiento de las empresas en base a las utilidades obtenidas durante los últimos cinco años. Las empresas han tenido un crecimiento sustancial al ver que 43.1% han crecido entre el 26% y el 50%; aunque un 27% ha tenido un crecimiento pequeño o incluso casi nulo. Cabe resaltar que en la encuesta también se midió el nivel de competitividad percibido. El 33.1% de las empresas considera que es muy competitiva y el 31.3% es competitiva. Estos datos se ven directamente relacionados con el crecimiento en utilidades; aunque el mercado en el que se desenvuelven no es maduro aún, han recibido buena respuesta del mismo permitiendo tener un crecimiento y lograr una posición competitiva.

C. Problemas y dificultades.



Figura 6. Problemas presentes en los últimos 12 meses.

A nivel interno la figura 6 muestra que el flujo de efectivo es la principal problemática que se relaciona con el manejo de recursos monetarios identificado en un 18.18%;

esto es consecuencia de la falta de buenas prácticas contables. En segundo lugar la tecnología, reclutamiento de personal y reorganización de la compañía ocupan el segundo lugar como problemáticas internas con un 15.15% y 16.15%. En el aspecto externo la presencia de competencia fuerte y aparición de nuevos competidores es de los problemas más importantes al representar el 24.24% de las empresas. Las condiciones de mercado se presentan como el segundo problema más común con un 21.25% al considerar las empresas que existen pocas facilidades para la comercialización y puesta del producto en las manos del consumidor.

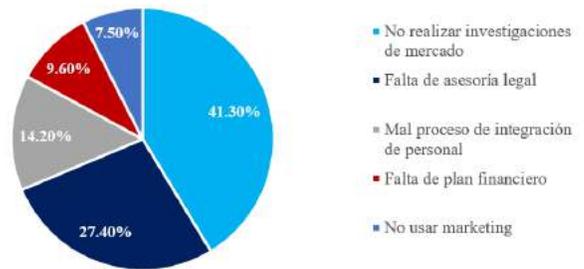


Figura 7. Errores más comunes de las empresas

En la figura 7 se puede observar que el 41.3% de las empresas y sus responsables consideran que el no realizar un análisis fundamentado del mercado es el error que les cuesta dinero y posición de mercado; no identificar los patrones del mercado y sus condiciones no permiten generar una adecuada propuesta de valor. Otro error frecuente es la falta de asesoría legal con un 27.4% que identifica la falta de actualización y estar en regla con las normas y leyes que rigen la operación de las empresas; el no acceder a expertos que orienten en estos temas les cuesta dinero, pero sobre todo la posibilidad de permanencia en el mercado al hacerse acreedores a sanciones por parte de las autoridades. Uno más de los errores comunes es el proceso deficiente para integrar personal con un 14.2% que identifica el poco cuidado que ponen las empresas en atraer a las personas idóneas para desempeñar las funciones requeridas en las organizaciones.

D. Retos y gestión de la organización.



Figura 8. Estrategia a seguir en los próximos meses

A pesar de los retos y desafíos las empresas desean incrementar sus ingresos. En la figura 8 se observa la

intención de la empresa por mejorar su posición competitiva y de mercado al buscar una estrategia de expansión y crecimiento que representa el 64.7%, en tanto el 36.30% solo busca mantener su estatus a través de la consolidación.



Figura 9. Existencia de un plan de negocios para operar la empresa.

Según la figura 9 en la actualidad el 52.10% de las empresas cuenta con un plan de negocios estratégico, tienen contemplado las posibles condiciones futuras en las que se habrá de desarrollar la empresa, mientras que un 38.40% no ha considerado el diseño de un plan de negocios. En menor grado un 9.50% desconoce de su diseño e implementación.



Figura 10. Mecanismos para la solución de conflictos en la empresa.

De acuerdo con la clasificación de tipo de mecanismo más común para solución de conflictos en orden de importancia para las administraciones de las empresas encuestadas cuentan con mecanismos como reglamentos, políticas de operación y regulaciones administrativas en un 57.57%. En segundo lugar se acude como mecanismo de solución a las juntas administrativas, en tercer lugar el consejo de la familia. Lo anterior refleja que aunque se han profesionalizado en cierta medida las empresas al crear mecanismos formales de solución aún son fuertemente influenciados por la familia y prácticas empíricas.

#### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El entorno empresarial en el municipio de Sombrerete, Zacatecas se ha incrementado de forma lenta pero constante con la participación de empresas tanto locales

como nacionales y extranjeras; pero es importante resaltar el papel de la MiPyMEs como la principal base de la economía del municipio. Pese a este desarrollo paulatino no se habían realizado estudios que permitieran conocer un poco más la estructura y formas de operación de estas organizaciones para conocer de forma general la composición de la dinámica económica en estas entidades.

En su mayoría las MiPyMEs en Sombrerete inician derivado de la necesidad de una fuente de empleo para quienes las fundan; pocas empresas iniciaron por la visualización de una oportunidad y la búsqueda del desarrollo económico regional. Gran parte de las empresas son relativamente jóvenes al haber permanecido en el mercado menos de veinte años, lo que habla de una economía que aún no opera con mercados maduros. Son empresas de corte familiar dado que inician con recursos propiedad de la familia; aunque existen mecanismos para el financiamiento prefieren comenzar con recursos familiares. El financiamiento es una herramienta que utilizan solo cuando se encuentran ya operando y se destina en su mayoría para invertir en activos como maquinaria, equipo e infraestructura, en menor medida apuestan por la inversión en conocimientos como los estudios de mercado y la capacitación.

Todo lo anterior permite crear una radiografía de la composición básica de las MiPyMEs en Sombrerete y deja ver que han buscado prepararse para hacer frente a un entorno competitivo sobre todo tratando de hacer frente a empresas externas. Existen aspectos que mejorar en el sentido de la gestión que podría preparar mejor a estas entidades para hacer frente a las problemáticas; sin embargo, también debe existir una visión de desarrollo y proyectada a futuro para crear rutas claras que les permitan concretar objetivos propios de la empresa y de esta manera contribuyan al desarrollo regional.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente, por los medios proporcionados para la realización de este estudio. De la misma manera agradecer a las empresas de Sombrerete, Zacatecas por atender a la solicitud de información de esta investigación.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] Sánchez, J. (2015) "PyMEs". Revista proteja su dinero. CONDUSEF, pp 25-27.
- [2] INEGI (2018) "Pequeñas y medianas empresas por entidad federativa-sectores estratégicos". Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE).

- [3] Reyna, J. M. (2017) “Radiografía de la empresa familiar en México”. 1ra Ed. Nicias Sejas Garcia, pp 17-82.
- [4] Regalado, R. (2007) “Las MIPYMES en Latinoamérica Estudios e Investigaciones en la Organización Latinoamericana de Administración” Ed. Universidad de Guanajuato, pp 84-128.
- [5] Frías-Navarro, D. (2019) “Apuntes de consistencia interna de las puntuaciones de un instrumento de medida”. Ed. Universidad de Valencia. de Valencia. España. Disponible en: <https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf>.
- [6] Franklin, E. (2014). “Organización de empresas”. Ed. McGraw-Hill, pp 5-26.
- [7] Montiel-Campos, H. (2009) “De la idea de negocio a la alerta empresarial” Ed. Patria, pp 73-87.

integrante del cuerpo académico Desarrollo y Gestión Empresarial “En formación”.



**Cuevas Zapata Jessica Ivón.** Nació en Zacatecas el 03 de abril de 1982.

Historial académico:

Licenciada en Administración por Instituto Tecnológico de Durango, Durango, 2004.

Maestra en Administración de Negocios por Universidad Interamericana para el Desarrollo, Fresnillo, Zacatecas, 2016.

Ella se integró a la industria privada en 2004 como jefa del departamento de calidad en Fumigaciones Industriales. En el 2005 funge como encargada del departamento contable de PC Online, del 2006-2012 se incorpora a Wal-Mart de México desempeñando diversos cargos en el área de operaciones: supervisora del área de cajas, subjefa en los departamentos de oficina administrativa, facturación, sistemas e inventario. Actualmente forma parte de la planta docente del Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente, Sombrerete, Zacatecas. La línea de investigación de interés es Desarrollo y gestión empresarial.

La M.A.N. Jessica Ivón Cuevas Zapata forma parte Cuerpo académico desarrollo y gestión empresarial “En formación”. Participa como árbitro en revistas internacionales.

## VII. BIOGRAFÍA



**Ceceñas Jacquez Marco Iván.** Nació en Vicente Guerrero, Dgo. El 10 de febrero de 1988. Historial académico:

Licenciado en Administración por Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente, Sombrerete, Zacatecas, 2011.

Maestro en Administración de Negocios por Universidad Interamericana para el Desarrollo, Fresnillo, Zacatecas, 2016.

Él se integró a la industria privada en 2010 como administrador de CE&JA contratista de la industria minera. En 2012 se incorpora a Heineken México como analista y auditor de control interno en la gerencia occidente del país, posteriormente se integra a Tiendas Soriana como jefe de mercancías generales en Sombrerete. Desde 2012 a la fecha ha fungido como consultor empresarial de negocios en la región de Sombrerete. Actualmente se desempeña como profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente, Sombrerete, Zacatecas. La línea de investigación de interés es Desarrollo y Gestión Empresarial.

El M.A.N. Marco Ivan Ceceñas Jacquez tiene el reconocimiento como perfil PRODEP y es líder del Cuerpo académico Desarrollo y gestión empresarial “En formación”. Es miembro de la Red internacional de investigadores en competitividad AC, con sede en Guadalajara, Jalisco.



**Ceseñas Cordero María Guadalupe,** Nació en Vicente Guerrero, Dgo. El 2 de junio de 1980.

Historial académico: Licenciada en Matemáticas Aplicadas por la Facultad de Ciencias Exactas de la UJED, 2004.

Pasante de la Maestría en Matemáticas Aplicadas de la UAZ.

Fue analista en la UJED en el proyecto de Seguimiento de Egresados del 2001 hasta junio del 2004. De agosto de 2004 a la fecha es profesor de asignatura B en el Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente, Sombrerete, Zacatecas. La línea de investigación de interés es Desarrollo y gestión empresarial.

La L.M.A María Guadalupe Ceseñas Cordero es miembro del Cuerpo académico Desarrollo y Gestión Empresarial “En formación”.



**Guzmán Ayala Ana Laura.** Nació en Sombrerete, Zacatecas el 4 de septiembre de 1984. Historial académico: Ingeniera Industrial por el Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente, Sombrerete, Zacatecas, 2007.

Maestra en Calidad Total Seis Sigma por la Universidad Regional del Norte,

Chihuahua, Chihuahua, Junio 2020.

Se integra al ámbito laboral en el año 2007 para el organismo público INEGI coordinando, así como capacitando personal para captar y difundir información de la población. En el 2008 colabora en el sector privado para la empresa Agrocapital del Norte fungiendo como encargada de la sucursal de Sombrerete en el otorgamiento de créditos financieros y préstamo de semilla. En el año 2010 se agrega al grupo de docentes del Instituto San Juan Bautista Lasalle impartiendo clases de inglés y computación. En el año 2013 imparte clases de inglés para escuelas de nivel básico de la SEDUZAC. En el 2014 se incorpora a la empresa BBVA realizando transacciones, vendiendo tarjetas y administrando los recursos financieros. Desde 2017 a la fecha se une al Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente como docente participando en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Actualmente es

# Control de sensores de presencia de equipo de cómputo usando Alexa e IoT

J. I. Vega-Luna<sup>1</sup>, M. A. Lagos-Acosta<sup>1</sup>, G. Salgado-Guzmán<sup>1</sup>, J. F. Cosme-Aceves<sup>1</sup>,  
V. N. Tapia-Vargas<sup>1</sup>.

**Resumen**—El objetivo de este trabajo fue diseñar y construir un sistema para activar un grupo de cuatro sensores de presencia de un centro de datos usando el asistente de voz Alexa de Amazon. La comunicación con el asistente se realizó utilizando un altavoz Echo o con la aplicación móvil de Alexa a través de un módulo embebido ESP32-WROOM. El módulo embebido fue programado en Micro Python para establecer un servidor web y configurarlo en modo de escucha e implantar el protocolo UPnP a fin de emular un dispositivo WeMo que permita controlar los sensores remotamente. Una vez que Alexa ha detectado al módulo embebido, puede transmitir los comandos a ejecutar en los sensores. La contribución de este trabajo es que, por medio de un sistema de bajo costo, pueden controlarse hasta ocho dispositivos no inteligentes que no puedan comunicarse directamente con Alexa. Las pruebas realizadas indicaron que la comunicación WiFi entre el altavoz y el sistema embebido es 32 metros con línea de vista usando la antena integrada al dispositivo embebido y 73 metros con una antena externa conectada. El sistema puede usarse diferentes tipos de recintos como industrias y laboratorios para el manejo remoto de productos o sustancias peligrosas.

**Palabras claves**—Alexa, ESP32-WROOM, Micro Python, sensores de presencia, WeMo, WiFi.

**Abstract**—The objective of this work was to design and build a system to activate a group of four presence sensors in a data center using Amazon's Alexa voice assistant. Communication with the assistant was done using an Echo speaker or with the Alexa mobile app through an ESP32-WROOM embedded module. The embedded module was programmed in Micro Python to establish a web server and configure it in listening mode and implement the UPnP protocol in order to emulate a WeMo device that allows to control the sensors remotely. Once Alexa has detected the embedded module, it can transmit the commands to execute on the sensors. The contribution of this work is that, through a low-cost system, up to eight non-smart devices that cannot communicate directly with Alexa can be controlled. The tests carried out indicated that the WiFi communication between the speaker and the embedded system is 32 meters with line of sight using the antenna integrated to the embedded device and 73 meters with an external antenna connected. The system can be used in different types of premises such as industries and laboratories for the remote handling of hazardous products or substances.

**Keywords**—Alexa, ESP32-WROOM, Micro Python, presence sensors, WeMo, WiFi.

## I. INTRODUCCIÓN

El concepto de Internet de las cosas (IoT-Internet Of Things) se refiere a todo lo que está conectado a la Internet, como

sensores, actuadores, teléfonos inteligentes, electrodomésticos y dispositivos portátiles conectados entre sí. Al comunicar estos dispositivos con sistemas automatizados, es posible recopilar información, analizarla y crear una acción, para ejecutar una tarea en particular. La IoT permite que los dispositivos se comuniquen unos con otros, proporcionando la posibilidad de usar diferentes tipos de redes para crear un mundo más conectado. Cada dispositivo reúne información para un propósito específico útil, impactando en el comportamiento de la sociedad global [1].

En las aplicaciones industriales, los sensores de las líneas de producción pueden aumentar la eficiencia y reducir las pérdidas. Estudios realizados estiman que el 35% de los fabricantes usan datos de sensores inteligentes en ambientes industriales. La IoT representa la oportunidad de lograr mayor productividad en la forma en que se hacen las cosas ahorrando tiempo y recursos con procesos eficientes. Permite a las empresas e instituciones analizar la forma en que prestan servicios y producen bienes, aumentando cada día la cantidad y diversidad de dispositivos de IoT [2]. La pandemia de COVID 19 ha generado la necesidad del uso de ciertas tecnologías de control y acceso remoto a variables de diferentes tipos de procesos y áreas de trabajo. Una de estas áreas son los centros de datos o centros de proceso de datos (CPD).

El gran volumen de datos que se manejan en los CPD y la creciente necesidad de uso y análisis en tiempo real está transformando su operación. La arquitectura de este tipo de instalaciones se está adaptando a las condiciones por las que está pasando el planeta. Los CPD están ampliando su funcionamiento a la nube pública, tanto para procesar, analizar y almacenar altos volúmenes de información como para controlar su operación a través de la IoT. Una de las herramientas que se está incorporando al control remoto de dispositivos usando la IoT son los asistentes de voz [3].

En las salas de equipo de los CPD se encuentra el equipo de cómputo y telecomunicaciones de clientes y usuarios. El acceso a estas áreas está controlado a través de diferentes mecanismos de seguridad. Solo está permitido el acceso a operadores, administradores y personal de mantenimiento. Todos los CPD cuentan con sistemas de video vigilancia permanente. Sin embargo, existen equipos cuyo acceso es sumamente restringido ya sea por el tipo de: información que almacenan o procesan, contrato del usuario, características del equipo y políticas de seguridad, entre otras razones. Solo personal autorizado puede abrir los gabinetes donde está

instalado el equipo. Los gabinetes cuentan dispositivos de seguridad que en muchos casos son sensores que activan una alarma cuando se detecta la presencia de personas en el perímetro. No obstante, en algunas ocasiones es necesario desactivar temporalmente de forma remota los sensores cuando se llevan a cabo las tareas por ejemplo de mantenimiento [4].

Una manera de manipular remotamente dispositivos como los sensores de presencia es a través de un asistente de voz. Los asistentes de voz están constituidos por un conjunto de programas usados para el reconocimiento de voz basados en la inteligencia artificial y el aprendizaje de máquinas [5]. Se usan para reconocer comandos de voz y ejecutar alguna tarea o proporcionar un servicio a través de una aplicación. Están integrados en diferentes tipos de dispositivos y plataformas como teléfonos móviles y altavoces inteligentes. Cada vez más sectores de la sociedad, como el de la salud y la industria automotriz, están haciendo uso de la tecnología de reconocimiento de voz. El primer asistente virtual digital estándar en un teléfono inteligente fue Siri de Apple. Posteriormente, apareció Google Now, el asistente de Google, en la plataforma Android. Más tarde, surgieron los asistentes de voz Alexa de Amazon y Hey Google de Google Home. De forma similar, Samsung tiene a Bixby, IBM a Watson y Microsoft a Cortana, entre otros [6].

El asistente de voz más exitoso en la actualidad es Alexa. Uno de los altavoces de Amazon en la que está disponible Alexa es la serie de dispositivos Echo. Alexa permite realizar distintas tareas y controlar dispositivos de diferente tipo. Alexa se encuentra disponible también en dispositivos, de otros proveedores, compatibles como altavoces, televisores, automóviles y en sistemas portátiles. Alexa permite reproducir música, proporcionar información del clima y del tráfico, entregar noticias y controlar dispositivos inteligentes como electrodomésticos y contactos eléctricos [7]. Alexa se conecta a la nube de Amazon para ampliar la información que entrega de forma precisa y se ha convertido en un mecanismo de control inteligente, ya que cuando un dispositivo se conecta a Alexa se puede acceder a él a través de cualquier altavoz que admita los comandos de voz. Alexa se puede invocar también desde una aplicación que se ejecuta en un dispositivo móvil [8].

A pesar de lo anterior, existen dispositivos en determinados ambientes, como laboratorios, industrias y centros de datos, que no son inteligentes ni compatibles con Alexa. Sin embargo, es posible conectar a un módulo embebido casi cualquier tipo de dispositivo no inteligente y realizar la programación para llevar cabo la comunicación con Alexa para acceder y controlar el dispositivo remotamente usando el asistente de voz [9].

Un módulo embebido es un sistema de hardware, basado en un microcontrolador y en software usado para realizar una

función dedicada, ya sea como un sistema independiente o como parte de un sistema mayor. La complejidad de un módulo embebido varía según la tarea para la que está diseñado. Las aplicaciones del módulo embebido van desde teléfonos inteligentes hasta vehículos híbridos y aviónica. Algunos de ellos incorporan procesadores de señales digitales (DSP-Digital Signal Processing), una matriz de compuertas lógicas programable en campo (FPGA-Field Programmable Gate Array) y unidades de procesamiento gráfico (GPU- Graphics Processing Unit). La programación de estos sistemas permite la conexión con el mundo exterior a través de diferentes interfaces y periféricos para vincular dispositivos de entrada y salida.

Hoy en día, existe en el mercado una diversidad de módulos embebidos que incorporan controladores poderosos, transeptores inalámbricos de diferentes tecnologías y una cantidad considerable de terminales de entrada/salida e interfaces para acceder diferentes tipos de sensores y actuadores. Estos módulos usan sistemas operativos y lenguajes de programación potentes que permiten al usuario desarrollar aplicaciones enfocadas a la IoT de manera eficiente y rápida. Una forma de comunicar el módulo embebido con Alexa es realizar la programación para que el primero emule un dispositivo WeMo y entablar el diálogo usando el protocolo Universal Plug and Play (UPnP) [10]. WeMo es una subsidiaria de Belkin y proporciona un conjunto de dispositivos inteligentes compatibles con Alexa empleados para controlar aparatos domésticos remotamente. Estos dispositivos incluyen sensores de movimiento, cámaras, lámparas y contactos eléctricos, entre otros, que en muchos casos no son de precio bajo. Una ventaja de emular un dispositivo WeMo es la posibilidad de conectar al módulo embebido varios dispositivos a controlar no inteligentes y disminuir el costo de la aplicación [11].

El realizar el objetivo del trabajo aquí presentado, fue usar el concepto de IoT para activar un grupo de cuatro sensores de presencia periférica instalados en un conjunto de gabinetes de equipo de cómputo de uso restringido en un CPD a través del asistente de voz de Alexa. La aplicación desarrollada implanta el protocolo UPnP para que el módulo embebido ESP32-WROOM sea visto por el asistente como un dispositivo inteligente y poder dialogar y ejecutar una acción sobre los sensores.

El protocolo UPnP permite a dispositivos periféricos como impresoras, puertas de enlace, puntos de acceso WiFi y computadoras descubrir la presencia de otros dispositivos y llevar a cabo la comunicación a través de la red; se considera una extensión de la tecnología plug and play usada para conectar dispositivos directamente sin necesidad de una configuración realizada desde una computadora. El protocolo UPnP es una combinación del protocolo de objetos del tipo SOAP y del lenguaje XML [12].

Haciendo una revisión de las investigaciones y desarrollos con asistentes de voz e IoT llevados a cabo durante los últimos años, se puede encontrar una cantidad importante de aplicaciones en distintos campos de la sociedad. Algunos trabajos realizados se han dirigido a la enseñanza y educación [13], al control de dispositivos de IoT por voz [14-15], a la automatización de vehículos autónomos [16-17], al cuidado de la salud [18], al monitoreo de hogares, oficinas [19], medio ambiente, interiores [20-21] y calidad del agua [22], así como a la supervisión de recintos de almacenamiento de residuos tóxicos [23]. Se han generado también sistemas para el control de vías de ferrocarril [24], para la supervisión de transporte público controlados por voz [25] y para notificación y alerta de contingencias como fuego y sismos [26].

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

El sistema realizado está integrado por dos componentes: el módulo embebido ESP32-WROOM y la interfaz eléctrica, como se muestra el diagrama de bloques funcional de la Figura 1.

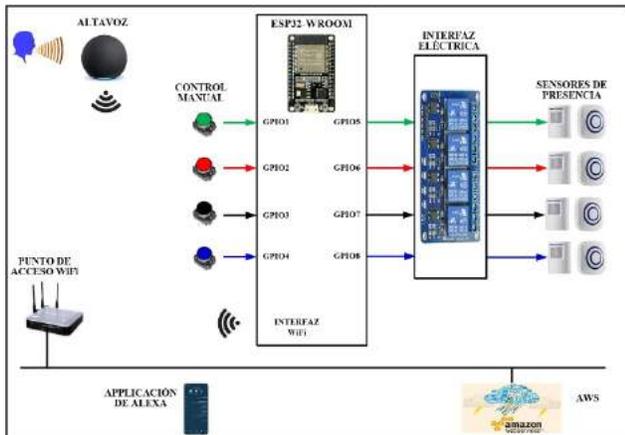


Figura 1. Diagrama funcional del sistema

A. El módulo embebido ESP32-WROOM

El módulo ESP32-WROOM es de tecnología reciente dirigido al desarrollo de aplicaciones de IoT, codificación de voz, transmisión de video y audio en tiempo real, decodificación MP3 y redes de sensores de bajo consumo de energía, entre otras. El ESP32-WROOM incorpora un SoC (System On a Chip) con una CPU LX6 de dos núcleos de 32 bits. Se alimenta con 3.3 V, consume 80 mA en promedio e integra los siguientes recursos de hardware suficientes para la implantación del sistema presentado: interfaces para memoria SD, UART, SPI, I<sup>2</sup>C, IR y PWM, así como transceptores 802.11 b/g/n (802.11n hasta 150 Mbps), Wi-Fi, Bluetooth v4.2 y BLE.

Adicionalmente, el módulo embebido ESP32-WROOM cuenta con 39 entradas/salidas de propósito general (GPIO-General Purpose Input/Output), memoria ROM para boot de 448 KB y memoria RAM de 520 KB.

La programación del módulo embebido consistió en implantar las acciones del protocolo UPnP, indicadas en la Figura 2, para llevar a cabo el diálogo con el asistente de voz y ejecutar la acción solicitada por el usuario sobre el grupo de sensores. Esta programación se desarrolló usando el ambiente de desarrollo (IDE-Integrated Development Environment) de Arduino y se basó en el diagrama de flujo de la Figura 3.



Figura 2. Comunicación entre el asistente Alexa y el ESP32-WROOM

Inicialmente, se configuran las terminales GPIO y la interfaz WiFi. Para configurar y acceder a la interfaz WiFi se usó la biblioteca de funciones Wifi.h. Posteriormente, se definen los objetos globales y las características correspondientes. Las características indican el nombre de los objetos, las acciones o comandos y las funciones de callback a invocar para ejecutar en los objetos las acciones, ordenadas por el usuario.

A continuación, la programación entra a modo de espera para llevar a cabo el diálogo con el asistente de Alexa usando el protocolo UPnP. El diálogo inicia cuando el usuario indica al asistente de voz de Alexa que descubra los dispositivos compatibles conectados a la red WiFi. En ese momento, el asistente transmitirá un mensaje de broadcast encapsulado en un datagrama UDP (User Datagram Protocol) solicitando la conexión con el módulo embebido.

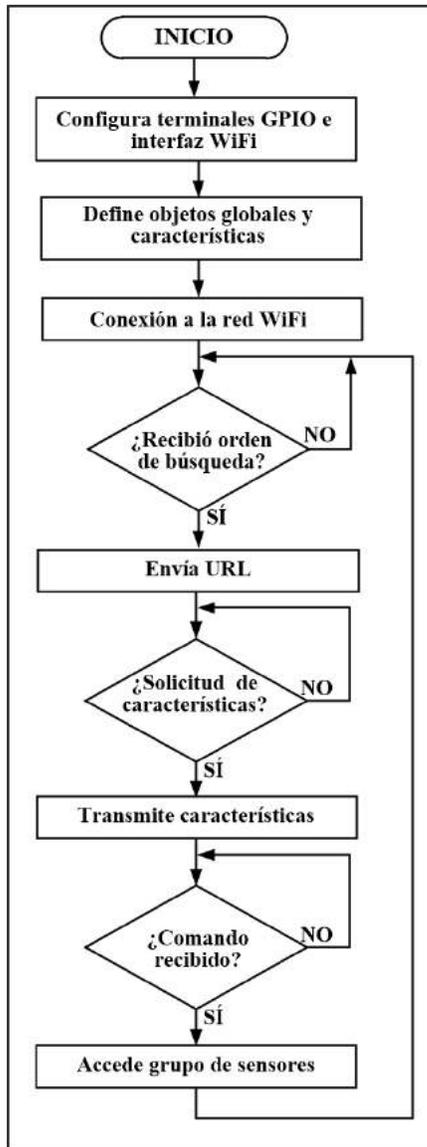


Figura 3. Diagrama de flujo de la programación

El módulo embebido responderá transmitiendo su identificador URL (Uniform Resource Locator-Localizador de Recursos Uniforme) en un mensaje del protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol-Protocolo de transferencia de hipertexto) usando UDP.

Acto seguido, el asistente solicitará las características de los objetos por medio de un mensaje HTTP encapsulado en un segmento TCP. Posteriormente, el módulo embebido responderá transmitiendo al asistente las características, usando un mensaje HTTP.

El nombre de los objetos y acciones invocados por el usuario con la voz, contenidos en las características, se registran en la nube Amazon Web Services (AWS). En este trabajo se definió un objeto cuyo nombre es Sensores A, el

cual agrupa los cuatro sensores asociados al conjunto de gabinetes de equipo de cómputo. Las acciones realizadas sobre el grupo de sensores son “encender” y “apagar”.

De esta forma, en el momento que el usuario indique al asistente de voz las órdenes “Alexa, enciende Sensores A” o “Alexa, apaga Sensores A”, el asistente transmitirá la orden al servidor de AWS para validarla y generar el comando correspondiente. Una vez que el asistente recibe el comando correspondiente, lo envía al módulo embebido a través de un mensaje HTTP usando el formato del protocolo de objetos del tipo soap y el protocolo TCP.

Finalmente, después de ejecutar la acción proporcionada en el comando, el módulo embebido, envía la confirmación al asistente mediante una respuesta del protocolo soap contenida en un mensaje HTTP y el asistente indica al usuario que se ha realizado la tarea.

El usuario del sistema aquí presentado puede usar alternativamente la aplicación de Alexa, la cual se puede ejecutar en un dispositivo móvil, para descubrir el módulo embebido y realizar las acciones sobre el grupo de sensores.

#### B. La interfaz eléctrica

Se usaron cuatro terminales GPIO del módulo ESP32-WROOM, configuradas como salidas, para acceder la interfaz eléctrica y encender el grupo de sensores. De manera similar, el sistema cuenta con cuatro interruptores conectados a la misma cantidad de terminales GPIO configuradas como entradas. Los interruptores permiten manipular de forma manual y selectiva el estado de los sensores cuando se presente algún problema en la comunicación WiFi entre el sistema y el asistente de voz.

La interfaz eléctrica entre el módulo ESP32-WROOM y el grupo de sensores se realizó utilizando el módulo de cuatro canales de 5 V/125 VAC-250 VAC. Este módulo integra cuatro relevadores tipo SRD-05VDC-SL-C de un polo dos tiros y un opto-acoplador en cada relevador para aislar el circuito digital, en esta aplicación es el dispositivo embebido ESP32-WROOM, del sector de potencia. Los relevadores se alimentan con 5 V, la entrada IN de cada uno de ellos se activa por medio de una terminal GPIO del módulo ESP32-WROOM, configurada como salida, lo cual permite encender los sensores. Los sensores se encuentran conectados a las salidas normalmente abiertas (NO) de los relevadores tal y como se muestra en la Figura 4.

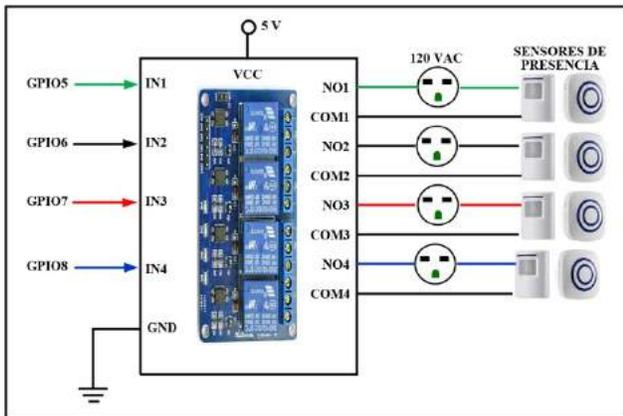


Figura 4. Interfaz eléctrica del sistema

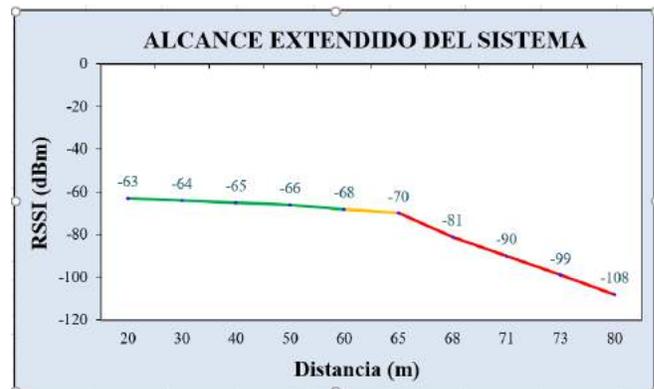


Figura 5. Alcance de la comunicación extendida del sistema.

### III. RESULTADOS

Las pruebas realizadas tuvieron como fin determinar el alcance de la transmisión entre el sistema desarrollado y un altavoz Amazon Echo Dot de cuarta generación. En primera instancia, para llevar a cabo la comunicación WiFi entre el sistema y el altavoz, se usó la antena integrada al módulo ESP32-WROOM, el cual se instaló en el conjunto de gabinetes de equipo de cómputo con línea de vista hacia el punto de acceso del CPD. Las pruebas consistieron en ubicar el altavoz a diferentes distancias del punto de acceso y ordenar al sistema el encendido de los sensores. La comunicación entre el altavoz y el sistema se ejecutó correctamente y se perdió hasta que la distancia del altavoz al punto de acceso fue 32 metros.

Posteriormente, para incrementar el alcance del sistema, se conectó al módulo ESP32-WROOM un módulo Nrf24101+Pa+Lna con antena externa WiFi, cuyas características principales son las siguientes: tasa de transmisión de +20 dBm, sensibilidad de recepción  $\leq -95$ dBm y alcance de 100 metros con línea de vista. Al localizar el altavoz a diferentes distancias se determinó que el alcance del sistema fue 73 metros con línea de vista, un poco menor al valor nominal indicado por el fabricante de la antena. Durante las pruebas se midió el valor del indicador de potencia de la señal recibida (RSSI-Received Signal Strength Indication) empleando la aplicación NetSpot 2.13.735.0. La gráfica de la Figura 5 muestra los valores del RSSI del segundo grupo de pruebas, el cual disminuye considerablemente después de 65 metros hasta que la comunicación se pierde a 73 metros. La funcionalidad del sistema se probó también usando la aplicación móvil de Alexa, cuya interfaz de usuario se muestra en la Figura 6.

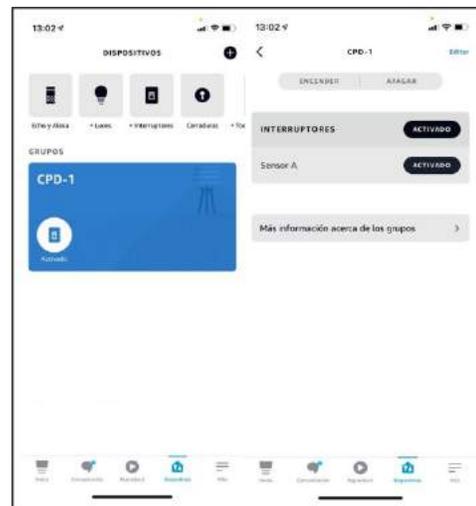


Figura 6. Interfaz de usuario de Alexa

### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Se diseñó un sistema que permite encender remotamente, a través de un asistente de voz, los sensores de presencia en el perímetro de gabinetes de un equipo de cómputo. La aplicación evita que el administrador del CPD se desplace al lugar donde están instalados los gabinetes y encender los sensores uno por uno, lo cual agiliza la operación y hace más eficiente y segura la manipulación de los sensores.

Si bien, la comunicación WiFi entre el sistema y el altavoz se realiza usando el mismo segmento de red, el alcance logrado en las pruebas puede aumentarse usando uno o más repetidores o ruteadores WiFi. El sistema puede replicarse en el CPD para controlar la activación de otro conjunto de sensores o en otro tipo de instalaciones para acceder a otra clase de dispositivos. En ambas situaciones no hay necesidad de modificar el diseño y operación, solo indicar en la programación el nombre de los objetos y acciones a ejecutar.

## V. REFERENCIAS

- [1] Qu, Y.; Du, S.; Li, S. y Meng, Y. (2020). "Automatic Permission Optimization Framework for Privacy Enhancement of Mobile Applications", *IEEE Internet of Things Journal* (Early Access), pp. 1-1.
- [2] Kuhn, R. y Khan, S. U. (2019). "Leading-Edge Technologies", *IT Professional*, Vol. 21, No. 6, pp. 4-5.
- [3] Courtney, M. (2017). "Careless talk costs privacy [Censorship Digital Assistants]", *Engineering & Technology*, Vol. 12, No. 10, pp. 50-53.
- [4] Emar, T. Z. y Huang, J. Z. (2020). "Distributed Data Strategies to Support Large-Scale Data Analysis Across Geo-Distributed Data Centers", *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 178526-178538.
- [5] Li, W.; Chen, Y., Hu, H. y Tang, C. (2020). "Using Granule to Search Privacy Preserving Voice in Home IoT Systems", *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 31957-31969.
- [6] Landay, J. A.; Oliver, N. y Song, J. (2019). "Conversational User Interfaces and Interactions", *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 18, No. 2, pp. 8-9.
- [7] Gibbs, W. W. (2017). "Build your own Amazon Echo-Turn a PI into a voice controlled gadget", *IEEE Spectrum*, Vol. 54, No. 5, pp. 20-21.
- [8] Gonzales, T. M. (2020). "Design for How People Think: Using Brain Science to Build Better Products: John Whalen [Book Review]", *IEEE Transactions on Professional Communication*, Vol. 63, No. 4, pp. 402-403.
- [9] Tubertini, F. (2019). "Comment: Graphene innovations will make future homes smart from the start", *Engineering & Technology*, Vol. 14, No. 9, pp. 20-20.
- [10] Liu, K. (2021). "On Manually Reverse Engineering Communication Protocols of Linux-Based IoT Systems", *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 8, No. 8, pp. 6815-6827.
- [11] Kim, S. (2017). "Appliance Recognition Unit for Home Energy Management System With UPnP Network", *IEEE Systems Journal*, Vol. 11, No. 4, pp. 2794-2803.
- [12] Kayas, G.; Hossain, M. y Payton, J. (2021). "SUPnP: Secure Access and Service Registration for UPnP-Enabled Internet of Things", *IEEE Internet of Things Journal* (Early Access), pp. 1-1.
- [13] Parthasarathi, S. H. K.; Sivakrishnan, N. y Ladkat P. (2019). "Realizing Petabyte Scale Acoustic Modeling", *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, Vol. 9, No. 2, pp. 422-432.
- [14] Malik, K. M.; Javed, A. y Malik, H. (2020). "A Light-Weight Replay Detection Framework For Voice Controlled IoT Devices", *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, Vol. 14, No. 5, pp. 982-996.
- [15] "Do you need a smart microwave? [Opinion]" (2019), *IEEE Spectrum*, Vol. 56, No. 2, pp. 22-22.
- [16] Solorio, J. A.; Garcia-Bravo J. M. y Newell, B. A. (2018). "Voice Activated Semi-Autonomous Vehicle Using Off the Shelf Home Automation Hardware", *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 5, No. 6, pp. 5046-5054.
- [17] Madeo, D.; Pozzebon, A. y Mocenni, C. (2020). "A Low-Cost Unmanned Surface Vehicle for Pervasive Water Quality Monitoring", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 69, No. 4, pp. 1433-1444.
- [18] "Now hear this [Opinion]" (2019), *IEEE Spectrum*, Vol. 56, No. 4, pp. 21-21.
- [19] Alhasnawi, B. N. y Jasim, B. H. (2018). "SCADA controlled smart home using Raspberry Pi3", in *Proceedings International Conference on Advance of Sustainable Engineering and its Application*, pp. 1-6.
- [20] Kodali, R. K. y Sahu, A. (2016). "An IoT based weather information prototype using WeMos", in *Proceedings 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics*, pp. 612-616.
- [21] Hadj Irid, S. M.; Hadjila, M. y Adardour, H. E. (2019). "Design and Implementation of an IoT Prototype for the Detection of Carbon Monoxide", in *Proceedings 6th International Conference on Image and Signal Processing and their Applications*, pp. 1-5.
- [22] Memon, A. R.; Kulsoom Memon, S. y Memon, A. A. (2020). "IoT Based Water Quality Monitoring System for Safe Drinking Water in Pakistan", in *Proceedings 3rd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies*, pp. 1-7.
- [23] Memon, S. K.; Karim Shaikh, F. y Mahoto, N. A. (2019). "IoT based smart garbage monitoring & collection system using WeMos & Ultrasonic sensors", in *Proceedings 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies*, pp. 1-6.
- [24] Ahmed, A.; Noor, K. R. y Imteaj, A. (2018). "Unmanned Multiple Railway Gates Controlling and Bi-directional Train Tracking with Alarming System using Principles of IoT", in *Proceedings International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology*, pp. 486-491.
- [25] Susrama Mas Diyasa, I. G.; Yuniar Purbasari, I. y Setiawan, A. (2019). "Smart Passenger Information System Based On IoT", in *Proceedings TRON Symposium*, pp. 1-5.
- [26] Clemente, J.; Li, F. y Valero, M. (2020). "Smart Seismic Sensing for Indoor Fall Detection, Location, and Notification", *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 24, No. 2, pp. 524-532.

## VI. BIOGRAFÍA



**Vega-Luna José Ignacio.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1990. Labora actualmente en el área de Sistemas Digitales del Departamento de electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y sistemas operativos. El M. en C. Vega realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



**Lagos-Acosta Mario Alberto.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y redes de computadoras. El Ing. Lagos realiza investigación con redes de computadoras.



**Salgado-Guzmán Gerardo.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y sistemas operativos. El Ing. Salgado realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



**Cosme-Aceves José Francisco.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es lenguajes de descripción de hardware. El Ing. Cosme realiza investigación con sistemas embebidos y seguridad en redes de computadoras.



**Tapia-Vargas Víctor Noé.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1987. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1999. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores, robótica e IoT.

# Autenticación por patrón de movimientos de mano para acceso a un laboratorio

J. I. Vega-Luna<sup>1</sup>, M. A. Lagos-Acosta<sup>1</sup>, G. Salgado-Guzmán<sup>1</sup>, J. F. Cosme-Aceves<sup>1</sup>,  
V. N. Tapia-Vargas<sup>1</sup>

**Resumen**—El objetivo del trabajo es realizar un sistema de autenticación, utilizando patrones de movimientos de la mano para autenticar acceso a un laboratorio de investigación. Con un arreglo de dos sensores gestuales PAC7620 conectados por I2C a un sistema embebido Raspberry pi, se realizó una muestra durante 3 segundos, de los patrones de movimiento dentro de un área de 30 cm por 30 cm y 30 cm de profundidad. El patrón de movimientos es leído con los sensores PAC7620 y se procesa la información, de tal forma que se compare con una base de datos previamente almacenada. El resultado de la comparación resultara la autenticación del usuario para permitir un acceso. El algoritmo se programó en Python con tres diferentes módulos principales: como la captura de usuarios, ajuste de sensores y funcionamiento de la autenticación. El hardware utilizado es un kit embebido de Raspberry, dos sensores, un display LCD y teclado numérico. Las pruebas realizadas fueron capturar los patrones de 20 usuarios y replicar la simulación de intento de autenticación con cien repeticiones por usuario. Se repitió la prueba capturando patrones de 5 segundos. Los resultados obtenidos fueron en promedio 93 % de autenticaciones válidas. La colaboración de este sistema es la falta de contacto para poder autenticar y con esto se puede tener un acceso más higiénico, el patrón de uso puede asemejarse a los que utilizan los usuarios en un smartphone. Es un sistema funcional para donde es necesaria una higiene estricta.

**Palabras claves**—Autenticación, control de acceso, PAC7620, sensor gestual, Raspberry PI.

**Abstract**—The objective of the work is to carry out an authentication system, using patterns of hand movements to authenticate access to a research laboratory. Using an array of two PAC7620 gesture sensors connected by I2C to a Raspberry pi embedded system, movement patterns were sampled for 3 seconds within a 30 cm by 30 cm and 30 cm depth area. The movement pattern is read with the PAC7620 sensors and the information is processed in such a way that it is compared with a previously stored database. The result of the comparison will be the authentication of the user to allow access. The algorithm was programmed in Python with three different main modules: such as user capture, sensor tuning, and authentication operation. The hardware used is a Raspberry embedded kit, two sensors, an LCD display and a numeric keypad. The tests carried out were to capture the patterns of 20 users and replicate the authentication attempt simulation with one hundred repetitions per user. The test was repeated capturing 5 second

patterns. The results obtained were on average 93% valid authentications. The collaboration of this system is the lack of contact to be able to authenticate and with this it is possible to have a more hygienic access, the pattern of use can be like those used by users on a smartphone. It is a functional system where strict hygiene is necessary.

**Keywords**—Authentication, access control, PAC7620, gestual sensor, Raspberry PI.

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de autenticación para control de acceso en áreas restringidas son cada vez más comunes, y específicamente en para lugares donde se tiene tecnología que requiere confidencialidad. En este último año de pandemia COVID-19, el requisito de sanidad nos hizo recapacitar en estos conceptos de privacidad de la información referente a resultados de laboratorios, el desarrollo de nuevas vacunas y la seguridad de acceso en áreas con posible contaminación. Los laboratorios cuentan con mayores restricciones en cuanto a seguridad física de los que ahí laboran, ya que el uso de trajes especiales que cubren la mayor parte del cuerpo hace casi imposible a un usuario realizar una autenticación por medios biométricos. Las tecnologías de autenticación biométrica como reconocimiento facial, reconocimiento de iris, reconocimiento de huellas dactilares / palmares, reconocimiento de voz y autenticación acústica del oído, como son las mejores en su tipo, proporcionando las soluciones más adecuadas a las necesidades de los usuarios. Además, al combinar múltiples sistemas de autenticación biométrica, las soluciones brindan una seguridad aún más sólida, como se muestran algunos métodos en la Figura 1.

Los factores de autenticación aplicados en seres humanos se clasifican generalmente en los tipos siguientes: Algo que la persona “es”, algo que la persona “tiene”, algo que la persona “sabe” y algo que la persona “hace”. Uno de los métodos de autenticación que los usuarios consideran más seguro es el biométrico con la huella dactilar [1]. La combinación de varios de estos factores hace más robusta la autenticación, pero no siempre se puede tener el conjunto de

\* vlji@azc.uam.mx.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Electrónica, Área de Sistemas Digitales, Av. San Pablo 180, Colonia Reynosa, C.P. 02200, Ciudad de México, México.

varios factores ya que la puede hacer más compleja para los usuarios.



Figura 1. Medios de autenticación biométrica

Los métodos de acceso a lugares restringidos, a través de un método de identificación, han sido un tema de preocupación desde que fue necesario el resguardo de tecnología de punta. [2]. No es un asunto de poca importancia tomando en cuenta que en los últimos siete años han sido robados 112,000 millones de dólares mediante fraudes relacionados con la usurpación de la identidad digital, según un informe de IBM. Es por eso que, la industria no cesa en su empeño de buscar herramientas cada vez más seguras, cómodas y de bajo costo que aseguren que los usuarios son quienes dicen ser. Considerando que cada vez se llevan a cabo más operaciones delicadas en línea, es imperativo superar el sistema de usuario y contraseña usado durante décadas el cual presenta grandes deficiencias.

Los diversos métodos de autenticación para control de acceso no siempre son lo más accesible, ya que existen áreas restringida como en los laboratorios dedicados [3] al desarrollo y uso de alta tecnología, en los que es necesario algún otro resguardo físico como lo son: cubre bocas, caretas protectoras, trajes que cubren todo el cuerpo, guantes especiales, etc. En la Figura 2 se muestran algunos productos para protección física.

Los métodos de protección física limitan los tipos de autenticación o simplemente los hacen más complejos, si se requiere autenticar con iris, es algo muy difícil cuando se tiene una careta, si se requiere autenticar por rostro no cualquier algoritmo lo realiza si se tiene puesto un cubrebocas, si se requiere autenticar por huella digital o la palma de la mano, será algo complejo con un guante que no se debe quitar por contaminación [4]. La autenticación que usan medios sin contacto del tipo biométricos, son limitadas en tareas donde se tienen limitantes físicas, aquí es donde se

utiliza los factores de autenticación algo que la persona “sabe” y algo que la persona “hace”, el realizar un movimiento específico por la persona es algo que también sirve como medio de autenticación.



Figura 2. Accesorios para protección física

Los sistemas de autenticación usados para acceder a instalaciones se basan típicamente en la utilización de tarjetas de identidad, tarjetas inteligentes o métodos biométricos. Actualmente, los métodos de autenticación más comunes se basan en texto o palabras clave y no ha sido posible crear palabras clave de fácil uso y robustas. Las investigaciones realizadas al respecto han explorado técnicas que no usan palabras claves [5] y hace uso de métodos de autenticación para acceso a la nube basado en Lenguaje de Marcado para Confirmaciones de Seguridad (SAML-Security Assertion Markup Language) [6] o en códigos QR de dos niveles, uno público y el otro privado, el nivel público funciona como los códigos QR clásicos para almacenar información y el nivel privado usa patrones de textura para almacenar información codificada [7]. Otros métodos de autenticación usan palabras clave gráficas (GAU-Graphical User Authentication), creados combinando dos imágenes cuyo principio de funcionamiento es que las personas recuerdan más objetos visuales que textos [8] o utilizando memorias SD y tarjetas de encriptación.

El módulo PAC7620 de la marca PixArt Imaging Inc, integra la función de reconocimiento de gestos usando una interconexión con la interfaz I2C en un solo chip y realiza un procesamiento de imágenes que forma un sistema de sensor analítico [9]. Puede reconocer 9 gesticulaciones de manos humanas como moverse hacia arriba, hacia abajo, izquierda, derecha, hacia adelante, hacia atrás, en sentido circular en el sentido de las agujas del reloj. También es posible consultar varios valores como el tamaño del objeto, el brillo y la posición, así como la salida de los datos sin procesar. La

innovación basada en la visión del reconocimiento de gestos de la mano es una pieza esencial de la comunicación humano-PC. En las últimas décadas, el teclado y el ratón asumen un trabajo notable en la comunicación humano-PC [10]. No obstante, atribuible a la rápida mejora de los equipos y la programación, se han requerido nuevos tipos de estrategias de comunicación humano-PC. Específicamente, los avances, por ejemplo, el reconocimiento del discurso y el reconocimiento de gestos reciben una consideración extraordinaria en el campo de la comunicación humano-PC.

El gesto es una imagen de conducta física, incorpora gesto corporal y gesto de la mano. Se divide en dos clasificaciones: gesto estático y gesto dinámico [11]. Para lo anterior, la postura del cuerpo o el gesto de la mano significa un signo. Para lo último mencionado, el desarrollo del cuerpo o la mano transmite algunos mensajes. El gesto se puede utilizar como un dispositivo de correspondencia entre PC y humanos. En gran medida, no es lo mismo que las técnicas habituales basadas en equipos y puede lograr la colaboración entre humanos y PC a través del reconocimiento de gestos. El reconocimiento de gestos decide el propósito de la persona a través del reconocimiento del gesto o el desarrollo del cuerpo o partes del cuerpo. En las décadas anteriores, numerosos especialistas se han esforzado por mejorar la innovación en el reconocimiento de gestos con las manos. El reconocimiento de gestos con las manos tiene un aliciente extraordinario en numerosas aplicaciones, por ejemplo, la comunicación a través del reconocimiento de gestos [12], la realidad ampliada (realidad generada por computadora), los traductores de comunicación basados en gestos para discapacitados y el control de robots.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

En la realización de este trabajo la metodología seguida fue dividir el diseño en cuatro bloques modulares como se muestra en la Figura 3. Las etapas son las siguientes: Control maestro RBPI, Arreglo de sensores, la pantalla LCD y el teclado numérico.

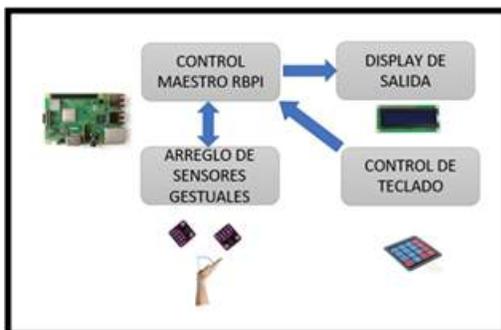


Figura 3. Bloques que integran el sistema

### A. Control maestro

Para realizar este módulo se utilizó una tarjeta Raspberry Pi 3 con la imagen de sistema operativo Raspbian en una tarjeta de memoria SD. Posteriormente, se conectaron los siguientes dispositivos periféricos a la tarjeta Raspberry: el teclado, el ratón y el monitor HDMI. A continuación, se actualizaron los parches y herramientas de red ejecutando desde una sesión de terminal los comandos *apt-get update* y *apt-get upgrade*.

En la puesta a punto fue importante no arrancar servicios de red innecesarios, ya que esto podría causar explotación de alguna vulnerabilidad e intrusión por esta causa. El único servicio arrancado con fines administrativos fue *ssh* para poder acceder al sistema embebido y configurar la tarjeta utilizando una sesión de terminal remota. Los parámetros de red: dirección IP, máscara y puerta de enlace, se establecen de acuerdo a la red donde este sistema sea instalado. El siguiente paso consistió en la descarga de la distribución del lenguaje de programación Python usada para desarrollar las interfaces con los clientes del teclado.

En este módulo de control maestro se controlan las etapas de mantenimiento, la primera opción de alta/baja de usuarios y análisis de movimientos. En el mantenimiento se realiza el ajuste de las señales que nos dan los sensores, realizando movimientos específicos solicitados por el sistema (sube mano), se confirma que el sistema está ajustado adecuadamente con la información que muestra en el display. La opción 2 de alta de usuarios se refiere a la grabación durante 3 segundos de los movimientos generados por la mano de la persona para caracterizar el movimiento, haciendo varias repeticiones para que se tenga el menor error, el usuario se dará de alta asignándole un número y a continuación se solicita el realizar el movimiento dentro del área especificada, para que así se grabe el movimiento del usuario.

También se pueden dar de baja usuarios atendiendo a las diferentes opciones del menú mostrado en el display. En la tercera opción del menú de selección con el teclado, se inicia el proceso de identificación del gesto o movimiento de la mano durante 3 segundos. Al aproximar la mano al área donde se censa el movimiento el sistema inicia la captura de los movimientos y realiza una captura de los diferentes movimientos realizados usando la información de los dos sensores, para que con esto se tenga una mayor precisión, como resultado a esta serie de movimientos nos muestra el resultado en el display con el número asignado al usuario (usuario válido o usuario NO válido). En la Tabla I se muestran los diferentes gestos que se pueden sentir y en la Figura 4 el área de reconocimiento del movimiento de la mano.



menos aciertos tuvieron al muestrear. Se realizaron pruebas con los mismos usuarios y condiciones, pero utilizando un solo sensor lo cual registro solo 81% de aciertos.

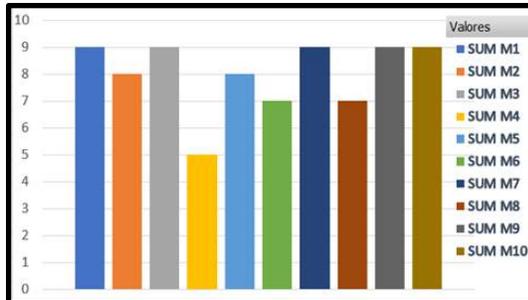


Figura 6. Gráfica de aciertos al muestrear (M#) realizadas a diez usuarios diez ocasiones a cada uno

#### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El resultado de este trabajo fue un sistema de autenticación diferente a los convencionales, con diversas adecuaciones a realizar según el medio donde se utilizará. Algunos de los usuarios al registrar sus patrones en los tres segundos, llegaron a tener entre 5 y 7 diferentes movimientos. Los usuarios que registraron movimientos más rápidos fueron los que tuvieron más falsos positivos durante la autenticación que los que obtenían menos. Al utilizar mayor cantidad de sensores en diferentes posiciones radiales, fue mayor la precisión en los resultados de las capturas de los movimientos. Tan solo de utilizar un sensor a utilizar dos, aumento la precisión en 12%.

Para evitar fallos a nivel usuario, se recomienda llevar a cabo los movimientos más pausados y menos complicados, para que sean más fácil de realizar y recordar. El utilizar accesorios en las manos representó dificultad en la lectura de los movimientos, lo cual es provocado por la diferencia entre la luz que se refleja en la mano en el momento de ser captada.

#### V. REFERENCIAS

- [1] Mitra, P. y Rakesh, N (2016). "A desktop application of QR code for data security and authentication", in *Proceedings International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, pp. 1-5.
- [2] Lin, Z., Jiang, Z., Davis, L.S.: Recognizing actions by shape-motion prototype trees. In: 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision. pp. 444-451 (Sept 2009). <https://doi.org/10.1109/ICCV.2009.5459184>
- [3] Zhou, L.; Varadarajan, V. y Hitchens, M. (2015). "Trust Enhanced Cryptographic Role-Based Access Control for Secure Cloud Data Storage", *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 10, Issue: 11, pp. 2381-2395.
- [4] Kaczmarek, T.; Ozturk, E. y Tsudik, G. (2018). "Thermanator: Thermal Residue-Based Post Factum Attacks On Keyboard Password Entry", disponible en: <https://arxiv.org/abs/1806.10189>.
- [5] Ying Wu and Thomas S Huang. Vision-based gesture recognition: A review. In *International Gesture Workshop*, pages 103–115. Springer, 1999.
- [6] Jing, D.; Yan, J. y Fujiang, A. (2018). "An Improved Uniform Identity Authentication Method Based on SAML in Cloud Environment", in

- Proceedings IEEE Third International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC)*, pp. 533-536.
- [7] Tkachenko, Y.; Puech, W. y Destruel, C. (2016). "Two-Level QR Code for Private Message Sharing and Document Authentication", *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 11, Issue: 3, pp. 571-583.
- [8] Bilgi, B. y Tugrul, B. (2018). "A Shoulder-Surfing Resistant Graphical Authentication Method", in *Proceedings International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*, pp. 1-4.
- [9] M. Asadi-Aghbolaghi, A. Clap'és, M. Bellantonio, H. J. Escalante, V. Ponce-L'opez, X. Bar'ó, I. Guyon, S. Kasaci, and S. Escalera. A survey on deep learning based approaches for action and gesture recognition in image sequences. In 2017 12th IEEE International Conference on Automatic Face Gesture Recognition (FG 2017), pages 476–483, 2017
- [10] Matsuo, K.; Kanai, A. y Hatashima, T. (2018), "Dynamic Authentication Method Dependent on Surrounding Environment", in *Proceedings IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 855-857.
- [11] Zhou, P.; Xiao, M. y Xia, Z. (2015). "A Message Authentication Method for Wireless Sensor Networks Using Polynomial Interpolation", in *Proceedings 2nd International Symposium on Dependable Computing and Internet of Things (DCIT)*, pp. 151-153.
- [12] Fuzi, Mohd Faris Mohd, et al., "HOME FADS: A dedicated fire alert detection system using ZigBee wireless network," in *Proceedings of Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, 2014.

#### VI. BIOGRAFÍA



**Vega-Luna José Ignacio.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1990. Labora actualmente en el área de Sistemas Digitales del Departamento de electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y sistemas operativos. El M. en C. Vega realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



**Lagos-Acosta Mario Alberto.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y redes de computadoras. El Ing. Lagos realiza investigación con redes



**Salgado-Guzmán Gerardo.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y sistemas operativos. El Ing. Salgado realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



**Cosme-Aceves José Francisco.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es lenguajes de descripción de hardware. El Ing. Cosme realiza investigación con sistemas embebidos y seguridad en redes de computadoras.

**Tapia-Vargas Víctor Noé.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1987. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1999. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores, robótica e IoT.

# Diseño e implementación de máquina trituradora e instrumentación del ambiente controlado para generar vermicomposta

E. Vaquera-González<sup>1</sup>

**Resumen**— Este trabajo presenta el diseño e implementación de una máquina trituradora, así como la instrumentación del ambiente controlado para sensar las variables de temperatura y humedad al ser triturados los desechos orgánicos, la cual será utilizada en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo como una solución viable en el tratamiento y uso de los residuos orgánicos como materia prima para producir vermicomposta. En esta investigación se especifican los antecedentes de esta tecnología, es decir lo que hay referente en el mercado sobre esta innovación, además se detalla también el diseño mecánico de la máquina, los planos para su construcción, un análisis de elementos finitos para validar la ingeniería, la manufactura de elementos mecánicos, el montaje y construcción, así como la parte de automatización y la puesta en marcha de la máquina.

**Palabras claves**— Ambiente controlado, Automatización, Desechos orgánicos, Diseño mecánico, Trituradora, Vermicomposta.

**Abstract**— This work presents the design and implementation of a crushing machine, as well as the instrumentation of the controlled environment to detect the temperature and humidity variables when the organic waste is crushed, which will be used in the Instituto Tecnológico Superior de Lerdo as a viable solution in the treatment and use of organic waste as raw material to produce vermicomposta. In this investigation the background of this technology is specified, that is to say, what there is reference in the market about this innovation, In addition, the mechanical design of the machine is also detailed, the plans for your construction, an analysis of finite elements to validate the engineering, the manufacture of mechanical elements, the assembly and construction, as well as the automation part and the start-up of the machine.

**Keywords**— Controlled environment, Automation, Organic waste, Mechanical design, Crusher, Vermicompost.

## I. INTRODUCCIÓN

La sociedad de consumo en que se vive actualmente, se ha convertido en un importante problema para el medio ambiente, por lo cual es imprescindible un cambio en el paradigma de no sólo satisfacer las necesidades humanas, sino también tomar en cuenta el tratamiento que debe darse

a los residuos generados en las viviendas o en este caso, en una institución educativa.

Es necesario que los desperdicios originados a diario en la vida cotidiana se vean como una fuente de ahorro o de ingreso, ya que si se promueve el interés por el buen manejo de residuos se resolverían problemas de salubridad, espacios desaprovechados e incluso se podría pensar en un ingreso económico. Dicho de otra forma: que la “basura” como concepto desaparezca en el caso de los residuos orgánicos y cumpla con un ciclo aprendido de la naturaleza en el cual todo lo producido o creado se reintegre al medio ambiente y sea aprovechado de una forma u otra. Con base en lo anterior es importante que la tendencia actual sea reducir la cantidad de residuos que se producen y aunado a esto, promover tratamientos de reutilización y reciclaje de los mismos.

Un proceso eficaz en el tratamiento de residuos orgánicos (restos de frutas, verduras, cáscaras de huevo, basura de jardín, restos de café, estiércol animal, etc.), es el compostaje, que consiste en un proceso biológico de descomposición aerobia para la obtención de abono orgánico. En este proceso los organismos actúan en materia orgánica biodegradable, permitiendo obtener la composta, un abono orgánico excelente.

La materia orgánica que se use para originar la composta debe tener una adecuada relación de sólidos, agua y gases para permitir el constante intercambio de sustancias, por esta razón una de las principales recomendaciones en la fabricación de composta es reducir el tamaño de partículas que faciliten la acción de los microorganismos, aumentando la superficie de contacto y promoviendo una fermentación más rápida y homogénea. Bajo esta premisa de reducir y homogenizar el tamaño de la materia orgánica, se considera el diseño y fabricación de una trituradora que lleve a cabo esta actividad.

Mediante la construcción y uso de la máquina trituradora se logrará disminuir el tiempo de cortado de la materia orgánica, facilitando la descomposición de desechos orgánicos y aumentar la disponibilidad de composta.

Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Subdirección. de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Av Tecnológico S/N Col Periférico, Cd. Lerdo, Dgo. CP 35150

<sup>1</sup> Efrain Vaquera González (Efrain.vg@itslerdo.edu.mx).

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

Como metodología de trabajo para el diseño e implementación de una máquina trituradora e instrumentación del ambiente controlado para generar vermicomposta se llevaron a cabo diferentes actividades, todas conjugadas entre sí para obtener el resultado final el cual fue tener el mecanismo idóneo para triturar los desechos orgánicos y obtener un tamaño de partícula de alrededor de 5 cm, así como la instrumentación de ciertas variables como lo son temperatura y humedad, de igual forma el control automatizado del motor. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

- Cálculos de transmisión para máquina trituradora.
- Alternativas de diseño.
- Diseñar la máquina en los aspectos mecánico y estructural.
- Diseñar y fabricar las cuchillas de corte para la máquina trituradora.
- Construir y montar la máquina trituradora de desechos orgánicos.
- Control de motor por medio de variador de frecuencia vectorial.
- Realizar instrumentación de ambiente controlado de las partículas trituradas.
- Monitorización de variables medidas.

A. Cálculo de transmisión para maquina trituradora

Para el cálculo de la transmisión de la máquina trituradora se ha tomado la fórmula que permite elegir un par de poleas para reducir las revoluciones que dará el motor a las necesarias para la máquina trituradora. Dado que el motor acoplado a un motorreductor ofrece un máximo de 30 revoluciones por minuto y que las revoluciones propuestas para la maquina son 10 revoluciones en un minuto, se hace uso de la siguiente relación.

$$\frac{N}{n} = \frac{d}{D} \tag{1}$$

Dónde:

- N: revoluciones en p Polea conductora
- n: revoluciones en p Polea conducida
- D: diámetro de p Polea conductora
- d: diámetro de p Polea conducida

Por lo tanto, se aplica la fórmula para obtener que el par de poleas necesarias necesitan una relación de 3:1

$$\frac{30}{10} = \frac{d}{D} = i \tag{2}$$

I: relación entre diámetros de poleas

$$i = \frac{3}{1} = 3:1 \tag{3}$$

Por ende, si la p Polea en el motor mide 2 pulgadas de diámetro, la p Polea en la transmisión deberá ser de 6 pulgadas.

Así mismo, dado que, en la banda cruzada, la cual se usa para transmitir el movimiento entre los dos ejes de la maquina debe mantener la velocidad entre los ejes igual. Por esto se debe optar por usar poleas con el mismo diámetro.

$$\frac{10}{10} = 1:1 = i \tag{4}$$

Para la selección de bandas se realizó el siguiente cálculo para determinar la longitud necesaria de la banda plana dado los diámetros de las poleas y la distancia entre los centros de estas. Se uso la formula

$$L = 2c + \frac{\pi}{2}(D+d) + \frac{(d-D)^2}{4c} \tag{5}$$

Donde

L: longitud de la banda en mm

C: distancia entre centros mm

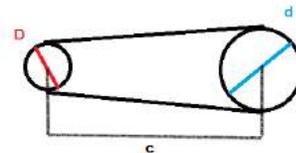


Figura 1. Nomenclatura de bandas

Por lo tanto, para los datos de la transmisión de fuerza principal (motor- transmisión) se tiene que:

$$L = 2 * 500\text{mm} + \frac{\pi}{2}(50.8\text{mm} + 152.4\text{mm}) + \frac{(152.4\text{mm} - 50.8\text{mm})^2}{4 * 500\text{mm}} \tag{6}$$

$$L = 1324.347\text{mm}$$

Con esto se sabe que la banda debe ser de aproximadamente 1.3 m.

Para la banda plana encargada de transmitir e invertir el sentido del giro de un eje al otro se usa la misma fórmula, pero con un pequeño cambio al final de la formula, además de usar las medidas de la sección donde se pondrán. (d=D= 3", c = 214.45mm)

$$L = 2 * 214.45\text{mm} + \frac{\pi}{2}(76.2\text{mm} + 76.2\text{mm}) + \frac{(76.2\text{mm} - 76.2\text{mm})^2}{4 * 214.45\text{mm}} \tag{7}$$

$$L = 695.365\text{mm}$$

Se necesitará una banda de 0.695 m en esta parte de la transmisión.

*B. Alternativas de diseño*

Propuesta 1: Esta propuesta consta de cuchillas móviles mediante dos ejes de rotación, en donde el giro de la primera se da por medio de un par de poleas y bandas, en cambio el giro de la segunda se da por medio de una banda cruzada para invertir el giro, de esta forma garantizar el giro contrario de ambas cuchillas y así propiciar la trituración. Esto se logra aprecias en la figura 2.

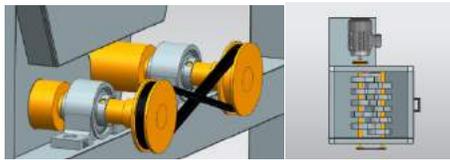


Figura 2. Propuesta 1

Propuesta 2: En esta propuesta se quitó un eje de rotación, dejando solamente el que es transmitido por medio del motor y las poleas de entrada. Para sustituir el segundo eje de rotación se decidió colocar chuchillas fijas, las cuales se soldarán y harán que se de el choche entre las cuchillas móviles con las fijas para asegurar el triturado de los desechos orgánicos.

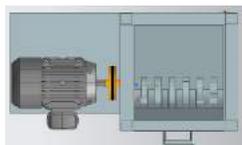


Figura 3. Propuesta 2

*C. Diseño de maquina en aspecto mecánico y estructural*

Con el fin de evaluar si la estructura definida es la correcta para soportar las cargas a las cuales estará sometida, se realizaron una serie de análisis estructurales o de esfuerzos en el software NX 10.0 de Siemens en su apartado de análisis de elementos finitos. El primer análisis realizado fue en la parte superior, donde va colocada la tolva, esto para indicar si la estructura será capaz de soportar el peso de la tolva. Se malló a 0.545 in. Se aplico una fuerza de 72.1373N correspondiente a la tolva, la cual es dividida en 4 partes para que el peso de las cargas sea distribuido uniformemente en la estructura dando valor a las fuerzas de 18.034325N.



Figura 4. Análisis de estructura

De igual forma se realizó un análisis estructural a los cortadores, esto para validar que estas sean capaces de triturar los desechos orgánicos, por lo que se consideró realizar dicho análisis sobre un hueso de aguacate ya que será de los desechos que oponen una mayor resistencia a la trituración, esto tratándose de los RSU. Se aplico una fuerza de 438.3Lbf debido a que es la carga que opone un hueso de aguacate con respecto a la herramienta de corte según investigación. Dicha carga se aplicó en la punta del cortador como se muestra en la imagen, ya que es ahí donde se genera el contacto entre la herramienta de corte y el hueso del aguacate. También se colocó una restricción fija en la perforación del cortador, ya que ahí va soldada al eje que transmite movimiento giratorio.



Figura 5. Análisis de cortador

*D. Diseño y fabricación de cortadores para máquina trituradora*

Para el diseño y fabricación de herramientas de corte, se establecieron tres tipos de cortadores, las móviles y dos fijas (la frontal a la móvil y la que funge como separador), estas herramientas de corte fueron diseñadas en el software de NX de Siemens.



Figura 6. Diseño de cortadores

En cuanto a la fabricación de las herramientas de corte es importante mencionar que fueron maquinadas en una waterjet, por medio de la generación de un archivo dxf previamente elaborado en el software NX de Siemens. De igual forma se les dio un galvanizado para prevenir oxidación por medio de variantes climáticas y propias de los desechos orgánicos.



Figura 7. Maquinado en waterjet



Figura 8. Cortadores maquinados y galvanizados



Figura 12. Base para motor

**E. Construcción y montaje de máquina trituradora**

En el siguiente apartado se describe el desarrollo de la parte de la estructura de la máquina trituradora de desechos orgánicos el cual se optó por utilizar material ptr. Se cortaron 4 tubos de ptr de 59” que fueron unidos mediante soldadura 6013 para realizar los empates de la base de la estructura.



Figura 9. Estructura general

Para la base de soporte se cortaron 2 tubos de ptr de 16” y 2 tubos de ptr de 14”.



Figura 10. Travesaños de soporte

Para la parte superior de la estructura se cortaron 2 tubos de ptr de 21” y 2 tubos de ptr de 16”.



Figura 11. Travesaños parte superior

Para la base del motor se cortaron 2 tubos de ptr 13”, 2 tubos de ptr de 16” y una lámina de 20” x 17 1/2”.

Se realizó la construcción del cajón depositario de desechos orgánicos, el cual se desarrolló de lámina calibre 20 y bajo las dimensiones que se muestran en el plano de construcción.

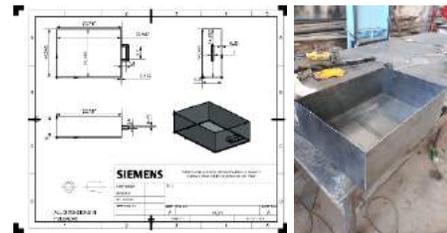


Figura 13. Fabricación de cajón

Para la construcción de la tolva, esta se realizó con material de lámina calibre 20, con el ángulo necesario para que empate con la caída de las cuchillas de corte y con las aperturas necesarias y dimensionadas correctamente, ya que será por ahí donde pase el giro de las cuchillas de corte. La tolva se mandó construir bajo el siguiente plano de taller.

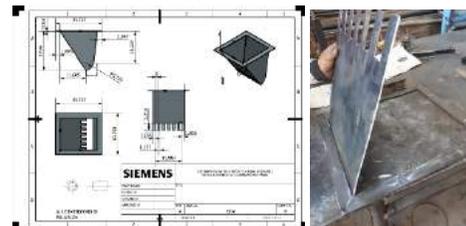


Figura 14. Fabricación de tolva

Se adquirieron diferentes dispositivos mecánicos, tales como flechas, bandas, poleas.



Figura 15. Elementos mecánicos

Se procedió al montaje.

*F. Control de motor por medio de variador de frecuencia vectorial*

Para variar la velocidad de giro del motor se compró un variador vectorial de 1Hp de 220VCA de la marca Omron, el cual se programó para efectuar el corte por medio de las cuchillas.



Figura 16. Variador de frecuencia

también se adquirió un gabinete metálico de 100X80X30 cm, esto para el acoplamiento de los elementos eléctricos que conformaran al sistema.



Figura 17. Gabinete con elementos eléctricos

*G. Instrumentación del ambiente controlado.*

Para la instrumentación del ambiente controlado se hizo uso de sensores de temperatura y humedad, los cuales fueron implementados en el cajón repositorio de desechos orgánicos, para que al momento de estar lleno el cajón con los desechos, estos manden retroalimentación a una pantalla táctil con la información correspondiente a las variables de temperatura y humedad que presentan los desechos orgánicos ya triturados. Es importante mencionar que la programación fue realizada en la plataforma Arduino.



Figura 18. Instrumentación

*H. Monitores de variables medidas.*

Para la monitorización de variables medidas se hizo uso de un microordenador raspberry Pi3 B+, así como una pantalla touch de 5 pulgadas y el enlace a un Arduino. Se genero una interfaz gráfica para estar monitoreando las variables arrojadas por los sensores.



Figura 19. Programación pantalla táctil

**III. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos dentro de esta investigación se clasifican en: el diseño de la maquina trituradora de desechos orgánicos, la validación de ingeniería por medio de análisis de elementos finitos, donde se establece que la maquina es capaz de soportar las cargas a las cuales está sujeta, la construcción física de la maquina trituradora, la instrumentación del ambiente controlado y el monitoreo de las variables medidas.

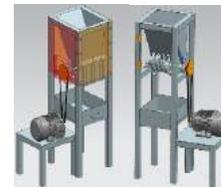


Figura 20. Diseño de máquina trituradora

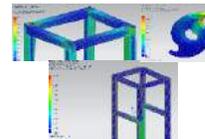


Figura 21. Validación de análisis de ingeniería



Figura 22. Construcción de máquina trituradora



Figura 23. Instrumentación

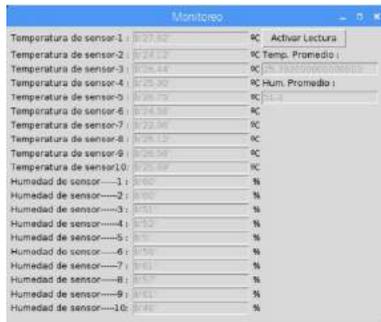


Figura 24. Monitoreo de variables

#### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El aprovechamiento de los residuos orgánicos en el ITSL se ha vuelto un tema fundamental para promover la sustentabilidad en cuanto al uso de la vermicomposta como fertilizante orgánico. El aprovechamiento de estos residuos se facilita con la existencia de una máquina trituradora que dé un tratamiento previo al alimento y que pueda ser aprovechado de manera más eficiente por las lombrices, evitando además la presencia de plagas que afecten la producción.

El diseño de la máquina resulta idóneo ya que se usaron los diseños de elementos de máquina adecuados, tales como bandas, poleas, inversores de giro y materiales acorde al tratamiento de materiales orgánicos, y se concluye que la posterior construcción y funcionamiento de la máquina resulta factible para que las partículas orgánicas sean trituradas mediante los discos de corte propuestos y diseñados en esta investigación. En cuanto al sistema de sensado este resulta ser de gran aporte puesto que triturados los desechos orgánicos presentaran la medición de ciertas variables como temperatura y humedad, teniendo cierto valor estas variables se puede tomar la decisión de aumentar o no la temperatura o humedad donde se está dando la descomposición de los desechos orgánicos con la ayuda de la lombriz californiana.

El tener un control automático con ayuda del variador de frecuencia fue de gran ayuda ya que se puede programar la velocidad del giro de las cuchillas dependiendo de lo que se quiera triturar.

Dentro de las recomendaciones que se hacen para trabajos posteriores, es pasar de una máquina de origen semi automático a una automatizada completamente que funcione por medio de bandas transportadoras que trasladen el material (desechos orgánicos) a la tolva.

#### V. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, por proporcionar todos los recursos necesarios para la realización del presente trabajo, a través de la subdirección

de Investigación y Desarrollo Tecnológico del mismo instituto, al igual que a la División de Ingeniería En Sistemas Automotrices y a la división de posgrado.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] Ambus, P., Kure, L. K. and Jensen, E. S. 2002. Gross N transformation rates after application of household compost or domestic sewage sludge to agricultural soil. *Agronomie*, 22: 723- 730.
- [2] Aquina Fajardo, L. (2011). *dialnet.uniroja.es*. Objeto de <https://dialnet.uniroja.es/descarga/articulo/5210328.pdf>
- [3] Cegarra, J. Compostaje de desechos orgánicos y criterios de calidad del Compost., 1996. En *Memorias del curso master internacional de aprovechamiento de Residuos Orgánicos*. Palmira.
- [4] Couto, I., Hernández, A., Sarabia, C., 2012. La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en Juárez: lecciones innovadoras para otros municipios. *Revista Pueblos y Fronteras digital*. 178-2019.
- [5] Góngora, J.P., El reciclaje en México. 2018. *Comercio Exterior.*, 64: 2-5
- [6] Hernández Martínez, C., & Pinto Maquilon, E. 2007. *tangara.uis.edu.co*. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/122733.pdf>
- [7] Hernández, J. Diseño de un prototipo de triturador de desechos orgánicos. 2015. Tesis para obtener título de Ingeniero Mecánico. UNAM.
- [8] Industrias I. (2018) (1st ed., pp. 25-26). Buenos Aires. Retrieved from [http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/05\\_Apunte%20Trituracio n.pdf](http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/05_Apunte%20Trituracio n.pdf)
- [9] López, Piedad & A Valencia, Pady. 2018. *Recuperación De Nutrientes En Fase Sólida A Traves Del Compostaje*.
- [10] Minería química. (2018) (1st ed., pp. 25-27). Madrir. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=29xW6aOhcXgC&pg=RA1PA25&dq=tipos+de+trituradoras&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjQkujo0qbZAhUX3GMKHapODaQQ6AEIKzAB#v=onepage&q&f=false>
- [11] Moreno, H., Quintana, M, Rivas, R. 2015., Máquina trituradora de desperdicios domésticos y la preservación del medio ambiente en las viviendas familiares, Facultad de Tecnología. *Revista Científica Educación, Tecnología e Innovación*. 27-35.
- [12] Niño, A. (2005). Tesis: “Compostación acelerada de la pollinaza mediante microorganismos aerobios para su utilización como abono orgánico”

#### VII. BIOGRAFÍA



**Vaquera González Efraim** nacido en Gómez Palacio Durango el 3 de octubre de 1989. Cuenta con un estudio de posgrado en Maestría en Ingeniería Mecatrónica realizado en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en la ciudad Lerdo Durango, México. Así como una ingeniería en Tecnologías de manufactura Industrial.

El actualmente trabaja en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo localizado en la ciudad de Lerdo Durango, México como Docente e investigador, teniendo como temas de interés el diseño industrial, la automatización y la mecatrónica. Él Ing. Vaquera fue campeón nacional del campeonato de Vex Robotics en el área de programación autónoma celebrado en la ciudad de Tapachula, Chiapas,

## Diseño de un sistema automático para la corrección del factor de potencia mediante programación lógica de PLC y diseño de la interfaz HMI en instalación eléctrica de baja tensión en el edificio D del ITS Lerdo

L.A. González-Vargas<sup>1</sup>, R. Cuellar-alcalá<sup>1</sup>, F. Huerta-Valenzuela<sup>1</sup>

**Resumen**— En este proyecto se diseña un sistema para el monitoreo de variables eléctricas para la automatización de un banco de capacitores que regule el factor de potencia bajo cargas inductivas variables mediante el uso de un controlador lógico programable (PLC) e interfaz táctil HMI en el sistema eléctrico de un edificio académico-administrativo del ITS Lerdo, permitiendo una mayor eficiencia en el uso de la energía.

Se inicia estableciendo comunicación a través de la interfaz RS485 utilizando el protocolo Modbus entre el medidor AcuRev serie 2000 y el controlador lógico programable. El medidor monitorea la calidad de la energía en tiempo real. El protocolo define una comunicación entre maestro-esclavo que permite la consulta de los datos requeridos como lo son factor de potencia por fase, corrientes de línea, frecuencia, etc. Estas lecturas son usadas en el programa del PLC el cual controla la conexión/desconexión por pasos de un banco de capacitores propuesto para mantener el factor de potencia mayor a 95% en el sistema.

El diseño de la interfaz táctil HMI permite la visualización de las variables y control en la conexión y desconexión de los capacitores de forma automática, o manual mediante horario de ocupación y reloj de tiempo real.

**Palabras claves**— monitoreo, variables eléctricas, protocolo Modbus RS485, PLC, interfaz táctil HMI, capacitores.

**Abstract**— In this project, a system for the monitoring of electrical variables is designed for the automation of a capacitor bank that regulates the power factor under variable inductive loads through the use of a programmable logic controller (PLC) and HMI touch interface in the electrical system of an academic-administrative building of the ITS Lerdo allowing greater efficiency in the use of energy.

It starts by establishing communication through the RS485 interface using the Modbus protocol between the AcuRev 2000 series meter and the programmable logic controller. The meter monitors power quality in real time. The protocol defines a communication between master-slave that allows querying the required data such as power factor per phase, line currents, frequency, etc. These readings are used in the PLC program which controls the step on / off of a proposed capacitor bank to keep the power factor greater than 95% in the system.

The design of the HMI touch interface allows the visualization of the variables and control in the connection and disconnection of the capacitors automatically, or manually by means of occupation hours and real time clock.

**Keywords**— Monitoring, electrical variables, Modbus RS485 protocol, PLC, HMI touch interface, capacitors

### I. INTRODUCCIÓN

La presencia de motores, y en general las cargas inductivas, etc., hacen que la carga de cualquier instalación eléctrica sea muy variable y afecte al factor de potencia de manera negativa y esto implicará una penalización impuesta por CFE, por tal razón se ve la necesidad de corregir el factor de potencia utilizando varios medios según sea el caso, no obstante, el empleo de bancos automáticos de capacitores es la opción más adecuada.

La disminución exagerada del factor de potencia provoca aumentos de corriente. Los excesos de corriente pueden provocar daños en las instalaciones eléctricas por efecto de sobrecargas, además producen alteraciones en la regulación de la diferencia de potencial, con lo cual empeora el rendimiento y funcionamiento de los equipos [1]. Un alto consumo de energía reactiva está directamente relacionado con los equipos de aire acondicionado en el edificio.

Las instalaciones eléctricas que operan con un factor de potencia menor a 1.0 tienen consecuencias en la medida que éste disminuye y además afecta a la red eléctrica tanto en alto voltaje como en bajo voltaje; incremento de pérdidas por Efecto Joule; sobrecarga de los transformadores y líneas de alimentación; aumento de la caída de voltaje; incremento de la potencia aparente, incremento en la facturación eléctrica, etc. [1], [2].

La corrección del factor de potencia debe ser realizada de una forma cuidadosa con el objeto de mantenerlo lo más alto posible, pero sin llegar nunca a la unidad, ya que en este caso se produce el fenómeno de la resonancia que puede dar lugar a la aparición de voltajes o corrientes peligrosas para la red [3].

El alcance de este proyecto es diseñar e implementar la

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Av. Tecnológico S/N, Col. Periférico C.P. 35150 Cd. Lerdo Durango México.  
luis.gv@itslerdo.edu.mx

programación del PLC para el monitoreo de variables eléctricas para el control del banco de capacitores automático en las instalaciones eléctricas de baja tensión del edificio D, para corregir el factor de potencia y llevarlo a una eficiencia de 99.0 %, utilizando tecnologías de control y sistemas de comunicación TCP/IP (Ethernet) y RTU (RS-485), se incluye una interface HMI para el monitoreo visual y para el cambio de manual a automático de la conexión de los capacitores para lograr un ahorro de energía eléctrica y al mismo tiempo reducir los costos de facturación por parte de Comisión Federal de Electricidad.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

La instrumentación es una herramienta aceptada hoy en día ya que permite la lectura, adecuación y manipulación de diferentes señales obtenidas en medios físicos para posteriormente interpretar dichas señales y tomar decisiones.

En la industria principalmente ha incrementado la necesidad de conocer y entender el funcionamiento de los instrumentos de medición que juegan dentro del control de la calidad de la energía un papel muy importante.

El consumo de potencia reactiva perjudica a los equipos generadores, haciendo que los transformadores de abastecimiento trabajen en un régimen mayor del necesario. Además, las compañías eléctricas penalizan en las facturas el consumo de energía reactiva por parte de las empresas. Con lo que compensar el cos (φ) (factor de potencia) supone un ahorro económico.

En nuestro caso el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo cuenta con aires acondicionados en sus edificios causando pues un desfase entre estas dos potencias (activa y aparente) de tal forma que el factor de potencia disminuye lo cual se incurre en una posible penalización por parte de la compañía suministradora de energía eléctrica por bajo factor de potencia FP, aunado a esto los pagos económicos excedentes que se cubren por este mismo motivo.

El control del factor de potencia ya no será de manera fija si no de manera automática dando la oportunidad de autorregularse según las cargas inductivas en este caso los aires acondicionados instalados en el edificio, permitiendo ajustar el valor máximo del factor de potencia sin pasar de la unidad, de tal manera que al implementar este proyecto se persigue reducir las pérdidas ocasionadas por el bajo FP, al mismo tiempo se obtiene una recuperación de capacidad instalada para un crecimiento futuro.

A. Consecuencias de operar con un bajo cos (φ)

- Calentamiento de conductores.
- Limita la capacidad de transformadores.
- Disparos sin motivos de los componentes de protección.
- Sobre cargas de líneas de distribución
- Perdidas por efecto joule.

- Aumento de caída de tensión
- Calentamiento y reducción del rendimiento en motores eléctricos.
- Incremento del mantenimiento por deterioros en dispositivos eléctricos.
- Incrementos en las facturas.

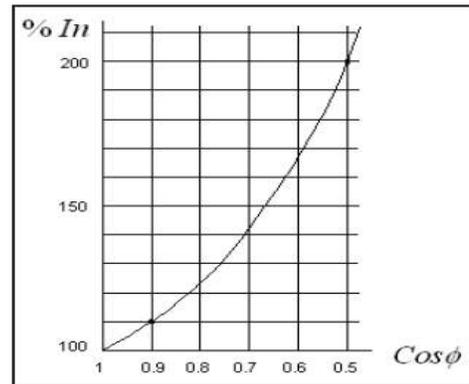


Figura 1. Diagrama de corriente nominal afectada por el factor de potencia [5].

TABLA I. PENALIZACIÓN Y BONIFICACIÓN DEL F.P. SEGÚN CFE

cos (φ)	Cargo/bonificación	Valores máximos
FP < 0.9	$Penalización (%) = \frac{3}{5} \times \left[ \frac{0.9}{FP} - 1 \right] \times 100$	Penalización 120 %
FP > 0.9	$Bonificación (%) = \frac{1}{4} \times \left[ 1 - \frac{0.9}{FP} \right] \times 100$	Bonificación 2.5%

B. Beneficios del factor de potencia adecuado

TABLA II. FACTOR DE POTENCIA NORMALIZADO, Y PRONÓSTICO DE AHORRO.

cos (φ) (FP)	Penalización por Bajo FP	FP corregido	Bonificación	Ahorro Total
60	30%	98	2.0%	32%
70	17%	98	2.0%	19%
75	12%	98	2.0%	14%
80	8%	98	2.0%	10%
85	4%	98	2.0%	6%
88	1%	98	2.0%	3%
95	0%	99	2.27%	2.27%

C. Cálculo del banco de capacitores y medición de potencias mediante el analizador de redes

Para determinar la cantidad de potencia reactiva necesaria para corregir el FP se pueden utilizar dos metodologías, la primera es usar los datos de placa del fabricante de los equipos y accesorios eléctricos conectados en el SEP del edificio y sumarlas y la segunda es tomar lecturas con un analizador de redes Fluke 435 II es la herramienta ideal para el registro avanzado de energía y la monitorización de la misma, identificando las áreas de mayor desaprovechamiento energético. Estas lecturas se comparan con un sistema de monitoreo de la calidad de la energía (AcuRev serie 2000) y que actualmente se encuentra en funcionamiento. Estas lecturas son las que se utilizan para interactuar con el programa del PLC CLICK Koyo de la serie CO-11DRE-D, el cual conecta o desconecta los pasos del banco de capacitores propuesto según se requiera para mantener el FP en 99% en el sistema eléctrico del edificio.



Figura 2. Conexión del analizador de redes al gabinete principal

TABLA III.  
LECTURAS TOMADAS A PLENA CARGA SIN BANCO DE CAPACITORES ACTUALMENTE INSTALADO.

	Fase A	Fase B	Fase C	Promedio
Vrms (220v)	224.26	226.44	225.9	225.53
A(rms)	211.0	194.5	177.1	194.2
Unbal (%)	0.6	0.1	12.2	
KV	25.14	25.73	20.08	70.95
KVA	28.48	26.67	23.26	78.74
KVAR	13.62	7.24	11.92	<b>32</b>
FP	0.88	0.96	0.86	0.9
COS φ	0.88	0.96	0.86	0.9
TDH	1.1	1.3	1.3	204.2

La potencia activa en un sistema eléctrico permanece constante aun cuando el factor de potencia cambie, considerando pues un factor de potencia leído por el analizador de 0.96 y una potencia activa de 69.61 KW se obtiene la potencia reactiva de 18.54 Kvar.

TABLA IV.  
LECTURAS TOMADAS A PLENA CARGA CON BANCO DE CAPACITORES ACTUALMENTE INSTALADO.

	Fase A	Fase B	Fase C	Promedio
Vrms (220v)	224.26	226.44	225.9	225.53
A(rms)	228.5	202.6	190.6	207.23
Unbal (%)	0.6	0.1	10.08	
KV	25.26	24.11	20.24	69.61
KVA	26.49	24.27	21.5	72.26
KVAR	8.2	2.96	7.4	<b>18.56</b>
FP	0.95	0.99	0.94	0.96
COS φ	0.95	0.99	0.94	0.96
TDH	1.3	1.4	1.5	238.8

TABLA V.  
DIFERENCIA ENTRE LECTURAS INICIAL Y FINAL (SIN Y CON BANCO DE CAPACITORES)

	Inicial	Final	Diferencia
Angulo	25°	15°	10°
F.P.	0.9	0.96	0.06
S	76.51Kva	72.02Kva	4.5
P	69.6Kw	69.6Kw	0
Q	31.78Kvar	18.54Kvar	<b>13.24 Kvar</b>

En la Tabla V, se obtiene la potencia reactiva que actualmente está inyectando el banco de capacitor actual.

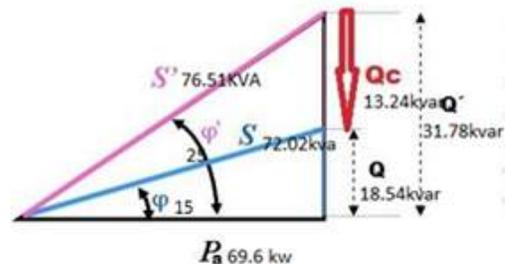


Figura 3. Valores de potencias actuales y deseadas, para calcular la potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia al deseado.

TABLA VI.  
FACTOR DE POTENCIA CALCULADO EN LOS 3 PASOS DEL BANCO DE 15 KVAR

	Actual (fijo)	1er paso	2do paso	3er paso
Potencia activa (KW) 3φ	69.61	69.61	69.61	69.61
Potencia aparente(KVA) 3φ	72.02	70.91	70.13	69.69
Potencia reactiva(KVAR) 3φ	18.56	13.56	8.56	3.56
Grados	15°	11°	7°	3°
FP	0.96	0.98	0.992	<b>0.998</b>

Actualmente se cuenta con un banco de capacitores ya instalado que corrige el F.P. a 0.96 como ya lo vimos en las lecturas obtenidas en el analizador de redes, por lo que todavía se puede mejorar el FP a 0.998 inyectando 15 Kvar

en 3 pasos y de manera automática como lo indica el objetivo de este proyecto.

Cálculos para la potencia activa, reactiva y aparente, así como para el factor de potencia esperado en cada uno de los tres pasos ver Tabla VI.

*D. Programación del PLC y HMI*

Se realizaron los cálculos matemáticos y lecturas para saber el factor de Potencia que se espera obtener en cada paso del banco automático de capacitores, enseguida se presenta la parte técnica de cómo lograr esa automatización por medio de un Controlador Lógico Programable PLC Click Koyo de la serie CO-11DRE-D, la visualización y operación del sistema a través de una pantalla táctil HMI-ADVANTECH WOP-2070T-N2AE aprovechando los datos del factor de potencia que arroja el sistema AcuRev serie 2000 actualmente instalado y en funcionamiento.

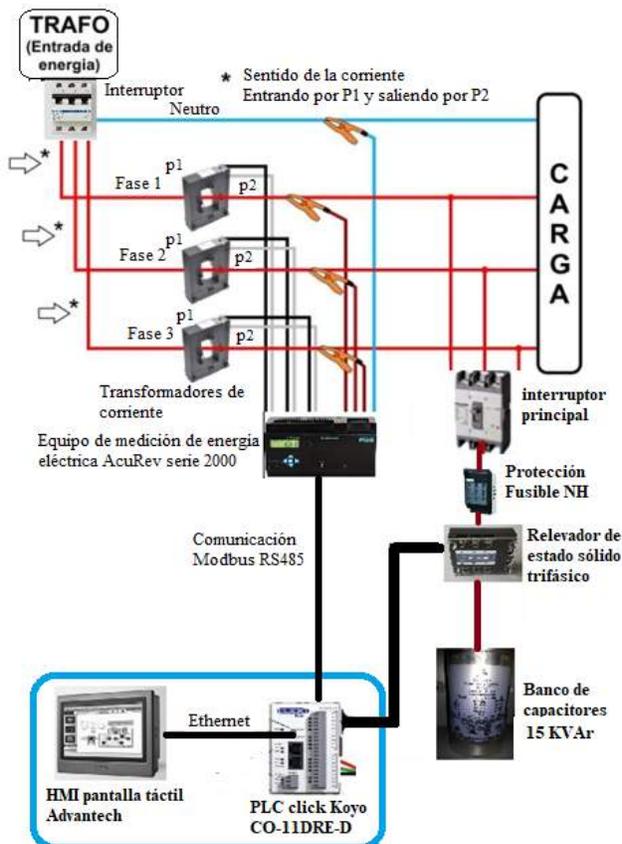


Figura 4. Diagrama de interconexión de fuerza y control de los elementos del sistema.

El PLC lee las variables de potencia activa y reactiva y calcula el  $\cos \phi$  trifásico inicial del analizador de redes AcuRev 2000 conectado a este mediante el protocolo de comunicación Modbus RS485 y da las órdenes a los contactores de estado sólido para conectarse y aproximar lo más posible al  $\cos \phi$  objetivo (0,998) conectando los

distintos escalones (pasos) de potencia reactiva del banco, evitando de este modo una sobrecompensación o una subcompensación, ver Figura 4. De acuerdo al diseño se utiliza un banco de 15 kVAr mediante tres capacitores de 5 kVAr cada uno.

Figura 5. Direcciones IP utilizadas para PLC, HMI, CPU y AcuRev



Para poder establecer comunicación con el PLC se empareja la dirección IP 10.90.1.20, de esta manera los dispositivos que intervienen, PLC, HMI, CPU y AcuRev quedarían emparejados en sus direcciones IP como se muestra en la figura 5.

*E. Diseño de la programación del PLC Clik CO-11DRE-D con las variables adquiridas en tiempo real del AcuRev.*

En la programación del PLC se consideran como condiciones de operación un permiso de encendido, un permiso o condición horaria la cual se estableció de lunes a viernes de 7:00 am a 10:00 pm y el sábado de 7:00 am a 2:00 pm y por último la condición por bajo factor de potencia que se corregirá en tres pasos.

EL banco de capacitores consume energía desde el momento que se conecta a la red, por lo tanto, se conecta solo dentro el horario de clases que es desde las 7:00 am a las 10:00 pm, la programación para esta condición de funcionamiento se utilizan las instrucciones de comparación "COMPARE" que se muestra en la figura 6:

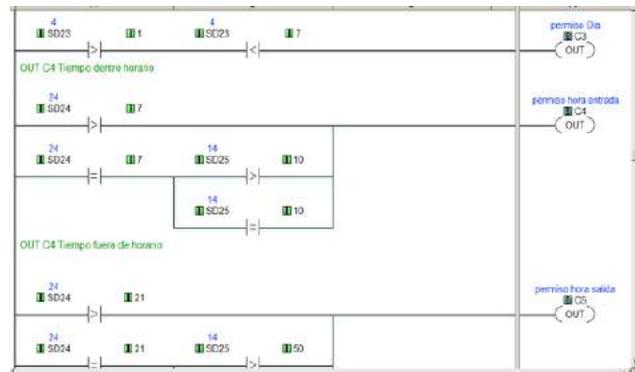


Figura 6. Programación del plc para la condición horaria, Día y Hora Las condiciones del día se programaron para trabajar entre lunes y viernes de la semana en donde el "1" significa el domingo, el "2" significa el lunes, y así sucesivamente

hasta el “7” que está asignado al día sábado, de esta manera se quiere que el banco de capacitores trabaje entre el lunes y el viernes, por lo cual la salida “C3” es el permiso.

La configuración de las instrucciones “RECEIVE” leen las variables eléctricas del sistema de medición AcuRev necesarias para obtener el factor de potencia trifásico, se utiliza una instrucción “RECEIVE” para cada variable, para este efecto se consideran principalmente las variables de la potencia reactiva “Q”, potencia real o activa “P” y la potencia aparente “S” para las fases A, B y C.

Las potencias de las fases A, B y C con las direcciones Modbus en hexadecimal del AcuRev (direcciones esclavo) y almacenadas en el plc en localidades de memoria Doble Flotante DF (direcciones maestro), mostradas en la tabla VII.

TABLA VII.  
DIRECCIONES MODBUS DEL ACUREV (DIRECCIÓN DF ASIGNADA EN EL PLC) PARA LAS POTENCIAS ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE DE LAS FASES A, B Y C.

Fase	P: potencia activa	Q: potencia reactiva	S: potencia aparente
A	2103h (DF8)	2105h (DF5)	2107h (DF11)
B	2127h (DF9)	2129h (DF6)	212Bh (DF12)
C	2148h (DF10)	214Dh (DF7)	214Fh (DF13)

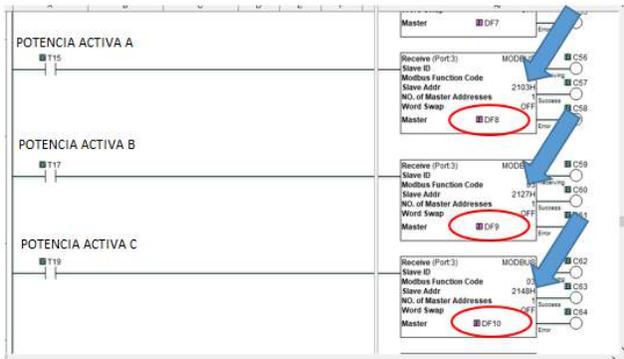
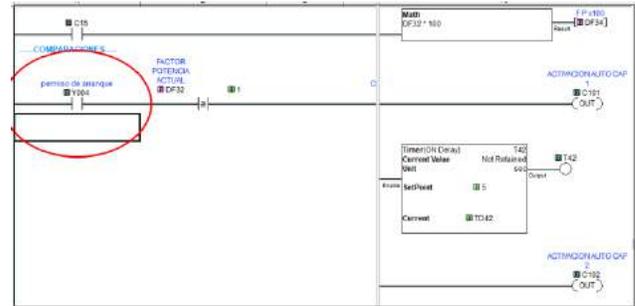


Figura 7. Localidad de memoria asignada DF para la potencia activa de las fases A, B y C.

Ya que se tienen asignadas las variables de las diferentes potencias en sus distintas fases se efectúan las operaciones matemáticas de suma quedando las formulas en la programación del PLC y asignando una nueva dirección DF para las potencias totales, el F.P. es igual al coseno del ángulo, se calcula primero el ángulo con la función arco tangente que es la potencia reactiva entre la potencia activa y posteriormente se calcula el coseno del ángulo. y el resultado de las operaciones matemáticas como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Programación para la obtención del factor de potencia actual del sistema, y almacenada en localidad de memoria DF32 del PLC.



F. Condiciones para accionar los capacitores #1, #2 y #3

Para accionar las salidas Y001, Y002 y Y003 es necesario cumplir con cinco permisos o condiciones.

Figura 9. Primer permiso con lógica de programación para energizar los relevadores de estado, permiso de arranque.

La segunda condición es el modo Manual-Automático, condición dirección de memoria interna C121.

La tercera condición, el factor de potencia actual obtenido, almacenado en la localidad de memoria DF32 se compara con la unidad. el FP actual no debe ser mayor o igual a la unidad, ver Figura 10.

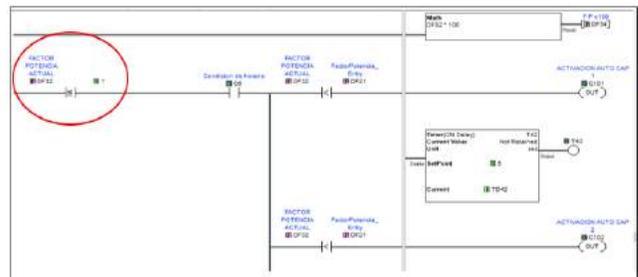


Figura 10. Tercera condición  $FP \leq 1$  con lógica de programación para energizar los relevadores de estado sólido.

La cuarta condición es el horario dentro de la jornada de trabajo, es decir el banco de capacitores se programa para que trabaje de lunes a viernes y de 7:00 am a las 10:00 pm. Esta condición se ejecuta con el contacto interno C6.

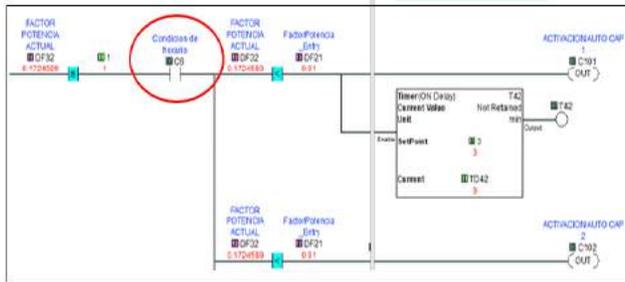


Figura 11. Condición con lógica de programación para energizar los relevadores de estado, dentro de horario.

Quinta condición Y001, Y002 y Y003 solo pueden accionarse pasados 3 minutos después haber desenergizado los capacitores.

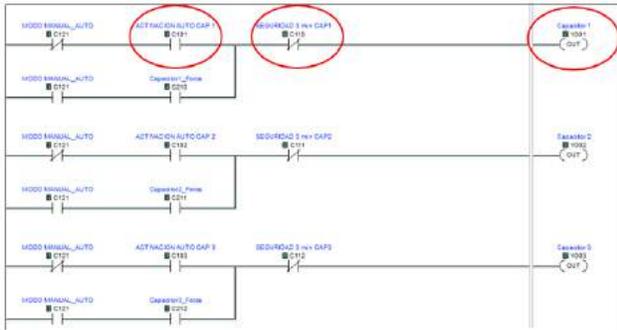


Figura 12. Condición de tiempo con lógica de programación para energizar los relevadores Y001, Y002 y Y003 pasados 3 minutos después de desenergizarse.

El “BIT” C110 el cual se pone en “ALTO” cuando el “flanco descendente” Y001, pone en “alto” el set C110 en ese momento el Timer T39 empieza a contar 3 minutos, cuando se cumple el tiempo pre-establecido un contacto auxiliar T39 en serie con un Reset C110 se pone en alto y el Timer T39 se vuelve a cero, quedando habilitado para cuando se vuelva a apagar el capacitor, esta lógica se repite cada vez que se apaga el capacitor #1, para los capacitores #2 y #3, se tiene la misma lógica de programación con los Timer T40 y T41, Figura 13.

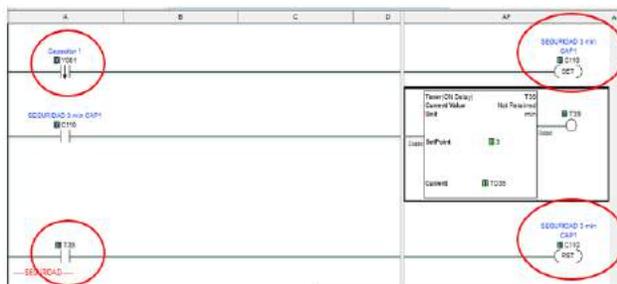


Figura 13. Lógica de programación PLC para condición de tiempo, 3 minutos para volver a encender capacitor #1.

G. Diseño interfaz de usuario HMI-PLC

La función principal de la HMI es mostrar la información de las variables eléctricas procesadas en el PLC en tiempo real, esas variables son: potencias reactiva, real, aparente, y así como proporcionar las mediciones del factor de potencia actual del sistema, teniendo de manera visual el comportamiento de entrada y salida de los capacitores #1, #2 y #3 de forma animada del banco. Se visualizan los voltajes y corrientes, también cuenta con una pantalla de ajustes que permite cambiar el modo de funcionamiento de automático a manual e introducir por medio de un “data entry” (dato de entrada) el factor de potencia deseado. En la programación de la HMI se contemplan 5 pantallas:

- a) Menú principal (seleccionar las demás pantallas)
- b) Factor de potencia (visualizar el FP total y capacitor en Activo).
- c) Potencias (visualizar FP y potencias por fase).
- d) Voltajes y corrientes (ver los voltajes y corrientes por fase).
- e) Ajustes (permite cambiar de modo manual a automático y seleccionar el FP deseado).

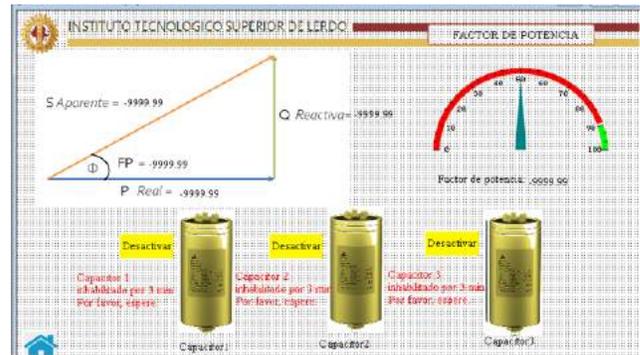


Figura 14 Permite visualizar el FP total y capacitor en Activo

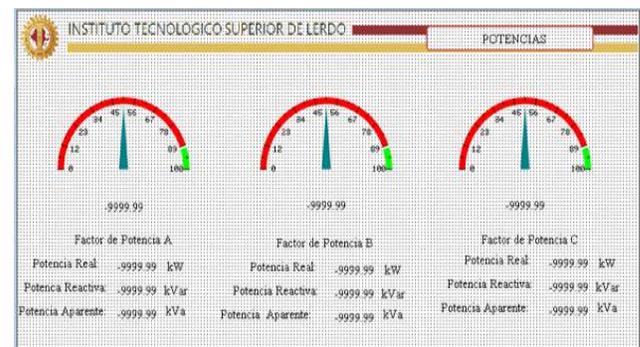


Figura 15 Permite visualizar FP y potencias por fase

### III. RESULTADOS

Primeramente, se consideran los datos obtenidos en el estudio previo al sistema eléctrico del edificio académico-administrativo del ITS Lerdo, realizado con el analizador de redes Fluke 435 II, y mostrados en las Tablas III, IV, V y VI; las cuales dan un resumen de los datos que permiten determinar las condiciones iniciales del sistema eléctrico y definir las metas que se requieren alcanzar. Se realizó un análisis del hardware necesario para conectar el equipo de monitoreo de variables eléctricas, así como su interconexión con el sistema eléctrico y los componentes necesarios para el control del factor de potencia, esto se muestra detalladamente en la Figura 4 donde se visualiza en una forma esquemática el diagrama de interconexión de fuerza y control de los elementos del sistema. Otra meta alcanzada es la forma en que la información es mostrada en la interfaz hombre-máquina (HMI), el diseño gráfico y distribución de los datos de cada pantalla se llevó a cabo de tal forma que el usuario tenga una experiencia de navegación intuitiva entre pantallas y una interpretación de los datos rápida y eficiente, esto se puede apreciar en las Figuras 14 y 15. Por otra parte, se optó por una topología en estrella para la intercomunicación de los dispositivos PLC, HMI, CPU y AcuRev; por medio de los protocolos Ethernet y Modbus RS485, permitiendo agregar o modificar equipos de monitorización y control con un coste de tiempo mínimo. Finalmente, se llevaron a cabo las pruebas de comprobación de la apuesta en marcha del sistema para garantizar el correcto funcionamiento del algoritmo implementado para alcanzar la corrección del factor de potencia al valor deseado.

### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

#### DISCUSIÓN

La primera de las dos metodologías propuestas para determinar la cantidad de potencia reactiva necesaria para corregir el FP, la cual consiste en usar los datos de placa del fabricante, implica conocer a priori las cargas conectadas en el SEP, esto no siempre es ideal debido a los diferentes factores que intervienen en el intento de llevar a cabo el registro preciso de las cargas conectadas en el SEP. Uno de los factores que pueden influir adversamente es que no siempre es posible tener una base de datos actualizada con los cambios en los equipos (e. g. añadir o quitar equipos); esto aunado al error humano que se debe de considerar en el llenado manual de las bases de datos. Otro factor es el mantenimiento inadecuado a los equipos, ya que si existiera un funcionamiento no óptimo, éste se reflejará en la desviación de las variables de interés de los datos de placa del fabricante. En contraste con lo anterior, se tiene la segunda metodología utilizada en el presente trabajo, la cual consiste en la toma de lecturas con el analizador de

redes Fluke 435 II, dando como resultado el registro avanzado de energía y la monitorización de la misma en tiempo real, superando las desventajas presentadas por el primer método. En caso de que se hayan realizado cambios importantes en los equipos, se puede volver a realizar el estudio con el analizador de redes y nuevamente determinar el estado actual del sistema.

#### CONCLUSIÓN

El proyecto presentado se aplicó a un edificio académico-administrativo, donde el mayor porcentaje de las cargas conectadas son por equipos de aire acondicionado, con la metodología utilizada aunado al algoritmo de programación realizado y la configuración óptima de los equipos de monitorización y control se logró alcanzar los objetivos del proyecto. Por otra parte, también es posible aplicar esta solución automatizada para la corrección del factor de potencia en el sector industrial, donde existen distintas áreas donde el control del factor de potencia es determinante para el control tanto del uso de la energía como de los recursos económicos, esto último al evitar posibles multas por parte de CFE por presentarse un bajo factor de potencia. Es necesario realizar un estudio previo en el área donde se desea instalar el presente proyecto para determinar las metas a alcanzar y dimensionar los componentes de hardware necesarios para el proyecto.

#### RECOMENDACIONES

En la medida de lo posible, es recomendable realizar a la par las metodologías I y II para efectos de obtener una comparativa en los resultados para efectos de comprobar el desempeño puntual de cada equipo, así como el desempeño general de la suma de todas las cargas conectadas, para tener el aporte de cada uno de los equipos conectados a la SEP. También es necesario contar con un manual técnico actualizado donde se incluyan los cálculos matemáticos y numéricos de las diferentes etapas de diseño del sistema.

Es importante considerar en la planeación del proyecto la inclusión de los transformadores de corriente (TC) en el tablero principal de control, para lograr que este tipo de mejoras sean menos invasivas y así evitar principalmente cortes de energía, ya que para incluir estos dispositivos es necesario realizar algunas modificaciones al tablero de control que implican desconexiones eléctricas y modificaciones a los dispositivos del tablero.

Hasta el momento se definen previamente, en base al calendario de la institución, los días laborales y el horario en que el equipo debe de operar; sin embargo, es posible conectar el sistema, vía comunicación Ethernet, a una base de datos que contenga la información con la agenda de utilización de las instalaciones, esto para tener acceso al horario en tiempo real de acuerdo a las necesidades que se vayan presentando en la institución, lo que llevaría al incremento del aprovechamiento de la energía eléctrica. Por el momento se debe considerar que el sistema cuenta con

una condición de operación de modo manual y automático para cubrir cualquier imprevisto que no haya sido considerado en el calendario general programado por día y por horario en el sistema.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, por proporcionar todos los recursos necesarios para la realización del presente trabajo, por medio del Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico del mismo instituto.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] <https://new.abb.com/low-voltage/es>. “Cuaderno de aplicaciones técnicas n° 8 Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en las instalaciones eléctricas”
- [2] Schneider Electric, “Guía de diseño de instalaciones eléctricas”.
- [3] AcuEnergy/ AcuRev 2000 Smart Metering System, User Manual [Document #2010E2210 Revision Date: Jan., 2014].
- [4] Automation Direct /Manual Number: C0-USER-M PLC Click Koyo C0-11DRE-D.
- [5] Jones, Advantech & Automation /Web Operation Panel AP User Manual HMI Advantech WebOP-2070T-N2AE Part No./ Edition 1
- [6] A.E Emanuel, “Apparent Power Definitions for ThreePhase Systems,” IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 3, pp. 767–772, July 1999.
- [7] A.E. Emanuel, “Apparent and reactive power in three phases systems in search of physical meaning and a better resolution”, ETEP-Eur. Trans. Elect. Power Eng., Vol. 3, No 1, pp: 7-14, Jan. /Feb. 1993.
- [8] Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty, “Electrical Power Systems Quality”, Editorial McGraw-Hill, Segunda Edición, 2003.

#### VII. BIOGRAFÍA



**González Vargas Luis Amado.** Nació en la ciudad de Lerdo, Dgo., el 25 de agosto de 1968. Egresado del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo de la carrera de Ingeniería Electrónica con la especialidad en automatización en el año 2007 Cd. Lerdo. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica, en el Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de la Laguna, ubicado en la ciudad de Torreón, Coah. México, en

el año 2010. Ha participado en proyectos de investigación relacionados con estudios de la calidad de la energía y automatización en distintas empresas, sus áreas de interés incluyen sistemas de potencia en régimen no senoidal y sistemas de control distribuido. Actualmente es profesor Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en el Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico y en la División de Ingeniería Industrial respectivamente.



**Cuellar Alcalá Roberto.** Nació en México D.F. el 07 junio de 1963. M.I. Ingeniería en Mecatrónica Egresado Del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, diciembre del 2020, Especialidad en Ingeniería en Mecatrónica Egresado del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en septiembre del 2015, Ingeniería Industrial en Eléctrica, Egresado del Instituto Tecnológico Regional de la Laguna en diciembre del 2015.

El M.I. Actualmente labora como docente en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en la academia de Ingeniería electromecánica y en el Instituto Centro Mexicano Francés en la academia de matemáticas, ubicado en Gómez Palacio Durango.

El M.I. es miembro de la Asociación de ingenieros mexicanos a nivel Nacional.



**Huerta Valenzuela Francisco.** Nació en la Ciudad de Torreón, Coah. México el 5 de agosto de 1979. Egresado del Instituto Tecnológico de la Laguna de la carrera de Ingeniería Electrónica con la especialidad en comunicaciones en el año 2002. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica, en el Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de la Laguna, ubicado en la ciudad de Torreón, Coah.

México, en el año de 2004, en la especialidad en Control de Robots Manipuladores. Actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, desempeñado el puesto de Investigador-Docente, en el Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico y en la División de Ingeniería Electromecánica respectivamente. Cuenta con experiencia profesional en el ramo de la automatización industrial. Su actual línea de investigación Diseño e implementación de dispositivos y sistemas programables para la automatización y control de sistemas o procesos industriales.

# Energías limpias y sustentables por medio de paneles solares fotovoltaicos instalados en un ITS. Estudio de caso

E. C. Avila-Salomón<sup>1</sup>, E. O. Rosas-Meza<sup>1</sup>, R.K. Martínez-Chong<sup>1</sup>, R.G. García-Ramírez<sup>2</sup>

**Resumen**—En la actualidad la instalación de paneles solares acompañado con iluminación de lámparas de diodo emisor de luz, ha reducido los altos consumos de energía y además le suma a las energías limpias y sustentables.

El Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, a mediados del 2018 empezaron por el retiro poco a poco de las lámparas fluorescentes ya que eran residuos de manejo especial por el contenido de mercurio y se fueron sustituyéndolas por lámparas de diodo emisor de luz y así al poco tiempo se trabajó en conjunto con la implementación de Paneles Solares Fotovoltaicos. La metodología es cuantitativa y cualitativa, el alcance del estudio consiste en la elaboración de un análisis comparativo del consumo de energía en kilovatios por hora representado en gráficas de los años 2018, 2019 y 2020, respectivamente, obteniendo como resultados un estudio estadístico de la información sobre reducción de energía. A partir de que se instalaron los paneles solares fotovoltaico, se ha obtenido reducción en promedio de 18,533.33 en el año de 2019 y 23,853.33 para el año 2020 en kilovatios por hora, el instituto ha contribuido en el cuidado del medio ambiente instando tecnología a base de energías limpias, además de reducir drásticamente el consumo de energía en kilovatios por hora se ha aplicado la norma 14001 "Sistema de Gestión Ambiental y la norma 50001 "Sistema de Gestión de energía".

**Palabras claves**—Análisis, diodo, energía, kilovatios, paneles.

**Abstract**—At present, the installation of solar panels accompanied by illumination of light-emitting diode lamps, has reduced high energy consumption.

The Higher Technological Institute of San Pedro de las Colonias, in mid-2018 began to gradually withdraw fluorescent lamps since they were waste of special handling due to the mercury content, but they were replaced by light-emitting diode lamps and Shortly afterwards, they worked together for the implementation of Photovoltaic Solar Panels.

The methodology is quantitative and qualitative, the scope of the study consists of the elaboration of a comparative analysis of the energy consumption in kilowatt hours

represented in graphs of the years 2018, 2019 and 2020, respectively, obtaining as results a statistical study of the information on energy reduction.

Since the photovoltaic solar panels were installed, an average reduction of 18,533.33 has been obtained in the year of 2019 and 23,853.33 for the year 2020 in kilowatt hours, the institute has contributed to the care of the environment by urging technology based on clean energies, in addition to drastically reducing energy consumption in kilowatt hours, standard 14001 "Environmental Management System" and standard 50001 "Energy Management System" are being applied.

**Keywords**— Analysis, diode, power, kilowatts, panels.

## I. INTRODUCCIÓN

Las lámparas fluorescentes denominadas en el comercio tubos fluorescentes. Consisten en unos tubos de vidrio con dos electrodos en sus extremos, en cuyo interior hay pequeñas cantidades de argón y vapor de mercurio; la superficie interna está revestida de sustancias fluorescentes (fósforos) que transforman las radiaciones ultravioletas en rojas, por lo que la luz que emiten es blanca [1].

Este tipo de lámparas, hace tiempo sustituyeron a los focos de bombilla convencionales, en la actualidad han sido reemplazadas por dos motivos, el primer se debe a "la contaminación por las lámparas fluorescentes que contienen mercurio, comienza cuando éstas son rotas o recolectadas por camiones no aptos para su transporte y luego depositadas en los rellenos sanitarios. Cuando los lixiviados se ponen en contacto con lámparas fluorescentes, estos se contaminan con mercurio (Hg). Luego los lixiviados, al infiltrarse en el suelo, son capaces de alcanzar aguas subterráneas, las cuales llegan a cursos de aguas superficiales; y luego el agua es ocupada para usos múltiples" [2]. El segundo motivo es por las lámparas de bajo consumo de energía como son las lámparas Diodo Emisor de Luz (LED), uno de los beneficios al usar esta

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Chontalpa, Carretera Nacajuca - Jalpa de Mendez Km. 0+800, Ejido Rivera Alta, 86220 Tabasco, Villahermosa. [elsa.avila@tecsanpedro.edu.mx](mailto:elsa.avila@tecsanpedro.edu.mx)

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, Calle del Tecnológico #53, colonia el Tecnológico, 27800, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

tecnología es “Menor consumo de energía: Un LED demanda menos potencia para producir la misma cantidad de luz, por ejemplo, una bombilla incandescente de 100 W con filtro rojo produce 1 W de luz roja (como en un semáforo), mientras que para generar la misma cantidad de luz roja, un LED sólo requiere 12 W; es decir, tiene una mayor eficiencia energética” [3].

Los diodos emisores de luz (LEDs) tienen un potencial alto para usarse como fuente de luz en la micropropagación (Loberant y Altman, 2010). Sus ventajas son la conversión eficiente de energía, su volumen pequeño, una vida más larga, la emisión de radiación de longitudes de onda específicas, que permiten eficientizar la fotosíntesis (Araujo et al., 2009) y ajustar la intensidad/calidad de luz; además, sus emisiones térmicas y sus costos de mantenimiento son bajos y protegen el ambiente al disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> (Lee et al., 2010) [4].

En la actualidad las lámparas fluorescentes fueron reemplazadas y el espacio donde se recolectaban, se quedó disponible de manera permanente para reunir las lámparas LEDs, cabe mencionar que el gasto de inversión por el proceso de tratamiento solo se aplicó una sola vez por el ITSSPC y fue para lámparas fluorescentes, en la actualidad se conversa el espacio para homologar e utilizarlo para resguardo o para su disposición final de los residuos tóxicos [5]].

Las lámparas LEDs en conjunto con paneles solares fotovoltaicos ayudaron más a la reducción de energía en kWh.

La energía solar fotovoltaica (ESFV) constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades de la vida [5], [4].

Así teniendo al sol como principal fuente de energía de nuestro planeta, que dicha energía se utiliza por la naturaleza en todos sus procesos, es lógico se apliquen soluciones con la colocación de los paneles solares constituidos por celdas fotovoltaicas, para de manera eficiente transformar la radiación solar en energía eléctrica [6].

Los paneles solares se fabrican hoy en formato de módulos independientes grandes y pequeños, lo cual hace altamente aplicables sus usos según el caso sea en campos abiertos, azoteas o pequeños techos de industrias o edificios de oficinas incluso, y con un mantenimiento mínimo y poco

exigente es además tecnología limpia no contamina, no emite humo, no emite CO<sub>2</sub>, no emite gases de efecto negativos [7].

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los rayos de luz inciden sobre ellos, generando energía eléctrica [8]. Están formados por celdas hechas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 Voltios. Los paneles se colocan en serie para conseguir un voltaje adecuado a la aplicación eléctrica en cuestión o demandada; entonces los paneles capturan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz. Los módulos fotovoltaicos admiten tanto radiación directa como difusa, pudiendo generar energía eléctrica incluso en días nublados [9].

De las tecnologías solares, la fotovoltaica es en la actualidad la que tiene el más rápido crecimiento a nivel mundial [10].

Los paneles solares fotovoltaicos han apoyado en la reducción de energía en kilovatios hora, ya que ha reducido más del 60%, anteriormente los consumos eran muy altos y a raíz de la implementación de la tecnología los recibos son pagados con menor cantidad, además que son energías limpias y sustentables.

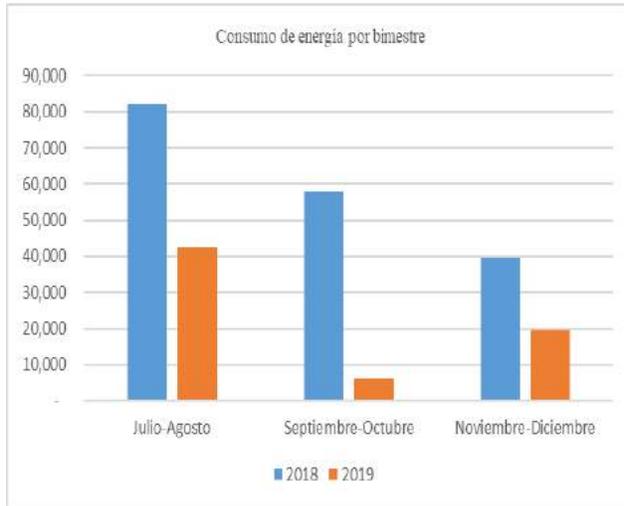
## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

La metodología utilizada en esta investigación fue por el método cualitativo y cuantitativo, primero se fueron retirando las lámparas fluorescentes para cambiarlas por lámparas LED y al poco tiempo la instalación de paneles solares en dos edificios A y B.

En julio del 2018 se instalaron los PSFV y fue entonces cuando se empezó hacer el análisis sobre los consumos de energía, se tomaron como referencia 6 meses antes de la instalación de la tecnología y se comparó con los años 2019 y 2020 ya que en estos años ya se tenían resultados de bajos consumos en kWh, con el objetivo de comprobar la reducción de energía plasmados en los recibos de comisión federal de electricidad.

En la siguiente gráfica muestra los consumos en kilovatios hora (kWh) del año 2018 y 2019 se observa la diferencia bimestral representada en el histograma.

Gráfica I. Consumos de energía de los años 2018 y 2019.



En la gráfica I, muestra de manera bimestral los años 2018 y 2019, esta fue la primera grafica que se obtuvo y se observaba un gran ahorro de energía en kWh.

Tabla 1. Consumos de energía en kWh.

Mes	kWh		
	2018	2019	2020
JULIO	33,372	21,297	8,438
AGOSTO	48,587	21,292	9,465
SEPTIEMBRE	28,990	3,305	8,984
OCTUBRE	28,863	3,006	5,046
NOVIEMBRE	24,769	10,316	1,229
DICIEMBRE	14,974	9,109	3,273

En la tabla I, muestra los consumos de energía en kWh de los años 2018, 2019 y 2020. En las cuales observamos que hay reducción de energía de julio a diciembre en los años 2019 y 2020, en este último año también se debió a que incluye los meses de pandemia donde los edificios no estaban operando al 100% [6].

Las instalaciones de paneles solares fueron en el año 2018 en el mes de julio, por ello se realizó una comparación de

julio a diciembre. Con ello podemos observar la gran reducción de años consecutivos.



Gráfica II. Consumos de energía de los años 2018, 2019 y 2020.

En la tabla II, se muestra los consumos de los años 2018, 2019 y 2020 de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, esto es debido a que los recibos de medición se obtienen de manera mensual.

Es importante mencionar que la gráfica representada en histograma de la barra de color verde muestra gran disminución, pero también el bajo consumo se debió por la inactividad de las aulas y laboratorio por la pandemia, ya que solo trabajaban personal administrativo y algunas oficinas de personal docentes, la mayor actividad fue virtual donde los alumnos tomaban sus clases de manera virtual desde sus hogares.

### III. RESULTADOS

La sustitución de lámparas fluorescentes por LED fue de poco a poco, ya que se tenía aproximadamente un inventario de 200 piezas. Con este cambio se empezó a contribuir con el cuidado del medio ambiente y después la instalación de PSFV se le aporta a las energías limpias y sustentables.

La energía representada en los kWh, en los 6 meses de prueba del año 2018, el promedio de ahorro es de 18,533.33

en el año de 2019 y 23,853.33 para el año 2020, respectivamente ha demostrado gran eficiencia en los PSFV.

Se siguen obteniendo bajos consumos en comparación con 2018, pero también se debe a la difusión de cuidar la energía apagando la luz si no es necesario, en el año 2019 cada docente tenía que apagar todo lo que utilizaba en el salón de clases como responsable entre otras actividades donde se involucraban tanto administrativos como alumnos.

En la ecuación 1, se realiza el promedio de ahorro de energía por mes del año 2019, que el instituto ha logrado optimizar.

En la ecuación 2 se puede pronosticar por medio de la ecuación de tendencia, el ahorro de energía para los meses enero y febrero del 2020.

$$\bar{x} = \frac{\sum 111,230}{6} = 18,538,33 \quad (1)$$

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \frac{\sum x}{n}$$

$$y = 25,478.72 - 1,982.97x \quad (2)$$

En la ecuación 2, se puede pronosticar por medio de la ecuación de tendencia, el ahorro de energía para los meses enero y febrero del 2020 [11-12].

Utilizando la fórmula de la ecuación 2 podemos estimar el ahorro de energía del mes de enero de 13,580.9 y febrero de 11,597.93 kWh [11-12].

Los datos del registro de enero y febrero de 2020 si se cumplió con el ahorro proyectado utilizando esta fórmula 2.

#### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Las certificaciones con las que cuenta la Institución han ayudado a buscar estrategias para cuidar el medio ambiente, aunque se hace otro tipo de actividades como la clasificación de la basura, reducción de residuos peligrosos, etc.

La instalación de los PSFV ha sido de gran impacto social, ambiental y económico, esta investigación ha permitido un menor ahorro económico y gran apoyo ambiental.

Tanto por deterioro ambiental como por efectos del calentamiento global, es necesario modificar el desarrollo urbano. Así, surge la necesidad de promover políticas públicas y una planificación organizada que incluya conceptos del aprovisionamiento energético o energías limpias.

También se recomienda desarrollar un inventario de residuos peligroso mensualmente si llegaran a quedar después de los cambios de lámparas fluorescentes y utilizar ese espacio para resguardar las lámparas LEDs, con su debido control de entrada y salida, así también mejorar el plan de manejo establecido.

Otros de los puntos importantes es seguir con una bitácora para los registros de las nuevas lecturas para presentar la información al personal del instituto para que se tenga el conocimiento de todas las mejoras que ha desarrollado la institución.

Como lo es cuidando al medio ambiente y concientizando a los clientes para que lo pongan en práctica, en sus hogares el cuidado de la energía para contribuir con los recursos naturales, así también mencionar que hay mucha variación de los meses por ejemplo se observa que en el mes de diciembre en el cual existe un receso académico tanto de alumnos como de personal y los consumos son bajos, pero a pesar de eso aún se tiene un ahorro inferior en comparación con los demás meses.

#### V. AGRADECIMIENTOS

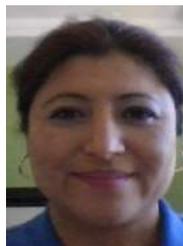
Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, por facilitar el trabajo académico en el Sistema de Gestión Ambiental y de Energía, que fueron el sustento para este estudio, al Jefe de Recursos Materiales, el Ing. Jaime Esquivel, Gabriel de Jesús Rodríguez Guerrero y al Director General el Ing. Rodolfo Gerardo López Muñoz por las facilidades y atenciones prestadas para eficientar los resultados de este trabajo de investigación. Así también al equipo de trabajo del cuerpo académico, el Ing. Rafael Kon Martínez Chong, Ing. Edgar Osvaldo Rosas Mesa y la Ing. Rocio Guadalupe García Ramírez del Tecnológico de Chontalpa.

#### VI. REFERENCIAS

[1] [https://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara\\_fluorescente](https://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara_fluorescente)

- [2] José M. M.; Samuel M. G. y John H.M. (2014), "Análisis del tratamiento actual de las lámparas fluorescentes, nivel de contaminantes y disposición final" Colección investigaciones de la Universidad Tecnológica del Salvador, p.12.
- [3] Murillo, T.; Martha M.; Pedraza, S.; Martha E. (2016). "CALIDAD DE LUZ LED Y DESARROLLO" *Agrociencia*, vol. 50, núm. 8, pp. 1065-1080
- [4] Arencibia, C. G. (2016). "La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica REDVET". *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 17, núm. 9, pp. 1-4
- [5] Estrada. G. (2013). "Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia" *Revista Mexicana de Física*, vol. 59, núm. 2, octubre, pp. 75-84
- [6] Vidmar, R. J. (1992, Aug.). On the use of atmospheric plasmas as electromagnetic reflectors. *IEEE Trans. Plasma Sci.* [en línea]. 21(3), pp. 876-880. Disponible en: <http://www.halcyon.com/pub/journals/21ps03-vidmar>
- [6] Camilo, A. B.; Roberto B. (2010), *Energía del sol*, [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_2/PDF/EnergiaSol.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf)
- [7] Salamanca, A. S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30 (3), 263-277. Doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.12213>
- [8] Gustavo, A. C. (2016), "La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica", *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 17, p. 1.
- [9] Raymond Ch. (2013). *Química*, 10a ed., Mc. Graw-Hill.p. 272.
- [10] Sistema de Gestión Ambiental, ISO 14001: 2015 recuperado el 2 de enero 2020 [sgc.itmexicali.edu.mx/formatos/DOCUMENTOS%20EXTERNOS%20OOK/Norma%20ISO%2014001\\_2015%20ISO\\_14001\\_2015%20Requisitos.PDF](http://sgc.itmexicali.edu.mx/formatos/DOCUMENTOS%20EXTERNOS%20OOK/Norma%20ISO%2014001_2015%20ISO_14001_2015%20Requisitos.PDF)
- [11] Walpore, R. E; Raymond H.M; Sharon L. M. y Keying Ye. (2007). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*, 8ª ed., Ed. Pearson Educación p. 232.
- [12] Gutiérrez, H. y de la Vara R. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos*, 3a ed., Ed. Mc Graw Hill pp. 300-3001.

## VII. BIOGRAFÍA



**Ávila Salomón Elsa Carolina.** San Pedro de las Colonias Coahuila, 16 de enero de 1979. Maestría en Administración de Seguridad e Higiene, Salud Ocupacional y Ecología, Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón Coahuila. 2012. Ingeniero Químico. Instituto Tecnológico de La Laguna. Torreón, Coahuila. 2001. Diplomado en Docencia Universidad Autónoma de La Laguna. Torreón Coahuila. 2005. Diplomado en Competencias Docentes Básicas en el Nivel Superior. Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica. Santiago de Querétaro, Querétaro. 2008. Diplomado en Energías Renovables impartido por el Tecnológico Nacional de México campus Laguna, Diplomado en Presupuesto Basado en Resultados 2019, Diplomado en Análisis de

información Geoespacial por competencias y a distancia. Reconocimiento al Perfil Prodep. Auditor Líder en el Sistema Integral (Calidad, Ambiental y OSHAS). WORLD REGISTER O.C. México D.F. 2014. Capacitación en la norma 50001:2018 Sistema de Gestión de Energía. Participación como auditor interno en el sistema de Gestión Integral modalidad autorías cruzadas en la Ciudad de Monclova, Coahuila en octubre 2019. Curso de Auditor Líder en las Normas (Calidad, Ambiental, Seguridad y Energía).

Ella actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, en la Ciudad de San Pedro de las Colonias Coahuila, México. Maestro de tiempo completo, pertenece a la academia de Ciencias Básicas, colaborador en el Área de Innovación, Coordinadora de la Implementación del sistema de Gestión Ambiental, de la Norma ISO 14001, en el punto 44.6 Control Operacional y 4.4.7 Respuesta ante Emergencia en la Institución. Titular en las asignaturas de Química, Estadística Inferencial II, Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional, Propiedad de los Materiales, Líneas de Investigación de interés: Química, Seguridad e Higiene y/o Desarrollo Sustentable.

Miembro activo de la Red de Cultura Científica y de la Innovación.



**Rosas Meza Edgar Osvaldo,** San Pedro de las Colonias Coahuila, 30 de enero de 1976. Maestría en Administración, Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón Coahuila 2017, Ingeniero Industrial en Producción, Instituto Tecnológico de la Laguna 2001, líder de grupo de manufactura en la empresa Master Trim de México 2006, supervisor de la línea automotriz en la empresa Liga Mayor de Fco. I. Madero, Coahuila 2007, supervisor de producción en la empresa autosistemas de San Pedro, 2002, supervisor de producción en la empresa Vf Knitwear 2001, analista de productividad en la empresa Hanes-Pirntables, 2000.

Él cuenta con la constancia del Marco de Referencia de Ingenierías 2018 en el Contexto Internacional (CACEI), reconocimiento por el taller Yo Emprendo, Diplomado para la Formación y Desarrollo de Competencias Docentes, ha fungido como asesor de proyectos de innovación como Eco-Jab, LocaBoys, TecMarker, Reconocimiento por el curso Sistema de Calidad integrado, Diseño de Rubricas para Programas por Competencias Profesionales, Uso y Manejo del Robot Fanuc E IRB 120 IC. Merito Docente por el Evento de CIESLAG en el año 2013, certificación de Solidworks Associate-Mechanical Design en el año 2014.

El actualmente es Docente en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias. Titular en las asignaturas de Fundamentos de Investigación, Estudio del Trabajo I, Estudio del Trabajo II, Ergonomía, Higiene y Seguridad, Administración de Operaciones I, Administración de Operaciones II, Sistemas de Manufactura, Medición y Mejoramiento de la Productividad, y Temáticas selectas de Ingeniería Industrial.



**Martínez Chong Rafael Kon.** Torreón Coahuila, 17 de febrero de 1982, Doctorado en Administración estratégica por el Instituto Internacional y de Administración Estratégica en la ciudad de Torreón Coahuila en el año 2019. El actualmente trabaja como Docente en la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus San Pedro, ubicado en San Pedro de las Colonias Coahuila, México.



**García Ramírez Rocio Guadalupe**, mexicana, originaria de Jalpa de Méndez, municipio del estado de Tabasco; nació el 12 de diciembre de 1989. Actualmente tiene 31 años.

Es egresada de la licenciatura en Ingeniería Petrolera con especialidad en Perforación direccional, del Instituto Tecnológico de la Chontalpa, en Nacajuca, Tabasco; posteriormente, realizó los estudios de maestría

en Ciencias en Geofísica, en la Universidad de Guadalajara, Campus Centro Universitario de la Costa, ubicada en Puerto Vallarta Jalisco; donde desarrolló su tesis de grado con el título ESTUDIO GEOFÍSICO DEL CONTACTO FOSA MESOAMERICANA – PLACA DE RIVERA SUR.

Participó en la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana (RAUGM) en donde tuvo participación presentando su trabajo titulado “Estructura Cortical de la Litósfera del Contacto Fosa Mesoamericana – Placa de Rivera Sur (Línea TS01, Proyecto TsuJal)”.

En junio de 2018 asistió al Capítulo Estudiantil de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (AMGE-UJAT 2018) donde presentó a los asistentes el trabajo: “Procesamiento de datos de Sísmica Multicanal”.

Además de esto cuenta con formación como Técnico en Enfermería Auxiliar y Técnico Básico en Gestión del Riesgo.

Hoy en día, su vida se enfoca a la enseñanza de nivel superior, en la institución que la formó y de la cual es alumna fundadora, el Tecnológico de la Chontalpa, perteneciente al Tecnológico Nacional de México, en donde con pasión y entrega transmite sus conocimientos a las nuevas generaciones de ingenieros e ingenieras del campo de las ciencias de la tierra, específicamente a estudiantes de Ingeniería Petrolera y Geociencias. Además de esto, funge como responsable del Sistema de Gestión Ambiental y Encargada de los Laboratorios de dicha institución.

# Elaboración de soporte con base antiquemaduras

R.K. Martínez Chong<sup>1</sup>, E.C. Ávila Salomón<sup>1</sup>, E.O. Rosas Meza<sup>1</sup>, R.G. García Ramírez<sup>2</sup>

**Resumen**— En el presente proyecto realizado en la empresa llamada Aramark en el turno matutino se dedica íntegramente a la confección de prendas de vestir, que se ubica en San Pedro de las Colonias, Coahuila. Se seleccionó como área de estudio la de producción debido a que a través de la implementación de un prototipo de plantilla para el planchado de bolsas de la camisa antiplama se reduce el tiempo de operación de 29s a 20s ya que el operador tarda en estar acomodando las bolsas en la plantilla que van costuradas en los frentes de la prenda y también la calidad se ve afectada porque al momento de estar costurando se atora la aguja en la tela y se detiene el proceso a mitad de las operaciones porque el operador tiene que dar manejo al estar costurando para que quede en la medida exacta y así poder seguir cosiendo.

Se busca establecer los planes de mejora e implementarlos para lograr incrementar la productividad y la eficiencia. Adicionalmente reducir los costos de fabricación.

**Palabras claves**— Calidad, Kaizen, Productividad, Quemaduras, seguridad .

**Abstract**—In the present project carried out in the company called Aramark in the morning shift, it is dedicated entirely to the manufacture of clothing, which is located in San Pedro de las Colonias, Coahuila. The production area was selected as the study area because, through the implementation of a template prototype for the ironing of bags of the anti-flame shirt, the operating time is reduced from 29s to 20s since the operator takes time to be accommodating the Bags in the template that are sewn on the fronts of the garment and also the quality is affected because at the time of sewing the needle gets stuck in the fabric and the process stops in the middle of the operations because the operator has to give management when sewing so that it is in the exact measure and thus be able to continue sewing.

**Keywords**— Burns, Kaizen, Productivity, Quality, Safety.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se desarrolló en la empresa Aramark en donde se cuenta con las pláticas para firmar el convenio de cooperación entre la institución tecnológica y la empresa, es por ello que teniendo un alumno residente del área de Ingeniería Industrial con ellos, haciendo sus prácticas se vio la necesidad de realizar un diagnóstico y encontrar los cuellos

de botella en las líneas de producción que la empresa denomina como “líneas rápidas” el cual al realizar un cronometraje inicial y observar el flujo, rápidamente se observa el acumulamiento de material específicamente en la línea de producción de la bolsa de la camisa Chef antiplama (ALCOA-365)

El Operador tiene una meta que cumplir diariamente de 627 piezas, mismas que se exportan a los Estados Unidos sin embargo se ha tenido problemas en esta estación de trabajo porque no se cumple con la meta establecida, incluso ha quedado muy por debajo de la meta al realizar 570 prendas, es decir solamente cumple con el 90% de la producción originando números rojos en el área y pago de tiempo extra para obtener la producción deseada.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

Para llevar a cabo el diagnóstico en la línea de producción, el modelo a utilizar es prospectivo, ya que las variables se miden en el desarrollo de la investigación, se analizan al concluirlo y con base en lo anterior se aplica la metodología Kaizen.

Para la recolección de datos se realizó con el uso de un cronómetro y los tiempos obtenidos en la estación de trabajo se muestran en la Tabla I, los tiempos están en segundos y en la primera fila de la tabla están los días y la fecha de recolección de los datos, en la última fila es el promedio al que trabaja la estación, cabe mencionar que la línea está balanceada para que cada 25 segundos salga una pieza de la estación, pero el retraso es evidente y el acumulamiento de material también.

En la gráfica 1, se muestra la representación de los datos obtenidos del diagnóstico y se puede observar como el operador no da los tiempos por debajo de su tiempo ciclo con el método actual, por lo que se genera el cuello de botella, disminuyendo la productividad.

La semana del 7 al 10 de Septiembre del año pasado, fue cuando realizando el diagnóstico también se platicó con el operador de la estación y nos comenta que no puede hacer más rápido su trabajo por que tiene quemaduras en sus manos que le impiden trabajar más rápido y es que esas quemaduras,

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, Área académica adscrito al programa de Ingeniería Industrial. Calzada del Tecnológico #53 C.P. 27800, San Pedro de las Colonias Coahuila, México vez.

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Chontalpa, Carretera Nacajuca - Jalpa de Mendez Km. 0+800, Ejido Rivera Alta, 86220 Tabasco, Villahermosa. \* [rafael.martinez@tecsanpedro.edu.mx](mailto:rafael.martinez@tecsanpedro.edu.mx).

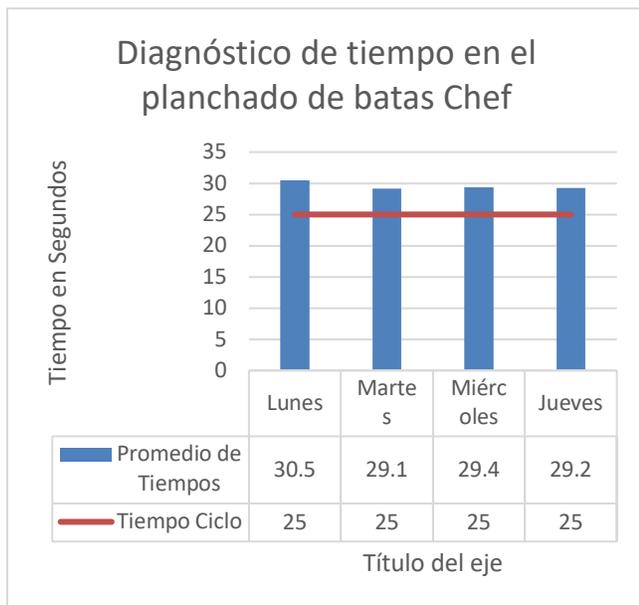
sobre todo en la mano izquierda que es la que entra en contacto con la plancha tiene llagas pequeñas y nos comenta que son muy dolorosas, él operador las tapa con curitas o bien con pequeños trozos de tela para que no entren en contacto con ninguna superficie y pueda sanar.

Con base en lo anterior el equipo decidió observar por varios días el método de trabajo y se llegó a la conclusión que debíamos de hacer algo al respecto.

TABLA I  
TIEMPOS DE ESTACIÓN DE PLANCHADO

No de Datos	Lunes 7/09	Martes 8/09	Miércoles 9/09	Jueves 10/09
1	35	30	29	31
2	33	30	29	31
3	28	32	28	29
4	28	28	28	29
5	32	28	27	28
6	32	29	32	29
7	29	28	32	29
8	31	29	31	28
9	29	28	29	29
10	28	29	29	29
PROM.	30.5	29.1	29.4	29.2

GRÁFICA I  
TIEMPOS DE ESTACIÓN DE PLANCHADO



En la Imagen I se muestra como el operador no cuenta con ninguna protección entre su mano y la plancha por lo que su mano izquierda es la que recibe las quemaduras.

IMAGEN I  
FOTO ILUSTRATIVA DEL PLANCHADO CON BATA SIN PROTECCIÓN.



Para implementar la solución que más adelante se les va a mostrar, el gerente del área nos comenta que ésta misma camisa chef antiflama que se fabrica aquí en San Pedro Coahuila, la fabrican en Canadá a un costo mucho mayor, por lo que nos recomendó que habláramos con ellos para ver como lo hacen ellos y si era posible tomar ideas e implementarlas a nivel local.

Después de concertar ciertas juntas y pláticas con los ingenieros y jefes de líneas de aquel país nos comentaron que ellos tenían una plancha de vapor industrial, por lo que el operador jamás tocaba la superficie caliente de la plancha, ya que ellos lo implementaron como un Poka Yoke, para retirar las manos.

El equipo un tanto con la moral baja por no encontrar la respuesta que querían escuchar, ellos mismos empiezan a platicar con los jefes de línea, supervisores y gerentes para ver qué es lo que pueden hacer. Para esto ya habían pasado casi 2 semanas y prácticamente no tenían avances hasta que un miembro del equipo se le viene la idea a la cabeza de implementar un soporte cuya base sea igual a la bolsa de la camisa chef antiflama, para que se pueda meter con facilidad y los dobleces no queden traslapados por el planchado, lo platicó con los demás miembros del equipo, se aprobó la idea y empiezan a realizar pequeños prototipos de madera el cual éste no resultó pues por el calor se deformaba o manchaba la prenda con pequeños trozos de carbón.

No se dieron por vencidos por lo que buscaron otro material, y decidieron hacer un híbrido entre madera y lámina lo cual se puede observar en la Imagen II.

IMAGEN II  
FOTO ILUSTRATIVA DEL PROTOTIPO REALIZADO.



El desarrollo del prototipo por parte del equipo cumple con la funcionalidad de alejar las extremidades del operador de la plancha caliente, por lo que en primera instancia se ha disminuido las lesiones ocasionadas por las temperaturas altas que se manejan, y se vuelve a realizar el cronometraje en la estación para ver si es aceptable o no el prototipo.

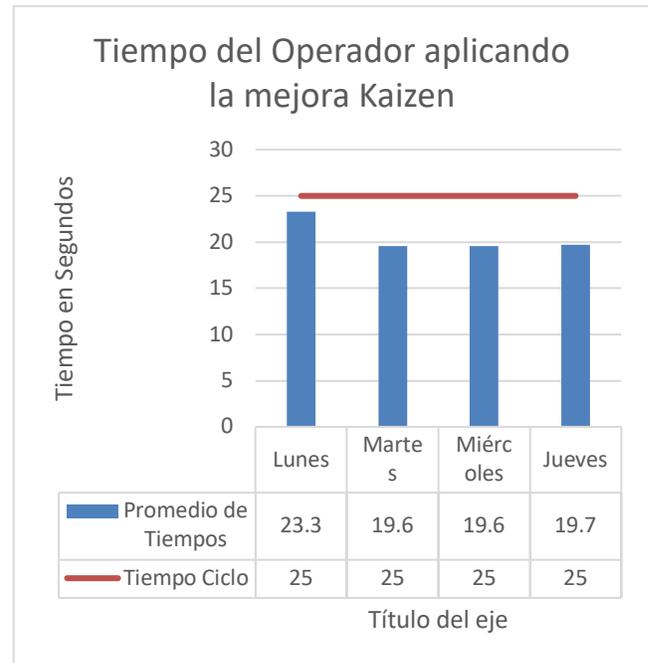
TABLA II  
TIEMPOS DE ESTACIÓN DE PLANCHADO

No de Datos	Tiempos en Módulo después de implementar el soporte con base antiquemaduras			
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
1	25	20	20	20
2	25	19	19	20
3	25	20	20	20
4	22	20	20	20
5	22	19	21	19
6	22	20	20	19
7	22	20	20	20
8	20	19	19	19
9	25	19	18	20
10	25	20	19	20
Promedio	23.3	19.6	19.6	19.7

En la Tabla II, se puede observar que en la última fila es la de promedios y el primer día Lunes que se usó el soporte, se empezaron a disminuir los tiempos, hasta llegar a un promedio de 23.3, pero en los siguientes días fue cuando el

cambio es más notorio ya que empieza a bajar de los 20 segundos por prenda hasta llegar el viernes a un promedio de 19.7 segundos. Por lo que se realizó una gráfica en Excel para observar de manera rápida y sencilla los avances que se tuvieron.

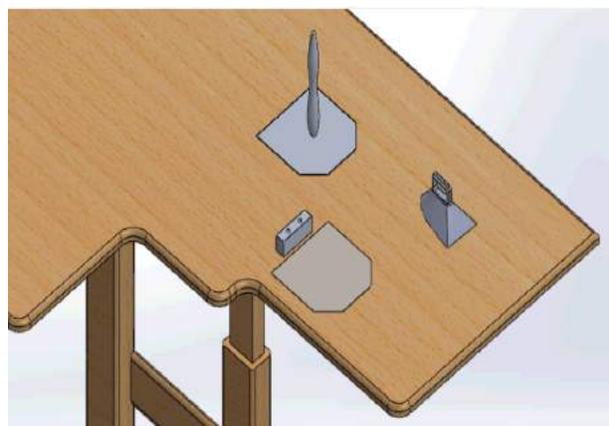
GRÁFICA II  
TIEMPOS DE ESTACIÓN DE PLANCHADO



En la gráfica II se muestra como se han disminuido los tiempos por prenda en la operación de planchado, e incluso ya con la habilidad del operador para usar el soporte se baja un poco más el tiempo. El tiempo ciclo ya queda por encima del tiempo de operación por lo que el operador cumple con la producción encomendada diariamente.

El equipo de trabajo quiso realizar una simulación en SolidWorks con materiales utilizados en el soporte, por lo que la simulación hecha se puede observar en la Imagen III.

IMAGEN III  
TIEMPOS DE ESTACIÓN DE PLANCHADO



### III. RESULTADOS

Con base en los tiempos obtenidos después de la implementación del prototipo de soporte con base antiquemaduras, se observa que efectivamente se han disminuido los tiempos de proceso por operación, lo cual daban un promedio de 29 segundos antes del soporte y actualmente a 20 segundos. Como consecuencia, se eleva la productividad de la estación al hacer 635 prendas por turno y eliminando el cuello de botella y el acumulamiento de material que se tenía, obteniendo también por consecuencia menor desperdicio de mercancía y daño de material.

Las metodologías de ingeniería industrial, específicamente Kaizen para mejorar las fábricas y de manera general elevar la productividad, se afirma que los objetivos propuestos para este proyecto son cumplidos ya que se eleva el porcentaje de productividad de la estación de trabajo de un 90% a un 105%.

### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Como recomendación para la implementación de nuevas formas de trabajo y de estaciones, es indispensable la comunicación entre fábricas hermanas que realicen el mismo producto con la finalidad de compartir aprendizajes y mejoras.

Este proyecto no sabemos cuanto pueda durar en la fábrica, ya que una vez realizado el proyecto se entregó la carta de liberación del residente por lo que el mantenimiento al soporte debe de ser preventivo.

### V. AGRADECIMIENTOS

Se le agradece primeramente a Dios por bendecirnos en la realización de este proyecto y de manera muy especial a todos los integrantes de la familia Aramark quienes fueron siempre cordiales y respetuosos.

### VI. REFERENCIAS

Las referencias son muy importantes, se deben escribir de acuerdo al estilo APA, respetando la redacción de la referencia de acuerdo al tipo (e.g. Revista, libro, etc.) y se enlistan de forma consecutiva. El tamaño de letra es de 8 puntos.

#### Para libros:

- [1] GROSS-PORTNEY L, WATKINS MP. (2000). Foundations of clinical research: applications to practice. Second edition. New Jersey:Prentice-Hall, Inc.

- [2] MORENO-ALTAMIRANO L, CANO-VALLE F, GARCÍA-ROMERO H. (1994). Epidemiología clínica. 2da Edición. México: Interamericana McGraw Hill.
- [3] HERNÁNDEZ-ÁVILA M, GARRIDO-LATORRE F, LÓPEZ-MORENO S. (2000). Diseños de estudios epidemiológicos. México: Salud Publica de México.
- [4] KLEINBAUM DG, KUPPER LL, MORGENSTERN H. (1982). Epidemiologic research. Principles and quantitative methods. 1982: Van Nostrand Reinhold.
- [5] Niebel B & Freivalds A. (2009). Ingeniería Industrial, Métodos Estándares y Diseños de Trabajo. Duodécima Edición. México: Mc Graw Hill.
- [6] Gutiérrez Pulido H. (2010). Calidad Total y Productividad tercera edición. México: Mc Graw Hill.
- [7] Heizer J & Render B. (2004). Principios de Administración de Operaciones 5ta Edición. México: Pearson Education.
- [8] Heizer J & Render B.(2009). Principios de Administración de Operaciones Séptima Edición. México: Pearson Education
- [9] Hodson W. (1999). Manual del Ingeniero Industrial Tomo 1. Cuarta Edición. México: Mc Graw Hill.
- [10] Vallejo M. (2002). El diseño de investigación: una breve revisión metodológica. 9 diciembre 2020, de SciElo Sitio web: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-99402002000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402002000100002)

### VII. BIOGRAFÍA



**Martínez Chong, Rafael Kon.** Torreón Coahuila, 17 de febrero de 1982, Maestría en Gestión de negocios de Manufactura en 2008, Doctorado en Administración estratégica por el Instituto Internacional y de Administración Estratégica en la ciudad de Torreón Coahuila en el año 2019.

El actualmente trabaja como Docente en la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de Mexico campus San Pedro, ubicado en San Pedro de las Colonias Coahuila, México.



**Ávila Salomón Elsa Carolina.** San Pedro de las Colonias Coahuila, 16 de enero de 1979. Maestría en Administración de Seguridad e Higiene, Salud Ocupacional y Ecología, Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón Coahuila. 2012. Ingeniero Químico. Instituto Tecnológico de La Laguna. Torreón, Coahuila. 2001. Diplomado en Docencia Universidad Autónoma de La Laguna. Torreón Coahuila. 2005. Diplomado en Competencias Docentes Básicas en el Nivel Superior. Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica. Santiago de Querétaro, Querétaro. 2008. Auditor Líder en el Sistema Integral (Calidad, Ambiental y OSHAS). WORLD REGISTER O.C. México D.F. 2014. Capacitación en la norma 50001.2018 Sistema de Gestión de Energía. Participación como auditor interno en el sistema de Gestión Integral modalidad autorías cruzadas en la Ciudad de Monclova, Coahuila en octubre 2019. Ella actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, en la Ciudad de San Pedro de las Colonias Coahuila, México. Maestro de tiempo completo,

pertenece a la academia de Ciencias Básicas, colaborador en el Área de Innovación, Coordinadora de la Implementación del sistema de Gestión Ambiental, de la Norma ISO 14001, en el punto 44.6 Control Operacional y 4.4.7 Respuesta ante Emergencia en la Institución. Titular en las asignaturas de Química, Estadística Inferencial II, Administración de la Salud y Seguridad. Ocupacional, Propiedad de los Materiales, Líneas de Investigación de interés: Química, Seguridad e Higiene y/o Desarrollo Sustentable.



**Rosas Meza Edgar Osvaldo.** San Pedro de las Colonias Coahuila, 30 de enero de 1976. Maestría en Administración, Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón Coahuila 2017, Ingeniero Industrial en Producción, Instituto Tecnológico de la Laguna 2001, líder de grupo de manufactura en la empresa Master Trim de México 2006, supervisor de la línea automotriz en la empresa Liga Mayor de Fco. I. Madero, Coahuila 2007, supervisor de producción en la empresa Autosistemas de San Pedro, 2002, supervisor de producción en la empresa VfKnitwear 2001, analista de productividad en la empresa Hanes-Pirntables, 2000. Él cuenta con la constancia del Marco de Referencia de Ingenierías 2018 en el Contexto Internacional (CACEI), reconocimiento por el taller Yo Emprendo, Diplomado para la Formación y Desarrollo de Competencias Docentes, ha fungido como asesor de proyectos de innovación como Eco-Jab, LocaBoys, TecMarker, Reconocimiento por el curso Sistema de Calidad integrado, Diseño de Rubricas para Programas por Competencias Profesionales, Uso y Manejo del Robot Fanuc E IRB 120 IC. Merito Docente por el Evento de CIESLAG en el año 2013, certificación de Solidworks Associate-Mechanical Design en el año 2014.

El actualmente es Docente en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias. Titular en las asignaturas de Fundamentos de Investigación, Estudio del Trabajo I, Estudio del Trabajo II, Ergonomía, Higiene y Seguridad, Administración de Operaciones I, Administración de Operaciones II, Sistemas de Manufactura, Medición y Mejoramiento de la Productividad, y Temas selectos de Ingeniería Industrial



**García Ramírez, Rocio Guadalupe.** originaria de Jalpa de Mendez, municipio del estado de Tabasco; nació el 12 de diciembre de 1989. Actualmente tiene 30 años. Es egresada de la licenciatura en Ingeniería Petrolera con especialidad en Perforación direccional, del Instituto Tecnológico de la Chontalpa, en Nacajuca, Tabasco; posteriormente, realizó los estudios de maestría en Ciencias en Geofísica, en la Universidad de Guadalajara, Campus Centro

Universitario de la Costa, ubicada en Puerto Vallarta Jalisco; donde desarrolló su tesis de grado con el título ESTUDIO GEOFÍSICO DEL CONTACTO FOSA MESOAMERICANA – PLACA DE RIVERA SUR.

Participó en la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana (RAUGM) en donde tuvo participación presentando su trabajo titulado “Estructura Cortical de la Litósfera del Contacto Fosa Mesoamericana – Placa de Rivera Sur (Línea TS01, Proyecto TsuJal)”.

Además de esto cuenta con formación como Técnico en Enfermería Auxiliar y Técnico Básico en Gestión del Riesgo. Hoy en día, su vida se enfoca a la enseñanza de nivel superior, en la institución que la formó y de la cual es alumna fundadora, el Tecnológico de la Chontalpa, perteneciente al Tecnológico Nacional de México, en donde con pasión y entrega transmite sus conocimientos a las nuevas generaciones de ingenieros e ingenieras del campo de las ciencias de la tierra, específicamente a estudiantes de Ingeniería Petrolera y Geociencias. Además de esto, funge como responsable del Sistema de Gestión Ambiental y Encargada de los Laboratorios de dicha institución.

# Análisis de la factibilidad de uso del agua tratada en la planta purificadora del Instituto Tecnológico Superior de Motul y su aplicación como herramienta de aprendizaje

F. Canul-Bacab<sup>1\*</sup>, J.A. Alonzo-Pacheco<sup>1</sup>, C.G. Dzib-Pool<sup>1</sup>

**Resumen-** Con el problema de las enfermedades intestinales el consumo de agua purificada es recomendado para evitar la deshidratación y disminuir posibles problemas por beber agua contaminada con materia orgánica. El Instituto Tecnológico Superior de Motul cuenta con una Planta portátil de Purificación de Agua con capacidad de 40,000 L/d, fue construida con la finalidad de satisfacer la demanda del personal y para ser transportada de un lugar a otro; así mismo, cuenta con propio suministro de energía y Kit de pruebas para verificar la eficacia del proceso de purificación del agua. Entre los parámetros analizados son: pH, sólidos disueltos, coliformes totales y fecales, turbiedad, dureza total, cloro residual y color; la determinación se realizó tomando como referencia la norma Mexicana NOM-127-SSA1-1994; por necesidades de la Institución fue necesario la reubicación y reacomodo de equipos con el objetivo de que el agua producida sea confiable para el consumo humano. En conclusión, los resultados obtenidos en las muestras de agua purificada muestran que se encuentran dentro del intervalo de los parámetros que indica la norma; por lo tanto, puede ser utilizada para el consumo de las personas; además, permitió capacitar a los estudiantes en el ensamble de equipos de tratamiento de agua.

Palabras claves: Dureza, osmosis inversa, ozonificación, pH, Purificación, Tratamiento de agua.

**Abstract-** Due to the problem of intestinal diseases is recommended for the population the consumption of purified water to avoid dehydration and reduce possible risks of drinking contaminated water with organic matter. The Motul's Higher Technological Institute has a portable Water Purifying Plant with a capacity of 40,000 L/d, it was

and total coliforms, turbidity, total hardness, residual chlorine, and color; the determination was made with reference the NOM-127-SSA1-1994 Mexican standard; Due to the Institution's needs, it was necessary relocate and rearrange the equipment in order to ensure the reliability of produced water for human consumption. In conclusion, the results obtained in the purified water samples show that the analyzed parameters are within the range accepted by the standard; therefore, it can be used for human consumption; this relocation allowed students to be trained in the water purifying equipment assembly.

Keywords: Total hardness, reverse osmosis, ozonation, pH, Purification, Water treatment.

## I. INTRODUCCIÓN.

El Estado de Yucatán México se ha caracterizado por su gran volumen de agua subterránea; no obstante, sus condiciones hidrogeológicas, la superficie del terreno y sus condiciones climatológicas hacen al acuífero vulnerable a la contaminación. En los últimos años se ha manifestado un alto grado de contaminación de tipo orgánica e industrial, esta degradación del agua se debe al desarrollo poblacional e industrial que se ha presentado [1].

Con el problema de las enfermedades intestinales en ciertas épocas del año principalmente en la de calor, el consumo de este vital líquido (agua purificada) es recomendado para evitar deshidratación y como medio para disminuir posibles problemas en el sistema digestivo por beber agua contaminada con materia orgánica [2]; por lo tanto, resulta un factor positivo el consumo de agua purificada y el costo de adquisición es elevado comparado con lo que cuesta a las empresas procesarla. No toda la población cuenta con los medios necesarios para su adquisición; con el paso de los años el consumo de agua purificada ha aumentado, las empresas que distribuyen este tipo de producto han tenido ganancias elevadas debido a que el proceso de purificación de agua es simple y los equipos requeridos para la eliminación de sales se pueden adquirir en cualquier parte de México.

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Motul, Tablaje catastral 383, carretera Mérida-Motul, Yucatán, México.

\*fernando.canul@itsmotul.edu.mx



Además, cuenta con un Kit de calidad para controlar y verificar la eficacia del tratamiento de purificación del agua, la tabla I muestra los valores de los parámetros que indican las normas Mexicana NOM-127-SSA1-1994 [6] de tal manera que el agua purificada producida sea confiable para el consumo humano.

Tabla I  
Especificaciones de calidad para agua purificada [7]

Parámetros	Límites permisibles
pH	6.5-8.5
Alcalinidad mg/L (como CaCO <sub>3</sub> )	300
Dureza total mg/L (como CaCO <sub>3</sub> )	200
Turbiedad UTN	5
Cloro residual	0.1
Sabor	Inodoro
Cloruros como Cl- mg/L	250
Ozono al envasar mg/L	0.4
Olor	Insípido
Organismos coliformes totales NMP/100 ml	2
Organismos coliformes fecales NMP/100 ml	No detectable

Sin embargo, desde hace 2 años aproximadamente ha estado inactivo por problemas de diverso índole, poniendo en riesgo el funcionamiento de los equipos y la calidad de agua procesada; por lo tanto, fue necesario ponerlo en operación.

#### A. Metodología

Este trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico Superior de Motul, se encuentra en la ciudad de Motul Yucatán México, el agua utilizada para el abastecimiento, servicios y purificación proviene de un pozo de extracción de una profundidad de 18 metros y se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la institución. La profundidad de 18 metros es considerada libre de materia orgánica y es la recomendada para la extracción del agua utilizada para el suministro y consumo de la población.

Para la determinación de las condiciones del sistema de purificación, se realizó una revisión de forma visual; además, se verificaron los sistemas eléctrico y hidráulico, con los resultados se realizó el diagnóstico de las condiciones en que se encontraban los equipos y la estructura del vehículo en donde se encontraba ensamblada la planta purificadora.

Para la ubicación del área en donde se conectarían los equipos, se consideró las condiciones, dimensiones y características del laboratorio de procesos asignado al programa educativo de Ingeniería Industrial; así como, la facilidad de acceso, espacio necesario para el movimiento de las personas durante la etapa de producción de agua purificada; para ello, se requirió de programas informático como el AutoCAD y Sketch.

Para el desacoplamiento de los equipos se requirió el apoyo de otros docentes; además, con la finalidad de contribuir con el aprendizaje de los estudiantes, en el mantenimiento y ensamble de equipos de purificación, se utilizaron alumnos de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería electromecánica.

Para el traslado de los equipos hacia el lugar de ensamble fue necesario el apoyo mecánico como son los diablos de carga y poleas manuales; así como herramientas para la separación de los diversos componentes.

Para el ensamble de los equipos en el área señalada, se requirió hacer un análisis de las condiciones actuales, las condiciones futuras y las modificaciones requeridas tanto en el sistema hidráulico como en el eléctrico; a partir de los resultados obtenidos, se procedió a realizar los requerimientos de material e insumo.

Después del ensamble de la PPAITSM, se realizaron pruebas de operación con los equipos en condiciones normales con la finalidad de verificar el funcionamiento y encontrar fugas de agua en la planta purificadora dentro del laboratorio de procesos.

Para la toma de la muestra del agua cruda en el pozo de abastecimiento, se limpió la tubería de salida, se desinfectó y con la finalidad de eliminar el agua estancada dentro del ducto se dejó fluir el agua durante 5 minutos. La toma de muestra del agua purificada se realizó en el muestreador de salida de la planta purificadora y analizadas al momento con la finalidad de corregir cualquier desviación que pudiera existir durante la operación del proceso de purificación.

#### B. Análisis físicos y químicos del agua

Par al determinación de la calidad del agua purificada se realizaron los siguientes: para la determinación del pH se utilizó un

potenciómetro marca Hach Sesión+PH1, modelo LPV2500.98.0002 con un electrodo Sesión CAT 5050T para PH1, para uso general y cuerpo de plástico. La conductividad fue determinada con un equipo marca Hach Sensión+ EC5 y con celda de conductividad 5060 con sensor de platino y temperatura. Para la determinación de sólidos disueltos totales se utilizó un medidor de TDS marca HM digital, con un rango de 0 – 9990 ppm (mg/L). El ozono fue determinado con un Kit de prueba, modelo OZ-2, con rango de 0 a 22 mg/L. Para la determinación de turbiedad se utilizó un conductímetro de laboratorio 2100N, EPA, 230 Vca. Para la determinación de dureza se utilizó un kit de medición de dureza del agua, modelo HACH 5B.

Par la caracterización del agua de abastecimiento se realizaron las pruebas tomado como referencia las normas Mexicanas, las cuales se enumeran a continuación; para la determinación del color se utilizó la norma NOM-001-STPS-2008 [8], para olor la norma NMX-AA-83-1982 [9], para turbiedad la norma NMX-AA-038-SCFI-2001 [10], para cloro libre la norma NMX-AA-108-SCFI-2001 [11], para cloruros la norma NMX-AA-073-SCFI-2001 [12]), para dureza total la norma NMX-AA-072-SCFI-2001 [13], para nitratos la norma NMX-AA-079-SCFI-2001 [14], para nitritos la norma NMX-AA-099-SCFI-2006 [15], para nitrógeno amoniacal por el método de salicilato, para pH ( 25°C) la norma NMX-AA-008-SCFI-2016 [16], para sólidos disueltos totales la norma NMX-AA-034-SCFI-2015 [17], para sulfatos la norma NMX-AA-074-SCFI-2014 [18], para SAAM la norma NMX-AA-039-SCFI-2001 [19] y para conductividad norma NMX-AA-093-SCFI-2000 [20]).

*C. Análisis microbiológico del agua cruda y purificada*

Se determinaron coliformes totales y coliformes fecales basándose en la NOM-AA-42-1987 [21], en ella se encuentran descritos los requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua, de tipo doméstico.

**III. RESULTADOS**

*A. Desensamble y ensamble de los equipos*

Para la instalación de equipos en un proceso de purificación de agua se requiere del conocimiento de sistemas hidráulicos, mecánica, programación y electricidad; por lo tanto, fue necesario el apoyo de docentes y alumnos de las

carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería electromecánica. Cada uno de estos programas educativos contribuyeron con personal, en donde desarrollaron y aplicaron sus competencias para el acoplamiento de los equipos, instalación del sistema eléctrico, programación del microcontrolador (PLC) y la realización de pruebas de operación.

Las figuras 2 y 3 muestran los resultados de las revisiones realizadas, se encontró que los soportes de la estructura se encontraban oxidados, esto se debió a la intemperie y las condiciones climatológicas; por otro lado, el ozono generado para oxidar la materia orgánica acelero la velocidad de oxidación de la estructura.



Figura 2. Corrosión en la estructura de la PPAITSM



Figura 3. Corrosión en la estructura de la base del equipo de transporte de la PPAITSM

El ozono se ha utilizado durante años para desinfectar el agua, también en otros usos comerciales como son desinfección de agua embotellada, agua de piscina, prevención de contaminación de torres de enfriamiento y en la industria alimentaria [22-23]. Vicent et al. [24], mencionan que la reactividad del ozono es elevada, tiene una variedad de aplicaciones, que incluyen: desinfección y oxidación de micro contaminantes orgánicos recalcitrantes (fármacos, pesticidas, contaminantes fenólicos, etc.); además,

oxida elementos como hierro, manganeso y sulfitos; por lo tanto, es importante considerar sus propiedades cuando esta contacto con ductos metálicos, ya que acelera la oxidación de metales como el hierro; por consiguiente, el ozono debido a su capacidad potencial oxidante es una sustancia antimicrobiana eficiente; sin embargo, ocasionó el deterioro del soporte de la estructura del vehículo. El uso del ozono puede tener ventajas para la desinfección de agua purificada ya que no deja olor residual; por consiguiente, sus propiedades químicas debe de ser considerado, sobre todo si se utilizan tuberías metálicas, ya que puede favorecer su oxidación.

Después de realizado el análisis y diagnóstico de las condiciones en que se encontraba la planta portátil de purificación de agua del ITS de Motul, se determinó el espacio en donde se ubicarían para la puesta en servicio en el laboratorio de proceso; las figuras 3 y 4 muestran las operaciones de desensamble de tuberías, equipos y sistema eléctrico, para la realización de esta operación fue necesario la participación de 3 estudiantes del programa educativo de Ingeniería Industrial e Ingeniería Electromecánica. La finalidad de la participación de los estudiantes fue para evaluar sus competencias adquiridas en el salón de clase; además, recibieron capacitación en el ensamble, instalación y operación de un proceso de purificación de agua.



Figura 3. Desensamble del filtro de sedimento y carbón activado de la PPAITSM



Figura 3. Desensamble de los equipos de la PPAITSM

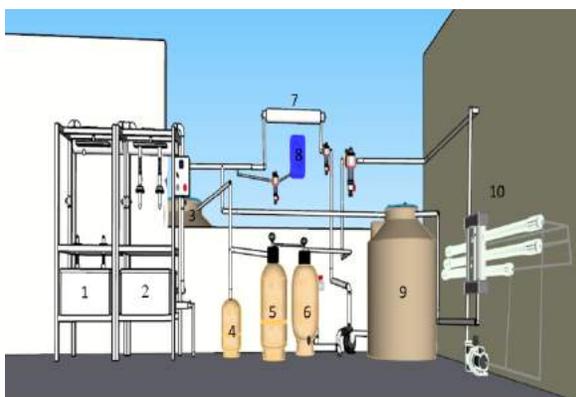
Conjuntamente, se requirió la asesoría y participación de 2 docentes, quienes se encargaron de dirigir los trabajos como son: instalación eléctrica, programación del PLC y la secuencia de funcionamiento de los equipos.

Durante el ensamble de los equipos se presentaron problemas por falta de material para conectar el sistema hidráulico y eléctrico, estos fueron ocasionados por las modificaciones que se realizaron en las uniones hidráulicas y eléctricas, por lo general ocurren cuando el sistema se traslada de un lugar a otro; por lo tanto, se requiere de ajuste en las configuraciones y modificación de las uniones; por consiguiente, se requirió la participación de los estudiantes para la solicitud de cotizaciones con proveedores. La realización de esta actividad les permitió a los estudiantes interactuar con proveedores y conocer el mecanismo para la adquisición tanto de materiales como insumos requeridos.

El laboratorio de proceso del programa educativo de Ingeniería industrial, al momento de su construcción no contemplaba la instalación de la PPAITSM en su interior; por consiguiente, fue necesario adaptar y ajustar el sistema a las condiciones del espacio asignado de trabajo; de tal manera cumpla los requerimientos de seguridad y trabajo que indica la norma.

Para la selección del espacio para el ensamble de la purificadora, se tomó como referencia las Normas Oficiales Mexicana NOM-031-STPS-2011 y la NOM-001-STPS-2008 [8-25], en donde describen las características y condiciones que debe de cumplir el área de trabajo. La figura 4 muestra la distribución final de los equipos, los programas computacionales de AutoCAD y Sketch, permitió determinar con

mayor precisión el lay-out de los equipos; además, los alumnos realizaron simulaciones con diferentes configuraciones de los equipos en menor tiempo; por lo tanto, determinaron con mayor precisión el espacio a ocupar; así mismo, se contribuyó con la preparación de los alumnos para aplicar las competencias adquiridas en el salón de clase en programas computacionales como la simulación.



1.- Lavadora  
2.- Llenadora  
3.- Tanque de almacenamiento  
4.- Tanque regulador  
5.- Filtro de antracita  
6.- Filtro de carbón activado.  
7.- Luz: Ultravioleta  
8.- Generador de ozono  
9.- Tanque de agua libre de sales  
10.- Osmosis inversa

Figura 4. Distribución de los equipos de la PPAITSM

Antes de realizar las pruebas de funcionalidad de los equipos, se verificaron las conexiones hidráulicas en todo el sistema y la intensidad de alimentación del voltaje; posteriormente, se procedió a energizar todo el sistema. Durante el inicio de la prueba en la PPAITSM, se requirió de ajuste en la secuencia de trabajo de los equipos y reparaciones de fugas.

*B. Caracterización del agua de abastecimiento*

La tabla II muestra los resultados obtenidos en la caracterización del agua extraída del pozo de abastecimiento.

Tabla II.  
Resultados de la caracterización del agua de abastecimiento

Parámetro	Resultados	NOM-127-SSA1-2017 [26]
Color	cero	20 unidades
Olor	Inodoro	Inodoro
Sabor	Insípido	Agradable
Cloruros mg/L	115.7	250
Dureza Total mg/L	384.29	500
Nitritos mg/L	< 0.004	0.05
Nitratos mg/L	4.72	10

Nitrógeno amoniacal	< 1.0	0.5
pH	7.1	6.5-8.5
Sulfatos mg/L	18.9	400
SAAM mg/L	< 0.1	0.5
SDT mg/L	617.56	100

SAAM, sustancias activas al azul de metileno; SDT, sólidos disueltos totales

Los parámetros analizados permitieron conocer las características del agua utilizada en las distintas áreas como son servicios sanitarios, cocina, consumo, limpieza, riego de jardines y alimentación del proceso de purificación de agua. Estos resultados se encuentran dentro del intervalo que es considerado apto para el consumo humano [6].

La tabla II muestra los valores de los parámetros analizados. El pH presentó un valor de 7.1, el cual se encuentra dentro del intervalo, la dureza total y los cloruros registraron valores de 384.29 y 115.7 mg/L, nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal registraron valores inferiores a lo indica la norma; por consiguiente, se considera que se encuentra libre de materia orgánica.

En cuanto a los metales pesados, en pruebas previas realizadas al agua de abastecimiento (agua cruda) se observan que los valores determinados se encuentran en concentraciones muy por debajo de los límites que indica esta norma [26]; por lo tanto se consideró no determinarlo en el agua purificada. Los resultados de los metales pesados encontrados, se debió a las características de los procesos productivos y las actividades que se realizan en la región; por consiguiente, no generan este tipo de contaminantes.

*C. Agua purificada*

La tabla III muestran los valores de los parámetros analizados del agua purificada (después de la eliminación sales).

Tabla III.  
Resultados del agua purificada

Parámetro	Resultados	NOM-127-SSA1-2017 [13]
Color	cero	20 unidades
Olor	Inodoro	Inodoro
Sabor	Insípido	Insípido
Cloruros mg/L	0	250
Dureza Total mg/L	0	500
Turbiedad UNT	0.28	
pH	7.3	65-8.5
Conductividad μS/cm	2	

Ozono mg/L	0.15	
SDT mg/L	36	100

Los resultados que se registraron se encuentran dentro de norma, los parámetros de color, olor y sabor cumplen con las pruebas organolépticas practicadas. En los resultados de dureza total y cloruros se encontraron resultados de 0.0 mg/L. En cuanto a los análisis de turbiedad el cual representa la materia que se encuentra suspendida, el resultado obtenido de 0.28 UNT muestra que el agua producida se encuentra libre de partículas suspendidas; la conductividad reportada de 2  $\mu$ S/cm y los SDT de 36 mg/L, indica la alta eficiencia ( $\leq 95\%$ ) de eliminación de sales por el sistema, así como el funcionamiento de la ósmosis, Malaeb y Ayoub [27], en una revisión de trabajos de diferentes autores encontró rechazos de sales superiores al 99,5 y 97,8% utilizando equipo de osmosis inversa; de la misma manera, Tang et al. [28], realizaron trabajos utilizando osmosis inversa y mencionan que puede lograr alta eficiencia de eliminación de microorganismos, materia coloidal, sólidos disueltos, orgánicos e inorgánicos del agua de alimentación; además, la alta estabilidad del permeado son también las ventajas del proceso.

En cuanto a la concentración de ozono en el agua purificada antes de envasarse se encontraron concentración en un intervalo de 0.1 a 0.2, lo que garantizó la completa eliminación de los microorganismos debido a la oxidación de la materia orgánica. Galvis. et al. [29], mencionan que la turbiedad disminuye la efectividad del ozono en el agua ya que enmascara a los microorganismos y la presencia de metales como el hierro y manganeso disminuye la concentración; por consiguiente su efectividad de destrucción de los microorganismos. Con base a los resultados obtenidos se determinó que el agua procesada por la planta purificadora se considera apta para el consumo de las personas.

*D. Coliformes totales y fecales*

La tabla IV muestran los resultados microbiológicos obtenidos en las muestras de agua de abastecimiento y agua purificada (después del tratamiento de eliminación de sales).

Tabla IV.  
Resultados microbiológicos

Parámetros	Agua de abastecimiento	Agua purificada	NOM-127-SSA1-2017 [26]
Coliformes totales NMP/100 ml	150	0	2
Coliformes fecales NMP/100 ml	0	0	No detectable

NMP: Número más probable

En el agua de abastecimiento, se reportaron resultados de coliformes totales de 150 NMP/100 ml y 0, después de proceso de purificación, la eliminación de los microorganismos fue completa; por consiguiente, se encontraron valores de cero.

Cáceres Báez y Chunga Quinde [30] mencionan que todos los microorganismos mueren al contacto con la luz ultravioleta; además, evita futura proliferación, es decir funciona como germicida, exterminando bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas presentes en el agua, de igual manera Iriarte [31], menciona que cuando la radiación penetra la pared celular de un organismo, el material genético es modificado y la célula es incapaz de reproducirse. La luz ultravioleta destruye virus y bacterias; además, provee un método de operación y mantenimiento sencillo, es útil con tiempos cortos de contacto y no genera residuos tóxicos o subproductos, también describe que el ozono disuelto en el agua, forma radicales hidroxilo (OH<sup>-</sup>) que reaccionan con los microorganismos para inactivarlos; su unión con contaminantes tienen un mayor rendimiento de desinfección, que el radical hidroxilo; por lo tanto, la acción de la luz ultravioleta en conjunto con el ozono disuelto en el agua eliminó a los microorganismos.

**IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

Contar con un proceso de tratamiento de agua purificada en la Institución, es una herramienta útil en donde se puede evaluar las competencias adquiridas por los futuros profesionistas en el salón de clase; además, permite capacitarlos en un sistema que es aplicado en cualquier industria como es el tratamiento de aguas; en ellas, adquirieron conocimiento para la eliminación de sales disueltas en las aguas de abastecimiento ya que ocasionan incrustaciones en las tuberías por consiguiente obstrucción del flujo de agua.

Se concientizó al grupo de trabajo de la importancia del mantenimiento de los equipos y saneamiento con la finalidad de evitar la contaminación con microorganismos patógenos y de otro tipo; por lo tanto, para que un producto sea elaborado y cumpla con las especificaciones que indica la norma, deben de participar las distintas áreas de un sistema productivo como son: control de calidad, mantenimiento y producción.

En cuanto a los resultados de los parámetros obtenidos en las muestras de agua purificada después de la reubicación se encuentra dentro del intervalo que indica la norma [26]; por lo tanto, puede ser consumida por las personas. El ejercicio de des-armar y armar los equipos utilizados para la purificación del agua permitió evaluar las competencias y capacidad de los estudiantes; al mismo tiempo, entrenarlos en actividades en las que se enfrentarán en el campo laboral.

Con base a los resultados obtenidos, se concluye que el trabajo realizado de rehabilitar la planta portátil de agua purificada del Instituto Tecnológico Superior de Motul al laboratorio de procesos del programa educativo de Ingeniería industrial beneficio a los docentes y alumnos que participaron. Los alumnos aplicaron las competencias adquiridas en el salón de clase, como son el manejo de programas de simulación, autocad y manejo de la normatividad para la delimitación de espacio de trabajo; además, visualizaron la importancia del trabajo en equipo con la finalidad de alcanzar resultados con base a un cronograma de actividades.

La realización de este tipo de proyecto permitió a los participantes desarrollar sus habilidades creativas e innovadoras en el ensamble de sistemas de purificación de agua. y aplicarlas en el salón de clase. Se recomienda realizar revisiones periódicas a los equipos para mantener sus operaciones en condiciones normales y el saneamiento cada vez que se inicie las operaciones y al final.

## V. REFERENCIAS

- [1] Martínez-Salvador, C., Moreno-Gómez, M., and Lied, R. (2019) Estimating Pollutant Residence Time and  $\text{NO}_3$  Concentrations in the Yucatan Karst Aquifer; Considerations for an Integrated Karst Aquifer Vulnerability Methodology, *Water*. 1431, 11
- [2] Morales, G. M. (2002) Saneamiento y salud: Impacto de las enfermedades diarreicas agudas en la península de Yucatán. IMTA, Cancún, Quintana Roo, México.
- [3] Ambashita, R. D. and Sillampaa, M. (2010) Water purification using magnetic assistance: A review, *Journal of Hazardous Materials*. 38-39, 180
- [4] Rassoulinejad-Mousavia, S. M., Azamatb, J., Khataee, A., and Zhanga, Y. (2020) Molecular dynamics simulation of water purification using zeolite MFI nanosheets, *Sep. Purif. Technol.* 1-8, 234
- [5] Shannon, M. A., Bohn, P. W., Elimelech, M., Georgiadis, J. G., Mariñas, B. J., and Mayes, A. M. (2008) Science and technology for water purification in the coming decades, *Nature*. 301-310, 452
- [6] NOM-127-SSA1-1994, N. O. M., "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización," México, 1994.
- [7] NOM-041-SSA1-1993, N. O. M., "Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias," México, 1995.
- [8] NOM-001-STPS-2008, N. O. M., "Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad.," in "Diario oficial de la federación," México, 2008.
- [9] NMX-AA-83-1982, N. M., "ANÁLISIS DE AGUA.- DETERMINACION DE OLOR," in "Diario Oficial de la Federación," México, 1992.
- [10] NMX-AA-038-SCFI-2001, "Análisis de agua - determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba," in "Diario Oficial de la Federación," México, 2001.
- [11] NMX-AA-108-SCFI-2001, "Calidad del agua - determinación de cloro libre y cloro total - método de prueba," in "Diario Oficial de la Federación," México, 2001.
- [12] NMX-AA-073-SCFI-2001, "Análisis de agua - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba " in "Diario oficial de la Federación," México, 2001.
- [13] NMX-AA-072-SCFI-2001, "Análisis de agua - determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba," in "Diario oficial de la Federación," México, 2001.
- [14] NMX-AA-079-SCFI-2001, "Análisis de aguas - determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba " in "Diario oficial de la Federación," México, 2001.
- [15] NMX-AA-099-SCFI-2006, "Análisis de agua - determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales y residuales - métodos de prueba," in "Diario Oficial de la Federación," México, 2006.
- [16] NMX-AA-008-SCFI-2016, "Análisis de agua.- medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.-método de prueba-," in "Diario Oficial de la Federación," México, 2016.
- [17] NMX-AA-034-SCFI-2015, "Análisis de agua - medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba," in "Diario Oficial de la Federación," México, 2015.
- [18] NMX-AA-074-SCFI-2014, "Análisis de agua - medición del ion sulfato en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba," in "Diario Oficial de la Federación," México, 2014.
- [19] NMX-AA-039-SCFI-2001, "Análisis de aguas - determinación de sustancias activas al azul de metileno (saam) en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba," in "Diario Oficial de la Federación," México, 2001.

[20] NMX-AA-093-SCFI-2000, "Análisis de agua - determinación de la conductividad electrolítica - método de prueba," in "Diario Oficial de la Federación," México, 200.

[21] NMX-AA-42-1987, N. M., "Calidad del agua- determinacion del numero mas probable (nmp) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y escherichia coli presuntiva," in "Diario Oficial de la Federación," México, 1992.

[22] Zeynep, B., Guzel-Seydima, Annel, K., Greeneb, A., and Seydima, B. (2004) Use of ozone in the food indust, Society of Food Science and Technology. 453-460, 37

[23] Jurado-Alameda, E., García-Román, M., Altmajer-Vaz, D., and Jiménez-Pérez, J. L. (2012) Assessment of the use of ozone for cleaning fatty soils in the food industry, J Food Eng. 44-52, 110

[24] Vicent, S. C., Clavijo, J. G. B., Cuenca, R. M., and Agustina, J. C. (2017) Procesos de oxidación avanzada en el ciclo integral del agua, UNIVERSITAT JAUME. 1-170,

[25] NOM-031-STPS-2011, N. O. M., "Construccion- condiciones de seguridad y salud en el trabajo," in "Diario oficial de la federación," México, 2011.

[26] NOM-127-SSA1-2017, N. O. M., "Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua," México, 2017.

[27] Malaeb, L. and Ayoub, G. M. (2011) Reverse osmosis technology for water treatment: State of the art review, Desalination 1-8, 267

[28] Tang, F., Hu, H.-Y., Sun, L.-J., Sun, Y.-X., Shi, N., and Crittenden, J. C. (2011) Fouling characteristics of reverse osmosis membranes at different positions of a fullscale plant for municipal wastewater reclamation, Water Research. 1-30,

[29] Galvis., A., Aponte, G., Echeverry, D. F., González, M. I., and Cardona, D. A. (2005) Evaluación del funcionamiento de un Generador de Ozono a escala piloto en la desinfección de agua para consumo humano, Ingeniería y Competitividad. 65-72, 7

[30] Cáceres Báez, E. A. and Chunga Quinde, P. A. (2017) Optimización del proceso tecnológico de purificación del agua en la empresa agualuz. Licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador.

[31] Iriarte, R. (2020) Nuevas tendencias en sistemas de purificación de aguas. Maestria, Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, España.

Superior Motul y la maestría en Administración en la Universidad del Sur campus Mérida, actualmente se encuentra estudiando el doctorado en la Universidad del Sur. Hasta la fecha se encuentra laborando en el Instituto Tecnológico Superior de Motul en el programa educativo de Ingeniería Industrial como Profesor de tiempo completo.



**Claudia Guadalupe Dzib Pool.** Nació en Mérida Yucatán México el 29 de agosto de 1984. Estudió la licenciatura de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Motul, la Maestría en Administración, en el área de Calidad y Productividad, en la Universidad TecMilenio Campus Mérida. Actualmente se encuentra laborando en el Instituto Tecnológico Superior de Motul en el programa educativo de Ingeniería Industrial como Jefa de la Carrera de Ingeniería Industrial.

## VI. BIOGRAFÍA



**Fernando Canul Bacab.** Nació en Tekantó Yucatán México el 12 de noviembre de 1964. Estudió la licenciatura de Química Industrial en la Universidad Autónoma de Yucatán, la maestría en Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma de Yucatán y el doctorado en Energías Renovables en el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Actualmente se encuentra laborando en el Instituto Tecnológico Superior de Motul en el programa educativo de Ingeniería Industrial como Profesor Titular A de tiempo completo.



**José Antonio Alonso Pacheco.** Nació en Motul Yucatán México el 16 de abril de 1992. Estudió la licenciatura de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico

# Implementación de la metodología 5s y su efecto de calidad dentro de una empresa de servicios

J. A Orozco-Pineda<sup>1</sup>, K. G Orozco-Pineda\*<sup>2</sup>

**Resumen**—Con el objetivo de implementar la metodología 5S's y evaluar su efecto en la calidad de servicio de una empresa de la región lagunera, se evaluó durante 99 días la herramienta 5S's, aplicándose un plan estratégico basado en los elementos del modelo en cuanto a Seiri (Organizar y Clasificar), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización de las técnicas y Shitsuke (Disciplina y habito) y el aseguramiento de la realización de las tareas encomendadas en tiempo y forma del departamento de Ventas, generando así una cultura hacia la calidad de servicio de la empresa y posicionarla como una de las mejores empresas de servicios a nivel regional y nacional. Se realizaron dos Evaluaciones de Medición (Inicio y final del Proyecto), generando un seguimiento de evidencias mediante fotografías, Organización de Bases de datos y Control en el número de Cotizaciones, así como el aseguramiento de entrega de los productos solicitados por los clientes. Los resultados permiten concluir que existe una relación positiva entre los factores de estudio y la aplicación de la metodología 5S's, incidiendo en la calidad de los servicios, disminución de tiempos muertos, reducción de riesgos y desperdicios de materiales, así como mejora en el ambiente organizacional de la empresa.

**Palabras claves:** Calidad, Empresa, Metodología 5S's.

**Abstract**— In order to implement the 5S's methodology and evaluate its effect on the quality of service of a company in the lagoon region, the 5S's tool was evaluated for 99 days, applying a strategic plan based on the elements of the model in terms of Seiri (Organize and Classify), Seiton (Order), Seiso (Cleaning), Seiketsu (Standardization of techniques and Shitsuke (Discipline and habit) and the assurance of the completion of the tasks entrusted in time and form from the Sales department, generating thus a culture towards the quality of service of the company and position it as one of the best service companies at a regional and national level Two Measurement Evaluations were carried out (Start and end of the Project), generating a follow-up of evidence through photographs, Organization of Databases and Control in the number of Quotations, as well as the assurance of delivery of the products requested by the clients The results allow to conclude that There is a positive relationship between the

study factors and the application of the 5S methodology, affecting the quality of services, reduction of downtime, reduction of risks and waste of materials, as well as improvement in the organizational environment of the company .

**Keywords**—Quality, Business, 5S's Methodology

## I. Introducción

La insipiente necesidad de las empresas por posicionarse en un estatus de alta calidad y permitirle una ventaja en competitividad con el resto de las empresas a nivel Regional y Nacional ha llevado a estas a la utilización de metodologías de calidad eficientes como los son las 5S's utilizándose como alternativa para llegar a la calidad que les permite obtener una posición ventajosa.

Actualmente muchas empresas no consideran el orden y la limpieza en el lugar de trabajo como una condición fundamental para el trabajo apropiado y recursos de la calidad.

Un Sistema de Gestión de la Calidad puede ayudar a tener un mejor control de cada uno de los procesos internos de una organización, desde un enfoque basado en procesos interrelacionados (Gutiérrez et al., 2014). La idea principal menciona que un “Sistema de Gestión de Calidad nos permite tener un mejor control de los procesos internos de una organización” (Hernández, Barrios, Sierra., 2018).

La metodología 5S's incide en el desarrollo eficiente de las herramientas tales como (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) dentro de las distintas áreas de la empresa, así como el incremento de la calidad en los servicios de esta, como lo indica: (Jaume Aldavert, 2017) “Es determinante la aplicación de esta metodología y participación de todos los niveles de la organización, sobre todo de la dirección y gerencia” (p.8)

Desde una perspectiva histórica, la calidad ha sido fuente de investigaciones y estudios, en donde ya desde la Revolución Industrial las características de calidad se examinaban mediante inspecciones con el interés de revelar productos defectuosos e incorporar normas y medidas de calidad. Posteriormente a ello se inserta el control estadístico, desde 1930 a 1949, utilizándose herramientas y técnicas estadísticas en el control de la calidad (Chang, 2016)

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Departamento de Administración, Av. Tecnológico No.1555 Periférico Lerdo km 14.5, Plácido Domingo 35150 Cd. Lerdo, Dgo.;

<sup>2</sup> Facultad de Contaduría y Administración, Cll Francisco, Calle Prol. Javier Mina 150, Luis Echeverría Álvarez Sector Nte., 27085 Torreón, Coah.

\*karenguadalupeorozcopineda@gmail.com

I. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

**Metodología.**

Esta investigación se desarrolló en un periodo de 99 días en una empresa de servicios de la Comarca Lagunera, donde se implementó de manera eficiente la metodología 5S's, a partir de un diagnóstico que nos permitió identificar la deficiencia de los procesos dentro de la organización. Como se indica en la tabla 1.

TABLA I. Encuesta inicial realizada al personal de la empresa.

Variables	Indicadores	Preguntas
Metodología de las 5S's	Dar a conocer las 5S's	¿Conoce la metodología 5S's? Si__ No__
		¿Existe un plan de Gestión que mantenga y mejore de manera continua la organización, el orden y la limpieza? Si__ No__
	¿Cuáles son las 5S's?	¿Se aplica la metodología 5S's dentro de la empresa? Si__ No__
		¿Cómo clasifica el lugar donde realiza las prácticas en cuanto a la organización, orden y limpieza? Agradable y seguro____ Agradable e inseguro____ Desagradable y seguro____ Desagradable e inseguro____
Seiri: Clasificación.	¿Seleccione los elementos que se aplican dentro de la empresa? Clasificación____ Orden____ Limpieza____ Estandarización____ Disciplina____	
Seiton: Orden.		
Seiso: Limpieza.		
Seiketsu: Estandarización.		
Shitsuke: Disciplina.	¿Considera que el programa de 5S's tiene relación con la calidad en su área de trabajo? Si__ No__	

SEIRI. -Consto de identificar y separar los elementos necesarios de los innecesarios de cada área.

SEITON. -Permitió identificar los materiales necesarios de los innecesarios de manera que sea fácil y rápido observarlos y utilizarlos o reponerlos de una manera mas sencilla.

SEISO. -Se encargó de identificar y eliminar los elementos innecesarios dentro de cada área.

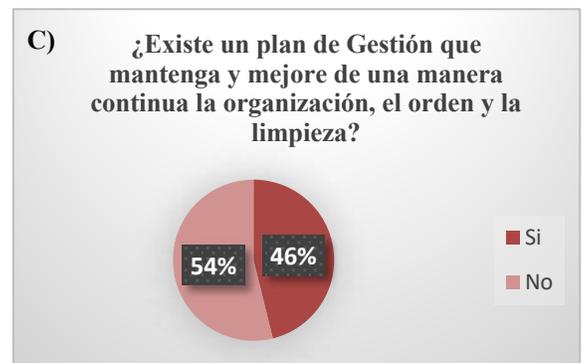
SEIKETSU. -Considero en distinguir situaciones normales de las situaciones anormales mediante una observación, aplicándose un control visual correcto.

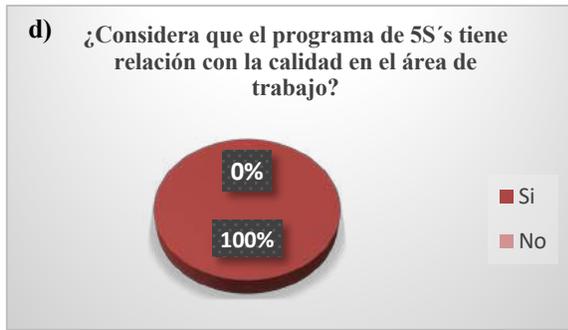
SHITSUKE. -Permitió tener una evaluación constante dentro de cada área identificada y evaluada generando un ambiente de trabajo estable.

II. RESULTADOS

La encuesta inicial arrojó las fallas y necesidades de la organización, donde a pesar de conocer la metodología se observa en la figura 1(b) Que el porcentaje de inseguridad tiene un 58% con respecto a un 42% que indica seguridad y un ambiente agrádale de trabajo.

Con respecto a la implementación de un plan de gestión se indica un 54% que no se cuenta con dicho plan, figura 1(c).





**Figura 1.** Evaluaciones determinantes para la implementación de la metodología de calidad “5S’s”(a) Conocimiento de la metodología (b) clasificación del área de evaluación (c) existencia de plan de mejora (d) Relación de la metodología con la calidad.

Por lo que estos resultados evidenciaron la necesidad de implementar la metodología de 5S’s dentro de la empresa.

#### Implementación de la Metodología 5S’s SEIRI – ORGANIZACIÓN.

En esta “S” fueron identificados y separados los materiales necesarios de los innecesarios desprendiéndose de estos últimos, observándose en la figura 2., que en esta área encontraban materiales como cables, cartuchos de impresora, carpetas papelería, manuales, entre otros. Los cuales no correspondían a esta área por lo que se optó por hacer una selección y reacomodo en las áreas correspondientes (Imagen 3 y 4).



**Figura 2.** Estado inicial de la oficina gerencial con materiales fuera de su lugar adecuado.



**Figura 3.** Clasificación de material que se encontraba en un área que no le correspondía.



**Figura 4.** Clasificación y organización de material de impresión encontrado en un área distinta a la que le corresponde.

#### SEITON – ORDEN

En esta “S” se estableció el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que fue fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y colocarlo en el lugar que le correspondía, de tal forma que permitió reducir el tiempo de operación del trabajo (Figura 5). Por lo que muchos de los materiales que ahí se encontraban como equipo, papelería, carpetas informativas de promotores, solicitudes de clientes, etc. Fueron ordenadas en sitios adecuados y de fácil acceso (Figura 6).



**Figura 5.** Estado inicial de desorden de una de las áreas de trabajo lo que impedía localizar de manera inmediata algún material requerido en alguna de las actividades de servicio solicitado por los clientes la Empresa.



**Figura 6.** Área ordenada de tal forma que los archivos y carpetas correspondientes a órdenes de servicios.



**Figura 9.** Control visual del Antes del establecimiento de la "S" SEIKETSU.

#### SEISO – LIMPIEZA

El establecimiento de esta "S" generó la identificación y eliminación de las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentren siempre en perfecto estado (Figura 7 y 8).



**Figura 7.** Oficina sin limpieza que genera un mal estado emocional del personal.



**Figura 10.** Control visual del Después del establecimiento de la "S" SEIKETSU.



**Figura 8.** Oficina limpia que genera un bienestar emocional y eficiencia en el trabajo del personal.

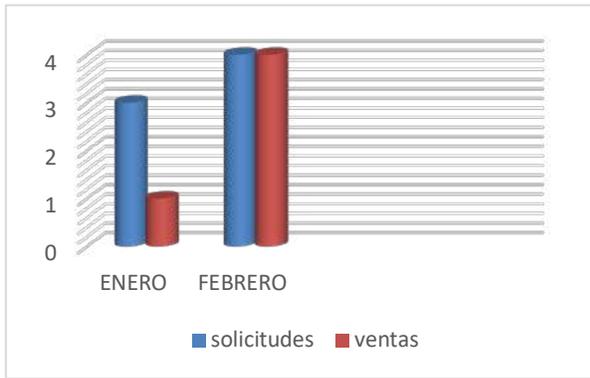
#### SEIKETSU- ESTANDARIZACIÓN

Mediante esta "S" se distinguieron situaciones normales de las anormales mediante normas sencillas visuales para todos los trabajadores incluyendo al gerente Administrativo de la Empresa (Figuras 9 y 10).

#### SHITSUKE- DISCIPLINA Y HÁBITO

Esta última "S" permitió evaluar constantemente el trabajo permanentemente de acuerdo con las normas establecidas generando de esta manera un ambiente de trabajo cordial, así como se generó una eficiencia y eficacia en las actividades de servicio desde recibir la solicitud de los clientes, identificación de proveedores, adquisición del producto solicitado, seguimiento y control de tráfico del envío, recepción y verificación de buen estado del producto y Entrega al cliente,

Con respecto al efecto en los procesos la figura 11 y 12, demuestran la magnitud del cambio en el control de ventas con respecto a las solicitudes y lo ocurrido en el mes de mayo una vez implementada y evaluada la metodología lo que se asume que el control y eficiencia en coordinar las solicitudes con los proveedores para establecer las ventas a los clientes fue primordial para la calidad de este servicio.



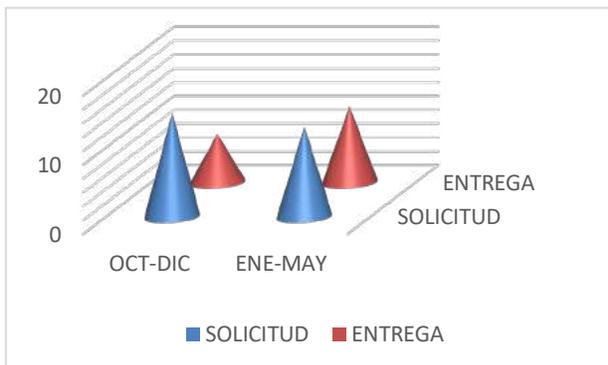
**Figura 11.** Control de ventas para los meses de Enero y Febrero.



**Figura 12.** Control de ventas para los meses de Marzo, Abril y Mayo.

En forma general antes del establecimiento de la metodología se tenía una eficiencia del 46.66 %, y después de implementarla se incrementó a un 84.61% desde la solicitud hasta el contacto con el cliente al hacer la entrega del producto con una reducción a siete días (Figura 13).

Lo que permite deducir que el proyecto genero un beneficio total sobre la calidad del servicio de ventas al optimizarse la limpieza, orden, organización y estandarización dentro de la Empresa.



**Figura 13.** Eficiencia de la metodología 5S's sobre las solicitudes recibidas y las entregadas efectivas del producto Antes y después de la implementación de dicha metodología.

### III. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La implementación de la metodología 5 “S” SEIRI,SEITON,SEISO,SEIKETSU y SHITSUKE, dentro de la organización permitió a partir de un orden, limpieza, organización y estandarización de los instrumentos de trabajo así como las áreas del mismo, incrementar la responsabilidad de los trabajadores para mantener en forma constante estos aspectos logrando ser más eficientes en sus responsabilidades, asumiéndose que la mejora obtenidos en el departamento de ventas se debió a la implementación de esta metodología, logrando el incremento de la calidad de servicios y dando solución a los problemas identificados al inicio del proyecto generando un clima laboral adecuado, motivación personal y una eficiencia del servicio , ya que una de las cuestiones más importantes de cualquier organización es tratar de que los empleados laboren en un mejor ambiente de trabajo para hacerlos sentir bien y obtener más energía para hacer sus proyectos, maximizando con esto los beneficios (Sujatha & Prahlada, 2014). Coincidiendo con Kaushik 2015., que indica que la metodología 5S's crea un ambiente para estandarizar el trabajo, proporciona mejores condiciones, eficientiza la eliminación de los residuos proporcionando seguridad lo que permite mantener los estándares de calidad de los procesos.

Por lo que se determina que el “Desarrollo de la metodología 5S's está diseñado para que las organizaciones sean eficientes y eficaces ante el planteamiento de cinco herramientas encaminadas hacia la mejora continua” (Pérez Quintero., 2017).

En esta investigación la metodología 5s, constituyó una parte de las técnicas del Sistema de Gestión de la calidad y servicios de la empresa, las cuales interactuaron dentro del proceso de la mejora continua, en cada uno de los departamentos y puestos de trabajo. El alcanzar el objetivo dependió del liderazgo y compromiso de la alta dirección y todos los trabajadores involucrados en los procesos. Permitiendo una reducción considerable en los días que duraba el proceso desde la solicitud hasta la entrega del producto al cliente,alcanzando el objetivo planteado en este proyecto impactando en un posible posicionamiento de la empresa a nivel regional y nacional.

**CONCLUSION.**

La eficiencia en los procesos, así como su calidad en la empresa, se vio altamente influenciada al implementar la metodología de las 5 s en cada una de las áreas evaluadas.

**RECOMENDACIÓN.**

Es importante que todas las empresas ya sean pequeñas, medianas o grandes implementen este tipo de metodologías para eficientar la calidad de sus procesos y así posicionarse a nivel regional, nacional y global.



Orozco Pineda Karen Guadalupe, fecha de nacimiento 12 / 08 / 1997; Ingeniería en Gestión Empresarial, Egresada del Instituto Tecnológico de la Laguna; Estudiante de tercer semestre de la Maestría en Administración y Alta Dirección de la Facultad de contaduría y administración trabajando en la línea de investigación de Mejora.

**IV. AGRADECIMIENTOS**

Agradezco de manera especial al Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, al Instituto Tecnológico de la Laguna y a la Facultad de Contaduría y Administración por el respaldo obtenido para la realización de esta investigación.

**V. REFERENCIAS**

- Chang, J. F. (2016). Business process management systems: strategy and implementation. CRC Press.
- Jaume Aldavert, E. V. (2017). 5s para la mejora continua. Cims.
- Gutiérrez, H. (2014). Calidad total y productividad, cuarta edición. México: McGraw-Hill.
- Hernández palma, H., Barrios Parejo, I., & MARTÍNEZ SIERRA, D. (2018). Gestión de la calidad: elemento clave para el desarrollo de las organizaciones. *Criterio Libre*, 16(28), 179–195. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2018v16n28.2130>
- Kaushik, P.; Khatak, N. & Kaloniya, J. (2015). Analyzing relevance and performance of 5S methodology: a review. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences*, 4(4), 21-33.
- Pacana, A. & Woźny, A. (2016). Draft questions of 5S pre-audit with regard to health and safety standards for tires retreating plant. *Production Engineering Archives*, 13(4), 26-30.
- Pérez V., Quintero L. (2017). Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones. *Revista Ciencias Estratégicas*. 25:411-423.
- Sujatha & Prahlada, (2014). Implementation of 6S practices in the silk multi-end reeling industries in Andhra Pradesh. *International Journal of Industrial Engineering Research and Development*, 5(2), 36-48.

**VI. BIOGRAFÍA**

Orozco Pineda Jorge Antonio, Fecha de Nacimiento 27 / 02 / 1991; Ingeniero Industrial, Egresado del Instituto Tecnológico de la Laguna; Estudiante del Segundo semestre de la Maestría en Administración estratégica en el Instituto de AdministraciónEstratégica en Torreón Coahuila.

EL cual se encuentra actualmente laborando en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Se encuentra trabajando en la línea de Investigaciónde Calidad.

# Estrategias mercadológicas para la inserción en el mercado

F. Alvarez-Zermeño<sup>1</sup>, M. N Castrejón-Álvarez<sup>1</sup>, J.I Cuevas-Zapata<sup>1</sup>, L.E Pinedo-Reza<sup>1</sup>,  
A.L Guzmán-Ayala<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Resumen** -El marketing como definición se empezó a utilizar en la década de los 90s enfocado básicamente a la publicidad, posteriormente la concepción cambia a un enfoque donde se involucre a los usuarios de los bienes y servicios. La ejecución de un plan de Marketing en cualquier tipo de negocio es de suma importancia para el logro de objetivos, es por ello la necesidad de ejecutar varias estrategias de marketing digital en una clínica para el logro del posicionamiento en el mercado, competir de manera estratégica, brindar un mejor servicio a sus clientes, atraer nuevos pacientes y conservar la fidelización de los pacientes actuales generando confianza. Para lograrlo se mide el nivel de satisfacción del cliente y se implementan estrategias para satisfacer las necesidades a través del diseño de una página web que facilita el servicio proporcionando información requerida sobre el negocio para sus clientes y la atracción de nuevos. Esta estrategia mejora el nivel de servicio al cliente y la captación de nuevos usuarios.

**Palabras claves**-Estrategias, Marketig, Negocio, Plan.

## Abstract

*In the 90s digital marketing was used for the first time, it was mainly about advertising; With the emergence of new digital technologies, it expanded in the years 2000 and 2010, creating an experience that involves users, which made the concept change to loyalty of a brand. The execution of a Marketing plan in any type of business is of the utmost importance for the achievement of objectives, which is why the need to execute various digital marketing strategies in a clinic to achieve market positioning, compete strategically, provide a better service to its clients, attract new patients and maintain the loyalty of current patients by generating trust. To achieve this, the level of customer satisfaction is measured and strategies are implemented to satisfy the needs through the design of a web page that facilitates the service by providing required information about the business for its customers and attracting new ones. This strategy improves the level of customer service and the acquisition of new users.*

**Keywords**-Strategies, Marketing, Business, Plan.

## I. INTRODUCCIÓN

En la década de los 90s fue utilizado el Marketing Digital por primera vez como definición y se refería principalmente hacer publicidad, sin embargo, con el surgimiento de nuevas herramientas sociales y móviles, se fue expandiendo y para los años 2000 y 2010 poco a poco se fue instaurando el concepto de crear una experiencia que involucre a los usuarios, el cual hizo que cambie su concepto a lo que es se conoce como cliente de una marca. [2]

El Marketing Digital es la aplicación de las estrategias de comercialización llevadas a cabo en los medios digitales. Todas las técnicas del mundo off-line son imitadas y traducidas a un nuevo mundo, el mundo online. En el ámbito digital aparecen nuevas herramientas como la inmediatez, las nuevas redes que surgen día a día, y la posibilidad de mediciones reales de cada una de las estrategias empleadas.

El auge de las redes sociales digitales (RSD) en los últimos años, como Facebook, Twitter, Google+, YouTube, LinkedIn o Pinterest, ha cambiado la forma en que las personas se comunican a través de Internet. Las empresas, conscientes de que sus clientes son parte activa de las RSD, han incrementado el interés de los encargados del área de marketing para explorarlas como una nueva herramienta de marketing [4]. Sin embargo, la importancia estratégica del uso de éstas como herramienta de marketing no parece todavía clara, dada la novedad y la dificultad de monetizar y medir su impacto en el desempeño del negocio [3]. Dada la novedad del fenómeno y su popularidad, muchas empresas han comenzado a utilizar las RSD o bien páginas web como una herramienta de marketing, algunas incluso sin ningún tipo de estrategia.

Una página web es un documento en Internet que contiene texto, imágenes, enlaces y/o audio. El conjunto de páginas web, de acuerdo con lo explicado, constituye un sitio web. Su creación supone un proceso complejo, pues para llevarlo a cabo son necesarios conocimientos en lenguajes de

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / ITS Zacatecas Occidente. Av. Tecnológico No. 2000, Colonia Loma la Perla, CP 99102, Sombrerete, Zacatecas, México.

• [ma.ca@zacatecasocc.tecnm.mx](mailto:ma.ca@zacatecasocc.tecnm.mx)

programación (PHP, HTML o ASP, por ejemplo); lenguajes que, a su vez, son interpretados por los navegadores para hacer visible el contenido a los usuarios. Dado el descubrimiento como una nueva estrategia de inserción en el mercado por parte de las organizaciones, la implementación de Marketing Digital o diseño de páginas web es indispensable para llegar hacia los clientes, por el simple hecho de que hoy en día todos suelen estar utilizando internet constantemente para comunicarse, buscar algo o cubrir alguna necesidad. Es importante saber implementar estrategias mercadológicas adecuadamente, para poder llegar hacia los consumidores de forma eficaz, identificando y cubriendo las necesidades del cliente. Es por ello que en el presente documento se muestra la ejecución de un plan de Marketing Digital como estrategia mercadológica en una Clínica para dar a conocer sus servicios e incrementar sus clientes para lograr un posicionamiento en el mercado enfrentando la competencia y ofreciendo un servicio de calidad.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

### A. Formulación del problema

Actualmente las MiPyMEs enfocadas a los servicios de salud desconocen el nivel de satisfacción de sus clientes, por ello se propone realizar un estudio que brinde el conocimiento necesario y promueva la aplicación de estrategias mercadológicas para su consolidación en el mercado.

### B. Determinación del marco muestral.

El marco muestral está conformado por un total de 266 clientes de los cuales el 62.3% pertenece a clientes habituales, el 24.8% a clientes esporádicos y el 12,9 % a nuevos clientes. En donde el 86.4% de los clientes encuestados que solicitaron algún servicio, oscilan entre los 14 y 68 años de edad. Dichos clientes pertenecen al municipio de Sombrerete, Zacatecas.

### C. Determinación de la muestra

Se tienen registros que en un periodo de tres meses acudieron a solicitar atención médica un total de 266 pacientes, se opta por utilizar un muestreo con población conocida usando un nivel de confianza 99%, desviación estándar poblacional 0.765, error permitido del 10% lo cual arroja como resultado 158 pacientes aleatorios a encuestar. Posteriormente, se aplica a la misma cantidad de clientes una encuesta para conocer si la implementación de

estrategias tiene algún impacto en la percepción de los pacientes.

*Fórmula a utilizar para cálculo de muestra*

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

Donde:

Nivel de confianza	0.99
Alfa	0.01
Alfa medios	0.005
1-Afa medios	0.995
Valor Z en tablas	2.5758293
N	266
e (error)	0.1
$\sigma$	0.765
n	158

Tabla 1. Cálculo de muestra

### D. Diseño del instrumento

Se diseña una encuesta de 30 preguntas divididas en 9 secciones para el análisis y se deja un espacio abierto para sugerencias, ya que se conoce que los pensamientos, sentimientos y acciones de cada consumidor se modifican a cada instante. [1] Para la validación del instrumento se acude a un grupo de expertos para medir la fiabilidad de los cuestionamientos y las escalas de las preguntas.

#### Secciones del instrumento

**Grupo 1.** Clínica Maldonado. Considera 5 preguntas personales, así como intereses y preferencias del paciente.

**Grupo 2.** Medicina General: Contempla 4 preguntas referentes al servicio médico, horarios de atención y precio.

**Grupo 3.** Dentista: Atiende a 4 preguntas que analizan el servicio al paciente, horario y atención brindada.

**Grupo 4.** Enfermería: Aplica 3 preguntas enfocadas en el trato, rapidez y atención en la solución de dudas.

**Grupo 5.** Farmacia: Considera 4 preguntas relacionadas con el nivel de abastecimiento, trato y precios del medicamento.

**Grupo 6** Urólogo: Contempla 3 preguntas referentes al horario, atención y servicio prestado.

**Grupo 7.** Ortodoncia: Consta de 3 preguntas que indagan sobre el nivel de servicio, horario, y trato al paciente.

**Grupo 8.** Tecnología: Atiende a 3 preguntas para identificar las redes sociales que utilizan más los pacientes y también para saber si les gustaría ver información del consultorio.

**Grupo 9.** Sugerencias: Esta sección es un espacio en blanco para que el paciente pueda dejar escrito su nivel de cumplimiento en cuanto a las necesidades atendidas, así como sugerencias para brindar un mejor servicio.

*E. Diseño de página web.*

En el mundo, aparece la página web como escaparate online y consigue su tráfico al interrumpir al usuario con banners mientras este navega en portales de noticias. [6] Es por ello que se elabora una página web, con el fin principalmente de proporcionarles a los pacientes información relevante sobre el “Consultorio Maldonado” como: descripción o historia de la clínica, datos de dirección, teléfono, correo, horarios de atención, datos personales de los especialistas y producto/servicios que se ofrecen en el establecimiento. Otro de los propósitos de la página web consiste en proporcionar al paciente la facilidad de agendar citas para facilitar el servicio, recabar datos personales de los pacientes habituales, esporádicos y nuevos, cabe mencionar que para el diseño se consideraron los comentarios de los clientes respecto a los servicios esperados, para su diseño se elige el dominio clinicamaldonado.com y se verifica si hay disponibilidad para su compra utilizando un cupón de descuento en Go-Daddy posteriormente se agrega un paquete denominado Hosting Económico Linux con c-Panel por un periodo de 12 meses, el cual tiene un precio de \$479.88 y el dominio clinicamaldonado.com en un periodo de 1 año con un costo de \$0.00 dado que se activa el cupón, por tal motivo el dominio no tiene ningún costo. Posteriormente se diseña la página web en una plataforma en Word Press a través de la utilización de plantillas.



Imagen 1. Página web de Clínica Maldonado

*F. Actualización y creación de redes sociales*

La internet como la red de redes, ha generado una revolución tecnológica que implica un verdadero cambio en la economía. [5] Es por ello que se procede a realizar una página de Facebook la cual actualiza la información de acuerdo a horario y servicios que se ofrecen, se agrega la página web de la Clínica para que los usuarios ingresen a la página puedan acceder a ella de manera directa, además mediante la cuenta de Facebook se le comunicará a los pacientes la fecha de atención del Urólogo y el Ortodoncista, para que los pacientes puedan agendar sus citas con anticipación y elegir el horario adecuado para sus necesidades, aunado a los anterior en la cuenta se publican anuncios con información relevante para el cuidado y prevención de la salud de los pacientes.

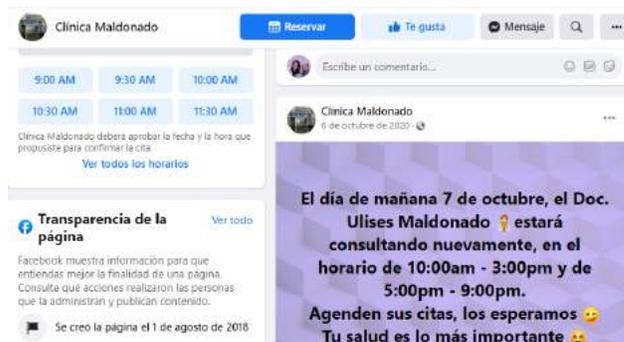


Imagen 2. Publicaciones en la página oficial de Facebook.

El consultorio no cuenta con Instagram, por lo que crea una cuenta, siendo una de las redes sociales que también utilizan los pacientes a través de este medio se comparte cualquier comunicado e información y el trabajo elaborado de cada uno de los doctores de la Clínica

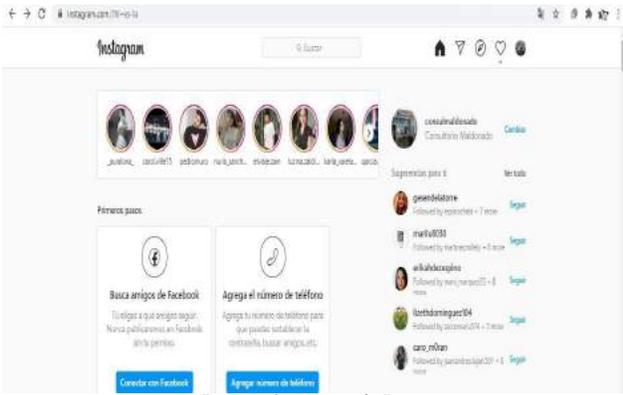


Imagen 3. Cuenta de Instagram

### III. RESULTADOS

Entre los principales hallazgos encontrados en la presente investigación, se tienen los siguientes:



Gráfica 1. Nivel de satisfacción

La gráfica 1. Muestra el nivel de satisfacción del servicio otorgado a los pacientes de la Clínica Maldonado, se tiene que el 63% considera alto el nivel de satisfacción con el servicio ofrecido en la clínica y el 37% considera un nivel medio de satisfacción.



Gráfica 2. Aclaración de dudas

En la gráfica 2. Se observa que el 98% considera que sus dudas fueron aclaradas totalmente y solo el 2% menciona estar de acuerdo en haber sido disipadas, mediante el uso de las redes sociales.



Gráfica 3. Aclaración de dudas

Como se puede observar en la gráfica 3. El 94% de los pacientes encuestados considera importante el uso de los medios digitales para otorgar el servicio de citas médicas, el 5% menciona estar totalmente de acuerdo y solo el 1% no está ni en acuerdo ni en desacuerdo.



Gráfica 4. Utilidad de la página web para los pacientes

La gráfica 4. Muestra los resultados de los pacientes encuestados respecto a su percepción de la utilidad de la página web de Clínica Maldonado de los cuales el 87% considera estar totalmente de acuerdo en que la página web le es útil, mientras que el 13% considera estar de acuerdo, siendo importante estos datos seguir utilizando la página.



Gráfica.5. Consultas realizadas con y sin estrategia mercadológica

En la gráfica 5. Se puede observar cómo la aplicación de estrategias mercadológicas, tanto el diseño de una página web como la actualización de las redes sociales del negocio, permitieron un incremento en el porcentaje al pasar 45% a 58% de consultas, pudiéndose aumentar el con el paso del tiempo al tener mayor presencia en el mercado a través de la utilización del marketing digital

## V. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Una vez desarrollado el proyecto en “Clínica Maldonado”, se observa que la primera encuesta aplicada a los pacientes para medir el nivel de satisfacción del paciente y la atención brindada por parte de los médicos no es del todo la adecuada en algunas áreas de la clínica, debido a que los pacientes no se sienten con la confianza y satisfechos con la atención que les brindan cada uno de los médicos cada vez que acuden a consulta.

El trato por parte del servicio de enfermería se considera que en algunas ocasiones es lento por el número de pacientes que acuden al consultorio; sin embargo, las enfermeras han aprendido a lidiar con los pacientes evitando los conflictos con ellos, aprendiendo a escuchar a cada uno de los pacientes, no anticiparse ante lo ocurrido, hacer que el paciente vea que se ha entendido su problema. La segunda encuesta se aplicó después de haber identificado los puntos negativos que se identificaron anteriormente, gracias a las mejoras implementadas se logró que las enfermeras pudieran resolver todas las dudas a cada uno de los pacientes, logrando con ello que los pacientes se sintieran más cómodos y fueran atendidos rápidamente. De acuerdo a las estadísticas que se han generado del sitio web del consultorio, la implementación de la página web ha dado considerables resultados, se ha logrado un mayor alcance al identificar un mayor número de posibles pacientes, ya que solo se tienen 266 pacientes frecuentes, y se pudieron identificar a 591 visitantes en la página web.

La página es de utilidad para los pacientes cuando necesitan consultar información antes de acudir al consultorio, ya sea los servicios que se ofrecen en la clínica, horario de apertura, especialistas que elaboran en ella, etc., pueden consultar la información en cualquier momento, desde cualquier lugar en donde se encuentren, sin embargo, no es posible que tengan una respuesta inmediata, por el hecho de que no se puede contratar WPFFroms PRO, por falta de presupuesto, sin embargo, las enfermeras están al pendiente de cada una de las necesidades de los pacientes por medio de Facebook e Instagram para así poder brindar un mejor servicio al paciente, aunque solo se contesta en horario de atención (horario en que se encuentran en el consultorio). Con la página de Facebook del “Consultorio Maldonado”, también se logran buenos resultados, ya que con dicha página los pacientes interactúan más, gracias a que es la red social más utilizada y se pueden realizar cualquier tipo de comunicados para los pacientes en cualquier momento sobre cualquier aviso por parte de la clínica, novedad, actividad que se realicen los especialistas.

## VI. AGRADECIMIENTOS

El equipo de trabajo desea agradecer al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente por brindar las condiciones adecuadas para la realización del estudio, de igual manera a la Clínica Maldonado por fungir como medio para la aplicación del instrumento.

## VII.- REFERENCIAS

- [1] Alonso, R. J., & Grande, E. I. (2017). Comportamiento del consumidor: Decisiones y estrategia de marketing (8a. ed.).
- [2] Bricio Samaniego, K., Calle Mejía, J., & Zambrano Paladines, M. (2018). El marketing digital como herramienta en el desempeño laboral en el entorno ecuatoriano: estudio de caso egresados de la Universidad de Guayaquil. *Universidad y Sociedad*, pp. 103-109.
- [3] Clemons, E. (2009). The complex problem of monetizing virtual electronic social networks. *Decision Support Systems*, 48 (1), 46-56. Disponible en: <https://softwarelab.org/es/sitio-web/>
- [4] Gutiérrez-Leefmans, C., & Nava-Rogel, R. M. (2016). Mercadotecnia digital y las pequeñas y medianas empresas: revisión de la literatura. *Enl@ ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 13(1), 45-61.
- [5] San Agustín, E. (2016). *Vender más con marketing digital*. Bogotá, Ecoe Edición.
- [6] Uribe, Rialp y Llonch. *El uso de las redes sociales digitales como herramienta de marketing en el desempeño empresarial* (2013). *Cuad. admon.ser.organ*. Bogotá (Colombia), 26 (47): 205-231, julio-diciembre. Disponible en: [https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos\\_admon/article/download/7105/5673/0](https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/download/7105/5673/0)

VII.- . BIOGRAFÍAS



**Álvarez Zermeño Francisca.** Nació en Sombrerete Zacatecas el 03 de abril de 1998. Pasante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial por el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente.

Ella laboró en 2006 en peletería Junior en Sombrerete Zacatecas como empleada de mostrador.

En 2007 realizó Servicio Social en Coordinación de Inglés en el Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente como capturista de datos y atención alumnos.

Ella participó en el año 2008 en el concurso de jóvenes investigadores en su etapa regional realizado por el TECNM.

Participó en el concurso estatal de ENEIT en 2019 con el proyecto AMBIPEL.

Actualmente labora en el Corporativo Olvera en Sombrerete Zacatecas México, como asistente general.



**Castrejón Álvarez Ma. Nely.** Nació en Sombrerete Zacatecas el 30 de noviembre de 1982. Experiencia como docente aproximadamente 14 años en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente en las áreas de investigación, administración, finanzas, mercadotecnia y economía.

Historial académico: Licenciada en Economía por la Universidad Autónoma de Zacatecas, en Zacatecas México 2007. Maestra en Administración de Negocios por la Universidad Tec Milenio, Campus Monterrey Nuevo León, México, 2011.

Ella se integró en el ámbito laboral en 2001 como encuestador y capacitador para INEGI, en 2004 se integra a la Secretaría. de Desarrollo Económico Fondo plata en la ciudad de Zacatecas desempeñándose como asistente de jefe de cartera, en 2006 laboró en Banamex como asesor financiero, actualmente forma parte de la planta docente en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico Superior Zacatecas en la ciudad de Sombrerete Zacatecas México. Las áreas de investigación de ella son desarrollo regional, desarrollo empresarial, economía, mercadotecnia y finanzas. Actualmente es integrante del cuerpo académico Desarrollo y Gestión Empresarial en Formación



**Cuevas Zapata Jessica Ivón.** Nació en Zacatecas, el 03 de abril de 1982. Historial académico: Licenciada en Administración por el Instituto Tecnológico de Durango. Durango, 2004. Maestra en Administración de Negocios por Universidad Interamericana para el Desarrollo, Fresnillo, Zacatecas, 2016.

Ella se integró a la industria privada en 2004 como jefa del departamento de calidad en Fumigaciones Industriales. En el 2005 funge como encargada del departamento contable de PC Online, del 2006-2012 se incorpora a Wal-Mart de México desempeñando diversos cargos en el área de operaciones: supervisora del área de cajas, sub-jefa en los departamentos de oficina administrativa, facturación, sistemas e inventario. Actualmente forma parte de la planta docente del Instituto



**Guzmán Ayala Ana Laura.** Nació en Sombrerete, Zacatecas el 4 de septiembre de 1984. Historial académico: Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente, Sombrerete, Zacatecas, 2007. Maestra en Calidad Total Seis Sigma por la Universidad Regional del Norte, Chihuahua, Chihuahua, en unió de 2020.

Ella se integra al ámbito laboral en el año 2007 para el organismo público INEGI coordinando y capacitando personal para captar información de la población. En el 2008 colabora en el sector privado para la empresa Agro-capital del Norte fungiendo como encargada de la sucursal de Sombrerete en el otorgamiento de créditos financieros y préstamo de semilla. En el año 2010 se agrega al grupo de docentes del Instituto San Juan Bautista Lasalle impartiendo clases de inglés y computación. En el año 2013 impartió clases de inglés para escuelas de nivel básico de la SEDUZAC. En el 2014 se incorpora a la empresa BBVA realizando transacciones, vendiendo tarjetas y administrando los recursos financieros. Desde 2017 a la fecha se une al Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente como docente participando en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Actualmente es integrante del cuerpo académico Desarrollo y Gestión Empresarial en Formación.



**Pinedo Reza Lucía Ernestina.** Nació en Sombrerete Zacatecas el 26 de marzo de 1985. Experiencia docente 18 años en el Tecnológico Superior Zacatecas Occidente campus Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente en las áreas de contabilidad y finanzas. Historial académico: Licenciada por la Universidad Autónoma de zacatecas, en Zacatecas México, 2000. Maestra en Administración en el instituto de estudios Universitarios Puebla, México, 2015.

Actualmente labora en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente en la ciudad de Sombrerete Zacatecas México. Las áreas de investigación son desarrollo regional, desarrollo empresarial y finanzas. Actualmente es integrante del cuerpo académico Desarrollo y Gestión Empresarial en Formación.

# Mejora continua en la operación de inserción de clips en empresa automotriz

E. Segovia-Avila<sup>1</sup>, M. I. Luna-Reyes<sup>1</sup>, G. Sanchez-Chaparro<sup>1</sup>.

**Resumen**—En el presente artículo describe los resultados de una investigación realizada en una empresa del ramo automotriz, la cual presenta problemas de tiempos altos y baja productividad por productos defectuosos en el proceso de inserción de los diferentes clips en el ensamble de arneses, en consecuencia se genera un alto grado de producto rechazado. Al implementar el proyecto, el objetivo es reducir los tiempos en la operación de inserción de clips en ensamble de arneses. Se plantea la hipótesis que enuncia que mediante la implementación de un Kaizen en la operación, se reduce los tiempos de trabajo y se eliminan los tiempos muertos, ocasionados, y se logrará incrementar la productividad en el proceso. Las variables de estudio son el tiempo de ensamble y la productividad. El tipo de investigación en el presente estudio es el de la Ingeniería Aplicada, implementando la metodología káiser. El Método consistió en Medir, Análisis de la causa, Plantear Estrategia y Validación. En lo que corresponde a la recolección de la información se obtiene, mediante bitácora y hojas de registro. Los resultados obtenidos validan la hipótesis al reducir los defectos por inserción de clips en un 97%.

**Palabras claves**—Kaizen, Optimización de tiempos, productividad.

**Abstract**— In the present article describes the results of an investigation carried out in a company of the automotive branch, which presents problems high times and low productivity for defective products in the process of insertion of the different clips in the automotive harness assembly, consequently the inspection is exhaustive generating a high degree of rejected product. Coming to have customer complaints. Therefore, the objective is to reduce the insertion times of clips in harness assemblies. The hypothesis is stated that states that by implementing a Kaizen in the operation reduce working times and eliminate downtime, caused, increasing productivity in the process. The study variables are assembly time and productivity. The type of research that was used in the present study is descriptive method, since it allows knowing the exact behavior of the process. It consists of developing models to explain the why and how of the object of study. The systematic explanation is applied. Explanatory method: It consists of developing models to explain the why and how of

the object of study. The systematic explanation is applied. The collection and collection of information was carried out from primary sources, through a logbook and record sheets. The Method consisted in Measuring, Analysis of the cause, Raising Strategy and Validation. The results obtained validate the hypothesis by reduce the defects by inserting clips by 97%.

**Keywords**—Kaizen, productivity, Time optimization.

## I. INTRODUCCIÓN

El potencial de la industria automotriz mexicana es tal que representa el segundo sector económico más importante del país, además de que significa el elemento primordial de la modernización y estrategias de globalización del mismo (Suarez, Castillo y Dávila, 2011) [1]. Esta industria opera en una zona geográfica privilegiada; se ubica al lado del mercado de consumo más grande en el nivel mundial: Estados Unidos; en un ambiente de desregulación comercial, mano de obra experimentada, transferencia de tecnología probada y una infraestructura de producción considerable. En la actualidad la industria manufacturera es muy competitiva, por lo cual los clientes demandan un servicio rápido con una excelente calidad, por esto las industrias deben de tener un control preciso de cada uno de los materiales a utilizar para elaborar sus productos (Michalko 2001)[2].

En el presente artículo se analizan todas aquellas posibles soluciones que se pueden hacer para poder eliminar todo aquello que no sea necesario para una línea de producción, haciendo hincapié en la creación de un rack de clips, esto mediante el análisis del proceso tomando en cuenta todos los tipos clips que se utilicen para la elaboración de un arnés, también es indispensable analizar la frecuencia de utilización, así como conocer cada una de las ventajas y desventajas de la propuesta.

Anteriormente se realizó el análisis de cada uno de los componentes a utilizar como lo son VS (viniles), corrugados y pad, componentes que se utilizan del lado del flujo posterior ya para finalizar con el proceso. Esto buscando mejorar junto con los clips la eliminación de las artesas y pueda haber un flujo continuo para que esto no afecte al operador.

En la empresa se utiliza una metodología llamada “Surtido de una pieza”, la cual consiste en eliminar trabajo y

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, ,C. del Tecnológico No. 5, Co. El Tecnológico C.P. 2780, San Pedro, Coahuila, México.

[elda.segovia@tecsanpedro.edu.mx](mailto:elda.segovia@tecsanpedro.edu.mx) .

movimientos innecesarios al operador que no generan un valor económico, ya que su labor es solo la aplicación de material por lo tanto deben tener un sistema cerca del punto de colocación del material (Scholtes 1991) [3].

El objetivo del presente artículo es presentar los resultados del estudio realizado, para encontrar la respuesta a la pregunta de investigación ¿Cómo reducir el tiempo de proceso en el área de inserción de clips?, para lo cual se plantea la hipótesis que enuncia que mediante la implementación de un Kaizen en la operación, se reduce los tiempos de trabajo y se eliminan los tiempos muertos, ocasionados. Las variables de estudio son el tiempo de ensamble y la productividad. El tipo de investigación en el presente estudio es el de la Ingeniería Aplicada, implementando la metodología kaizen. El Método consistió en Medir, realizar el análisis de las causas, Plantear Estrategia y Validación.

Para realizar el estudio se utilizaron instrumentos de recolección de de la información como bitácora y hojas de registro.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

Para la realización del proyecto se siguió la estrategia metodológica de la Ingeniería Aplicada, partiendo de la metodología kaizen, pues de acuerdo a Para (2007) [4] Kaizen es una palabra Japonesa que significa cambiar para bien o cambiar para mejorar, quien también hace énfasis en que kaizen es una metodología de mejora continua, basada en un enfoque que se caracteriza por:

1. Mejora en pequeños pasos
2. Sin grandes inversiones
3. Con la participación de todos los empleados
4. Actuando e implantando rápidamente las mejoras

### A. Planteamiento del Problema

La metodología Kaizen establece que se debe determinar el problema a analizar, antes de pensar en el desarrollo de la mejora (Ortiz, 2006) [4].

Actualmente en las líneas de producción se tiene el surtido de componentes a través de artesas. Las cuales se localizan en la parte de posterior del operador como se muestra en la figura 1.

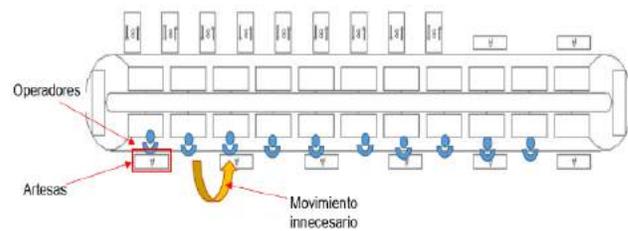


Figura 1: Línea de trabajo en serie

El problema principal radica en el tiempo alto de producción en el proceso de clips, y ensamble de clips incorrectos en el arnés. Por lo tanto la inspección es exhaustiva generando un alto grado de producto rechazado. Llegando a tener quejas de cliente. Por lo que se procede a realizar un estudio de mejora mediante el análisis dos las variables que son el tiempo de la operación ensamble de clips y la productividad de la línea de producción.

La hipótesis que presenta el estudio es que: mediante la implementación de un Kaizen en la operación se reducen los tiempos de trabajo y se eliminan los tiempos muertos por errores, ocasionados por las artesas.

### B. Método

Para el desarrollo de la investigación se sigue la metodología de Ingeniería aplicada que consiste el método descrito a continuación:

#### 1. Diagnostico

Según Adán (2014) [6], el efecto del problema es importante para el desarrollo de un kaizen efectivo, por lo que para determinar el efecto del problema es importante utilizar medibles que puedan esclarecer el estado real de la situación en estudio para el desarrollo del kaizen (Adán , 2016) [7], Entonces en número de defectos y porcentaje, en este caso se hace uso del diagrama de Pareto para organizar la información. El cual arroja que existen diferentes defectos, de los cuales es la inserción de clips con una 53.8% del total de defectos, como se muestra en la figura 2.

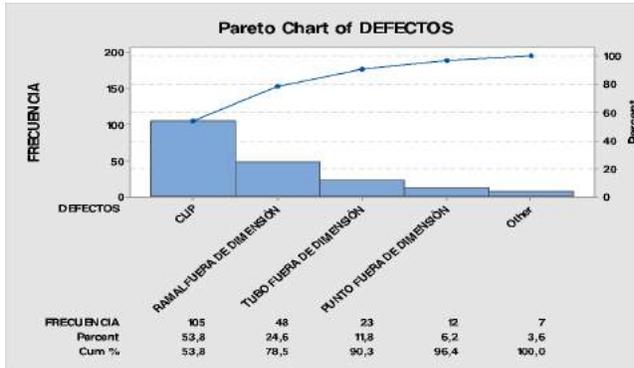


Figura 2: Diagrama de Pareto de defectos en ensamble de arneses

2. Análisis de Causas

Con la finalidad de determinar la causa que provoca un alto índice de defectos en la operación, para esta acción se hace uso del diagrama de Ishikawa en primera instancia, y se encuentra que la causa principal de la inserción incorrecta de los clips es principalmente los contenedores incorrectos, los detalles se muestra en la figura 3.

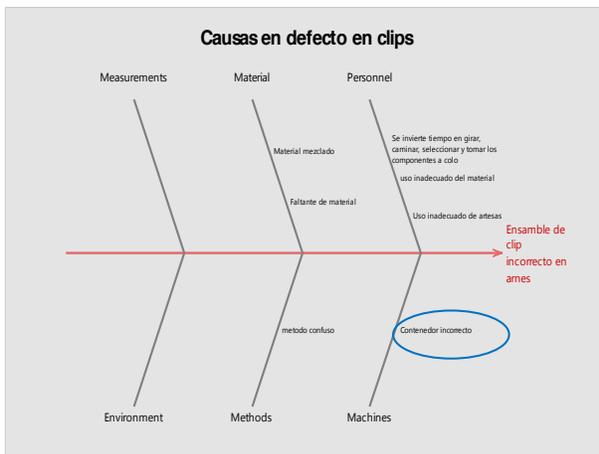


Figura 3: Diagrama de Ishikawa de Ensamble de clips incorrecto

En segunda instancia se recurre al diagrama de los 5 Porque's para determinar el factor que hace que la causa suceda, es decir indagar porque se usa un contenedor incorrecto. Y en este análisis nos arroja que no se cuenta con un número de surtido máximo de acuerdo a la cantidad de piezas que se producen diariamente, como se muestra en la figura 4.



Figura 4: Análisis 5 Porque's de uso de contenedor inadecuado

C. Diseño de estrategia

1. Matriz de aplicación

Se elabora una matriz, con los números de parte que apliquen en esta línea, se agregan como columna los códigos de los clips y se selecciona en que numero de parte aplica, la frecuencia de uso y la ubicación de este clip en el arnés, como se muestra en la Figura 5. Esta matriz será ubicada en el rack para que el operador pueda saber cuántos clips debe de colocar en la regleta.

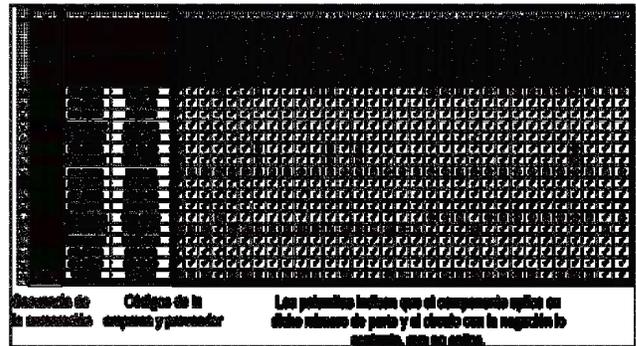


Figura 5: Matriz de aplicación de clips

2. Relación de bins

La relación de bins un análisis que se hace para poder conocer el tamaño y la capacidad que puede tener el recipiente contenedor, tomando como referencia la profundidad del mismo, como se muestra en la Figura 6.



Figura 8: Componentes del Rack 1 y determinación del tamaño de bins.

### 3. Diseño de racks operativos

Se elabora el diseño de los racks en el software Solid Works como se muestra en la figura 7. Se hacen distintas propuestas para que se pueda elegir la mejor presentación de este rack tomando en cuenta la ergonomía del operador.

Se realiza el diseño de la regleta donde serán colocados los clips teniendo una numeración correspondiente dependiendo en qué lugar del mylar estén ubicados. El material de esta regleta debe de ser algo que no genera un alto costo a la empresa por eso mismo como se mencionó anteriormente se utiliza el material MDF y en conjunto de unos elásticos para que los componentes se pudieran sostener.

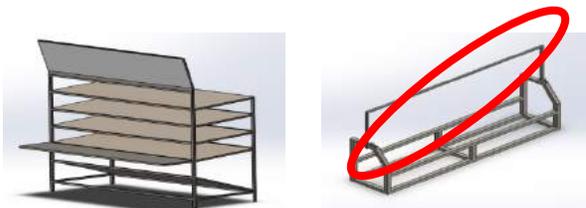


Figura 7: Simulación del Rack en el software SolidWorks.

### 4. Diseño de regleta

Se crea la idea del diseño de una regleta y un rack de clips figura 8, la cual facilitara tener los materiales a la mano de los operadores y el surtido de los componentes. Esta regleta será colocada en los conveyores para que esto se ha más fácil para los operadores y no tengan que cargar bolsas, esto es lo que actualmente sucede. La regleta tiene como finalidad eliminar todo el tiempo muerto que se genere por el acercamiento del operador hacia los clips.

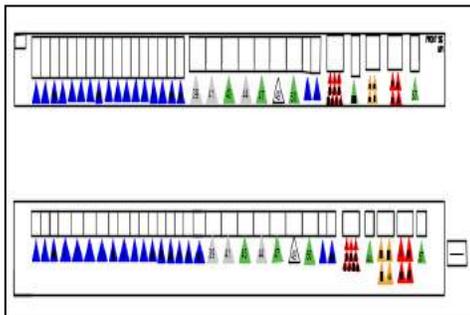


Figura 8: Diseño de Kaizen para organizar clips

### 5. Diseño de Racks de clips

Posteriormente se procede al diseño de rack de clips donde se acomodan las regletas contenedoras de los clips, como se muestra en la figura 9.

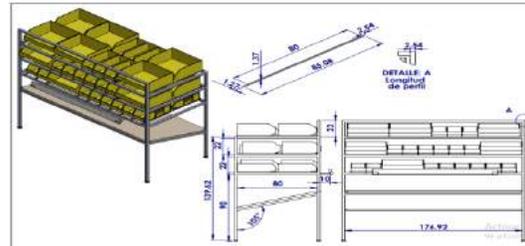


Figura 9: Diseño de Rack de clips

## III. RESULTADOS

Con este Kaizen se propone la eliminación de las artesas y sustituirlas por este rack de tal manera que se tenga control del número de material que se necesita por componente, quedando la línea de ensamble como se muestra en la figura 10.

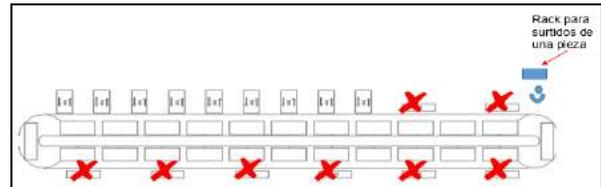


Figura 10: Línea de ensamble sin artesas

Se eliminaron los componentes erróneos o faltantes dentro de los arneses. Al tener todo el material en una sola área y señal clara para volver a surtir el material, la eficiencia de servicio de los feeder aumento. Y se observan mejoras en tiempos de operación en el rotary ya que se tiene todo el material necesario para el operador cerca del punto de uso.

Disminuyó la opción de mezclar material, reduciendo el número de operadores que distribuyen los componentes. Obteniendo un 97% de reducción en defectos por inserción de clips como se muestra en la figura 11. También se optimizó el número de personal asignado al dejar disponibles 3 operadores para otras tareas por el hecho de que la línea tiene su material cerca del punto de uso, facilitando el acceso para surtir las regletas.

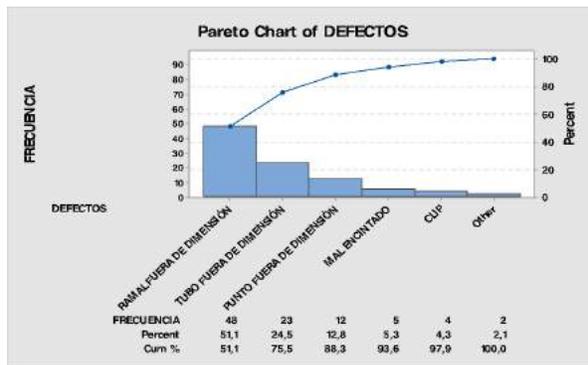


Figura 11: Diagrama de Pareto de defectos en la

El defecto clip pasa de ser el primer al sexto lugar en defectos. Reduciendo un 97% la aparición de defectos, por esta causa y de un 53.8% a un 4.3% en relación a todos los defectos.

Para evidenciar los resultados se realiza la validación de la implementación de la mejora o el kaizen para lo cual, se utilizan los mismos instrumentos de recolección de datos y se realiza un comparativo de los tiempos utilizados en la búsqueda de materiales como se muestra en la Tabla 1.

TABLA I: COMPARACIÓN DE TIEPOS

Operación	Tiempo Método Actual (Segú.)	Tiempo Método Propuesto (Segú.)
Inserción de clips	1.24	1.19
Búsqueda de clips	.24	.17

Para obtener la productividad en relación al tiempo se utiliza la relación de resultados entre insumos.

#### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En conclusión la mejora continua es indispensable en todas las empresas de tal manera, que siempre se debe de tener un pensamiento divergente que permita encontrar soluciones optimas haciendo uso de las metodologías existentes, como en este caso se utilizaron; Kaizen, circulo de Deming, Los siete desperdicios, entre otras. También puedo agregar que la combinación de herramientas para la solución de problemas, depende de la visión del analista para resolver un problema o para mejorar una situación, por otra parte se concluye con la afirmación de la efectividad del uso de herramientas de mejora continua focalizadas a la solución de problemas como en el caso descrito.

Se valida la hipótesis que enuncia que “Mediante la implementación de un Kaizen en la operación, se reduce los tiempos de trabajo y se eliminan los tiempos muertos, ocasionados, y se logrará incrementar la productividad en el proceso”, pues el Kaizen realizado dentro de las líneas de producción hizo un cambio significativo al momento de hacer un surtido de solo una pieza, logrando reducir en un 97% la aparición de defectos, generando un orden dentro de cada operación haciendo que el operador reconozca que clip debe de colocarse. Por otra parte con la asignación de una sola persona encargada de hacer el surtido del rack y de la reglilla economiza a los operadores el movimiento de surtido, generando un ahorro en el tiempo asignado. Como mejora se implementa en una sola línea y con la proyección de aplicarse a las demás líneas de producción

Las recomendaciones para la mejora de este proceso es que se realice un seguimiento en los cambios de modelo para implementar las mismas estrategias en los tiempos oportunos.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de san pedo de las Colonias por brindar las facilidades para realizar el estudio.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] Suárez- Barraza, Manuel F., & Castillo-Arias, Ileana, & Miguel-Dávila, José-A (2011). La aplicación del Kaizen en las organizaciones mexicanas. Un estudio empírico. Journal of Globalization, Competitiveness & Governability / Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad / Revista de Globalização, Competitividade e Governabilidade, 5(1),60-74.[fecha de Consulta 29 de Abril de 2021]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=511851326007>
- [2] Michalko M. (2001). *Thinkertoys*. Barcelona. Ediciones *Gestión 2000 SA*.
- [3] Scholtes P. (1991). *El Manual del Equipo*. Madison, Wisconsin, Estados Unidos de América. JoinerAssociatesIncorporated.
- [4] Para, J. E. (2007). Cuando la Mejora se hace realidad. Madrid, España: Industrial 271.
- [5] Ortiz, C. (2006). “Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line. Editorial CRC Press
- [6] Adnan A.N., Jaffar A., Yusoff N. and Halim A. (2014). Implementation of Continuous Flow System in Manufacturing Operation. *Applied Mechanics and Materials* 393, 9-14
- [7] Adnan A.N., AinArbaai N. and Ismail A. (2016). Improvement of overall efficiency of production line by using line balancing. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences* 11, 7752-7758

1cm

## VII. BIOGRAFÍA



**Elda Segovia Ávila.** San Pedro, Coahuila, 16 de Noviembre de 1976. Ingeniero Industrial por la Universidad Iberoamericana Plantel Laguna, Torreón, Coahuila 1998, Maestría en Educación por el Universidad Interamericana para el desarrollo, Gómez Palacio Durango 2010.

Ella actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias en San Pedro Coahuila. Las líneas de investigación de interés del autor son: Ingeniería Industrial. Producción y Manufactura, logística y cadena de suministro.

Colaboradora en la línea de Investigación Educativa con resultados publicados en revistas por distintos congresos de relevancia nacional e internacional. M.E Segovia es profesor PRODEP.



**María Isabel Luna Reyes** San Pedro de las Colonias, 20 de Diciembre de 1977 Licenciatura en Informática. Maestría en Educación. Universidad del Valle de México 2015. Instituto Tecnológico de Torreón.

Actualmente labora como docente en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, en la carrera reingeniería Industrial.

Cuenta con experiencia en atención y capacitación de grupos. Colaboradora en la línea de Investigación Educativa con resultados publicados en revistas por distintos congresos de relevancia nacional e internacional.



**Gerardo Sánchez Chaparro.** Gómez Palacio, Durango, 17 de Marzo de 1972. Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila 1996, Licenciatura en Educación Superior por la Escuela Normal Superior de la Laguna C.I., Gómez Palacio, Durango 2016, Maestría en Sistemas de Calidad por el Instituto Internacional de Administración

Estratégica, Torreón, Coahuila 2016.

Profesionalmente desempeñando funciones de Ingeniero de SMT (Surface mount technology) nivel "F" en la empresa Toshiba Electromex, S.A. de C.V. Cd. Juárez, Chihuahua. Entre otras empresas del ramo de manufactura automotriz en San Pedro, Coahuila.

Actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias. La línea de investigación de interés en que participa es: Ingeniería Industrial. Producción y Manufactura.

# Determinación del número óptimo de unidades en un sitio de taxis, usando simulación en Simio

L. Fuentes-Rosas<sup>1</sup>, A. G. López-Cabrera<sup>1</sup>, L. Rojas-Mora<sup>1</sup>

**Resumen**— Se realizó un estudio de simulación a un sitio de taxis que ofrece los servicios de transporte colectivo y especial, con el objetivo de determinar el número de unidades óptimo a utilizar. Para estimar las características del sistema se tomaron datos de las variables independientes: tiempo entre llegadas de los pasajeros y tiempo de viaje redondo a los diferentes destinos. Las bases de datos de las variables fueron tratadas estadísticamente mediante pruebas de bondad de ajuste, encontrando que se ajustaron a distribuciones teóricas conocidas. Para la construcción del modelo de simulación (MS) se utilizó el simulador SIMIO, que ofrece las ventajas de relativa facilidad en su programación y provee una animación en 3D que lo hace sumamente atractivo. Se obtuvo, con un 95% de confianza un modelo representativo del sistema real. Los resultados arrojaron una utilización promedio de las unidades de transporte colectivo del 73%. Por medio de Teoría de líneas de espera se determinó el número de unidades óptimas a emplear, mismas que al correrse nuevamente el modelo arrojaron un porcentaje de utilización del 87%, ofreciendo una mejora del 14% en el indicador.

**Palabras claves**—Simulación, modelo, simio, líneas de espera.

**Abstract**— A simulation study was carried out on a taxi site that offers collective and special transport services, to determine the optimal number of units to use. To estimate the characteristics of the system, data were taken from the independent variables: time between passenger arrivals and round-trip time to the different destinations. The databases of the variables were statistically treated using goodness of fit tests, finding that they adjusted to known theoretical distributions. For the construction of the simulation model (SM), the SIMIO simulator was used, which offers the advantages of relative ease in programming and provides a 3D animation that makes it extremely attractive. A representative model of the real system was obtained with 95% confidence. The results showed an average utilization of public transport units of 73%. By means Waiting Lines Theory, the number of optimal units to be used was determined, which when the model was run again yielded a utilization percentage of 87%, offering an improvement of 14% in the indicator.

**Keywords**— simulation, model, simio, waiting lines.

## I. INTRODUCCIÓN

El transporte público colectivo es un eje importante para la

planeación y gestión de las ciudades, se ha consolidado como un servicio que atiende a un gran número de personas, por ello es un tema que requiere de estudio, innovación e intercambio constante de informaciones entre los actores involucrados[1].

Para las ciudades, tanto pequeñas como medianas, el transporte público es una necesidad que se caracteriza por tener bajo costo en su infraestructura y menor consumo de espacio físico, además, asegura una posibilidad real de acceso para todas las personas [2].

Actualmente los desplazamientos urbanos constituyen, para los habitantes de una ciudad, un elemento muy importante en su vida cotidiana, no solo por el tiempo que se pasa en ellos para satisfacer sus necesidades de tener acceso al trabajo, a los comercios, a los entrenamientos, sino que va formando parte de un verdadero derecho al transporte [3].

La simulación es una de las técnicas más ampliamente utilizadas en la investigación de operaciones [4], es una herramienta probada para el análisis de procesos productivos, y consecuentemente un medio de experimentación de las variables involucradas, esto en aras de mejorar el desempeño operacional [5]. Se entiende por simulación el estudio de un sistema o sus partes, a través de la manipulación de su representación, sea esta un modelo matemático o un modelo [6]. La simulación puede ser utilizada en los sistemas de transporte y distribución para apoyar decisiones de ruteo, análisis de desempeño, entre otros aspectos [7].

Para la conducción de un estudio de simulación es necesario la construcción de un modelo el cual se obtiene de las variables dominante (representativas) del sistema o parte del sistema de interés. Las relaciones lógicas y matemáticas que posee un MS permiten describir el comportamiento y estructura de los sistemas [8].

Los modelos de simulación son muy útiles porque permiten realizar cambios en los valores de los parámetros, definir y evaluar medidas de desempeño de los sistemas ante dichos cambios [9], de tal forma que se puedan evaluar las decisiones antes de llevarlas a la práctica.

SIMIO (Simulation Modeling based on Intelligent Objects) es un software de simulación de flujo de procesos por eventos discretos, basado en objetos y procedimientos, que permite

*Héroes de Puebla, Col PEMEX, C.P. 95180., Tierra Blanca, Veracruz, México.*

[Liliana.fuentes@itstb.edu.mx](mailto:Liliana.fuentes@itstb.edu.mx).

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, División de Estudios de Ingeniería Industrial, Av. Veracruz s/n, Esq.

representar todo tipo de situaciones de la vida real o del futuro. Está orientado a objetos, ofrece una interfaz gráfica sencilla que hace que el aprendizaje de construcción de sistemas sea fácil y que cualquier persona sea capaz de entenderlo y de controlarlo [10].

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

### A. Metodología

La metodología seguida en esta investigación comprendió el estricto apego a los pasos mostrados en la Figura 1:

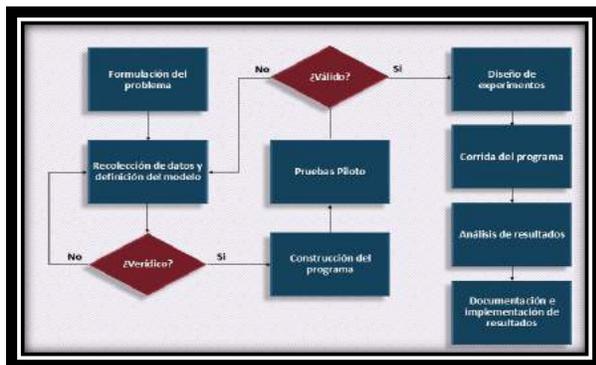


Figura 1. Metodología de simulación (Fuente [11])

### B. Formulación del modelo

El primer paso para el desarrollo del modelo de simulación (MS), fue conocer el sistema, el cual corresponde al sitio de taxis “24 de junio” ubicado en la localidad de San Juan Coajomulco, municipio de Jocotitlán, en el Estado de México. El sitio ofrece los servicios de transporte en dos modalidades: colectivo y especial. Cuenta con 10 unidades (taxi), tres de ellas destinadas al servicio especial y siete para el servicio colectivo.

El objetivo del estudio fue construir un modelo de simulación representativo del sistema real para conocer el comportamiento de las medidas de desempeño más representativas y también para realizar análisis de sensibilidad ante cambios en los parámetros.

### C. Formulación del modelo

Para la definición del MS fue necesario obtener datos de las variables representativas del sistema, resultando ser estas: tiempo entre llegadas de los pasajeros, porcentajes de pasajeros servicio colectivo, porcentaje de pasajeros servicio especial, destinos más frecuentes (servicio especial), tiempos de recorrido (viaje redondo) a cada destino, costo por viaje por persona en caso de servicio colectivo y costo de viaje especial.

Para la toma de datos se diseñó un formato de recolección, el periodo de recolección fue durante los meses de noviembre 2020 a enero 2021, cubriendo aleatoriamente un horario de 12 horas al día (7:00 a 19:00). Las bases de datos se crearon

en Excel para mejor control y orden; fueron tratadas estadísticamente mediante pruebas de bondad de ajuste (Kolmogorov-Smirnov, Anderson Darling y Chi-cuadrada), utilizando el software Stat::Fit.

Se identificaron ocho destinos más frecuentes en el formato de Servicio Especial: Santa Cruz, San Marcos, La Pera, Atlacomulco, Jocotitlán, San José, San Miguel y Santa María; en cuanto al colectivo el destino final es San Felipe Progreso. En caso de servicio colectivo el taxi se mueve hasta que tiene la capacidad llena (4 pasajeros).

Del tratamiento estadístico de las variables representativas se tuvo como resultado que todas se ajustaron a distribuciones teóricas conocidas. La figura 2, muestra los resultados del tratamiento estadístico a la variable tiempo entre llegadas.

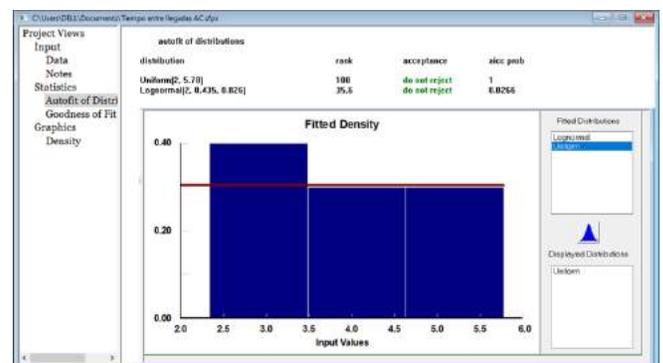


Figura 2. Resultados del tratamiento estadístico de la variable tiempo entre llegadas

El proceso que siguen los pasajeros en el sitio de taxis se muestra en la figura 3.

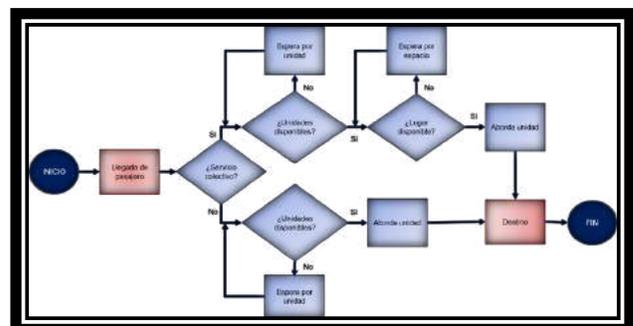


Figura 3. Diagrama de flujo de proceso del Sitio de taxis “4 de junio”

### D. Verificación del modelo

Se verificó que el modelo conceptual mostrado en el diagrama de flujo (figura 3) y los tiempos de las variables representarían al sistema de manera correcta.

### E. Construcción del modelo

Para la construcción del MS se realizó la traducción del modelo conceptual al lenguaje de programación de SIMIO®. Se definieron elementos tales como: Source, ModelEntities,

Servers, Sinks, Vehicles, TimePaths y BasicNodes. La figura 4 muestra dos vistas en 3D del modelo construido en SIMIO®.

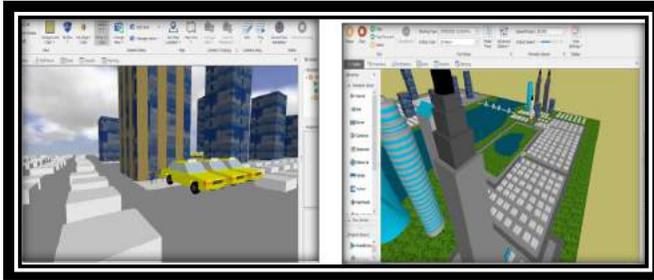


Figura 4. Vistas en 3D del modelo de simulación

F. Pruebas piloto

Se realizaron 10 corridas piloto resultando del análisis de las mismas que el MS representaba adecuadamente al sitio de taxis. Además se obtuvo información para realizar la validación del modelo.

G. Validación del modelo

La validación del modelo es un procedimiento matemático cuya importancia radica en asegurar que los datos que arroja el MS son estadísticamente iguales a los del sistema real [11]. El procedimiento de validación de un MS se hace mediante la prueba t-pareada, que es una prueba de hipótesis que compara una muestra aleatoria del sistema real contra una muestra aleatoria del modelo de simulación. Todas las variables fueron sometidas a validación. La tabla 1 contiene dos muestras de datos, tanto reales como simulados, de la variable tiempo entre llegadas así como los resultados de las operaciones necesarias para el proceso de validación del modelo, donde:

$X_i$ = tiempo promedio entre llegadas de pasajeros al sitio de taxis (minutos) del sistema real

$Y_j$ = tiempo promedio entre llegadas de pasajeros al sitio de taxis (minutos) del modelo de simulación.

TABLA I  
MUESTRAS APAREADAS DE LA VARIABLE TIEMPO ENTRE LLEGADAS AL SITIO DE TAXIS

Corridas	DATOS		$Z_j = X_i - Y_j$	$(Z_j - \bar{Z}_{10})^2$
	Reales $X_i$	Simulados $Y_j$		
1	2.34	4.63	-2.29	7.145
2	3.45	3.07	0.38	9E-06
3	2.34	2.87	-0.53	0.833
4	4.00	3.07	0.93	0.299
5	4.04	2.97	1.07	0.472
6	5.00	3.98	1.02	0.406
7	3.23	3.46	-0.23	0.376
8	5.34	2.10	3.24	8.162
9	4.43	5.02	-0.59	0.947
10	5.78	4.95	0.83	0.199
		SUMA	3.83	18.840
		PROMEDIO	0.383	

Se definieron las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : No existe una diferencia significativa entre la media del conjunto de datos del sistema real y la media del conjunto de datos del MS
- $H_1$ : Existe una diferencia significativa entre la media del conjunto de datos del sistema real y la media del conjunto de datos del MS

Se utilizó un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) y se determinó el intervalo de confianza (ecuación 1):

$$\bar{Z}_{10} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\text{Var}(\bar{Z}_n)} = (-0.6519, +1.4179) \quad (1)$$

Dado que el intervalo resultante incluyó al cero, no se puede rechazar la  $H_0$ , concluyendo con un 95% de nivel de confianza que cualquier diferencia observada entre los datos del sistema real y los del modelo de simulación no es estadísticamente significativa y puede deberse a fluctuaciones aleatorias, aceptando que el modelo es válido.

Los resultados de todas las variables derivaron intervalos que incluyen al cero lo que robustece la utilidad y veracidad del modelo.

H. Diseño de experimentos y corrida del modelo

Se determinó el número óptimo de corridas, para ello se tomaron 10 corridas piloto usando un nivel de confianza (1- $\alpha$ ) del 95% [12].

La tabla 2 muestra los resultados de los cálculos de la media, varianza y  $\beta$ , datos que son necesarias para el cálculo de número de corridas (diseño de experimentos)

TABLA 2  
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PILOTO

Corridas	Tiempo promedio simulado
1	2.86
2	2.64
3	4.77
4	3.21
5	3.04
6	2.48
7	4.55
8	4.79
9	4.18
10	5.33
<b>Media</b>	<b>3.785</b>
<b>Varianza</b>	<b>1.095983333</b>
<b>B=5%</b>	<b>0.1892</b>

Una expresión aproximada para el número total de replicaciones  $n^*(\beta)$  requerido para obtener un error absoluto  $\beta$  es dado por:

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n : t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}} \leq \beta \right\} \quad (2)$$

Donde:

$i$ = Número óptimo de corridas

$\beta$ = Error absoluto

$\alpha$ = Nivel de significancia

$1-\alpha$ = Nivel de confianza

$s^2_n$ = varianza de las corridas de la variable

$t$ = valor de tablas de la distribución t-student

$n$ = Número de corridas piloto

Es posible determinar  $n^*(\beta)$  incrementando  $i$  en uno hasta que un valor de  $i$  se obtiene para el cual:

$$t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}} \leq \beta \quad (3)$$

Utilizando la ecuación 3 y los datos de la tabla 2, resultó que el número de replicaciones óptimas es 118, incrementando  $i$ , en uno hasta que se cumpla la ecuación 4.

$$i=118 \quad 1.96 \sqrt{\frac{1.0959}{118}} = 0.1888 \leq 0.189 \quad (4)$$

El modelo se corrió 118 veces.

### I. Análisis de resultados

Los resultados que arroja el MS, evidencia que el 78% de los pasajeros que llegan a ese sitio demandan el servicio colectivo. En promedio se dieron 149 llegadas (de las cuáles el 40% era 1 pasajero, el 45% 2 pasajeros y el resto 3 o más pasajeros) por periodo simulado (12 horas por día). La utilización promedio de los taxis de servicio especial es del 56%, mientras que para el servicio colectivo es del 73%. El tiempo promedio, en minutos de un viaje colectivo es de 25 minutos (solo viaje de ida).

El porcentaje de utilización de los taxis colectivos da pauta a considerar la opción de probar el cumplimiento del servicios con menos unidades.

## III. RESULTADOS

Con base en el análisis de resultados del MS se tuvo evidencia para probar, específicamente en el servicio colectivo, el número mínimo de unidades a utilizar que no afecten el servicio en cuanto a calidad y agilidad pero que incremente el porcentaje de utilización de las unidades.

Para tal objetivo se recurrió a la Teoría de Líneas de espera (también conocida como Teoría de colas). Un sistema de líneas de espera suele definirse como un conjunto que integra clientes, servidores y una disciplina de la cola (orden en que los clientes son atendidos), siendo un proceso de nacimiento y muerte. Se considera nacimiento cuando un cliente ingresa al sistema para recibir el servicio y muerte cuando el cliente sale del sistema una vez recibido el servicio [13].

De la notación Kendall y Lee, se tomó el modelo M/M/S se tiene que:

$$\frac{\lambda}{s\mu} < 1 \quad (3)$$

Para estabilizar el sistema (no explote el sistema), en donde:

$\lambda$ = tasa media de llegadas

$\mu$ = tasa media de servicio

$s$ = número de servidores

Tomando como referencia la fórmula y con los parámetros obtenidos del sistema, se obtuvo que el número óptimo de unidades para la atención del servicio colectivo es de cinco taxis.

El MS fue modificado con solo 5 unidades y al correrse 118 veces arrojó que el porcentaje de utilización promedio de los taxis fue de 87%, lo que representa un incremento del 14%. Esto significa que las unidades pasan más tiempo dando servicio que esperando por clientes.

## IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Se obtuvo, con un 95% de confianza, un modelo de simulación representativo del sistema real en el que se probó la sensibilidad ante el cambio de número de unidades de taxis en el servicio colectivo, y se obtuvo que el MS fue capaz de predecir el comportamiento del sistema, una vez modificados los valores de los parámetros, lo que corrobora el poder de la simulación como técnica líder de investigación operativa.

El simulador SIMIO® ofreció una animación en 3D muy realista, lo que otorga un atractivo interesante, además de contar con una programación amigable, haciendo en conjunto la recomendación amplia sobre su uso.

Se recomienda darle continuidad a la investigación es de tipo transversal (tiempo determinado) y dadas las condiciones impuestas por la pandemia que se vive actualmente pudiera ser que la afluencia de pasajeros pueda incrementarse conforme se vaya superando dicho acontecimiento sanitario.

## V. Referencias

- [1] Rojas, F. y Mello, C. (2005). El transporte público colectivo en Curitiba y Bogotá. Brazil, Ingenierías. [en línea]. 21, pp. 106-115. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n21/n21a11.pdf>
- [2] Delfin, O. y Melo, A. (2016). Eficiencia del transporte público en la ciudad de Michoacán (México) en el año 2015: un análisis de la envolvente de datos. Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión [en línea]. 25(2), pp. 7-23. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfce/article/view/3066/2601>
- [3] Molinero, M. y Sánchez A. (1998). Transporte público: planeación, diseño, operación y administración. 3. Ed. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- [4] Law, A.M. y Kelton, W.D. (2000). Simulation Modeling & Analysis. Ed. USA: McGraw-Hill.
- [5] Cantú, J.R.; Guardado, M.C. y Balderas, J.R. Luis (2016). Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa, 4, pp. 1-21. Disponible en: <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/567/604>
- [6] Himmelblau, D.M. y Bischoff, K. B. (1992). Análisis y simulación de procesos. Ed. México: Reverté.

- [7] Gómez, R. y Correa, A. (2011). Análisis de transporte y distribución de materiales de construcción utilizando simulación discreta en 3D. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 30, pp. 39-51. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/29292>
- [8] Bú, R.C. (2003). *Simulación: un enfoque práctico*. Ed. México: Limusa.
- [9] Treviño, J.E. y Serrano, L.A. (2006). Simulación de sistemas de transporte público masivo. *Ingeniería e Investigación*, 26(1), pp. 51-57. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v26n1/v26n1a07.pdf>
- [10] Narella, B. (Octubre de 2017). Modelos innovadores de simulación de eventos discretos para la mejora de procesos. XXI Encuentro de Jóvenes Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral. Congreso llevado a cabo en Santa Fé, Argentina.
- [11] Fuentes, L.; López, A.G.; Tobón, L.G. y Moras, C.G. (2019). Análisis de la red logística de un crucero vial utilizando simulación en SIMIO para evaluar la alternativa decolocar un semáforo. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo*, 1(5), pp. 1-6. Disponible en: <http://revistacid.itslerdo.edu.mx/coninci2019/CID016.pdf>
- [12] Chung, C.A. (2004). *Simulation Modeling Handbook a Practical Approach*. Ed. Washington D.C.:CRC PRES.
- [13] Izar, J. M. (2008). *Investigación de Operaciones*. Ed. México: Trillas.

## VI. BIOGRAFÍA



**Fuentes Rosas, Liliana.** Es doctoranda en Ciencias de la Administración en la Universidad Cristóbal Colón, Veracruz, México. Maestra en Ciencias en Ingeniería Administrativa y Licenciada en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México.

Ella actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Veracruz, México, en la División de Posgrado e

Investigación en la Maestría de Ingeniería Industrial y en la División de Ingeniería Industrial. Las líneas de investigación de su interés son: simulación y redes logísticas, estadística aplicada y productividad humana.

La Maestra Fuentes pertenece al Colegio Nacional de Ingenieros Industriales (CONAI), a la Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (SEMAC) y a la Red Iberoamericana de Academias de Investigación (REDIBAI). Es Perfil Deseable por PRODEP y líder del Cuerpo Académico Productividad y Mejora continua.



**López Cabrera, Anibal Gaudencio.** Es Maestro de Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México. Licenciado en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Veracruz, México.

El actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Veracruz,

México, en la División de Ingeniería Industrial. Las líneas de investigación de su interés son: simulación y redes logísticas, estadística aplicada e Inteligencia Artificial.

El Maestro López pertenece a la Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (SEMAC) y a la Red Iberoamericana de Academias de Investigación (REDIBAI). Es Perfil Deseable por PRODEP y colaborador del Cuerpo Académico Productividad y Mejora continua.



**Rojas Mora, Lot.** Es Doctor en Administración y Desarrollo Empresarial por el Colegio de Estudios Avanzados de Iberoamérica, Xalapa, Veracruz, México. Maestro en Electrónica por la Universidad del Centro de Veracruz y Licenciado en Ingeniería Eléctrica por el Insituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México.

El actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Veracruz, México, en la División de Estudios de Ingeniería Industrial. Las líneas de investigación de su interés son: Administración de personal, redes logísticas y matemáticas aplicadas.

El Doctor Rojas pertenece a la Red Iberoamericana de Academias de Investigación (REDIBAI). Es Perfil Deseable por PRODEP y líder del Cuerpo Académico Ingeniería Aplicada en Procesos Productivos.

# Optimización en la soldadura por rotación de poliamidas

A. Vivaldo-Vicuña<sup>1</sup>, L. Cortez-Calderon<sup>1</sup>, A. Márquez-Vázquez<sup>1</sup>, E. Aquino-Díaz<sup>1</sup>

**Resumen**— Dentro de la industria automotriz se utiliza una gran cantidad de materiales para la fabricación de diferentes componentes y en años recientes se emplean los materiales de poliamidas. Los componentes por analizar se utilizan para enfriar el aceite de la línea de transmisión en autos de diferentes marcas.

La razón de la publicación de este artículo es dar a conocer cómo se mejoró el proceso de soldadura por rotación, del conector en el tubo.

El objetivo consiste en reducir los tiempos de ciclo en ese proceso dentro de la empresa Veritas Automotive que oscilaban entre 1 minuto con 15 segundos, hasta 1 minuto con 20 segundos por cada pieza.

Los resultados obtenidos fueron: reducción del tiempo de ciclo, disminución del rechazo de las piezas, y se obtuvo una mayor producción.

**Palabras claves**— línea de transmisión, poliamidas, soldadura por rotación.

**Abstract**— Within the automotive industry a large number of materials are used to manufacture different components and in recent years polyamide materials are used. The components to be analyzed are used to cool the transmission line oil in cars of different brands.

The reason for the publication of this article is to show how the rotary welding process, from the connector to the tube, was improved.

The objective is to reduce cycle times in this process within Veritas Automotive, which ranged from 1 minute 15 seconds to 1 minute 20 seconds for each part.

The results obtained were: reduction of the cycle time, reduction of the rejection of the pieces, and a higher production was obtained.

**Keywords**— polyamides, rotary welding, transmission line.

## I. INTRODUCCIÓN

Los polímeros son un tipo particular de macromolécula, que se caracteriza por tener una unidad que se repite a lo largo de la molécula (López, 2004), el polímero se utiliza como sinónimo de plástico (Castells, 2012), las poliamidas son

adecuadas para la inyección y extrusión de piezas técnicas (Juarez, 2018).

Los conectores fabricados para la industria automotriz son de Poliamida 610 (PA610) con fibra de vidrio al 30% para darle una mayor resistencia mecánica y dureza. Las PA610 el número 6 se refiere a la cantidad de átomos en el carbono, estos materiales están compuestos de aproximadamente 60% de recursos renovables (Plastic Agents, 2007) Las principales aplicaciones para esta PA 610 son (Polymer, 2018): Partes Industriales, Monofilamentos, Componentes estructurales, Tubo de extrusión

El problema a resolver es el alto tiempo ciclo de soldado, debido a que tienen una alta producción y no se dan abasto para cumplir con la demanda de los clientes. Se requiere hacer un análisis para reducir los tiempos en el proceso de soldado por rotación y realizar las mejoras necesarias.

Se utilizan distintas tecnologías de unión para piezas mecánicas, en este trabajo se utilizó la soldadura por rotación, la técnica consiste en una herramienta rotante con una geometría particular que se inserta en una junta soplada permaneciendo un periodo de tiempo y siendo finalmente extraída (Piccini, 2017), cuando se hace la inserción de la herramienta se produce calentamiento en el material por la fricción, en el otro extremo el pin agita el material generando la soldadura sólida en ambas piezas (Lathabai S., 2006) (Tran, 2009) (Quevedo R., 2020). Este proceso de soldadura se destaca por la relación de calor por fricción combinado por presión (Schafer, 2014)

El objetivo de este artículo fue realizar la optimización en la soldadura por rotación de poliamidas.

Los trabajos previos en este ramo son mínimos debido a que el proceso es relativamente nuevo y no se encuentra información en la literatura.

s/n San Lucas Atoyatenco, San Martín Texmelucan, Puebla, México  
C.P.74120  
araceli.vivaldo@smartin.tecnm.mx

<sup>1</sup> Profesor de Tiempo completo en TECNM campus San Martín Texmelucan Adscrita a Ing Electromecánica con dirección en calle barranca de pesos

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

METODOLOGÍA

1. Se realiza una inspección visual de la máquina y se toman videos para analizar los movimientos y tiempos que realiza en cada conector.
2. Poner en práctica los conocimientos del comportamiento de las Poliamidas.
3. Proponer mejoras que ayuden a reducir el tiempo de ciclo.
4. Realizar las pruebas necesarias para comprobar la funcionalidad.
5. Documentar las actividades realizadas
6. Implementar PDCA

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se emplea el método PDCA (Plan, Do, Check, Act) que es uno de los diferentes métodos que se emplean para optimizar procesos:

- Se planea lo que se va hacer
- Hacer la implementación
- Verificar que funciona
- Actuar por si tiene que realizar algún ajuste final

La figura 1 muestra las cabinas donde se realiza el monitoreo de movimientos, parámetros y ajustes de la máquina para poder evaluar lo que pudiera estar ocasionando el problema de malas soldaduras y tiempo de ciclo elevados.



Figura 1. Cabinas de soldadura

Después de recabar la información se analizan los datos y se realizan propuestas para mejorar los tiempos de ciclo y hacer más eficiente el proceso.

En la figura 2 se muestra el esquema de como se realiza la soldadura para los conectores, se tienen dos cabinas de soldado alienadas y cada una de ellas realiza la soldadura de

un conector específico para el extremo del tubo, los parámetros se comparten y son universales, es decir, que se pueden invertir las herramientas y siguen funcionando igual.

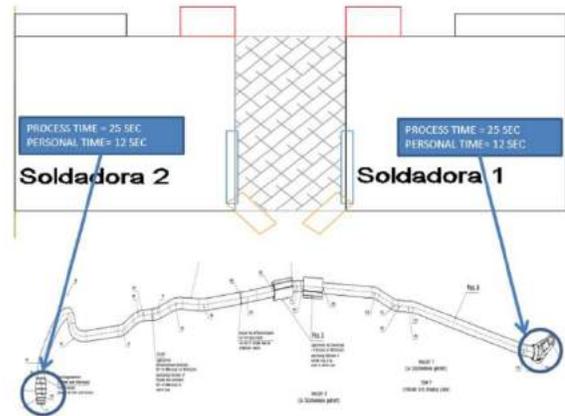


Figura 2. Esquema de las cabinas

En la figura 3 Se observa que el abocardador que posee la máquina no expande de manera adecuada el tubo junto con el proceso de calentamiento que también es deficiente, lo que provoca todas las fallas actuales y que las piezas sean scrap por mala soldadura.



Figura 3. Abocardador

Se realiza una muestra de 50 piezas de producción y se nota que a rpm menores a 8 y mayores a 14 es cuando existe el mayor índice de rechazo como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1  
Scrap por malas soldaduras

VALOR ACEPTABLE 8-14 RPM		
RPM	PIEZAS	% SCRAP
6	2	4%
7	6	12%
15	18	36%
16	15	30%
17	2	4%
18-	7	14%
	50	100%

Para solucionar el problema de alto scrap en las piezas soldadas, se propone un diseño nuevo de abocardador de metal con las especificaciones especiales de acuerdo a las dimensiones y características de la máquina, los cuales son hechos en Catia y mandados a fabricar con proveedor de maquinados.

En la figura 6 se observa que el pin del lado izquierdo es el diseño original que no funciona adecuadamente y del lado derecho está el nuevo diseño propuesto.

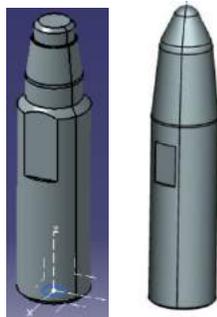


Figura 6. Diseño de abocardadores

Con el nuevo diseño ya fabricado se procede a montarlos en la máquina y se verifico los ajustes y tolerancias mecánicas manualmente para validar que no hubiera conflictos de colisión y/o daños con otros componentes.

Se ajusto con parámetros los movimientos para que concordarán a las nuevas dimensiones del abocardador y los tiempos de calefacción, así como las posiciones en las que se debería activar dicha resistencia.

Se verificó el correcto funcionamiento de la máquina con varias pruebas de soldadura y revisando las conexiones visualmente y con pruebas de laboratorio de pull-off para validar y liberar el proceso para producción en serie.

Se monitoreo durante 3 meses toda la producción de serie y se registró el aumento en la eficiencia de la estación pasando de un 70% a un 88%.

### III. RESULTADOS

Despues de realizar el análisis PDCA se fabricó el abocardador con dimensiones diferentes y el mismo material de acero H13, siendo de mayor longitud y diseño diferente al usado de fabricación como se muestra en la figura 7, se procede a realizar las pruebas para poder validar los resultados.



Figura 7. Abocardador de acero H13

En la figura 8 se muestra el abocardador con nuevo diseño que está haciendo una correcta expansión del tubo precalentado previamente. La expansión se hace lentamente para evitar deformar el tubo.

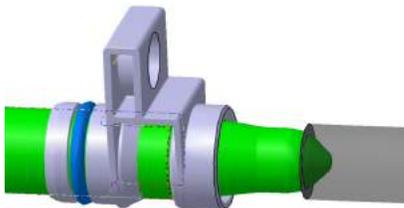


Figura 8. Expansión de tubo

En la figura 9 se mide el nivel de expansión del tubo conseguido, que fue 1.4 mm mayor al diámetro original 14 mm; lo cual es buen resultado para la inserción del conector.



Figura 9. Diámetro externo del tubo.

Después de soldar varios conectores se realizan cortes axiales como se muestra en la Figura 10 para validar que la soldadura entre el tubo y el conector se hizo de manera correcta, esta inspección es visual y posteriormente se intenta separar el conector del tubo halando con pinzas para tratar de separarlos.



Figura 10. Cortes axiales

Si los componentes se llegaron a separar Figura 11, significa que no se está soldando correctamente y se tiene que mejorar los parámetros en la máquina.



Figura 11. Corte axial mal soldado

Para tener una base fundamentada sobre la calidad de la soldadura se realiza prueba de “Pull-off” (separación) con un tensiómetro calibrado y los resultados que arroja se muestran en la tabla 2 que indica los valores aceptables serán los mayores a 1500N.

Tabla 2

Características por cumplir de la prueba

**Test report**

Customer : BMW  
 Test standard : Criterio de aceptacion >1500 N @ 50 mm/min  
 Note : Validacion  
 Machine data : Tensometro Marca: Zwick/Roell  
 Modelo: Z010  
 Celda de carga: 10 KN

La especificación del cliente se obtiene del dibujo siendo esta de 1500Nm, en la Tabla 3 se observan los resultados obtenidos los cuales superan en un 60% el valor requerido.

Tabla 3.

Resultados obtenidos

Nr	Identificación de la muestra	N
1	R25342Ca-F28065I-a	2470
2	R25342Ca-F28065I-a	2330
3	R25342Ca-F28065I-a	2440

Todas las pruebas se realizaron bajo supervisión de calidad y todas piezas tuvieron una inspección visual por rebabas y posteriormente por medio de un tensómetro se validó la fuerza de la soldadura que cumpliera con la especificación del cliente mayor a 1500N

En la tabla 4 se muestra una corrida de producción en serie despues de la implementación y se observa que prácticamente las piezas rechazadas han desaparecido, en otras palabras, de un total de producción de una cabina de soldado de 706 piezas solo se rechazaron 7 lo que nos da un porcentaje de scrap del 0.99%.

Para la otra cabina 2 de 699 piezas totales no hubo ningún rechazo lo que deja un porcentaje de scrap de 0%.

Tabla 4.

Producción de piezas en las cabinas 1 y 2 en un turno

LINEA 1 27198CA		Piezas por hora = 95			
LIDER DE LINEA Carlos					
PRIMER TURNO	PRODUCCION	PIEZAS OK	PIEZAS NO OK	TIEMPO MUERTO	
6:30	C1 93	93	0	0	
7:20	C2 93	93	0	0	
7:30	C1 95	95	0	0	
8:30	C2 95	95	0	0	
8:30	C1 65	65	0	20min	
9:30	C2 65	65	0	20min	
9:30	C1 93	93	0	0	
10:30	C2 93	93	0	0	
10:30	C1 96	93	3	0	
11:30	C2 93	93	0	0	
11:30	C1 96	93	3	0	
12:30	C2 93	93	0	0	
12:30	C1 93	92	1	0	
13:20	C2 92	92	0	0	
13:30	C1 73	73	0	15min	
14:30	C2 73	73	0	15min	
TOTAL	C1 706	699	7	35min	
	C2 699	699	0	35min	

#### IV. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Con el uso del DOE (Diseño de Experimentos), con una buena planeación y con personal técnico capacitado fue posible mejorar el proceso e incluso optimizarlo más allá de lo planeado teniendo un resultado que superó las expectativas originales. La importancia de tener y desarrollar un buen perfil profesional puede hacer que haga muchas cosas que parecen difíciles de resolver.

El tiempo de ciclo final fue de 35 segundos a 40 segundos logrando un incremento en la producción del 80% en relación al rechazo de piezas inicialmente estaba en 25% se logra bajar al 5%.

Los resultados fueron muy favorables, y el mejorar el proceso de soldadura por rotación dio ventajas económicas a la empresa.

Cabe señalar que este proceso de soldadura por rotación tiene muy poca información debido a que no es muy común su empleo, es más común usar la inserción de los componentes

La ventaja se usar este método tolera más el desgarre, tiene mayor fuerza de desprendimiento en los componentes soldados.

#### RECOMENDACIONES

Se recomienda usar una resistencia por infrarrojo para mejorar el precalentado del tubo y así obtener un calentamiento uniforme y homogéneo lo que garantizará una adecuada soldadura.

#### V. REFERENCIAS

Castells, J. E. (2012). Reciclaje de Residuos Industriales. 25, 18.

Juarez, A. S. (2018). Diseño e implementación de un dispositivo para Ablandamiento de tubería Automotriz PA6 con case a la Norma DIN 16773-1. 18-27. Obtenido de [http://www.ecorfan.org/handbooks/Science\\_of\\_Technology\\_and\\_Innovation/Science\\_of\\_Technology\\_and\\_Innovation\\_2.pdf](http://www.ecorfan.org/handbooks/Science_of_Technology_and_Innovation/Science_of_Technology_and_Innovation_2.pdf)

Lathabai S., P. M. (Noviembre de 2006). Friction spot joining of an extruded Al-Mg-Si alloy. *Elsevier*, 55(10), 10. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2006.07.046>

López, F. (2004). Fundamentos de polímeros. *ResearchGate*, 3-15. doi:DOI: 10.13140/RG.2.1.2573.0000

Piccini, J. M. & Svoboda, H. G. (2017). Efecto de la velocidad de rotación y la indentación en soldadura de punto por fricción agitación de aleaciones de aluminio disimilares. *Revistade Metalurgia*, 53(1), 2. Obtenido de <https://doi.org/10.3989/revmetalm.090>

Plastic Agents. (2007). *Poliamidas biobasadas*. Alemnia: Plastic Agents. Recuperado el 26 de febrero de 2021, de <https://www.plasticagents.com/poliamidas-biobasadas-pa-6-10/>

Polymer, A. T. (2018). *Poliamida 610*. ARKEMA.

Quevedo R., F. T. (2020). Soldadura disimil por rotación continua entre una plancha de acero inoxidable y una barra de AISI 1045. *Científica Estudiantil del ISMM*, 1.

Schafer. (2014). Soldadura por fricción. *Biblio-Libros*, 24.

Tran, V. P. (2009). Effects of processing time on strengths and failure modes of dissimilar spot friction welds between aluminum 5754-O and 7075-T6 sheets. *Elsevier*, 3.

## VI. BIOGRAFÍA



**Valdo-Vicuña Araceli** originaria de Puebla, con estudios de ing Electrónica (2000) y maestría de dispositivos Semiconductores (2003) egresada de la BUAP en la ciudad de Puebla, México.

Ella actualmente labora en el TecNM campus San Martín Texmelucan del estado de Puebla como Profesora de Tiempo Completo adscrita a Ingeniería Electromecánica, la instrumentación y el control son los

temas de investigación de interés del autor.

M. C Vivaldo ha impartido diplomados a docentes del TecNM campus San Martín Texmelucan, ha participado en torneos de robótica, jurado en eventos académicos, forma parte del comité revisor de la revista institucional.



**Aquino-Díaz Erikssen**, originario de San Matías Tlalancaleca, Puebla, con estudios de ingeniería electromecánica (2008) en el instituto tecnológico superior de San Martín Texmelucan y estudios de maestría en automatización de procesos industriales en la Universidad Politécnica de Puebla, actualmente es catedrático del tecnológico superior de San Martín Texmelucan.

Desempeña varios proyectos de investigación que involucran las energías renovables y la implementación de dispositivos de control de última generación.



**Cortez-Calderón Luis**, originario de la ciudad de San Martín Texmelucan, nacido el 27 de mayo de 1992 en la ciudad de Puebla, Puebla. Cuenta con estudios de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, por el Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, ubicado en la ciudad de San Martín Texmelucan, Puebla, México en el año 2014. También cuenta con estudios de Maestría en Ingeniería

Electrónica, por el Instituto Tecnológico de Orizaba, ubicado en la ciudad de Orizaba, Veracruz, México en el año 2018.

El actualmente se encuentra laborando en el TecNM Campus San Martín Texmelucan (ITSSMT), ubicado en la ciudad de San Martín Texmelucan, Puebla, México. Es Profesor de Tiempo Completo Adscrito a la Carrera de Ingeniería Electromecánica, Presidente de Academia de Ingeniería Electromecánica, Líder del Cuerpo Académico de Investigación de Ingeniería Electromecánica y Encargado del Programa de Robótica PROMETEC. Las líneas de interés de investigación son: bioelectrónica, instrumentación electrónica, control, automatización, instrumentación industrial y robótica.

M.I.E. Cortez tiene perfil deseable PRODEP, ha sido jurado evaluador de proyectos de innovación tecnológica en nivel medio superior, ha participado en torneos de robótica nacionales, es árbitro en el comité revisor de la revista institucional 100CIA TEC, ha participado como asesor en encuentros estatales de investigación.



**Marquez-Vázquez Alfredo**, originario de la ciudad de Tlaxcala, Tlaxcala, nacido el 18 de septiembre de 1981 en la ciudad de Tlaxcala, Tlaxcala. Cuenta con estudios de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, por el Instituto Tecnológico de Apizaco, ubicado en la ciudad de Apizaco, Tlaxcala, México en el año 2003.

Actualmente esta en proceso de titulación en los estudios de Maestría en Ingeniería Mecatrónica, por el Instituto Tecnológico de Apizaco.

El actualmente se encuentra laborando en el TecNM Campus San Martín Texmelucan (ITSSMT), ubicado en la ciudad de San Martín Texmelucan, Puebla, México. Es Profesor de Tiempo Completo Adscrito a la Carrera de Ingeniería Electromecánica. Las líneas de interés de investigación son: Diseño mecánico, control, automatización, instrumentación industrial y robótica.

# Aceleración en la resolución de modelos transitorios de transferencia de calor mediante un software de elementos finitos en 2d y CUDA

J. A. Beltrán-Pérez<sup>1\*</sup>, J. M. Díaz-Chacón<sup>1</sup>, C. Amaro-Hernández<sup>1</sup>, A. Navarro-Valle<sup>1</sup>,  
P. F. Rosales-Escobedo<sup>1</sup>

**Resumen**— Desde hace varias décadas, una de las metodologías numéricas más empleadas para el modelado de diversos fenómenos físicos es el Método de los Elementos Finitos (MEF). Sin embargo, una de las principales desventajas en el uso de esta técnica es el elevado tiempo de solución, requerido en el análisis de fenómenos transitorios. En este artículo se presenta la implementación de un solver en CUDA (Compute Unified Device Architecture) incorporado a un software de Elementos Finitos en Dos Dimensiones (2D), desarrollado en el lenguaje de programación C++, con el objetivo de acelerar el tiempo de resolución en el análisis de modelos transitorios de transferencia de calor. Como ejemplos demostrativos se simularon dos modelos transitorios de conducción de calor, tomados de la literatura. El software Gmsh se utiliza para generar las mallas triangulares de segundo orden de estos modelos y para realizar la visualización de los resultados obtenidos por el software desarrollado, en la etapa de post-procesamiento. Finalmente, se lleva a cabo un análisis comparativo entre el solver en CUDA y el solver MKL PARDISO. Los resultados obtenidos con el solver realizado en CUDA demuestran que es posible reducir considerablemente, el tiempo de resolución de modelos transitorios de transferencia de calor.

**Palabras claves**—CUDA, Método de los Elementos Finitos, Software, Transferencia de calor.

**Abstract**— For several decades, one of the most used numerical methodologies for the model of various physical phenomena is the Finite Element Method (FEM). However, one of the main disadvantages in the use of this technique is the long solution time, required in the analysis of transient phenomena. This article presents the implementation of a solver in CUDA (Compute Unified Device Architecture) incorporated into a Finite Element in Two Dimensions (2D) software, developed in the C ++ programming language, with the aim of accelerating the resolution time in the analysis of transient heat transfer models. As demonstrative examples, two transient heat conduction models were simulated, taken from the literature. The Gmsh software is used to generate the second order triangular meshes of these models and to visualize the results obtained by the developed software, in the post-processing stage. Finally, a comparative performance analysis between the solver CUDA and the solver MKL PARDISO is carried out. The results obtained with the solver

made in CUDA show that it is possible to considerably reduce the resolution time of transient heat transfer models.

**Keywords**— CUDA, Finite Element Method, heat transfer, software.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de diseño de las máquinas eléctricas tales como motores, generadores o transformadores, es requerido determinar los puntos calientes que se generan durante el proceso de transferencia de calor debido a que los materiales que lo componen, tienen un límite térmico, que al ser superado, puede producir un cortocircuito que compromete seriamente la seguridad del personal a su alrededor y reduce, de manera significativa, su vida útil. Por tal motivo, el conocimiento previo de su comportamiento permite incorporar materiales y configuraciones que sean capaces de soportar las temperaturas generadas o bien, de incorporar sistemas de enfriamiento que disminuyan la temperatura, aumentando la eficiencia y vida útil de los dispositivos eléctricos [1]-[4]. Para el modelado de esta clase de fenómenos se tiene una representación que es descrita matemáticamente por ecuaciones diferenciales parciales. Sin embargo, su solución es sumamente compleja.

En las últimas décadas ha tomado una gran relevancia, el desarrollo de técnicas numéricas para la obtención de resoluciones aproximadas de fenómenos físicos. En el área eléctrica, una de las técnicas numéricas más utilizadas es el Método de los Elementos Finitos (MEF) [5]-[7].

Sin embargo, la principal desventaja en el uso de este método es el elevado tiempo de cómputo requerido para determinar la solución, en especial en el modelado de fenómenos transitorios. Una alternativa de mejora, ante esta problemática, es el uso de hardware y de software especializado en paralelismo, tales como CUDA, que permitan reducir el tiempo requerido de simulación de esta clase de modelos [8]-[11].

Por tal motivo, en este artículo se realiza la simulación de dos modelos de conducción de calor mediante un software de elementos finitos, el cual tiene implementado un solver

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Baja California, Av. Álvaro Obregón s/n, Nueva, C. P. 21100, Mexicali, Baja California, México.  
\*(jose.angel.beltran.perez@uabc.edu.mx)

paralelizado de CUDA, capaz de reducir el tiempo de resolución requerido.

II. MODELADO NUMÉRICO DE FENÓMENOS TRANSITORIOS DE CONDUCCIÓN DE CALOR

A. Modelo matemático de conducción de calor

Para determinar la distribución de calor en un material, en función del tiempo, se utiliza la ley de Fourier, la cual establece el tiempo de transferencia de calor, a través de las características térmicas del mismo, y está dada por:

$$-k\nabla T = \mathbf{q} \quad (1)$$

donde:

$\mathbf{q}$  = Flujo de calor ( $W/m^2$ ).

$k$  = Conductividad térmica del material ( $W/mK$ ).

$\nabla T$  = Gradiente de temperatura ( $K/m$ ).

La proporcionalidad de la variación de energía interna por unidad de volumen en el material y el calor generado están definidos por:

$$\nabla Q = \rho c \nabla T \quad (2)$$

donde  $Q$  es el flujo de calor externamente aplicado,  $\rho$  es la densidad de masa y  $c$  es el calor específico.

Utilizando (1) y (2) es posible determinar la ecuación diferencial general de conducción de calor, para un medio estacionario en dos dimensiones, como se muestra en (3), la cual, describe la distribución inestable de temperatura en un dominio  $\Omega$ , como se muestra en la Figura 1.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + Q = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3)$$

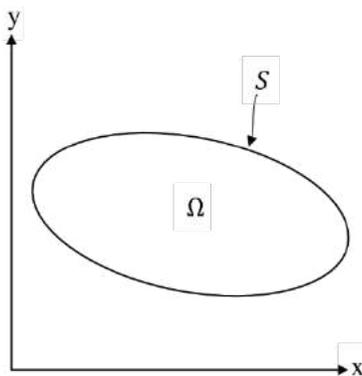


Figura 1. Dominio de solución.

Las condiciones en la frontera  $S$  en el dominio de interés están dadas por:

$$T = T_s \text{ en } S_b \quad (4)$$

$$-k_x \frac{\partial T}{\partial x} l_x - k_y \frac{\partial T}{\partial y} l_y = q \text{ en } S_q \quad (5)$$

$$-k_x \frac{\partial T}{\partial x} l_x - k_y \frac{\partial T}{\partial y} l_y = \alpha(T - T_a) \text{ en } S_h \quad (6)$$

donde  $S_b$  es la parte límite, en la cual, la temperatura ( $T$ ) es prescrita;  $S_q$  es la parte límite, en la cual, el flujo de calor ( $q$ ) es prescrita;  $S_h$  es la parte límite, en la cual, el coeficiente de transferencia de calor,  $\alpha$ , es prescrita;  $k_x$  y  $k_y$  son las especificaciones de conductividad térmica, y donde  $x$  y  $y$  son las direcciones principales del tensor de conductividad térmica;  $l_x$  y  $l_y$  representan las direcciones de los cosenos;  $T_s$  es la temperatura superficial dada en el límite y  $T_a$  es la temperatura atmosférica.

La condición inicial de temperatura está dada por:

$$T(x, y, 0) = T_0(x, y) \quad (7)$$

donde  $T(x, y, t)$  es la temperatura en el dominio y  $T_0$  es la temperatura inicial ( $t = 0$ ).

B. Método de los Elementos Finitos (MEF)

Para determinar una solución aproximada del modelo de conducción de calor se puede utilizar el MEF mediante el uso del método de residuos ponderados de Galerkin [12]. Implementando este método en (3) se produce un residual,  $R$ , dado por:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + Q - \rho c \frac{\partial T}{\partial t} = R \quad (8)$$

El residual obtenido es multiplicado por una función de ponderación, la cual se considera igual a una función de forma,  $N$ , por lo que se tiene:

$$\int_{\Omega} N \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + Q - \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \right] d\Omega = 0 \quad (9)$$

Para la aproximación de temperaturas dentro de cada elemento se tiene:

$$T(x, y, t) = \sum_{i=1}^n N_i(x, y, t) T_i \quad (10)$$

donde  $n$  es el número de nodos o vértices en el elemento y  $T_i$  es la temperatura dependiente del tiempo en los nodos del elemento respectivo.

Implementando la integración por partes de los tres términos en (4)-(6) y (10) en la representación de Galerkin

de (3), se obtiene:

$$\begin{aligned}
 & - \int_{\Omega} \left[ \frac{\partial N_i}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial N_j}{\partial x} T_j \right) + \frac{\partial N_i}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial N_j}{\partial y} T_j \right) \right] d\Omega \\
 & + \int_{\Omega} N_i Q - N_i \left( \rho c \frac{\partial N_j}{\partial t} T_j \right) d\Omega \\
 & - \int_{S_q} N_i q dS - \int_{S_h} N_i h (T - T_a) dS = 0 \quad (11)
 \end{aligned}$$

En este artículo, las funciones de forma empleadas constan de elementos triangulares paramétricos de segundo orden de 6 nodos (Figura 2) [13]:

$$N_1 = (1 - 2u - 2v)(1 - u - v) \quad (12)$$

$$N_2 = u(2u - 1) \quad (13)$$

$$N_3 = v(2v - 1) \quad (14)$$

$$N_4 = 4u(1 - u - v) \quad (15)$$

$$N_5 = 4uv \quad (16)$$

$$N_6 = 4v(1 - u - v) \quad (17)$$

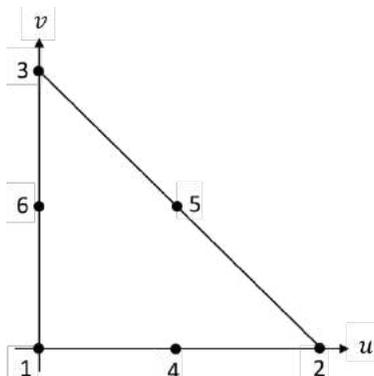


Figura 2. Elemento triangular de 6 nodos con coordenadas paramétricas.

### C. CUDA

En el modelado numérico de fenómenos transitorios, la solución del sistema global de ecuaciones (solver), generada por el MEF, es la sección de código que consume el mayor tiempo de ejecución de la simulación de los modelos. Para disminuir el tiempo de resolución requerido se utiliza la tarjeta gráfica GPU, NVIDIA GTX 1060, y el lenguaje de programación paralelo CUDA, para ejecutar librerías que realizan diversas operaciones matemáticas, de forma más rápida y eficiente [14]-[15]. En este artículo se implementó el solver ICCG (Incomplete Cholesky Gradient

Conjugate) [16] utilizando las librerías de CUDA BLAS y CUDA SPARSE [17]-[18] mediante el lenguaje de programación C++.

### III. SIMULACIÓN DE MODELOS TRANSITORIO DE CONDUCCIÓN DE CALOR

A continuación se presenta la descripción y simulación de dos modelos bajo estudio tomado de [19], mediante la aplicación de un software de elementos finitos en 2D, desarrollado en el lenguaje de programación C++ y ejecutado en una laptop Alienware M15, procesador Intel Core i7 Octava Generación, 16 Gb de memoria RAM. Para la elaboración de las mallas de los modelos se utilizó el software Gmsh [20].

#### A. Simulación transitoria del modelo demostrativo A

El modelo A consiste en determinar la conducción de calor de un material, el cual, tiene una conductividad térmica de  $1.25 \text{ Btu}/(\text{hr m}^\circ\text{F})$ , temperatura inicial de  $30^\circ\text{F}$ , tiempo final de 1.2 hr y condiciones de frontera Dirichlet nulas, las cuales se muestran en la Figura 4.

La malla del modelo A se muestra en la Figura 5. El archivo de texto generado de la malla es utilizado por el software de elementos finitos para la lectura de datos geométricos e inserción de parámetros de materiales, durante la etapa de pre-procesamiento.

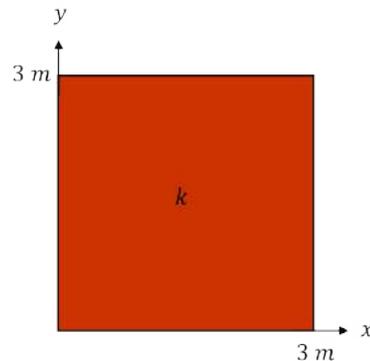


Figura 4. Dimensiones geométricas del modelo A.

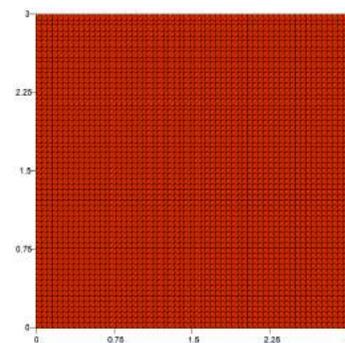


Figura 5. Mallado del modelo A, elaborado en software Gmsh.

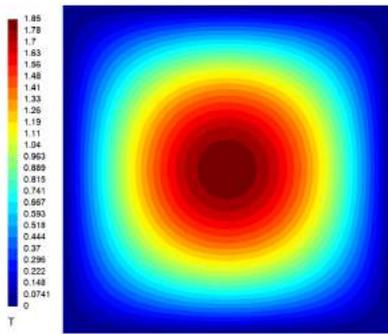


Figura 6. Distribución de temperatura en el modelo A (simulación).

La distribución de temperatura en el modelo A, determinada por la simulación de elementos finitos, se muestra en la Figura 6.

Para validar los resultados generados en la simulación del modelo, se realiza una comparación del mismo con su respectiva solución analítica, obtenida mediante el uso del software Octave [21].

La solución analítica del modelo A, tomado de [19], está dada por (18) y (19) y su visualización correspondiente se muestra en la Figura 7.

$$T(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} A_n \sin \left[ \frac{n\pi x}{L_x} \right] \sin \left[ \frac{j\pi y}{L_y} \right] \exp \left[ - \left( \frac{k_x n^2 \pi^2}{L_x^2} + \frac{k_y j^2 \pi^2}{L_y^2} \right) t \right] \quad (18)$$

donde

$$A_n = \frac{4(30)}{nj\pi^2} [(-1)^n - 1][(-1)^j - 1] \quad (19)$$

El porcentaje de error entre los resultados obtenidos de la simulación y la solución analítica se muestra en la Figura 8.

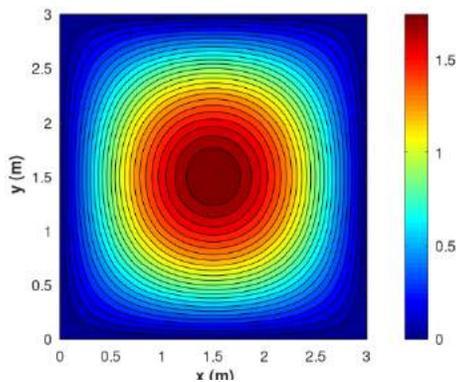


Figura 7. Distribución de temperatura en el modelo A (solución analítica).

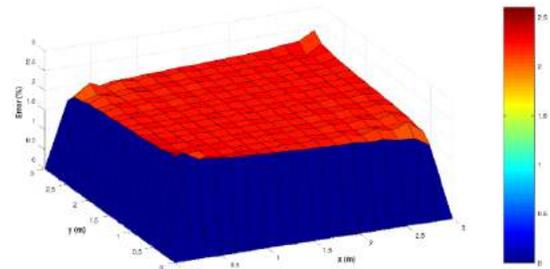


Figura 8. Porcentaje de error entre los resultados obtenidos en simulación y solución analítica de modelo A.

*B. Simulación transitoria del modelo demostrativo B*

El modelo B consiste en determinar la conducción de calor de un material, el cual, tiene una conductividad térmica de  $1.0 \text{ Btu}/(\text{hr } m^{\circ}F)$ , temperatura inicial igual a  $0^{\circ}F$ , tiempo final de 0.75 hr, condiciones de frontera Dirichlet de magnitud igual a 1.0 y condiciones de frontera Neumann en los ejes de simetría. Las características geométricas y físicas del modelo B, mencionadas anteriormente, se pueden visualizar en la Figura 9. La malla del modelo B, elaborada en el software Gmsh, se muestra en la Figura 10. Los resultados generados en la simulación del segundo modelo se muestran en la Figura 11. La solución analítica de este modelo, tomado de [19], está dada por (20) y (21) y su visualización se muestra en la Figura 12.

$$T(x, y, t) = 1.0 + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} C_n \cos \left[ \frac{(2n-1)\pi x}{2L_x} \right] \cos \left[ \frac{(2j-1)\pi y}{2L_y} \right] \exp \left[ - \left( \frac{k_x (2n-1)^2 \pi^2}{4L_x^2} + \frac{k_y (2j-1)^2 \pi^2}{4L_y^2} \right) t \right] \quad (20)$$

donde

$$C_n = \frac{16(-1)(-1)^{n+1}(-1)^{j+1}}{\pi^2(2n-1)(2j-1)} \quad (21)$$

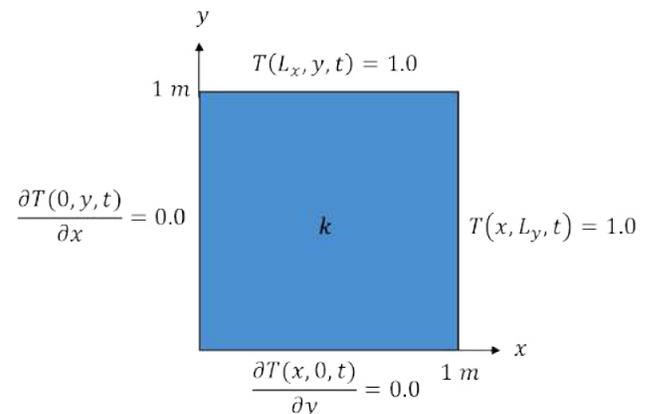


Figura 9. Dimensiones geométricas del modelo demostrativo B.

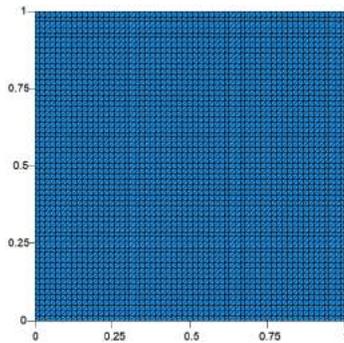


Figura 10. Mallado del modelo B, elaborado en software Gmsh.

El porcentaje de error entre los resultados obtenidos de la simulación y la solución analítica se muestra en la Figura 13.

Para comprobar la aceleración de la resolución del tiempo requerido de solución de los modelos transitorios, antes mencionados, mediante el uso del solver desarrollado en CUDA, se realizó una comparación de desempeño del mismo con el software MKL PARDISO [22], la cual se muestra en la tablas I y II. En estas tablas se puede observar que el tiempo requerido por el solver ICCG es menor al empleado en la simulación de los modelos con el uso del solver comercial MKL PARDISO.

TABLA I  
TIEMPOS DE SOLUCIÓN DEL MODELO A

Solver	Tiempo (s)
PARDISO	940.78
ICCG	458.84

TABLA II  
TIEMPOS DE SOLUCIÓN DEL MODELO B

Solver	Tiempo (s)
PARDISO	1009.72
ICCG	569.631

#### IV. CONCLUSIÓN

En este artículo se simularon dos fenómenos transitorios de transferencia de calor mediante un software de elementos finitos en 2D, desarrollado por los autores. Se puede visualizar que el porcentaje de error entre los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas y sus respectivas soluciones analíticas es menor al 3%, indicando con ello, un grado elevado de confiabilidad. A su vez, se realizó una comparación de tiempos de ejecución de las simulaciones con un solver comercial. Al observar los tiempos de solución requeridos por los solver's, se demuestra que el solver elaborado en CUDA requiere un menor tiempo en comparación con el solver MKL PARDISO.

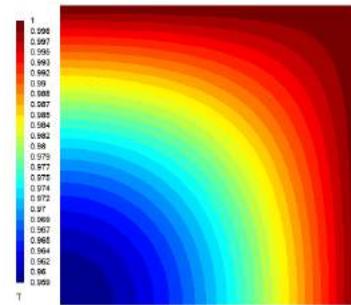


Figura 11. Distribución de temperatura en modelo B (simulación).

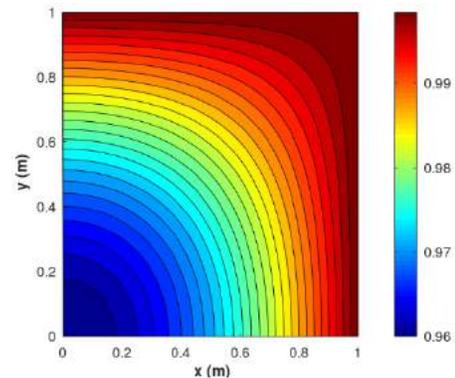


Figura 12. Distribución de temperatura en modelo B (solución analítica).

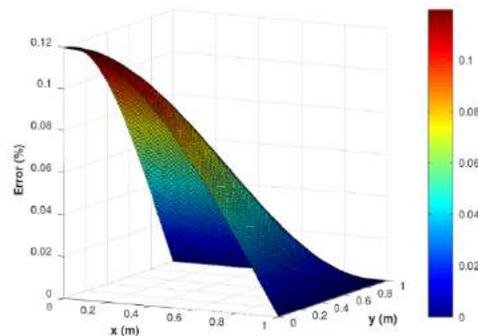


Figura 13. Porcentaje de error entre los resultados obtenidos en simulación y solución analítica de modelo B.

#### V. REFERENCIAS

- [1] Naskar, A. K. y Sarkar, D. (2014). "Numerical analysis of three dimensional steady state heat conduction in the rotor of an induction motor by finite element method," *Proceedings of the 2014 International Conference on Control, instrumentation, Energy and Communication (CIEC)*, vol. 45(4), pp. 686–690.
- [2] chrittwiesser, M., Bíró, O., Farnleitner, E. y Kastner, G. (2015). "Analysis of temperature distribution in the stator of large synchronous machines considering heat conduction and heat convection," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 51(3), pp. 20–23.
- [3] Staton, D. A. y Cavagnino, A. (2008). "Convection heat transfer and flow calculations suitable for electric machines thermal models," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55(10), pp. 3509–3516.
- [4] Yang, Y., Bilgin, B., Kasprzak, M., Nalakath, S., Sadek, H., Preindl, M., Cotton, J., Schofield, N. y Emadi, A. (2017). "Thermal

- management of electric machines," *IET Electrical Systems in Transportation*, vol. 7(2), pp. 104-116.
- [5] Bastos, J. P. A. y Sadowski, N. (2003). *Electromagnetic Modeling by Finite Element Methods*. 1st ed., CRC Press.
- [6] Jin, J. (2014). *The Finite Element Method in Electromagnetics*. 3rd ed., Wiley-IEEE Press.
- [7] Bianchi, N. (2005). *Electrical Machine Analysis Using Finite Elements*. Boca Raton, USA: CRC Taylor & Francis.
- [8] Capozzoli, A., Kilic, O., Curcio, C., Liseno, A. y Federico, N. (2018). "The success of GPU computing in applied electromagnetics," *Appl. Comput. Electromagn. Soc. J.*, vol. 33(2), pp. 148-151.
- [9] Altinkaynak, A. (2017). "An efficient sparse matrix-vector multiplication on CUDA-enabled graphic processing units for finite element method simulations," *Int. J. Numer. Methods Eng.*, vol. 110(1), pp. 57-78.
- [10] Kindratenko, V. (2014). *Numerical Computations with GPUs*. Springer.
- [11] Couturier, R. (2014). *Designing Scientific Applications on GPUs*. CRC Press.
- [12] Nithiarasu, P., Lewis, R. W. y Seetharamu, K. N. (2016). *Fundamentals of The Finite Element Method for Heat and Mass Transfer*. 2nd ed., Wiley.
- [13] Özgün, Ö. y Kuzuoglu, M. (2019). *MATLAB-based Finite Element Programming in Electromagnetic Modeling*. 1st ed., CRC Press.
- [14] Cheng, J., Grossman, M. y McKercher, T. (2014). *Professional CUDA C Programming*. Wrox Press.
- [15] Cook, S. (2013). *CUDA Programming: a Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs*. Morgan Kaufmann Publishers.
- [16] Golub, G. H. y Van Loan, C. F. (1996). *Matrix Computations*. 3rd ed., The Johns Hopkins University Press.
- [17] NVIDIA (2019). *cuBLAS Library User Guide*.
- [18] NVIDIA (2019). *cuSPARSE Library User Guide*.
- [19] John, C., Bruch, JR. y Zyzoloski, G. (1974). "Transient two-dimensional heat conduction problems solved by the finite element method," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 8, pp. 481-494.
- [20] Geuzaine, C. y Remacle, J.-F. (2009). "Gmsh: a three-dimensional finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 79(11), pp. 1309-1331.
- [21] J. W. E., D. B., S. H. y Wehbring, R. (2020). *GNU Octave version 6.1.0 manual: a high-level interactive language for numerical computations*. [en línea]. Disponible en: <https://www.gnu.org/software/octave/doc/v6.1.0/>.
- [22] Intel (2017). *Intel Math Kernel Library Developer Reference*.

## VI. BIOGRAFÍA



con paralelismo en lenguaje de programación C++.

**Beltrán Pérez José Ángel** nació en Guaymas, Sonora, México en 1996. Obtuvo el título de Ingeniero Eléctrico en 2019 por parte de la Universidad Autónoma de Baja California en la ciudad de Mexicali, B.C., México. Él actualmente cursa la maestría en Ciencias de la Ingeniería en la misma institución. Sus áreas de interés son el diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión, el modelado numérico de máquinas eléctricas y el desarrollo de software



Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B.C., México. Sus áreas principales de interés son la aplicación de técnicas numéricas computacionales en el modelado y análisis de máquinas eléctricas, especialmente transformadores. El Dr. Díaz cuenta con el perfil deseable PRODEP.



mencionada Institución. Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Sus áreas de interés son el análisis de circuitos eléctricos, instrumentación y control, y la adquisición y procesamiento de datos. El Dr. Amaro cuenta con el perfil deseable PRODEP.



B.C., México. Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B. C., México. Sus áreas principales de interés son los procesos industriales aplicados a la ingeniería eléctrica y el desarrollo en los estudiantes de competencias profesionales y académicas. El Dr. Navarro cuenta con el perfil deseable PRODEP.



de la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Cuenta con más de 10 años de experiencia industrial en las áreas de energías renovables, sistemas de generación eólica e instalaciones eléctricas. Sus áreas de interés son las energías renovables, eólica y Sistemas Eléctricos de Potencia. El Dr. Rosales es miembro al Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, así como también es miembro del Consejo Técnico del EGEL en Ingeniería Eléctrica. El Dr. Rosales cuenta también con el perfil deseable PRODEP.

**Díaz Chacón Juan Mauricio** nació en Torreón, Coah., México en 1983. Obtuvo el título de Ingeniero Electrónico en 2006 por parte del Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coah., México, y los grados de Maestro y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con especialidad en Ingeniería de Potencia, en 2010 y 2013, respectivamente, por parte de la misma Institución. Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B.C., México. Sus áreas principales de interés son la aplicación de técnicas numéricas computacionales en el modelado y análisis de máquinas eléctricas, especialmente transformadores. El Dr. Díaz cuenta con el perfil deseable PRODEP.

**Amaro Hernández César** nació en Mexicali, B. C., México en 1965. Obtuvo el título de Ingeniero Mecánico Electricista por parte de la Universidad Autónoma de Baja California en 1989 en la ciudad de Mexicali, B.C., México. Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería Electrónica en el área de instrumentación y control en 2002 y el grado de Doctor en Ingeniería Eléctrica en el área de instrumentación y metrología en 2009, ambos dentro de la

**Navarro Valle Alberto** nació en Culiacán, Sinaloa, México en 1963. Obtuvo el título de Ingeniero Mecánico Electricista en 1986 por parte de la Universidad Autónoma de Baja California en la ciudad de Mexicali, B.C., México. Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería en Procesos Industriales, en 2008, por parte de la misma Institución, y el grado de Doctor en Educación, en 2015, por parte del Centro Universitario de Tijuana, en Mexicali,

**Rosales Escobedo Pedro Francisco**, nació en Ensenada, B.C., México en 1985. Obtuvo el grado de Ingeniero Eléctrico por parte de la Universidad Autónoma de Baja California, en Mexicali, B.C., México en 2007. Posteriormente obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería por parte del Instituto de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Baja California, en Mexicali B. C., México en 2014. Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo y Coordinador de

# Simulación electromagnética del modelo de validación TEAM 7 usando la formulación T, phi-phi

J. M. Díaz-Chacón<sup>1\*</sup>, J. A. Beltrán-Pérez<sup>1</sup>, C. Amaro-Hernández<sup>1</sup>, A. Navarro-Valle<sup>1</sup>,  
P. F. Rosales-Escobedo<sup>1</sup>

**Resumen**— En este artículo se presenta una simulación electromagnética del modelo de validación TEAM 7 mediante la aplicación del Método de los Elementos Finitos (MEF) en Tres Dimensiones (3D). Para llevar a cabo esta simulación se implementa la formulación magnetodinámica T, phi-phi (potencial eléctrico vectorial - potencial magnético escalar reducido) usando el software libre GetDP. En este artículo también se muestra brevemente, la derivación de la formulación T, phi-phi. Para la generación de la malla del modelo se utiliza el software libre Gmsh. Esta malla se discretiza usando elementos tetraédricos de primer orden. Finalmente, se desarrolla un análisis comparativo entre la solución obtenida de la simulación y los datos experimentales, recabados de la literatura eléctrica. Los resultados de esta simulación muestran similitudes en tendencia de comportamiento, con respecto a los datos experimentales de referencia. Además, el uso óptimo de los recursos computacionales en esta simulación se privilegia puesto que, comparado con la formulación A,V-A (potencial magnético vectorial y potencial eléctrico escalar), la cantidad de memoria de cómputo requerida y el tiempo de resolución se reducen de manera considerable. Esta simulación puede ser utilizada como plataforma de aprendizaje para simular otros modelos de validación en 3D en estado estacionario de baja frecuencia.

**Palabras claves**—Formulación magnetodinámica, Método de los Elementos Finitos, modelo de validación.

**Abstract**— This article presents an electromagnetic simulation of the TEAM 7 validation model by applying the Finite Element Method (FEM) in Three Dimensions (3D). To carry out this simulation, the T, phi-phi magnetodynamic formulation (electric vector potential - scalar magnetic potential) is implemented using the free software GetDP. In this article, the derivation of the T, phi-phi formulation is also briefly described. For the generation of the model mesh, the free software Gmsh is used. This mesh is discretized using first order tetrahedral elements. Finally, a comparative analysis is developed between the solution obtained from the simulation and the experimental data, collected from the electrical literature. The results from this simulation show similarities in behavior trend, with respect to the experimental reference data. Furthermore, the optimal use of computational resources is privileged in this simulation since, compared to the A, V-A formulation (magnetic vector potential and electric scalar potential), the amount of computing memory required

and the resolution time are considerably reduced. This simulation may be used as a learning platform to simulate other 3D low-frequency, steady-state benchmark models.

**Keywords**— Benchmark model, Finite Element Method, magnetodynamic formulation.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de varias décadas, la aplicación de métodos numéricos para el desarrollo de diseños eficientes de diversas máquinas eléctricas ha evolucionado considerablemente. En el ámbito industrial, la implementación de metodologías numéricas innovadoras ha mejorado el desarrollo de nuevos productos comerciales. Con la finalidad de optimizar los insumos y tiempos de manufactura, empleados en la creación de prototipos, las industrias fabricantes de máquinas eléctricas desarrollan simulaciones para modelar equipos eléctricos tales como transformadores, motores y generadores.

Hoy en día, una de las técnicas numéricas más utilizadas para la simulación computacional de diversos fenómenos físicos es el Método de los Elementos Finitos (MEF). En electromagnetismo, las ecuaciones diferenciales de Maxwell se utilizan para describir el comportamiento de los equipos eléctricos, antes mencionados. En el área eléctrica, el modelado electromagnético en bajas frecuencias es comúnmente utilizado para el análisis y diseño de equipos eléctricos industriales, alimentados por fuentes de corriente alterna [1]-[6]. En este ámbito, generalmente se emplea software comercial con un alto grado de confiabilidad. La principal desventaja en el uso de este tipo de software es el costo económico que conlleva la adquisición de licencias. Por otra parte, existe una gran variedad de software libre que permite la aplicación del MEF en electromagnetismo de manera directa. GetDP es uno de los softwares utilizados en la implementación del MEF. GetDP fue creado hace varias décadas por C. Geuzaine y P. Dular, y se utiliza para implementar una gran variedad de formulaciones matemáticas del MEF de diversos fenómenos físicos. De manera predominante, GetDP se ha aplicado en investigaciones relacionadas con el electromagnetismo [7].

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Baja California, Av. Álvaro Obregón s/n, Nueva, C.P. 21100, Mexicali, Baja California., México.  
\*(juan.mauricio.diaz.chacon@uabc.edu.mx)

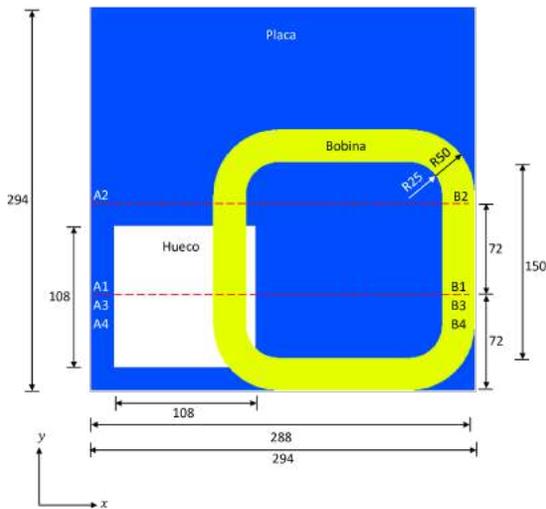


Figura 1. Vista del plano xy del modelo TEAM 7.

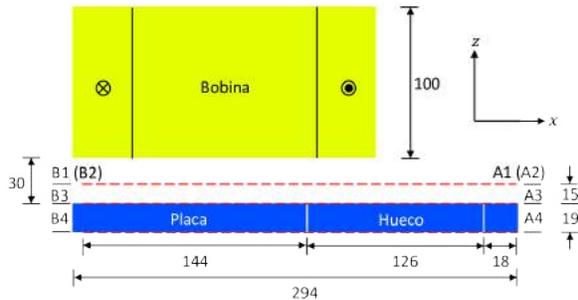


Figura 2. Vista del plano xz del modelo TEAM 7.

A su vez, los mismos autores del software GetDP han creado el software libre Gmsh, el cual es un generador de mallas de elementos finitos que también, se emplea para desplegar resultados de post-procesamiento [8]. En este trabajo se pretende simular el modelo de validación TEAM 7 (por sus siglas en inglés Testing Electromagnetic Analysis Methods) mediante la implementación de la formulación magnetodinámica T, phi-phi. Este modelo consiste de una bobina excitada con una fuente sinusoidal de baja frecuencia, capaz de inducir un campo magnético en una placa de aluminio con un hueco [9]-[10]. En este trabajo sólo se presentan los resultados de la simulación de este modelo a una frecuencia de 200 Hz.

## II. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN DEL MODELO DE VALIDACIÓN TEAM 7

El MEF se conforma de tres etapas básicas: preprocesamiento, procesamiento y post-procesamiento. En la etapa de pre-procesamiento se lleva a cabo la descripción y caracterización del modelo, donde a su vez, se incorporan las características físicas y condiciones de frontera del mismo. En la etapa de procesamiento se realiza la solución del sistema de ecuaciones, consecuencia de la implementación de la formulación electromagnética.

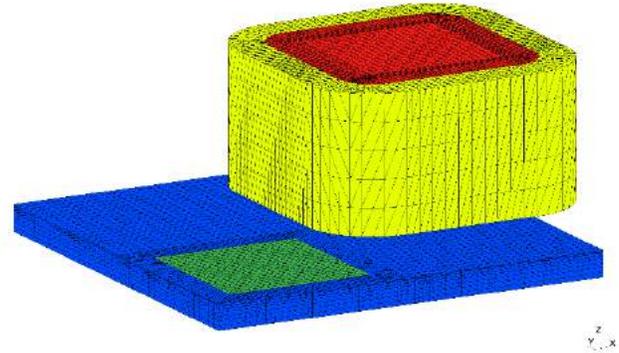


Figura 3. Malla del modelo TEAM 7, realizada con Gmsh.

Finalmente, en la etapa de post-procesamiento se llevan a cabo la obtención de los resultados numéricos del modelo para su posterior análisis e interpretación.

A continuación, se describen brevemente las tres etapas realizadas para simular el modelo de validación TEAM 7 usando la formulación T, phi-phi.

### A. Pre-procesamiento: geometría, mado e incorporación de características físicas del modelo TEAM 7

En primer lugar, para simular el modelo TEAM 7 se requiere crear la geometría y malla del mismo. Esta geometría, dada en milímetros, se muestra en las Figuras 1 y 2, mientras que la malla de elementos tetraédricos de primer orden se presenta en la Figura 3, donde se ha excluido el aire exterior. Esta malla se realizó utilizando el software Gmsh. Posteriormente, se necesitan incorporar las características físicas del modelo. En la Tabla I se muestran las características físicas utilizadas en la simulación del modelo TEAM 7.

TABLA I  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MODELO TEAM 7 [x]

Propiedad física	Magnitud
Conductividad eléctrica de la placa (S/m)	$3.5 \times 10^7$
Conductividad eléctrica del hueco (S/m)	1.0
Corriente de excitación en la bobina (Amp. Vuelt.)	2742
Permeabilidad magnética (aire, placa, hueco y bobina)	$\mu_0$

### B. Procesamiento: desarrollo de la formulación magnetodinámica T, phi-phi y resolución del sistemas de ecuaciones global del modelo TEAM 7

Mediante el uso del software GetDP se pueden implementar y resolver las ecuaciones discretas de la formulación T, phi-phi. En este software las ecuaciones del fenómeno electromagnético se deben plantear en su forma débil, es decir, las ecuaciones obtenidas vienen a ser de orden menor

(primer orden). El desarrollo del código en el software GetDP se basa en la descripción matemática de la forma débil del modelo bajo estudio. Esto facilita la implementación de los modelos del MEF en este software libre. Por tal motivo, en esta sección se deducen las ecuaciones discretas de la formulación T, phi-phi que se han implementado en el software GetDP.

A partir de las ecuaciones de Maxwell es posible derivar la formulación T, phi-phi [11]-[23]. Basado en lo anterior, se establece que la ley de Ampere está dada por:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} \quad (1)$$

A partir de esta ecuación se puede definir a  $\vec{H}$  en el dominio de interés como:

$$\vec{H} = \vec{T} + \vec{T}_0 - \nabla \phi \quad (2)$$

donde  $\vec{T}$  es el potencial eléctrico vectorial desconocido que debe incluirse en la formulación para la determinación de las corrientes inducidas en los materiales conductores y  $\vec{T}_0$  es el potencial eléctrico vectorial conocido tanto en la bobina (región amarilla de la Figura 3) como en la región interna de la misma (región roja de la Figura 3).  $\phi$  representa el potencial magnético escalar reducido.

Por lo tanto, si sustituye (2) en (1), se tiene que:

$$\nabla \times (\vec{T} + \vec{T}_0 - \nabla \phi) = \vec{j}_e + \vec{j}_0 \quad (3)$$

donde  $\vec{j}_0$  es la densidad de corriente conocida en la bobina y  $\vec{j}_e$  es la densidad de corriente inducida en las regiones conductoras. Si se considera la región de fuente,  $\Omega_{T_0}$ , se establece lo siguiente:

$$\nabla \times \vec{T}_0 = \vec{j}_0 \text{ en } \Omega_{T_0} \quad (4)$$

Por otra parte, si sólo se considera la región conductora, la ecuación de la ley de Ampere es asumida como:

$$\nabla \times \vec{T} = \vec{j}_e \text{ en } \Omega_c \quad (5)$$

o bien:

$$\frac{1}{\sigma} \nabla \times \vec{T} = \vec{E} \text{ en } \Omega_c \quad (6)$$

Ahora bien, si se emplea también la ecuación de la ley de Faraday en el dominio de la frecuencia se asume que:

$$\nabla \times \vec{E} = -j\omega\mu\vec{H} \text{ en } \Omega_c \quad (7)$$

donde:

$$\vec{H} = \vec{T} - \nabla \phi \text{ en } \Omega_c \quad (8)$$

Por lo tanto, se puede definir (7) en la región conductora de la siguiente manera:

$$\nabla \times \left( \frac{1}{\sigma} \nabla \times \vec{T} \right) + j\omega\mu\vec{T} - j\omega\mu\nabla\phi = 0 \text{ en } \Omega_c \quad (9)$$

A su vez, se emplea la ecuación de continuidad en el dominio de interés, en función de los potenciales eléctricos vectoriales y del potencial magnético escalar reducido como:

$$\nabla \cdot (\mu\vec{T} - \mu\nabla\phi) = -\nabla \cdot (\mu\vec{T}_0) \quad (10)$$

Si se aplica el método de Galerkin a las ecuaciones establecidas en (9) y (10), se pueden obtener las ecuaciones discretas del MEF. Las formas débiles de (9) y (10), establecidas para la obtención de la formulación T, phi-phi son:

$$\int_{\Omega_c} \frac{1}{\sigma} (\nabla \times \vec{W}) \cdot (\nabla \times \vec{T}) \, d\Omega + \int_{\Omega_c} j\omega\mu\vec{W} \cdot \vec{T} \, d\Omega - \int_{\Omega_c} j\omega\mu\vec{W} \cdot \nabla\phi \, d\Omega = 0 \quad (11)$$

y

$$-\int_{\Omega_c} j\omega\mu\nabla N \cdot \vec{T} \, d\Omega + \int_{\Omega_n + \Omega_c} j\omega\mu\nabla N \cdot \nabla\phi \, d\Omega = \int_{\Omega_{T_0}} j\omega\mu\nabla N \cdot \vec{T}_0 \, d\Omega \quad (12)$$

donde  $\vec{W}$  es la función de forma de un elemento de arista mientras que  $N$  representa la función de forma de un elemento nodal.

Se puede observar en la formulación T, phi-phi que el potencial magnético escalar reducido puede ser descrito en todo el dominio,  $\Omega_n + \Omega_c$ , mientras que el potencial eléctrico vectorial,  $\vec{T}$ , sólo es utilizado en el dominio conductor,  $\Omega_c$ , para la determinación de las corrientes inducidas. Por otro lado, en este artículo  $\vec{T}_0$  se ha obtenido de manera analítica utilizando ecuaciones similares a las propuestas en [24] en la región  $\Omega_{T_0}$ : interior de bobina (color rojo, Figura 3) y bobina (color amarillo, Figura 3). Cabe mencionar que la solución del sistemas de ecuaciones resultante de esta formulación es singular. Por tal motivo se debe utilizar un método iterativo para obtener la solución del modelo o bien, se puede utilizar la norma de Coulomb para establecer una solución única [25]-[26]. Sin embargo, esto puede afectar la confiabilidad de los resultados. En este trabajo se ha empleado la estrategia de solución presentada

en [27] donde un solver directo es capaz de generar la solución de un sistema de ecuaciones singular, de manera satisfactoria, sin necesidad de aplicar una norma de solución.

C. Post-procesamiento: resultados obtenidos de la simulación del modelo TEAM 7

En la Tabla II se muestran las líneas utilizadas para la obtención de los resultados, correspondientes a las variables de interés del modelo de validación TEAM 7. Las variables deseadas son la componente en el eje z de la densidad de flujo magnético,  $B_z$ , y la componente en el eje y de la densidad de corriente inducida,  $J_y$ . Estas líneas también se indican, en color rojo, en las Figuras 1 y 2.

TABLA II  
LÍNEAS DE VARIABLES FÍSICAS A OBTENER DEL MODELO TEAM 7 Y SUS CORRESPONDIENTES LÍNEAS

Variable física	Línea de medición
$B_z (T)$	A1-B1
	A2-B2
$J_y (A/m^2)$	A3-B3
	A4-B4

Para llevar a cabo la simulación del modelo TEAM 7, se utilizó una laptop MacBook Pro 13-inch 2020 con Procesador 2 GHz Quad-Core Intel Core i5, 16 Gb 3733 MHz LPDDR4X RAM.

En las Figuras 4-7 se presentan los resultados obtenidos de la simulación, en comparación con los datos proporcionados por la referencia [9]. Se puede observar que los resultados se aproximan, de manera aceptable, a las mediciones experimentales, dadas por la referencia.

En las Figuras 8 y 9 se muestran tanto la magnitud como la parte real de la distribución de la densidad de corriente inducida en la placa, obtenida de la simulación del modelo TEAM 7, respectivamente. Se puede visualizar la ubicación donde la densidad de corriente es nula. Además, se pueden apreciar los puntos donde se presenta la mayor densidad de corriente inducida.

Finalmente, una comparación se realiza empleando la formulación A,V-A para la solución del modelo TEAM 7, la cual permite visualizar el nivel de reducción de recursos de cómputo en la formulación T, phi-phi.

TABLA III  
TABLA COMPARATIVA DE DESEMPEÑO DE AMBAS FORMULACIONES MAGNETODINÁMICAS

Formulación	Tiempo de solución (s)	Número de incógnitas
T, phi-phi	86.3239	164,597
A,V-A	228.943	348,436

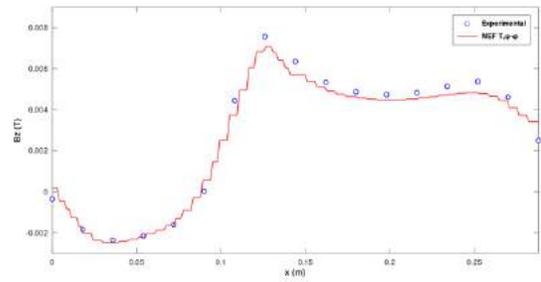


Figura 4. Componente en el eje z de la densidad de flujo en la línea A1-B1.

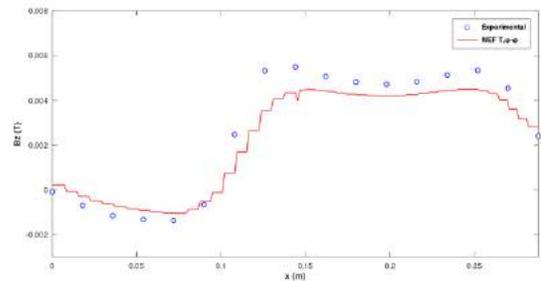


Figura 5. Componente en el eje z de la densidad de flujo magnético en la línea A2-B2.

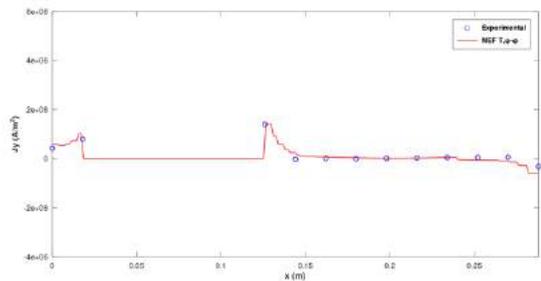


Figura 6. Componente en el eje y de la densidad de corriente inducida en la línea A3-B3.

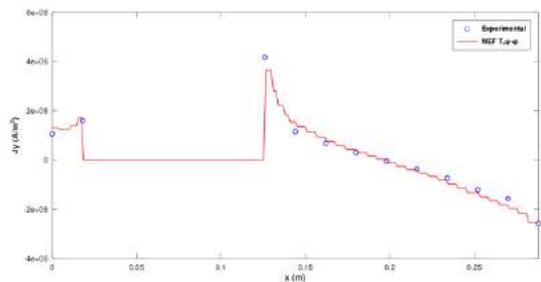


Figura 7. Componente en el eje y de la densidad de corriente inducida en la línea A4-B4.

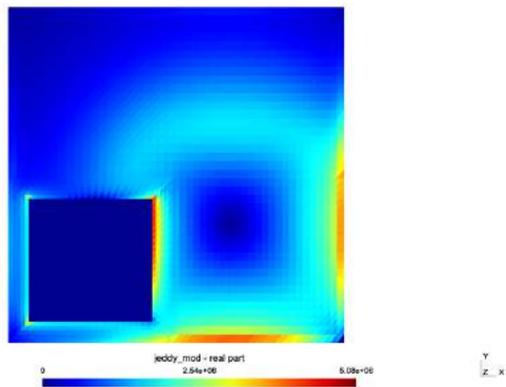


Figura 8. Magnitud de la densidad de corriente eléctrica inducida en la placa.

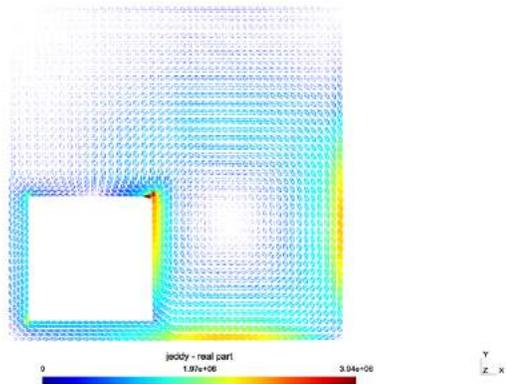


Figura 9. Parte real de la distribución de la densidad de corriente eléctrica inducida en la placa.

### III. CONCLUSIÓN

En este artículo se realizó la simulación del modelo de validación internacional TEAM 7 usando el software libre GetDP. Esta simulación se basa en la implementación de la formulación discreta T, phi-phi en dicho software. Los resultados obtenidos de esta simulación se aproximan a las mediciones presentadas en la literatura. Con esto se demuestra la confiabilidad del software GetDP para el desarrollo de simulaciones electromagnéticas en 3D en bajas frecuencias y en estado estable, mediante el uso de elementos tetraédricos de primer orden. Esta simulación se puede utilizar como plataforma para la solución de otros modelos magnetodinámicos en estado estable de dispositivos electromagnéticos tales como transformadores, generadores y motores eléctricos.

### IV. REFERENCIAS

[1] Bastos, J. P. A., & Sadowski, N. (2013). *Magnetic Materials and 3D Finite Element Modeling*. CRC Press.  
[2] H., H. S. R. (1995). *Finite Elements, Electromagnetics and Design*. Elsevier.

[3] Biro, O., & Preis, K. (1990). "Finite element analysis of 3-D eddy currents," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 26(2), pp. 418-423.  
[4] Biro, O., Preis, K., & Renhart, W. (1989). "Finite element analysis of 3D multiply connected eddy current problems," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 25(5), pp. 3-5.  
[5] Biro, O., Preis, K., Renhart, W., Richter, K. R., & Vrisk, G. (1990). "Performance of different vector potential formulations in solving multiply connected 3-d eddy current problems," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 26(2), pp. 438-441.  
[6] Renhart, W., H. Stogner, & Preis, K. (1988). "Calculation of 3D eddy current problems by finite element method using either an electric or a magnetic vector potential," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 24(1), pp. 122-125.  
[7] Dular, P., Geuzaine, C., Henrotte, F., & Legros, W. (1998). "A general environment for the treatment of discrete problems and its application to the finite element method," *IEEE Transactions on Magnetics*, 34(5), 3395-3398.  
[8] Geuzaine, C., & Remacle, J. (2009). "Gmsh: a 3-d finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 79(11), 1309-1331.  
[9] Kovács, G., & Kuczmann, M. (2011). "Solution of the TEAM workshop problem No. 7 by the finite element method," *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 87(3), pp. 99-102.  
[10] Kuczmann, M., & Ivanyy, A. (2008). *The Finite Element Method in Magnetics*. Akadémiai Kiadó.  
[11] Bíró, Oszkár. (1999). "Edge element formulations of eddy current problems," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 169(3-4), pp. 391-405.  
[12] Bouillault, F., Ren, Z., & Razek, A. (1990). "Calculation of 3d eddy current problems by a hybrid T-Ω method," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 26(2), pp. 478-481.  
[13] Hollaus, K., & Bíró, O. (2005). "Comparison of tetrahedral edge finite-elements using different potential formulations," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 41(5), pp. 1676-1679.  
[14] Nakata, T., N. Takahashi, K. Fujiwara, T. I. (1990). "Effects of permeability of magnetic materials on errors of the T-Omega," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 26(2), pp. 698-701.  
[15] Nakata, T., Takahashi, N., Fujiwara, K., Imai, T., & Muramatsu, K. (1991). "Comparison of various methods of analysis and finite elements in 3-d magnetic field analysis," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 27(5), pp. 4073-4076.  
[16] Nakata, T., Takahashi, N., Fujiwara, K., & Okada, Y. (1988). "Improvements of the T-Omega method for 3-D eddy current analysis," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 24(1), pp. 94-97.  
[17] Nakata, T., Takahashi, N., Fujiwara, K., & Shiraki, Y. (1990). "Comparison of different finite elements for 3-d eddy current analysis," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 26(2), pp. 434-437.  
[18] Preston, T. W., & Reece, A. B. J. (1982). "Solution of 3-dimensional eddy current problems: the T-Ω method," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 18(2), pp. 486-491.  
[19] Ren, Z. (2002). "T-Ω formulation for eddy-current problems in multiply connected regions," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 38(2), pp. 557-560.  
[20] Ren, Z., & Ida, N. (2000). "Solving 3D eddy current problems using second order nodal and edge elements," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 36, pp. 746-750.  
[21] Ren, Z., & Razek, A. (1996). "Computation of 3-D electromagnetic field using differential forms based elements and dual formulations," *International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields*, vol. 9(1-2), pp. 81-98.  
[22] Ren, Z., & Razek, A. (2000). "Comparison of some 3D eddy current formulations in dual systems," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 36(1), pp. 751-755.  
[23] Webb, J. P., & Forghani, B. (1993). "Hierarchical scalar and vector tetrahedra," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 29(2), pp. 1495-1498.  
[24] Biro, O., Preis, K., Vrisk, G., Richter, K. R., & Tícar, I. (1993). "Computation of 3-D magnetostatic fields using a reduced scalar

- potential,” *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 29(2), pp. 1329-1332.
- [25] Kikuchi, F. (1989). “Mixed formulations for finite element analysis of magnetostatic and electrostatic problems,” *Japan Journal of Applied Mathematics*, vol. 6(2), pp. 209-221.
- [26] Zhao, Y., & Fu, W. N. (2017b). “A novel Coulomb-gauged magnetic vector potential formulation for 3-D eddy-current field analysis using edge elements,” *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 53(6), pp. 2-5.
- [27] Tang, Z., Zhao, Y., & Ren, Z. (2019). “Auto-gauging of vector potential by parallel sparse direct solvers - numerical observations,” *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 55(6), pp. 1-5.

## V. BIOGRAFÍA



**Díaz Chacón Juan Mauricio** nació en Torreón, Coah., México en 1983. Obtuvo el título de Ingeniero Electrónico en 2006 por parte del Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coah., México, y los grados de Maestro y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con especialidad en Ingeniería de Potencia, en 2010 y 2013, respectivamente, por parte de la misma Institución. Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B. C., México. Sus áreas principales de interés son la aplicación de técnicas numéricas computacionales en el modelado y análisis de máquinas eléctricas, especialmente transformadores. El Dr. Díaz cuenta con el perfil deseable PRODEP.



**Beltrán Pérez José Ángel** nació en Guaymas, Sonora, México en 1996. Obtuvo el título de Ingeniero Eléctrico en 2019 por parte de la Universidad Autónoma de Baja California en la ciudad de Mexicali, B. C., México. Él actualmente cursa la maestría en Ciencias de la Ingeniería en la misma institución. Sus áreas de interés son el diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión, el modelado numérico de máquinas eléctricas y el desarrollo de software con paralelismo en lenguaje de programación C++.



**Amaro Hernández César** nació en Mexicali, B. C., México en 1965. Obtuvo el título de Ingeniero Mecánico Electricista por parte de la Universidad Autónoma de Baja California en 1989 en la ciudad de Mexicali, B. C., México. Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería Electrónica en el área de instrumentación y control en 2002 y el grado de Doctor en Ingeniería Eléctrica en el área de instrumentación y metrología en 2009, ambos dentro de la mencionada Institución. Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Sus áreas de interés son el análisis de circuitos eléctricos, instrumentación y control, y la adquisición y procesamiento de datos. El Dr. Amaro cuenta con el perfil deseable PRODEP.



**Navarro Valle Alberto** nació en Culiacán, Sinaloa, México en 1963. Obtuvo el título de Ingeniero Mecánico Electricista en 1986 por parte de la Universidad Autónoma de Baja California en la ciudad de Mexicali, B. C., México. Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería en Procesos Industriales, en 2008, por parte de la misma Institución, y el grado de Doctor en Educación, en 2015, por parte del Centro Universitario de Tijuana, en Mexicali, B. C., México. Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B. C., México. Sus áreas principales de interés son los procesos industriales aplicados a la ingeniería eléctrica y el desarrollo en los estudiantes de competencias profesionales y académicas. El Dr. Navarro cuenta con el perfil deseable PRODEP.



**Rosales Escobedo Pedro Francisco**, nació en Ensenada, B.C., México en 1985. Obtuvo el grado de Ingeniero Eléctrico por parte de la Universidad Autónoma de Baja California, en Mexicali, B.C., México en 2007. Posteriormente obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería por parte del Instituto de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Baja California, en Mexicali B. C., México en 2014. Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo y Coordinador de la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Cuenta con más de 10 años de experiencia industrial en las áreas de energías renovables, sistemas de generación eólica e instalaciones eléctricas. Sus áreas de interés son las energías renovables, eólica y Sistemas Eléctricos de Potencia. El Dr. Rosales es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, así como también es miembro del Consejo Técnico del EGEL en Ingeniería Eléctrica. El Dr. Rosales cuenta también con el perfil deseable PRODEP.

# Optimización de sistemas mecánicos de vehículo eléctrico desarrollado en el ITSL con la creación de una aplicación móvil para la selección de equipo

Everardo Arroyo-Lopez<sup>1</sup>, Arturo Serrano-Hernandez<sup>1</sup>, Diego Roman-Landeros<sup>1</sup>.

**Resumen**—En el presente artículo se muestra el análisis de distintos sistemas mecánicos necesarios para la construcción de una plataforma de experimentación de un vehículo tipo go-kart, se diseñó en software CAD (Diseño asistido por computadora) el prototipo y una vez construido se analizó el funcionamiento de los sistemas y se obtuvieron datos como ángulos de giro de los brazos, resultados de la prueba antivuelco, entre otros, más adelante se realizó una aplicación de celular la cual sirve para la correcta selección del motor eléctrico y se muestra la interfaz y el código del desarrollo de la aplicación móvil adjuntando los cálculos manuales para la verificación del correcto funcionamiento de la app.

**Palabras claves**— Aplicación de celular, Diseño, Optimización, Sistemas mecánicos.

**Abstract**—This article shows the analysis of different mechanical systems necessary for the construction of an experimentation platform of a go-kart type vehicle, the prototype was designed in CAD software (Computer Aided Design) and once built the operation was analyzed. of the systems and data were obtained such as turning angles of the arms, results of the anti-tip test, among others, later a cell phone application was made which serves for the correct selection of the electric motor and the interface and the code are displayed of the development of the mobile application attaching the manual calculations for the verification of the correct operation of the app

**Keywords**— Design, Mechanical systems, Mobile application, Optimization.

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas mecánicos son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía. (Lozano, 2015)

Dentro del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo se creó una plataforma de vehículo eléctrico monoplace la cual cuenta con diferentes sistemas mecánicos, como lo son la suspensión, dirección, sistema de propulsión y sistema de frenado, dentro de los cuales se notaron áreas de mejora en el sistema de suspensión, dirección y la falta de los sistemas de

seguridad, además de que la selección del motor fue incorrecta lo cual hacía que el motor se encontrara al límite de su capacidad.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

### A. Diseño

En la Figura 1, se muestra el diseño que se tomó del prototipo del vehículo eléctrico que se creó en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en el que participo la Subdirección de Investigación y Desarrollo tecnológico, el área de posgrado en la maestría de mecatrónica y la carrera de ingeniería de sistemas automotrices.

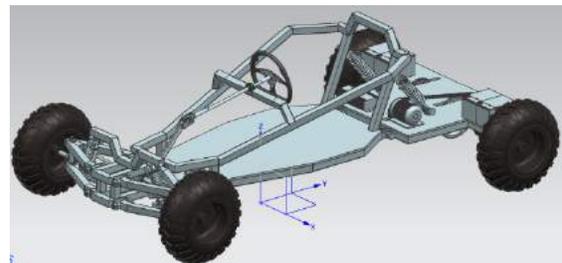


Figura 1 Vista isométrica del prototipo.

En la Figura 2, al notar las varias áreas de mejora, se hizo el diseño tomando en cuenta las áreas de oportunidad. Se muestra el diseño 3D para la optimización del prototipo, esto con la finalidad de mejorar el sistema de suspensión maximizando el rango de movimiento, una mayor estabilidad dentro del sistema de dirección y aumentar la seguridad del operario.

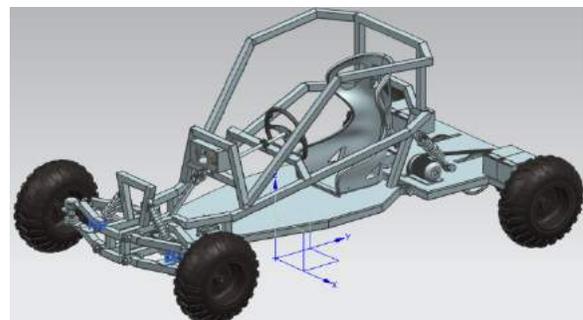


Figura 2 Vista isométrica del prototipo optimizado.

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Subdirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Av. Tecnológico No. 1555 Sur Periférico Gómez, C.P. 35150, Lerdo, Durango, México.

**B. Sistema de dirección**

En los resultados del desplazamiento de la cremallera se obtuvo el siguiente valor:

$$d = \frac{15}{3} = 5 \text{ cm} \quad (1)$$

Y su velocidad de desplazamiento:

$$V = 120 \cdot \left(\frac{15}{3}\right) = 10 \text{ cm por segundo} \quad (2)$$

En la figura 3, se puede observar que para agregar estabilidad a la dirección se agregó una segunda chumacera, esto para disminuir los movimientos indeseados dentro de la misma.



figura 3 Segunda chumacera.

**Sistema de suspensión**

Como se muestra en la figura 4, anteriormente se contaba con una varilla roscada que sujetaba ambos brazos de la suspensión, esta varilla limitaba la movilidad de los brazos haciendo que la suspensión no hiciera bien su trabajo.



figura 6 Suspensión con varilla roscada.

Para Tener una mayor movilidad en los brazos de la suspensión se optaron por rehacer los mismos, pero ahora cambiando el diseño para insertar rotulas y mejorar la suspensión como se puede observar en la figura 5.



figura 4 Rotulas sistema de suspensión.

Para comprobar su eficacia se utilizó el software NX 10 de SIEMENS haciendo una simulación de los brazos en 2D para observar los ángulos permisibles que mejoraron al instalar las rotulas.

Como se puede observar en la Figura 6, su ángulo máximo permisible es de 180°.

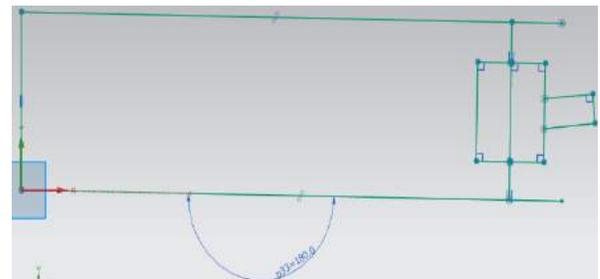


figura 5 Angulo máximo permisible sin rotulas.

En cambio, al observar la figura 7, se puede ver el cambio al instalar las rotulas el ángulo aumenta a 170°.

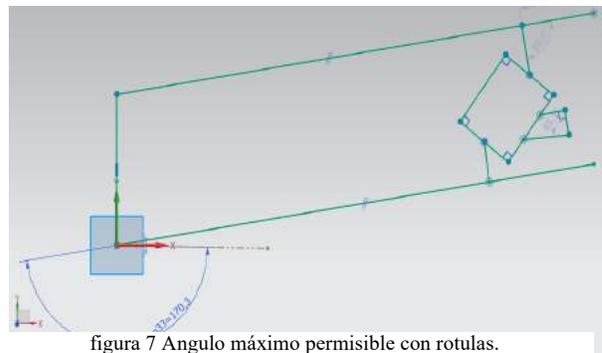


figura 7 Angulo máximo permisible con rotulas.

**C. Sistemas de seguridad (calculo antivuelco)**

Para la prueba de inclinación se coloca el vehículo sobre una plataforma y se lo inclina a 60 grados con respecto al piso, con lo cual se simula una aceleración lateral de 1.75g.

La prueba de inclinación permite garantizar la estabilidad del vehículo en curva, además permite realizar una nueva distribución de masas en caso del fallo de la misma, para ello

se realiza un diagrama de cuerpo libre seguido de un cálculo estático como se observa en la figura 8:

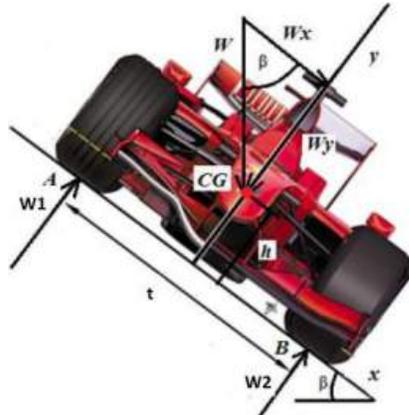


Figura 8 Análisis de cargas en prueba de inclinación.

En (3) se muestra la fórmula para saber si el vehículo pasara la prueba de inclinación.

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{t}{2 \cdot h}\right) \quad (3)$$

Tomando los valores del primer prototipo se tiene:

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{1007.7823}{2 \cdot 347.0029}\right) = 55.44^\circ \quad (4)$$

Este vehículo no pasa la prueba, debido a que se volcara a los 55° y el mínimo necesario son 60°.

Con el vehículo optimizado, con sus barras antivuelco y su dirección estable, se obtienen los siguientes valores:

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{1058.8322}{2 \cdot 252.8752}\right) = 64.46^\circ \quad (5)$$

Se verifica que el vehículo resiste los 64.46° antes de volcar, por lo cual se establece que el vehículo optimizado para la prueba satisfactoriamente.

#### D. Cálculo de motor

Para el ejemplo se tomará una velocidad de 15 km/h y un peso del vehículo de 170 Kg.

En (6) se consigue la aceleración del vehículo

$$a = \frac{15 \left(\frac{1000}{3600}\right)}{2} = 2.083 \frac{m}{s^2} \quad (6)$$

En (7) la fuerza de fricción:

$$F_r = 170 \cdot 9.81 \cdot 1 = 1667.7 \text{ N} \quad (7)$$

En (8) la fuerza de empuje:

$$\widehat{t_e} = 170 \cdot 2.083 = 354.166 \text{ N} \quad (8)$$

En (9) la fuerza total:

$$F_t = 1667.7 - 354.166 = 1313.533 \text{ N} \quad (9)$$

En (10) se consigue la potencia requerida al arranque:

$$P_r = \frac{1313.533 \cdot 15 \left(\frac{1000}{3600}\right)}{1000} = 5.4730 \text{ KW} \quad (10)$$

Al realizar este cálculo dentro de la app, se puede observar en la Figura 9, que se muestra el mismo resultado que los cálculos teóricos.

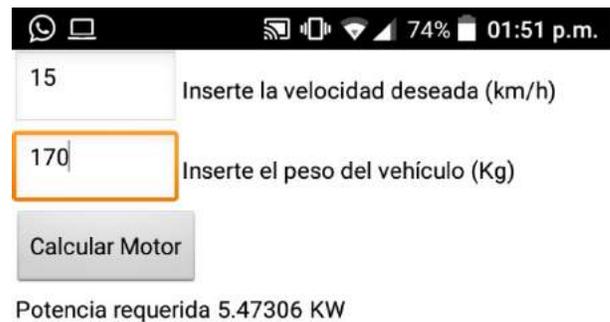


Figura 9 Cálculos realizados en app.

### III. RESULTADOS

En el sistema mecánico referente a la suspensión, se pudo observar que inicialmente los brazos tenían una movilidad de 5 grados, después de la modificación al diseño paso a tener un ángulo máximo de 10 grados de movilidad al instalar las rotulas, creando una mejora a la suspensión.

En los sistemas de seguridad, el prototipo antes de las mejoras no cumplía con la prueba de inclinación establecida por el Reglamento FSAE debido a que este se volcaba a los 55.44°, siendo que la norma establece que debería volcarse a un mínimo de 60°, en cambio, al poner las barras antivuelco y bajar el centro de gravedad, se obtuvo que el ángulo de vuelco es de 64.46° haciendo que este pasara la prueba satisfactoriamente.

Al agregar una segunda chumacera que sostuviera la flecha del volante, se pudo observar una mejora de estabilidad, pudiendo dejar la dirección sin ningún tipo de movimiento indeseado.

La aplicación dio exactamente el mismo valor que los cálculos hechos a mano, lo cual fue 5.4730 KW, anteriormente se contaba con un motor de 1.8 KW lo cual derivó en que el controlador se dañó debido a que el motor se forzaba, ahora se sabe que la selección del motor debe de ser con las capacidades que indica la aplicación.

#### IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Los tiempos para la correcta selección de un motor varían entre 1 a 3 días considerando que no se cuenta con información alguna que incluya formulas, además, se han de proponer datos de variables de entrada; realizando una serie de iteraciones eventualmente se llegaría a la selección correcta del motor. En cambio, con la aplicación desarrollada el proceso tarda solo 5 minutos, incluyendo el tiempo de adquisición de la misma; al seguir utilizando la aplicación para escoger otro motor para otro go-kart eléctrico esta eliminará el error humano y se escogerá el motor correcto el 100% de las veces.

Algunas de las recomendaciones para próximos alumnos a trabajar en este proyecto, serían:

- Conseguir un nuevo motor que esté de acuerdo al peso del vehículo.
- Reducir el peso total del vehículo ya sea quitando las placas del chasis o quitando el PTR innecesario.
- Instalar un cinturón de seguridad para reducir el riesgo del tripulante.
- Tener un proceso de mejora continua en el vehículo.
- Hacer compatible un panel solar, para que el vehículo sea aún más amigable con el medio ambiente.
- Agregar dentro de la app los cálculos para la selección de otros componentes mecánicos que puede llevar cualquier go-kart.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los Ingenieros Arturo Serrano y Diego Román que me dieron la oportunidad de participar en este proyecto, al Instituto Tecnológico Superior de Lerdo por las facilidades brindadas para la construcción del prototipo del vehículo eléctrico de 4 ruedas; al prestar las instalaciones y brindar presupuesto.

#### VI. APÉNDICES

Initial code blocks for global variables:

- inicializar global Aceleracion\_3 como 0
- inicializar global metros\_segundos como 0
- inicializar global Fuerza\_de\_friccion como 0
- inicializar global Kilo\_newtons como 0
- inicializar global Fuerza\_total como 0
- inicializar global Aceleracion como 0
- inicializar global CampoDeTexto2 como 0
- inicializar global Conversion como 0
- inicializar global Potencia\_requerida como 0
- inicializar global CampoDeTexto1 como 0

figura 10 Código app parte 1.

Code blocks for 'cuando Botón1 es Clic ejecutarse':

- si
- entonces
- poner Etiqueta5 Texto como La velocidad máxima permitida es de 30 km/h
- poner Etiqueta4 Texto como
- poner Etiqueta3 Texto como Error
- sino
- poner global CampoDeTexto1 a CampoDeTexto1 Texto
- poner global CampoDeTexto2 a CampoDeTexto2 Texto
- poner global Conversion a tomar global CampoDeTexto1 x 1000
- poner global metros\_segundos a tomar global Conversion / 3600
- poner global Aceleracion a tomar global metros\_segundos / 2
- poner global Fuerza\_de\_friccion a tomar global CampoDeTexto2 x 9.81

figura 11 Código app parte 2.

Code blocks for global variable calculations:

- poner global Aceleracion\_3 a tomar global Aceleracion
- poner global Fuerza\_total a sumar global Fuerza\_de\_friccion tomar global Aceleracion\_3
- poner global Potencia\_requerida a tomar global Fuerza\_total tomar global metros\_segundos
- poner global Kilo\_newtons a tomar global Potencia\_requerida / 1000
- poner Etiqueta4 Texto como
- poner Etiqueta5 Texto como kW
- poner Etiqueta3 Texto como Potencia requerida

Figura 12 Código app parte 3.

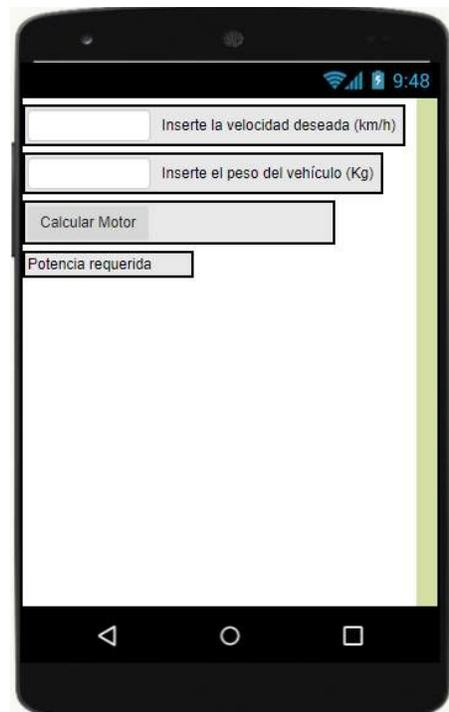


figura 13 App vista desde Appinventor.



figura 14 Icono de la app dentro de un celular.



figura 15 Vehículo con solo una chumacera.

## VII. REFERENCIAS

- [1] Arroyo López, E. R. (2020) *Desarrollo de la aplicación para la selección de motores eléctricos y optimización de los sistemas mecánicos de la plataforma de vehículo eléctrico en el ITSL* (Tesis de ingeniería). Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.
- [2] Serrano Hernández, A. (2020) *Diseño e implementación de los distintos sistemas mecánicos para el funcionamiento de un vehículo eléctrico monoplaza* (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.
- [3] Bele, I., & Bocii, L. S. (2003). *La transformación de un vehículo eléctrico, con la regulación con VTC (variador de tensión continua), en un vehículo con inversor de frecuencia y motor eléctrico asíncrono.* (U. d. Antioquia, Ed.)
- [4] Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (8vaed.)*. México D.F., México: McGraw-Hill.
- [5] *Real Academia de Ingeniería. (2017). El almacenamiento de energía en la distribución eléctrica del futuro.* Madrid, España
- [6] Yin, R. K. (2012). *Case study methods*. Thousand Oaks: Sage.
- [7] Balsells, M. (2015). *Diseño eléctrico-electrónico de un kart eléctrico*. Barcelona, España: Univeritat Politècnica de Catalunya. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/77148>
- [8] Mendez, A., & Cely, M. (2016). *Diseño del Sistema de Freno Regenerativo de Automóviles Híbridos*. (F. d. Escuela Politécnica Nacional, Ed.) *Revista Politécnica*, 3.

- [9] Lozano, L. (2015). *Sistemas Mecánicos*. Disponible en: [https://es.slideshare.net/Luisa\\_regino/sistemas-mecnicos](https://es.slideshare.net/Luisa_regino/sistemas-mecnicos)

## VIII. BIOGRAFÍA



**Arroyo López Everardo Rafael** nacido en Lerdo Durango el 7 de abril de 1998. Habiendo obtenido el título de ingeniero en sistemas automotrices por el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en la ciudad de Lerdo, Durango, México en diciembre del 2020.

El actualmente labora en Industria Sigrama localizado en la ciudad de Torreón, Coahuila, México como Especialista en marcas dentro del área de distribuciones, durante la carrera participó en proyectos como becario, como lo fue la creación de una plataforma tecnológica flexible y adaptable para tratamiento de prendas de mezclilla de bajo impacto ambiental y laboral con la empresa Siete Leguas, y la creación de una maquina embotelladora con la empresa Elopak. Además, trabajó como asesor dando un curso de diseño 3D dentro del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, teniendo como temas de interés el diseño 3D, la electrónica y el ramo automotriz



**Arturo Serrano Hernández** nacido en Torreón Coah. Méx. El 21 de agosto de 1988. Habiendo obtenido el título de ingeniero mecánico con especialidad en diseño industrial por el Instituto Tecnológico de la Laguna en la ciudad de Torreón Coah. Méx en abril del 2012. Actualmente cursando la maestría en Planeación estratégica y dirección de tecnología en la Universidad Popular

Autónoma del Estado de Puebla ubicada en la ciudad de Puebla, Pue. Méx. El actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo como Profesor Investigador en la Subdirección de Investigación y desarrollo Tecnológico como responsable del área de diseño, así como en el área de Electromecánica, en la ciudad de Lerdo, Dgo. Méx. Las líneas de investigación de interés son en relación la automatización de procesos industriales y a la mecatrónica. El Ing. Serrano perteneció a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) en el 2010, tomó un diplomado en Tecnomatix, software de SIEMENS en la Universidad del Valle de Puebla, en la ciudad del Puebla, Pue. México a finales del 2013. Participo como coautor del artículo Ingeniería de Procesos Administrativos para la Mejora del Desempeño Organizacional: Caso de estudio, ponencia presentada en el congreso Internacional de Investigación Ciencias y Sustentabilidad de Academia Journals en la Univerisidad Veracruzana en la ciudad de Tuxpan, Veracruz.



**Diego Alberto Román Landeros** nacido en Gómez Palacio Durango el 9 de junio de 1990. Actualmente realiza un estudio de posgrado en Especialización en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en la ciudad Lerdo Durango, México.

El actualmente trabaja en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo localizado en la ciudad de Lerdo Durango, México como Docente e investigador, teniendo como temas de interés el control electrónico de sistemas, la automatización y la mecatrónica en el ramo automotriz.

# Supervivencia y creación de empresas industriales en el norte de México

B.L. Cardona-Ferniza<sup>1</sup>, M. C. Garza-García, M. I. Luna-Reyes.

**Resumen**—La presente investigación es una aproximación al estudio de la demografía empresarial en la economía mexicana, para ser más precisos, de las empresas al norte del país, para lo cual se tiene a bien diferencias entre los distintos estratos de empresas del país, micro, pequeña, mediana y gran empresa. Se emplea también algunos esquemas teóricos de la nueva geografía económica, de la cual se destaca el análisis de aglomeraciones industriales, las cuales sirven de marco para la identificación de factores que pueden explicar la relación entre la concentración de las industrias de diversos tamaños y su relación con la supervivencia de los negocios. Explorar el crecimiento económico de una región o ciudad permite también conocer si este es un factor determinante en la permanencia de las unidades económicas industriales y como determinante de un clima favorable a nuevas inversiones y emprendimientos. La investigación tiene por objetivo general el analizar los diferentes factores que inciden en la supervivencia de las empresas industriales al norte de México. Se logra identificar que el tamaño de empresa incide en su supervivencia, mientras que las nuevas inversiones y emprendimientos surgen en los estratos más pequeños.

**Palabras claves**—empresas, emprendimientos, industria, supervivencia de empresas.

**Abstract**— This research is an approach to the study of business demography in the Mexican economy, to be more precise, of companies in the north of the country, for which there are good differences between the different strata of companies in the country, micro, small, medium and large company. Some theoretical schemes of the new economic geography are also used, of which the analysis of industrial agglomerations stands out, which serve as a framework for the identification of factors that can explain the relationship between the concentration of industries of various sizes and their relationship with the survival of business. Exploring the economic growth of a region or city also allows us to know if this is a determining factor in the permanence of industrial economic units and as a determinant of a favorable climate for new investments and ventures. The general objective of the research is to analyze the different factors that affect the survival of industrial companies in northern Mexico. It is possible to identify that the size of the company affects its survival, while new investments and ventures arise in the smallest strata.

**Keywords**—. companies, enterprises, industry, survival of companies.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bienes de producción manufacturera en México son realizados en empresas de distintos tamaños y, dentro de éstos, el que predomina es el tamaño micro. Los otros dos tamaños que sobresalen en número de unidades industriales son la pequeña y la mediana empresa, que son consideradas como unidades económicas básicas del tejido productivo nacional, y un elemento indispensable para conducir el crecimiento económico a todos los estratos de la sociedad.

En el primer semestre del año, el valor de la producción del país se concentró en dos regiones; norte y centro-occidente, que juntas suman un 63.4% del total. En términos reales las cuatro zonas de México registran altas tasas de crecimiento anuales, provocando que la variación nacional presenta su mayor nivel para un mismo periodo en los últimos 5 años.

Para el desarrollo del estudio, las empresas fueron catalogadas en cuatro distintos tamaños, considerando como criterio de clasificación el número de personal ocupado. De acuerdo a este se distinguen en la industria manufacturera: la micro empresas que emplearon a un rango de personas de 0 a 10, la pequeña con un rango de 11 a 50 personas ocupadas, la mediana de 51 a 250 personas y por último la empresa grande que empleó a 251 y más personas.

La viabilidad del proyecto se debe principalmente a la disponibilidad de información oficial, la cual se difunde a través de los censos industriales y económicos de las unidades manufactureras recabado por el Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI). Dicha información es presentada de tal manera que puede hacerse una estratificación de las empresas de acuerdo al número de empleados, además de poder identificar las variables útiles para operacionalizar los elementos teóricos en los que se conduce la investigación. A través de éstos es posible comprobar las hipótesis planteadas. De tal manera, podemos contar con los elementos que permiten explorar los patrones de crecimiento de la industria manufacturera en las diversas entidades federativas del país en el periodo comprendido entre los años de 2004 a 2014.

La importancia que guardan los estratos menores de empresas, pequeña y mediana determinó que el 30 de abril de 1985 se publicara, en el Diario Oficial de la Federación, el

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, División de ingeniería en Gestión Empresarial, Calzada del Tecnológico #53 Col El Tecnológico, C.P. 27800, San Pedro, Coahuila, México.  
brenda.cardona@tecsanpedro.edu.mx

primer programa para el desarrollo integral de la Industria Pequeña y Mediana; a la fecha, este sector industrial continúa siendo incorporado a los programas y políticas gubernamentales. A mediados de la década de los 90's, se integró el Consejo Nacional de las Micro Pequeñas y Medianas Empresas cuyo principal objetivo fue el de "establecer políticas e instrumentos para promover el incremento de su eficiencia y la calidad, y fortalecer las cadenas productivas para vincular a las pequeñas empresas con las de mayor tamaño" (García y Paredes, 2001).

Este panorama no es accidental, pues la pequeña y mediana empresa en conjunto con la micro, constituyen más del 90% de las unidades económicas del país; lo cual representa un reto importante para la economía de México en materia de crecimiento. De tal manera que los datos disponibles para el 2004 tenemos que el porcentaje de empresas fue el siguiente: la micro empresa representó 94.95% de las unidades empresariales, las pequeñas fueron 3.93% mientras que la mediana el 0.90% y las empresas grandes representaron 0.22% del total de las empresas en el país para dicho año.

En cuanto a personal ocupado los porcentajes por tamaño de empresa son los siguientes: la micro empresa ocupó al 38.33% del personal ocupado total de la industria manufacturera, la pequeña ocupó al 15.26% del total de personal, la mediana empresa el 17.42% mientras que la empresa grande el 28.99%, esto con respecto al total de las unidades empresariales que fueron censadas en el 2004. De tal manera que la contribución que realizó cada estrato de empresas al valor agregado (VA), en términos porcentuales, fue: 14.44% de la micro empresa, la pequeña empresa contribuyó con el 11.30% del VA, la mediana empresa más del 15.50%, mientras que la empresa grande fue del 58.70%

## II. ESTUDIO DE LA DEMOGRAFÍA EMPRESARIAL

El estudio de la demografía empresarial comprende los factores o fenómenos relacionados con la entrada, la supervivencia y la salida de las empresas en el mercado, es un aspecto central del análisis de los mercados y del comportamiento de las empresas (Fariñas, 2002)

La creación y destrucción de empresas se configura como un elemento imprescindible para el análisis económico de una sociedad en general y para el desarrollo de las estrategias de las políticas de empleo en particular (Romero, Martos, & Galicia, 2014). La información que surge del análisis de la demografía empresarial puede proporcionar una guía para el plan de acción para la formación de empleo, referentes a la administración pública, pero también tiene múltiples usos en el ámbito privado y académico ya que los investigadores y estudiosos de la economía tienen en los datos obtenidos un insumo invaluable para observar la dinámica de los negocios dentro de la economía nacional (INEGI, 2012). Wennekers, Stel, Carree, & Thurik (2010), mencionan que el estudio

integra por dos "revoluciones"; el emprendimiento empresarial el cual es especialmente valioso, por el aumento del trabajo por cuenta propia, porque aumenta la flexibilidad y la productividad del sistema económico y contribuye a un mayor grado de satisfacción laboral, la OCDE (2012), considera que los emprendedores son agentes clave del cambio en las economías de mercado, aunque también aumenta la inseguridad para aquellos involucrado, así como la desigualdad de los ingresos. El emprendimiento colectivo y / o ambicioso de las grandes empresas, es de particular importancia para la competitividad, el crecimiento económico y la creación de empleo. En este sentido, (Martínez, 2006) considera que es un problema de vital interés para la economía puesto que los riesgos que corren las empresas de salir del mercado durante sus primeros años de vida son elevados.

La autoridad pública busca exhaustivamente consolidar el tejido de las empresas existentes, el cual se traduce a incremento de número de trabajadores en ellas, y favorecer el desarrollo de nuevas iniciativas empresariales competitivas, basados en los estudios del crecimiento anual del tejido empresarial de un territorio y la evolución del crecimiento económico per cápita de la religión los cuales cuentan con alta correlación. En este sentido el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), ha realizado dos estudios sobre la demografía de establecimientos, con la finalidad de determinar el grado de movilidad de los establecimientos en los diferentes sectores de actividad económica, los cuales fueron realizados en el año de 1996, la entonces llamada Coordinación Nacional de Censos Económicos realizó el estudio nacional de altas y bajas, a través de un muestreo probabilístico de áreas urbanas seleccionadas, para conocer cuántas unidades económicas nuevas en la clasificación de las Pymes con respecto a los censos económicos de 1994 y cuales ya no se encontraban. El estudio a cargo del INEGI se realizó en 2009 el cual tenía el fin de conocer la movilidad de las unidades económicas en el país a través de altas y bajas 2009, el cual se efectuó mediante una encuesta de cobertura nacional en áreas urbanas y cuyo diseño permitió presentar resultados a nivel nacional y por entidad federativa, sector de actividad económica y personal ocupado.

En la búsqueda de las respuestas que surgen en cuanto a la dinámica empresarial diversos autores han propuesto diferentes teorías y realizado estudios con distintas metodologías para la obtención de resultados, tal es el caso de Martínez (2006), el cual, realiza un estudio de demografía empresarial en el que explica las estadísticas vitales de las empresas del Área Metropolitana de Cali para el periodo 1994-2003, que son la entrada y salida de empresas en términos absolutos, entrada y salida de empresas en términos relativos (Tasa de Entrada Bruta y Tasa de Salida Bruta respectivamente), crecimiento neto de las empresas (Tasa de

Entrada Neta y Tasa de Rotación) y la consolidación empresarial la cual se abordó a partir de las tasas de riesgo y supervivencia de las empresas. Para terminar, concluye que el estudio indicó que existe una relación directa entre el tamaño inicial de las empresas y sus probabilidades de supervivencia y que las empresas presentan mayores problemas para permanecer activas en los mercados donde entraron, durante los tres primeros años de vida. Los factores que son considerados en ella son la dimensión inicial de la empresa entrante y el crecimiento de la misma, aunado a ello considera que los factores estructurales son determinantes de los niveles de supervivencia de las empresas, en ellos se encuentran el ciclo de vida y el grado de contracción de las empresas.

Jovanovic (1982), proporciona un modelo llamado "Selección ruidosa", el cual habla de un mercado que produce un único bien y con estructuras de costos diferentes entre las empresas

Del modelo se desprenden cuatro resultados de gran importancia:

- El tamaño de la firma y la concentración de la industria parecen estar positivamente correlacionados con la tasa de retorno.
- La correlación a través del tiempo de las tasas de retorno es más alta para firmas grandes en industrias concentradas.
- La variabilidad de las tasas de retorno aumenta con la concentración del mercado.
- La alta concentración supone elevados márgenes para las grandes empresas, pero no para las pequeñas.

Dunne y Samuelson (1989) Nos dicen que las empresas entrantes no conocen sus posibilidades de supervivencia, por lo cual entran al mercado con un pequeño tamaño, para tener pequeños gastos y minimizar los costos; Después nos habla sobre la madurez del mercado, y nos dice que se desarrollan economías de escala, la rentabilidad se hace más grande a resultado de las diferencias de tamaño.

Después vemos una evaluación realizada de manera empírica, la cual trata sobre las causas de duración, teniendo en cuenta las variables explicativas sectoriales y empresariales con una relación directa con la esperanza de vida y crecimiento sectorial Audretsch y Mahmood (1994)

Segarra (2002), habla sobre un análisis de supervivencia empresarial, tomando como muestra la cohorte de empresas creadas en España en 1994; llega a la conclusión de que las empresas que tienen mayor nivel de supervivencia son aquellas que entrar a mercados que están en la fase inicial de su vida

Uno de los métodos más importantes es el de Cardona y Gamboa (2004) que intenta identificar las variables que determinan la dinámica del ciclo de vida de las empresas industriales de Colombia para el periodo comprendido entre 1995-2000. Para el análisis empírico se utiliza la modelación

de panel de datos, para concluir se dice que existe una relación directa entre la entrada neta de empresas y las variables de organización industrial y de localización de las empresas, esto para los modelos regionales a nivel sectorial; se concluye que existe una relación directa entre la entrada neta de empresas y las variables de organización industrial y de localización de las firmas, esto para los modelos regionales a nivel sectorial

Después de haber citado los autores que se han dado a la tarea de realizar investigaciones respecto al tema, las teorías y la importancia del estudio del mismo, la mayoría de los estudios y literatura son centrados y basados en países europeos y americanos. En este caso México, como los demás países latinoamericanos carecen de literatura en el que se den respuesta a la dinámica empresarial (Covarrubias, 2012).

Entre las investigaciones que den respuesta a la demografía empresarial en territorio Mexicano podemos encontrar a Covarrubias (2012), el cual describe la demografía de las empresas mexicanas en el periodo de 1980 a 2007, manejando un volumen de población empresarial por año y duración, la tasa de creación, las tasas de cierre y las porciones de sobrevivencia calculadas para el periodo con datos del Registro Federal de Contribuyentes (RFC), proporcionados por el Servicio de Administración Tributaria (SAT), posteriormente realiza una comparación con los datos disponibles de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Betancourt, Calderón, & García, (2017) realizan una investigación para determinar los principales factores por los que las empresas de nueva creación o startups fracasan en un lapso no mayor a los cinco años en la ciudad de Morelia Michoacán, utilizando la metodología AHP (Proceso analítico jerárquico), que permite establecer el nivel de prioridad de cada uno de los factores identificados en el fracaso empresarial.

### III. METODOLOGÍA

El estudio presentado es exploratorio explicativo que pretende identificar las causas de la supervivencia de las empresas manufactureras en los estados que conforman el área de la frontera norte del país que son: Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas. Específicamente las unidades económicas del sector manufactura.

El diseño de la investigación procedió de la siguiente manera, se identificó la base de datos de los censos económicos, para conformar datos longitudinales comparativos, que permitan la identificación de factores o elementos de la supervivencia de los diferentes estratos de empresa, se seleccionaron los años 2009, 2014 y 2019.

La muestra seleccionada de las bases de censos fue de la siguiente manera: se filtra la información primero para el

sector manufacturero, posteriormente se seleccionan los datos para los estados de la frontera norte del país. Esto se realizó para uno de los años anteriormente enunciado. Posteriormente se calculó las probabilidades entre censos y se concentró las probabilidades quinquenales. Con ello se pudiera estimar la supervivencia anual por generación. Para calcular la probabilidad de sobrevivir entre censo y censo se consideran intervalos de edades cada 5 años, definiendo este cálculo con la siguiente fórmula:

$$5p(x) = ((S(x+5))/S(x))$$

Donde:

x = Edad de los negocios

S(x) = Sobrevivientes al final de la edad "x"

p(x) = Probabilidad de que un negocio sobreviva durante la edad "x"

y se lee como la probabilidad de alcanzar la edad x + 5, siendo que en el censo anterior el negocio tenía la edad "x".

Ubicando las probabilidades quinquenales a la edad mayor leída en cada intervalo, se estimó la supervivencia a estas edades partiendo de una muestra de 10,000 negocios. Estimando la tasa de crecimiento anual en cada quinquenio se obtuvo el vector de supervivencia anual desde edades x = 0, 1, 2, ... w, siendo "w" la edad al final considerada en la supervivencia.

#### IV. RESULTADOS

TABLA 1. DE SUPERVIVENCIA, MORTALIDAD Y ESPERANZA DE VIDA DE LOS NEGOCIOS DEL SECTOR MANUFACTURAS DE LA ENTIDAD COAHUILA CENSOS ECONÓMICOS DE 2009 AL 2019

Edad	S'(x)	p(x)	q(x)	d(x)	E(x)
0	100000.00	0.86	0.21	20841.97	10.48
1	80545.76	0.67	0.40	19237.95	10.87
2	62588.73	0.59	0.48	8135.73	11.28
3	54994.71	0.53	0.54	5787.32	11.69
4	49592.73	0.49	0.58	4496.85	12.13
5	45395.29	0.45	0.62	3678.31	12.58
6	41961.90	0.42	0.65	3111.87	13.04
7	39057.22	0.39	0.68	2696.14	13.53
8	36540.60	0.37	0.70	2377.75	14.03
9	34321.16	0.35	0.72	2125.93	14.55
10	32336.79	0.33	0.74	1921.65	15.09

TABLA 1. DE SUPERVIVENCIA, MORTALIDAD Y ESPERANZA DE VIDA DE LOS NEGOCIOS DEL SECTOR MANUFACTURAS DE LA ENTIDAD BAJA CALIFORNIA CENSOS ECONÓMICOS DE 2009 AL 2019

Edad	S'(x)	p(x)	q(x)	d(x)	E(x)
0	0.78	0.29	28929.89	11.41	10.48
1	0.62	0.45	16330.09	11.81	10.87
2	0.55	0.52	6538.17	12.22	11.28
3	0.51	0.56	4638.90	12.65	11.69
4	0.47	0.60	3598.21	13.09	12.13
5	0.44	0.63	2939.95	13.55	12.58
6	0.42	0.65	2485.70	14.03	13.04
7	0.40	0.68	2153.21	14.51	13.53
8	0.38	0.70	1899.26	15.02	14.03
9	0.36	0.71	1698.95	15.55	14.55
10	0.34	0.73	1536.89	16.09	15.09

TABLA 1. DE SUPERVIVENCIA, MORTALIDAD Y ESPERANZA DE VIDA DE LOS NEGOCIOS DEL SECTOR MANUFACTURAS DE LA ENTIDAD CHIHUAHUA CENSOS ECONÓMICOS DE 2009 AL 2019

Edad	S'(x)	p(x)	q(x)	d(x)	E(x)
0	100000	0.76	0.32	31617.54	9.72
1	70488	0.57	0.50	18302.45	10.11
2	53404	0.51	0.57	6623.60	10.53
3	47221	0.46	0.61	4699.52	10.96
4	42835	0.42	0.65	3645.23	11.41
5	39432	0.39	0.68	2978.37	11.88
6	36652	0.37	0.70	2518.17	12.37
7	34302	0.35	0.73	2181.34	12.87
8	32265	0.33	0.74	1924.08	13.39
9	30470	0.31	0.76	1721.15	13.94
10	28863	0.29	0.78	1556.97	14.51

TABLA 1. DE SUPERVIVENCIA, MORTALIDAD Y ESPERANZA DE VIDA DE LOS NEGOCIOS DEL SECTOR MANUFACTURAS DE LA ENTIDAD NUEVO LEÓN CENSOS ECONÓMICOS DE 2009 AL 2019

Edad	S'(x)	p(x)	q(x)	d(x)	E(x)
0	100000	0.87	0.20	19969.82	10.48
1	81360	0.67	0.40	19675.43	10.88
2	62994	0.59	0.48	8243.48	11.28
3	55300	0.53	0.54	5867.19	11.71
4	49823	0.49	0.58	4560.46	12.15
5	45567	0.45	0.62	3731.02	12.60
6	42084	0.42	0.65	3156.65	13.07
7	39137	0.39	0.68	2734.80	13.57
8	36585	0.37	0.70	2411.52	14.07
9	34334	0.35	0.73	2155.66	14.60
10	32322	0.33	0.74	1947.97	15.15

TABLA 1. DE SUPERVIVENCIA, MORTALIDAD Y ESPERANZA DE VIDA DE LOS NEGOCIOS DEL SECTOR MANUFACTURAS DE LA ENTIDAD SONORA CENSOS ECONÓMICOS DE 2009 AL 2019

Edad	S'(x)	p(x)	q(x)	d(x)	E(x)
0	100000	0.74	0.33	32671.92	8.34
1	69503	0.55	0.53	19861.14	8.72
2	50965	0.48	0.59	6876.68	9.12
3	44546	0.43	0.64	4879.08	9.54
4	39992	0.39	0.68	3784.51	9.97
5	36459	0.36	0.71	3092.17	10.43
6	33573	0.33	0.74	2614.39	10.91
7	31133	0.31	0.76	2264.69	11.42
8	29019	0.29	0.78	1997.60	11.95
9	27154	0.27	0.80	1786.91	12.49
10	25486	0.26	0.81	1616.46	13.07

TABLA 1. DE SUPERVIVENCIA, MORTALIDAD Y ESPERANZA DE VIDA DE LOS NEGOCIOS DEL SECTOR MANUFACTURAS DE LA ENTIDAD TAMAULIPAS CENSOS ECONÓMICOS DE 2009 AL 2019

Edad	S'(x)	p(x)	q(x)	d(x)	E(x)
0	100000	0.73	0.34	33805.61	7.62
1	68445	0.53	0.54	20248.83	7.99
2	49545	0.46	0.61	6982.44	8.38
3	43027	0.41	0.66	4954.12	8.80
4	38403	0.37	0.70	3842.72	9.23
5	34816	0.34	0.73	3139.73	9.68
6	31885	0.32	0.76	2654.60	10.15
7	29408	0.29	0.78	2299.52	10.64
8	27261	0.27	0.80	2028.32	11.17
9	25368	0.25	0.82	1814.39	11.72
10	23674	0.24	0.83	1641.32	12.30

La probabilidad de supervivencia de las empresas industriales que iniciaron su actividad en 2009 en Coahuila indica que la mortalidad empresarial es elevada durante los primeros años tras su creación. Del conjunto de empresas que se analizó dada la base de información del censo finalizaron su actividad

durante el primer año de vida, por lo tanto, la probabilidad de seguir en el sector para aquellas empresas que lograron continuar después del primer año es del 67%. Probabilidad que desciende durante los siguientes años, siendo la probabilidad de supervivencia de las empresas al décimo año del 33%.

V. CONCLUSIÓN

Se distinguieron algunas de las causas por las cuales las empresas pequeñas desaparecen o simplemente no permanecen en el mercado por más tiempo, de estas causas se distinguen las estructurales que se mencionan a continuación y posteriormente las que tienen relación con el entorno en el que operan estas empresas.

Estructurales

*Dirección y administración:* ausencia de un sistema de administración formal (la empresa se maneja de manera errática, sin que se haga sistemáticamente labores de administración); crecimiento por encima de lo sostenible (“Tasa Sostenible de Crecimiento”10); control de costos; mercadotecnia deficiente; falta de mentalidad empresarial e inversiones no productivas.

*Problemas de escala:* falta de especialización; abastecimiento costoso; mercadotecnia deficiente.

*Operación:* producción (poca sistematización, mano de obra escasa a los salarios de la pequeña empresa, maquinaria y equipo inaccesible, merma excesiva, capacitación y mano de obra ineficiente), insumos (condiciones de pago exigentes, mala calidad), características del producto (mercado saturado, calidad, innovación) y relaciones humanas

Del entorno

*Mercado:* cambios de las cadenas productivas; requerimientos crecientes; plazos de cobranza.

*Financiamiento:* Escasez de crédito; costo de crédito, requisitos y actitud de los bancos

Otros: impuestos; tramites gubernamentales complejos, falta de organización y liderazgo.

VI. APÉNDICES

Clasificación de empresas por número de trabajadores

Tamaño	Sector		
	Industria	Comercio	Servicios
Micro	0 - 10	0 - 10	0 - 10
Pequeña	11 - 50	11 - 30	11 - 50
Mediana	51 - 250	31 - 100	51 - 100
Gran	251 en adelante	101 en adelante	101 en adelante

VII. REFERENCIAS

[1] Audretsch, D., & Mahmood, T. (1994). New Firm Survival. New Results Using a Hazard. The Review of Economics and Estatistic, 77(1), 97-103.

[2] Betancourt, H. A., Calderón, G. G., & García, V. G. (2017). JERARQUIZACIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN EL FRACASO DE LOS EMPRENDIMIENTOS EN MORELIA, MICHOACÁN. Cuadernos del CIMBAGE, 2(19), 121.14e.

[3] Covarrubias, R. R. (2012). Demografía de negocios en México. ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS Y URBANOS, 27(1), 201- 225.

[4] Dunne, T., & Samuelson, L. (1989). “Patterns of Entry and Exit in the U.S. Manufacturing Industries. Rand Journal of Economics, 19, 495-515.

[5] Fariñas, J. C. (2002). Agustí Segarra (director), Joseph Maria Arauzo, Núria Gras, Miquel Manjón, Ferran Mañé, Mercedes Teruel y Bernd Theilen La creación y la supervivencia de la empresas industriales. Revista de Economía Aplicada, XI(32), 143-147.

[6] INEGI. (2012). Analisis de la demografía de los establecimientos. Obtenido de www.beta.inegi.org.mx/proyectos/investigacion/analisis/

[7] INEGI. (2016). Esperanza de vida de los negocios a nivel nacional y por entidad federativa. .

[8] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2013). Análisis de la demografía de los establecimientos 2012 : metodología . Aguascalientes: INEGI.

[9] Jovanovic, B. (1982). Selection and the evolution of industry. Econometrica, 3(50), 649-670.

[10] Juárez, I. L., & Benítez, E. C. (2010). Industria manufacturera y crecimiento económico en la frontera norte de México. Región y sociedad, 22(49), 45-89.

[11] Lescure, M. (1996). La demografía empresarial en Francia. Primer balance de las investigaciones históricas en curso. Revista de Historia Industrial(10), 201-212.

[12] Martínez, A. F. (2006). Determinantes de la supervivencia de empresas industriales en el área metropolitana de Cali 1994-2003. Sociedad y Economía [en línea].

[13] OCDE. (2012). Evaluación de la OCDE del sector de las nuevas empresas basadas en el conocimiento . México : OCDE Publishing.

[14] Romero, F. C., Martos, E. I., & Galicia, L. F. (2014). Análisis de la demografía empresarial de las regiones españolas: Evolución y fuentes.

[15] Segarra, A. y. (2002). Las barreras a la entrada de empresas: ¿Importa el tamaño? V encuentro de economía aplicada.

[16] Wennekers, S., Stel, A. v., Carree, M., & Thurik, R. (2010). The Relationship between Entrepreneurship and Economic Development Is It U-Shaped?, Foundations and Trends. Entrepreneurship, 167-237.

VIII. BIOGRAFÍA



**Brenda Cardona Ferniza.** Licenciado en Economía por la Universidad Autónoma de Coahuila Unidad Torreón, Facultad de Economía, Torreón, Coahuila 2004, Maestría en Economía Aplicada por el Colegio de la Frontera Norte, Tijuana B. C. 2006. Perfil PRODEP 2020-2023 Actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias en San Pedro Coahuila. Las líneas de investigación de interés del

auto son: Crecimiento económico, mercado laboral, economía regional. M en Econ. Cardona es miembro de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT), además es miembro activo de la academia de Ingeniería en Gestión Empresarial.

**Dra. María Del Carmen Garza García**

Cursó Doctorado en Proyectos con excelencia académica en la Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores, cuenta con Maestría “Educación Basada en Competencias”. (Excelencia académica.). Universidad del Valle de México Campus Torreón. Cursó Licenciatura en Derecho Burocrático. (Mención Honorífica) y la Licenciatura en Ciencias químicas en la Facultad de Ciencias Químicas, U.A.C Es docente del Instituto Tecnológico de San Pedro y en la UNADM en la carrera de derecho. Certificada como facilitadora en mediación y conciliación, en el poder judicial del Estado de Coahuila. Desarrolla proyectos productivos y de Investigación con participación en congresos Internacionales.



La maestra **María Isabel Luna Reyes**, tiene como formación profesional la Licenciatura en informática y Maestría en educación basada en competencias, estuvo como responsable del departamento de residencias profesionales 3 años, ha sido asesora de proyectos de residencias profesionales, asesora de 2 tesinas, desarrollo de proyectos de optimización de procesos, tutora de grupos y pertenece como miembro activo de la academia de ingeniería Industrial.

# “Electronic Data Logging” Plataforma de registro electrónico de datos como optimizador de procesos en el área de calidad

M. C. Garza-García<sup>1</sup>, B. Esquivel-Aguilar<sup>1</sup>, B. L. Cardona-Ferniza<sup>1</sup>

**Resumen-** El estudio de caso que se presenta en esta investigación, se llevó a cabo en una compañía ubicada en el estado de Nuevo León, dedicada a producir piezas de línea blanca y de troquelado metal mecánico para la industria automotriz, realizando actividades de maquinar y ensamblar piezas metálicas para sus clientes más competitivos que son fabricantes de clase mundial de componentes automotrices, como DANA, Commercial vehicle group y otros. La organización está certificada en la Norma IATF 16949 - Gestión de la Calidad en automotriz, sin embargo, existe una problemática en el área de calidad no atendida: no hay un orden y registro fiable al momento de inspeccionar las piezas y registrarles ocasionando pérdidas. Como respuesta, esta investigación tiene como por objetivo diseñar una plataforma virtual con un proceso de registro electrónico de datos para optimizar los procesos de control y mejoramiento de la calidad de los productos,

La metodología contempla un alcance exploratorio, transversal y enfoque cualitativo utilizando una muestra de 35 registros en el área de calidad de la compañía. Como resultado, se obtuvo solución en el área de calidad, al optimizar sus procesos a través de Electronic Data Logging, una plataforma electrónica precisa para el registro de datos durante la inspección de piezas.

**Palabras claves:** Calidad, Normas, Registro electrónico, Sector automotriz.

**Abstract-** The case study presented in this research was carried out in a company located in the state of Nuevo León, dedicated to producing white goods and metal-mechanical stamping parts for the automotive industry, carrying out machining and assembling metal parts for its most competitive customers: a world-class manufacturer of automotive components, DANA, Commercial vehicle group and others. The organization is certified in the IATF 16949 Standard - Automotive Quality Management, however, there is a problem in the unattended quality area: there is no reliable order and record at the time of inspecting the parts and registering them causing failures in this area. In this context, this research aims to design a virtual platform with an electronic data recording process to optimize the control processes and improvement of product quality, The methodology was designed with an exploratory, cross-sectional scope and a qualitative approach using a sample of 35 records in the company's quality area. As a result, a solution was obtained in the quality area, by optimizing its

processes through Electronic Data Logging, a precise electronic platform for data recording during part inspection.

**Keywords:** Quality, Standards, Electronic registry, Automotive sector.

## I. INTRODUCCIÓN

La calidad en los productos es el pilar fundamental, es el que garantiza la satisfacción del cliente, garantizar la calidad y la seguridad de los productos automotrices es el éxito de la empresa. Debe entenderse la calidad es cumplir con los requerimientos que necesita el cliente con un mínimo de errores y defectos, además entender que la no conformidad detectada es una ausencia de calidad. Se define calidad como un sistema, libre de defectos, entendiendo defectos como todo aquel desperdicio que hace que el sistema, no funcione como debería ser y sea incapaz de satisfacer los requerimientos del cliente [1]

La gestión de la calidad es un proceso que se fundamenta en el conocimiento preciso de las necesidades y expectativas del cliente, compromete a todo el personal de la organización y produce una mejora en la calidad y productividad, a través del uso del control estadístico de proceso, de las técnicas del mejoramiento continuo de los procesos y la reingeniería [2].

Para optimar los resultados en la empresa, es necesario mejorar el proceso. La mejora continua de los procesos conlleva un cambio en la cultura de las organizaciones [3]. Hoy, son asumidos los conceptos de calidad, gestión de la calidad y calidad de servicios, como derivaciones de un sistema diferenciado por sus ámbitos, que abarca un conjunto de actividades y procesos adelantados por la empresa, asumiendo el énfasis por el cliente interno, externo y la mejora continua de los procesos [4], para ello, es prioritario el control interno de la organización, la planificación de las acciones, la implementación y la evaluación y ajustes de las acciones [5].

<sup>1</sup> 1 Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias. Calzada del Tecnológico #53 Col. El Tecnológico C. P. 27800, San Pedro Coahuila, México.

\* [carmen.garza@tecsanpedro.edu.mx](mailto:carmen.garza@tecsanpedro.edu.mx)

### IATF 16949 Gestión de Calidad Automotriz.

La industria automotriz mundial demanda calidad del producto, productividad y competitividad, así como mejora continua, a niveles de clase mundial. Para lograr esta meta muchos fabricantes de vehículos insisten en que los proveedores se certifiquen a la norma de gestión de calidad para proveedores del sector automotriz, conocida como IATF 16949 [6].

En el apartado 4.4.1.2 de la norma, en relación a la seguridad de producto, se hace mención de que la organización debe disponer de procesos documentados para la gestión de productos y procesos productivos relevantes para la seguridad, que deben incluir, pero no limitarse, algunos de los aspectos a considerar son:

- a) La identificación de los requisitos legales y reglamentarios sobre la seguridad del producto;
- b) Las aprobaciones especiales del FMEA de diseño
- c) Las aprobaciones de los requerimientos de seguridad del producto y sus controles en Planes de Control, AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Falla) de diseño y AMEF de proceso
- d) La aprobación especial de los planes de control y los FMEA de proceso
- e) Los planes de reacción para abordar la cualquier desviación a la seguridad del producto.

Tener la documentación en orden responde a los requisitos que la norma IATF 16949:2016 pide, es importante que estos se encuentren en orden, actualizados y su información sea confiable para mantener la certificación.

#### El problema

En la empresa en estudio, se ubica en San Nicolás de los Garzas Nuevo León. Empezó haciendo productos de estampados contando tan solo con 3 empleados y 10 operadores 3 troqueles, en el paso de los años la empresa fue creciendo y actualmente cuenta con 20 empleados y más de 100 operadores.

La actividad primordial de la empresa es el estampado, punzonado y ensamble de partes metálicas de alto requerimiento. Se especializan en segmentos industriales como los mercados de productos de línea blanca y automotriz, a través de productos que requieren alta calidad superficial, uso expuesto o partes internas. Entre sus clientes se encuentran: MABE, SISAMEX, KATCON, CVG Y DANA.

Productos y servicios:

- Estampado: Prensas de estampado de 200 a 1600 toneladas, manuales y progresivas

- Punzonado y Dobles: Punzonadoras de 20 y 30 toneladas de alta velocidad y doblez hasta 110.

- Maquinado: Proceso de taladrado, brochado.

- Ensamble: Procesos de clinchado y soldadura Spot, MIG, PW robotizada y manual.

En el departamento de calidad en el área de inspección, la gran problemática a la que se enfrentan es en inspeccionar de cada pieza mediante los criterios que marca un checklist contra dibujo que marca el cliente, se debe capturar hora por hora cada una de las características críticas

Los documentos (antiguas hojas de control) que se encuentran en el área de calidad para las inspecciones de las piezas no cumplen con los requisitos. En este sentido, en el área de inspección del departamento de calidad no se lleva un control exacto de las inspecciones de hora por hora por producto. A sí mismo el cálculo de sus máximas y mínimas no son exactas, no se grafican y no se tiene una frecuencia de muestreo. Es urgente para la empresa utilizar un proceso de aseguramiento de la calidad para los productos diseñados con software integrado.

Para brindar una solución, y apegados a la norma de certificación, se pretende diseñar una plataforma virtual llamada "Electronic Data Logging" Plataforma de registro electrónico de datos como optimizador de procesos en el área de calidad", un registro electrónico actualizado para la entrada de datos, auditable y confiable.

Es así que se desarrollará una nueva herramienta para el registro y control de las inspecciones. Para el departamento de calidad detectar un defecto es una de las tareas más importantes que realizan los inspectores, por lo general lo hacen visualmente y con mediciones por medio de dispositivos, sin embargo, el cálculo debe de ser exacto.

Como parte de la innovación, la plataforma analizará de manera inmediata cada una de las partes de la pieza que se inspeccione. Esta alertará con dos colores, si la pieza está dentro de las especificaciones lanzará inmediatamente de su captura el color verde y si las medidas están fuera de especificación alertará con un color rojo.

Esta plataforma evitará que se hagan liberaciones de piezas no conformes y que no lleguen a los clientes en estas condiciones. Además, responderá a preguntas de auditorías de la norma AITF y dará solución al problema que se presenta la empresa al momento de hacer las inspecciones de cada una de las piezas.

#### Objetivo general:

Desarrollar una plataforma de registro electrónico de datos que sirva como optimizador de procesos en el área de calidad de la empresa.

**Objetivos Específicos:**

- Registrar y controlar los parámetros para el aseguramiento de la calidad de los productos.
- Validar el cumplimiento de la rutina de inspección
- Disminuir la probabilidad de falla en el registro de datos de entrada de hora por hora, para el control y mejoramiento de la calidad de los productos, aumentando la frecuencia de muestreo
- Cumplir con los requisitos de la norma IATF 16949:2016

Para llevar a cabo el proyecto se asignó al departamento de calidad, el cual está enfocado en establecer la norma IATF 16949:2016 y adaptarse a los marcos propuestos, tomar acciones para asegurar la calidad en la empresa, tales como, elaboración de auditorías. Administrar la documentación relacionada con los procesos de calidad y los marcos legales y jurídicos que lo sustentan.

**II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO**

La metodología fue diseñada con alcance exploratorio, transversal y enfoque cualitativo utilizando una muestra de 35 registros en el área de calidad de la compañía. El procedimiento para la creación del Electronic Data Logging, la plataforma de registro electrónico de datos como optimizador de procesos en el área de calidad fue desarrollado en base a lo siguiente:

Para detectar la problemática se analizó la causa raíz para el número de parte 235002-01 (tijera), las medidas estaban fuera de especificación, el inspector que estaba en el turno liberó las piezas y se dio la orden para embarcar. Por lo tanto, se dedujo que no era la primera vez que los inspectores cometían este error si no que era algo recurrente. En base a la causa de que el inspector no hizo los cálculos correctos se perdieron alrededor de \$ 1, 026,000 de pesos.

Es entonces que se trabajó en la elaboración de un nuevo formato para auditar a los anteriores registros en donde se llevaban a cabo de forma manual y que se encontraban en el área de calidad. La muestra fueron 35 registros elaborados y que estaba en duda su correcta requisición (ver figura 1).

		Auditor: _____ Fecha: _____ Inspector: _____			
Cliente: _____ Numero de parte: _____					
<b>Rastreabilidad</b>	Elaboro	SI	NO	Comentarios	
	Aprobo	SI	NO		
	Numero de revision	SI	NO		
<b>Formato</b>	Operación	SI	NO		
	Equipo de Medicion	SI	NO		
	Item	SI	NO		
<b>Llenado</b>	Completo	SI	NO		
	Es legible	SI	NO		
<b>Orden/Limpieza</b>	Rasgado/Foto	SI	NO		
	Limpio	Limpio	Regular		
		Sucio	Muy Sucio		

Figura 1: Formato para análisis de registros manuales

Posteriormente una vez aprobado el formato se realizó una auditoría interna a los registros históricos que se encuentran en el área de calidad. La evidencia del control de proceso es llenada en papel, a mano, por el inspector de calidad, estos registros con el paso del tiempo pueden ser ilegibles o en ocasiones no se pueden leer por el tipo de letra usado, entre los hallazgos encontrados fueron: la mayoría se encuentran en malas condiciones y algunos otros se extraviaron, en consecuencia, no se tiene datos precisos y no están en condiciones para auditoría.

Una vez dado los resultados de auditoria se procedió a solicitar la autorización del proyecto. Se diseñó el proceso para la captura de los datos obtenidos de las inspecciones que realizan los inspectores de calidad.

La colección de aspectos que forman un registro a partir de hojas de control/verificación (check list) más importantes, es el número de operación, instrumento con el que lo miden (equipo) e ítem que es cada una de las partes individuales que conforman un conjunto. En este sentido, en un documento escrito, el ítem se refiere a cada uno de los artículos o capítulos en que este se subdivide.

		No. DE PARTE: 3000390		CLIENTE: KATCON	
DESCRIPCIÓN: TUBE UPPER SHOEBOX					
<b>CARACTERÍSTICAS</b>					
Operación:		10			20
Frecuencia de inspección:	la liberada liberaci	1/H	1/H	1/H	1/H
24, 25,	30	1	17	29	31
Item:	28				32

Figura 2. Registro de inspección en proceso.

En la figura dos se visualiza el ítem con numero de operación. En este aspecto, los resultados de la auditoria en formato fueron los siguientes: El 60% de los registros/check lists tiene el número de operación que

corresponde, mientras que el 40% no se encuentra este dato. Es de suma importancia tenerlo ya que de esta manera se sabe en donde se hace la operación que se está inspeccionando.

Figura 3. Ítems de artículos del chec klist de inspección en proceso

En la figura 3 se reflejan los ítems de los artículos o capítulos en que este se subdivide la hoja de verificación. Estos artículos tienen relación con los dibujos dimensionales, AMEF, plan de control, full lay out que van dentro del paquete PPAP.

- De los reportes analizados, El 75 % de los registros no tiene control sobre los artículos
- El 47% de los registros están incompletos, esto genera una problemática ya que no se está llevando a cabo el registro, siendo una de las principales causas que las piezas no estén siendo monitoreadas.
- Respecto al equipo de medición: son los instrumentos que se usan para medir las piezas estos son algunos de ellos: vernier digital, gage, fixture, etc. El 60% tiene con qué instrumento se debe de medir y el 40% de ellos no, esto quiere decir que no está señalado cual es el equipo de medición correcto para mediar la pieza ya que manejan distintos instrumentos

Figura 4. Formato registro de inspección en proceso

En a la figura 4 se muestra el registro con los errores y omisiones de llenado. En relación con legibilidad, Según los resultados el 33% de estos no se encuentran en condiciones para poderlos leer.

El orden y la limpieza de los documentos agiliza un control interno además de que se tiene aplicar las 5S's en el área de trabajo de calidad, hecho que no se cumple por el desorden encontrado en la empresa en este aspecto.

En sus evaluaciones, los resultados fueron el 0% en limpieza, ya que ningún documento se encontró limpio, el 33% en desaseo inicial, 47% en suciedad regular y 20% muy sucio.

**Desarrollo y creación de la plataforma**

Con los resultados del diagnóstico, y estadísticas obtenidas, se procedió a trabajar en conjunto del área de ingeniería en sistemas para el diseño de la nueva plataforma que registre de manera electrónica la captura de los datos obtenidos de las inspecciones que realizan los inspectores de calidad. Implicó una configuración de software en la que se utilizaron medios sistematizados con herramientas preestablecidas. Fases:

1. Especificación de requisitos.
2. Diseño del software.
3. Construcción o Implementación del software.
4. Integración.
5. Pruebas (o validación)
6. Despliegue (o instalación)
7. Mantenimiento.

**Pasos para el Diseño:**

- a. Elaboración del Modelo del Sistema Propuesto (Lógico y Físico)
- b. Elaboración de Diccionario de Datos (Flujos, Procesos, Almacenes de Datos)
- c. Elaboración del Diagrama Entidad Relación (DER)
- d. Elaboración del Diagrama Estructurado de Datos (DED)
- e. Elaboración de la Carta Estructurada (CE)
- f. Elaboración de Diagramas de Acción (DA)
- g. Elaboración de Modelos de Reportes Impresos y Pantallas
- h. Descripción de Hardware y Software requerido

En relación con el hardware se utilizó una tableta que atendiera a la Nom-008-SCFI-2002, sistema general de unidades de medida y la Nom-019-SCFI-1998, seguridad de equipo de procesamiento de datos. En este caso se seleccionó Lanix Ilium Pad E8 7.85" / 16 GB / 1 GB / Android 7.0 Nougat.

La pantalla táctil Lcd- Led con alta resolución proporciona una interfaz de rápida respuesta. El Microprocesador ARM MT81631 Quad core processor de 1.3 GHz, integra un coprocesador gráfico (GPU) que permite gráficos de buen desempeño y cálculos complejos.

En la elaboración de diccionario destaca mencionar que se consideraron instructivos de manejo para el registro de datos, los ítems de número de parte, descripción, fecha, hora, nombre del responsable de la inspección, tipo de inspección, el método, y columnas en las que se insertan las características métricas de las piezas que se examinan por el inspector.

En la Construcción o Implementación del software se utilizó un programa basado en lenguaje Android studio como plataforma de desarrollo bajo el lenguaje de programación kotlin.

Finalmente, el programa permitió obtener un reporte completo que puede ser exportado a la nube o a un correo electrónico.

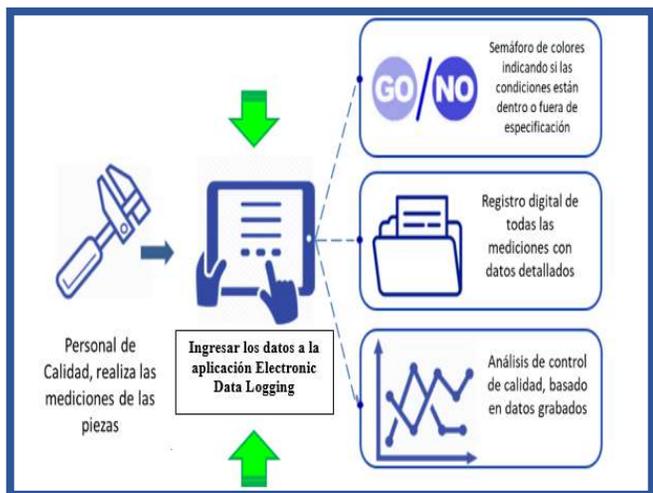


Figura 5. Diagrama para el proceso de captura y resultado

En la figura 5 se muestra la propuesta en general del diseño del proceso para el registro digital en una tableta. Para el diseño de la base de datos del Electronic data logging, se procedió al registro de inspección por número de parte, almacenados en bases de datos electrónica, de la inspección en una secuencia definida por el ingeniero de calidad.

No. de parte : 333980-403

Descripción : COVER TOP MEDIUM

FECHA	HORA	INSPECTOR	TIPO DE INSPECCIÓN	MÉTODO DE INSPECCIÓN	MEDIDAS		
					LARGO DE LA PIEZA (A)	ALTURA DE LA PIEZA (B)	ALTURA DE LA OJEA (C)
					TIPO DE CARACTERÍSTICA NORMAL CADA MÉTRICA (MM)	TIPO DE CARACTERÍSTICA NORMAL CADA MÉTRICA (MM)	TIPO DE CARACTERÍSTICA NORMAL CADA MÉTRICA (MM)
					NOMINAL: 789.4 - 791	NOMINAL: 94.6 - 95.2	NOMINAL: 24.5 - 25.3
17-05-2018	09:30	Jesus Gerardo Hernandez	Ajustes	SC-06000	790	94	25
17-05-2018	11:20	Jesus Gerardo Hernandez	Liberscion hora por hora	SC-V300A	791	94	25
17-05-2018	14:05	Jesus Gerardo Hernandez	Liberscion hora por hora	SC-V500C	791	94	25
17-05-2018	15:24	Enlye Alejandra Villarreal	Primera pieza	SC-V500A	790	95	25
17-05-2018	16:20	Enlye Alejandra Villarreal	Liberscion hora por hora	SC-V500A	791	95	25

Figura 6. Base de datos

En la figura 6 se muestran datos de cómo en la misma plataforma se organizan por columnas la fecha de verificación, el elemento humano que la realiza, el tipo de inspección, el método, y un concentrado de tres columnas con los datos de ingreso de medidas. Así mismo, se programaron alertas de colores para identificar si un número de parte está dentro o fuera de especificación. Con un semáforo de colores.

### III. RESULTADOS.

El resultado final fue una plataforma virtual que permite el registro electrónico de datos, optimizado los procesos que se realizan en el área de calidad, en donde los inspectores pueden manipular y acceso datos para su registro por medio de una tableta, así mismo detectar a tiempo errores de medición que alterarían el control estandarizado afectando la norma de certificación.

La imagen del equipo/tableta electrónica es como se muestra a continuación:

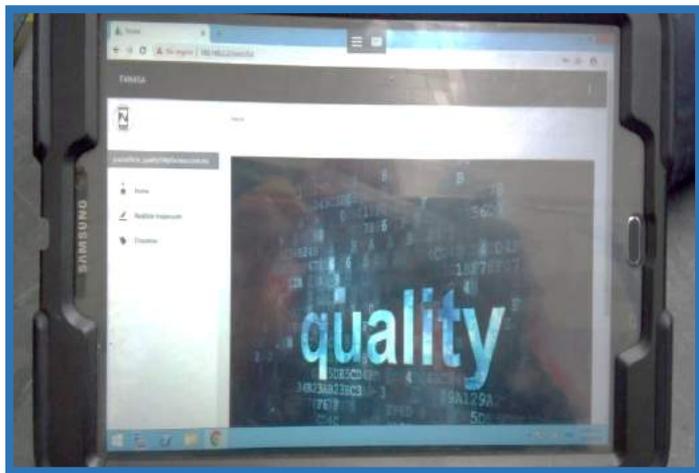


Figura 7. Electronic Data Logging. Plataforma de registro electrónico de datos.

En la figura 7 se observa el resultado final del proceso de actualización de el procedimiento para el control y verificación en el departamento de control de calidad: Una tableta electrónica para el registro de datos en el departamento de calidad.

Las acciones realizadas en el área donde se realizó este proyecto marcan un precedente de innovación y transferencia tecnológica el cual vendrá a beneficiar a la empresa estandarizando sus procedimientos y eficientando la productividad.

#### IV. DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El correcto registro de datos de los procesos en la empresa representa eficiencia y eficacia, además de un hábil control de calidad. Es importante que los inspectores encargados de llenar esta información hagan los cálculos correctos para que de esta manera no se cometa ningún error. Gracias a la nueva plataforma virtual se eliminó el uso del papel, pues ahora es un registro en línea mediante una tableta, donde todo queda capturado y en automático lanza un correo al jefe de calidad si la medida está fuera de especificación.

Esta nueva herramienta para la empresa ha traído como resultados, una excelencia de calidad en los productos para los clientes, reducción de tiempos en capturar y lo más importante está actualizada conforme al plan de control y resuelve preguntas de auditoría de la IATF 16949:2016

que está dirigida a la industria automotriz. El jefe de calidad examina la rutina de inspección del llenado de hora por hora de quien hace el llenado y que estos lo estén haciendo en la hora marcada. La base de datos que crea la plataforma electrónica “Electronic Data Logging”, genera automáticamente gráficas de control estadístico optimizando así los procesos en la empresa.

Una recomendación a las pequeñas, medianas y grandes empresas es que realicen una vigilancia tecnológica, que les permita adquirir equipo, maquinaria o talento humano que venga a eficientar los procesos a partir de propuestas innovadoras que les lleve a lograr ser competitivas.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Instituto Tecnológico Superior de Lerdo la oportunidad de dar a conocer los resultados de esta investigación, así como se agradece también a la empresa en estudio su disposición al brindar las facilidades para desarrollar el proyecto que se presenta en esta revista científica.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] Edwards, D. W. (2018). *Out of the Crisis*. The MIT Press. Cambridge: MA.
- [2] Berry, T. (1996). *Cómo gerenciar la transformación hacia la Calidad*. Colombia: Mc Graw Hill.
- [3] Davenport, T. (1993). *Process innovation. Reengineering work through information technology*. Boston-Massachusetts: Harvard Business School Press.
- [4] Ferrer, J., Vázquez, J., Clemenza, C., y Pérez, R. (2002). Gestión de calidad y su dimensión ético competitiva en la Pequeña y Mediana Empresa metalmeccánica de la región zuliana. *Revista Venezolana de Gerencia*, 7 (17), 96-118. ISSN: 1315-9984.
- [5] Ciampa, C. (1992). *Calidad del Servicio al Cliente*. México: McGraw Hill.
- [6] IATF 16949 (2016). International Automotive TaskForce. Norma del SGC Automotriz. Recuperado el 22 de febrero de 2021 en [https://www.iatfglobaloversight.org/wp/wp-content/uploads/2019/04/IATF-16949-FAQs\\_7Mar19\\_Spanish.pdf](https://www.iatfglobaloversight.org/wp/wp-content/uploads/2019/04/IATF-16949-FAQs_7Mar19_Spanish.pdf)

## VII. BIOGRAFÍA

**Dra. María Del Carmen Garza García**

Cursó Doctorado en Proyectos con excelencia académica en la Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores, cuenta con Maestría “Educación Basada en Competencias”. (Excelencia académica.). Universidad del Valle de México Campus Torreón. Cursó Licenciatura en Derecho Burocrático. (Mención Honorífica) y la Licenciatura en Ciencias químicas en la Facultad de Ciencias Químicas, U.A.C Es docente del Instituto Tecnológico de San Pedro y en la UNADM en la carrera de derecho. Certificada como facilitadora en mediación y conciliación, en el poder judicial del Estado de Coahuila. Desarrolla proyectos productivos y de Investigación con participación en congresos Internacionales.

**Ing. Blanca Sarahi Esquivel Aguilar,**

Egresada del Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias de la carrera de gestión empresarial, se desempeña como gestor de líneas de calidad en Magna International, empresa automovilística localizada en Saltillo Coah. Realizó prácticas y laboró en FANASA Mty. NL. como responsable del departamento de calidad, dando apoyo en la estructuración y gestión de los procesos de operación, procesos de documentación y supervisando las auditorías realizadas a la compañía para identificar oportunidades de mejora.



**M.E.A. Brenda Leticia Cardona Ferniza**, docente en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias. Tiene como formación profesional la Licenciatura y Maestría en el área de Economía. Es perfil prodep, desarrolla investigación de hace 6 años a la fecha y ha recibido capacitación en innovación, propiedad intelectual, y en desarrollo y aceleración de empresas. Las líneas de investigación de interés del auto son: Crecimiento económico, mercado laboral, economía regional. ME. Cardona es miembro de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT)

## Desarrollo del sistema de gestión para los laboratorios de prácticas del ITSL y su implementación en Kioscos móviles interactivos

J. M. Arzola-Monreal<sup>1</sup>, E. Moreno-Núñez<sup>1</sup>, K.V. Rodríguez-Lozano<sup>1</sup>, M.G. Flores-Luévanos<sup>1</sup>

**Resumen** - La realización de prácticas de laboratorio dentro de las universidades, es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias tanto por la fundamentación teórica que aporta a los estudiantes, como por el desarrollo de habilidades y destrezas. Este artículo describe el desarrollo de un sistema informático que incluye el registro electrónico de los usuarios de los laboratorios de prácticas tales como profesores, estudiantes y externos; el sistema obtiene los datos del número de estudiantes atendidos por programa académico y genera los reportes para la gestión óptima de estos laboratorios. Se muestra también el diseño y la implementación de módulos de acceso tipo kiosco móvil para el registro del ingreso del personal mediante la lectura de códigos QR; estos kioscos serán las herramientas principales para la estandarización del control de acceso a los diferentes espacios destinados a la ejecución de prácticas escolares en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. El principal beneficio a obtener con este proyecto es la sistematización del registro y la estandarización de los accesos a los laboratorios de prácticas.

**Palabras claves** - Sistema de Gestión, Kiosco móvil interactivo, Código QR.

**Abstract** - The realization of laboratory practices within universities is one of the key aspects in the teaching and learning process of science both for the theoretical foundation it provides to students and for the development of abilities and skills. This article describes the development of a computer system that includes the electronic record of the users of the practical laboratories such as professors, students, and external; The system obtains data on the number of students served by academic program and generates reports for the optimal management of these laboratories. Also shown is the design and implementation of mobile kiosk-type access modules for registering the entry of personnel by reading the QR code; These kiosks will be the main tools for the standardization of access control to the different spaces for the execution of school practices at Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. The main benefit to be obtained with this project is the systematization of the registry and the standardization of the access to the practice laboratories.

**Keywords** - Management System, Interactive Mobile Kiosk, QR Code.

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Av. Tecnológico S/N, Col. Periférico C.P. 35150 Cd. Lerdo Durango México. [juan.am@itslerdo.edu.mx](mailto:juan.am@itslerdo.edu.mx)

### I. INTRODUCCIÓN

"La ingeniería del software surge a partir de las ingenierías de sistemas y de hardware, y considera tres elementos clave: que son los métodos, las herramientas y los procedimientos que facilitan el control del proceso de desarrollo de software y brinda a los desarrolladores las bases de la calidad de una forma productiva"[1].

La realización de prácticas de laboratorio dentro de las Universidades, es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias tanto por la fundamentación teórica que puede aportar a los estudiantes, como por el desarrollo de ciertas habilidades y destrezas. El trabajo de laboratorio le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad [2].

El Instituto Tecnológico Superior de Lerdo tiene diferentes laboratorios y otros espacios anexos para la realización de prácticas, los cuales están distribuidos en cuatro edificios. Estos espacios atienden a la comunidad estudiantil y en ocasiones a personal externo, están orientados a satisfacer la demanda de las diferentes ingenierías y posgrados del instituto respecto a la realización de prácticas que las asignaturas de cada programa educativo requieren.

Sin embargo, en el ITSL no se dispone de un proceso estandarizado para permitir el acceso y registro a los usuarios, tanto a estudiantes como a los responsables de las prácticas que se realizan; y es en este entendido en el que se presenta el primero de los problemas ya que debido a la carencia de un sistema general para control de acceso y registro, en cada laboratorio el proceso es diferente: en algunos casos es en forma manual; en otros se utiliza mucho papel; cada encargado presta la llave en forma física al profesor, etc.

La presente investigación muestra el desarrollo de una solución de software que optimice el acceso y registro en los laboratorios de prácticas del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Y la implementación del software en un kiosco móvil interactivo con los usuarios, que permitirá registrar el ingreso de forma segura a los laboratorios, sin tener contacto con los administradores de cada área.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

Metodología de Desarrollo de Software.

Se usará la metodología orientada a objetos, ya que es una metodología basada en componentes lo cual permite a cada uno ser independientemente del otro. Esto permite que se puede reutilizar el código para otros módulos, de esta manera es muy conveniente para ahorrar memoria, y es más fácil el mantenimiento, pues los cambios se localizan por cada componente.

Ciclo de Vida.

La ISO (International Organization for Standardization) en su norma 12207 define al ciclo de vida de un software como un marco de referencia que contiene las actividades y las tareas involucradas en el desarrollo, la explotación y el mantenimiento de un producto software, abarcando desde la definición hasta la finalización de su uso.

El ciclo de vida incremental, el cual es perfecto para este sistema ya que su forma va de la mano con la metodología que se escogió, debido al incremento progresivo de la funcionalidad del software, de este modo se van agregando funcionalidades en módulos, se conforma de 4 etapas: análisis, diseño, codificación y las pruebas correspondientes. Mezcla elementos del modelo de cascada con la interactiva de construir prototipos.

Para el sistema de gestión, se utilizó la metodología incremental, debido al incremento progresivo de la funcionalidad del software, de este modo se fueron agregando funcionalidades en módulos. Esta metodología permitió también reutilizar el código lo que genera el ahorro de memoria y el mantenimiento es más fácil ya que los cambios se localizan por cada componente.

En el artículo “Ingeniería de requerimientos aplicada a un software de gestión para los laboratorios de prácticas del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo”[3], se explica la fase de análisis, así como los casos de uso, el diagrama de colaboración y el maquetado, productos generados en las etapas de análisis y diseño de este software.

Para el desarrollo de la aplicación se hará uso de las siguientes herramientas: UML así mismo para el desarrollo se usarán HTML5, PHP, MySQL, XAMPP, JSON, Web Service y Brackets.

UML.

UML permite una modelación de los componentes estáticos de una aplicación software (diagramas de casos de uso, diagramas de clases), así como del comportamiento dinámico de sus principales elementos durante su funcionamiento

(entre ellos diagramas de estados y diagramas de secuencias). Los diagramas de estados permiten la modelación de los principales estados y los eventos que ocasionan sus cambios para una instancia de una clase, o para un sistema como un todo, mientras que los diagramas de secuencias permiten modelar instancias de interacción entre actores u objetos de clases de un sistema a través de mensajes [4].

HTML5 (Hypertext Markup Language) version 5.

“HTML5 es la actualización de HTML, el lenguaje en el que es creada la web. HTML5 también es un término de marketing para agrupar las nuevas tecnologías de desarrollo de aplicaciones web: HTML5, CSS3 y nuevas capacidades de Javascript.”[5].

PHP.

El lenguaje PHP que significa preprocesador de hipertexto (en inglés Hipertext Preprocessor) es un lenguaje de interpretado con una sintaxis parecido a JAVA o C++. Este lenguaje se pueda utilizar para realizar cualquier tipo de programa, pero en donde más ha alcanzado popularidad en la implementación de las páginas web, este suele ir incrustado en el HTML. Este código en las páginas web lo ejecuta el servidor, es un lenguaje que está del lado del server [6].

MySQL.

MySQL es un SGBD, el cual proporciona un servidor de BD SQL. Es muy rápido, multi usuario, multi-threaded y robusto. Tiene dos licencias, la opensource está bajo GNU y la versión PRO de MySQL AB.

Este gestor trabaja en entornos de cliente/servidor o incrustados, consiste en un servidor el cual el SQL multihilo trabaja en diferentes entornos de backend, programa, bibliotecas cliente y un amplio panorama de interface para programación de aplicaciones (APIs). MySQL es muy compatible con casi cualquier lenguaje que sea de su preferencia [7].

XAMPP.

XAMPP es un paquete AMPP (Apache MySQL, PHP, Perl) con todas las funciones es una distribución de Apache completamente gratuita y fácil de instalar, utiliza diferentes SGBD como MariaDB, PHP y Perl [8].

Web Service.

Un Web Service, o Servicio Web, es un método por el cual las computadoras o dispositivos móviles dentro de una red se comunican con el fin de transferir información, mediante el uso de colecciones de protocolos y estándares ya definidos y abiertos, la forma más habitual de utilizar dichos servicios es cuando se tienen diferentes lenguajes de programación que funcionan en diferentes plataformas, comúnmente llamado interoperabilidad.

## JSON.

JSON (JavaScript Object Notation) es un formato de texto ligero utilizado para la transferencia de información de forma rápida, la estructura con la que está construida permite a los seres humanos leerlo y escribirlo sin ninguna dificultad, mientras que para las máquinas sucede de la misma manera, fácil de interpretarlo y generarlo. Este está basado en los lenguajes de programación JavaScript y Standard ECMA-262 3rd Edition [9].

## Brackets

Es un editor de código creado por Adobe el cual es de código abierto va destinado al trabajo de los desarrolladores web, con una interfaz muy amigable y simple para usar. Involucra principalmente a CSS, HTML y JavaScript con los cuales mejora la productividad [10].

## Kiosco Móvil Interactivo

El kiosco interactivo está diseñado para realizar transacciones, consultas o apartado de los laboratorios de prácticas de los laboratorios. Dando respuesta a las exigencias, permitiendo la automatización de procesos y optimizando tiempo de cada usuario. Las principales funciones de un kiosco son: Atención al personal, alumnos y docentes del ITSL, navegación por la interfaz gráfica y lectura de código de barras.

## III. RESULTADOS

El proyecto basa su operación en dos grupos de actividades principales a) el desarrollo del sistema de gestión para los laboratorios de prácticas que se instaló en los kioscos móviles y b) el diseño e implementación del kiosco móvil.

### A. Sistema de gestión para los laboratorios de prácticas

Para la realización del sistema se realizaron entrevistas a los laboratoristas, jefes de división y profesores para recopilar toda la información sobre las necesidades que tiene cada uno y con esto poder hacer el diseño del sistema cumpliendo con las necesidades generales de todos los usuarios. Este análisis permitió definir cuatro tipos de usuario que interactuarán con el sistema:

**Profesor.** - El sistema permite el registro del profesor que ingresen al laboratorio de prácticas por medio de Código QR o tecleando su número de chegador, una vez ingresando se captura el número, nombre y tipo de práctica, la cual puede ser programada, no programada o externa.

El profesor captura el número de alumnos que ingresan al laboratorio, selecciona el software utilizado en caso de un laboratorio de cómputo, así como también, responder una

encuesta de satisfacción. Para que un profesor pueda acceder a un laboratorio, el sistema verificará a través del número de chegador, si el profesor tiene clases en ese laboratorio en ese día a esa hora o si el laboratorio está disponible, este proceso se hace enviando como dato el número de chegador y el laboratorio por medio de POST a un servidor, el cual procesará y enviará una respuesta al sistema utilizando la notación JSON. En la figura 1 se muestra la interfaz gráfica de este usuario



Figura 1.- GUI Principal de profesor.

**Laboratorista.** - Este usuario, captura las prácticas realizadas por profesores procedentes de alguna institución externa, captura también el nombre completo del docente, nombre de la institución de procedencia y laboratorio asignado. El laboratorista puede realizar el apartado de un espacio en el laboratorio de prácticas (solo laboratorios de Electrónica, Electromecánica e Industrial) para el estudiante que así lo solicite, para una fecha y hora determinada.

**Jefe de división.** - El usuario podrá generar reportes del uso de laboratorios por cada asignatura, laboratorio o profesor, también puede obtener la disponibilidad de laboratorios que le permitirá apartar en caso de ser necesario.

Fecha	Labor	Inicio	Fin	Asignatura	Estado
10/01/2021	08:00	08:00	09:00	08:00	08:00
10/01/2021	09:00	09:00	10:00	09:00	09:00
10/01/2021	10:00	10:00	11:00	10:00	10:00
10/01/2021	11:00	11:00	12:00	11:00	11:00
10/01/2021	12:00	12:00	13:00	12:00	12:00
10/01/2021	13:00	13:00	14:00	13:00	13:00
10/01/2021	14:00	14:00	15:00	14:00	14:00
10/01/2021	15:00	15:00	16:00	15:00	15:00
10/01/2021	16:00	16:00	17:00	16:00	16:00
10/01/2021	17:00	17:00	18:00	17:00	17:00
10/01/2021	18:00	18:00	19:00	18:00	18:00
10/01/2021	19:00	19:00	20:00	19:00	19:00
10/01/2021	20:00	20:00	21:00	20:00	20:00
10/01/2021	21:00	21:00	22:00	21:00	21:00
10/01/2021	22:00	22:00	23:00	22:00	22:00
10/01/2021	23:00	23:00	00:00	23:00	23:00
10/01/2021	00:00	00:00	01:00	00:00	00:00
10/01/2021	01:00	01:00	02:00	01:00	01:00
10/01/2021	02:00	02:00	03:00	02:00	02:00
10/01/2021	03:00	03:00	04:00	03:00	03:00
10/01/2021	04:00	04:00	05:00	04:00	04:00
10/01/2021	05:00	05:00	06:00	05:00	05:00
10/01/2021	06:00	06:00	07:00	06:00	06:00
10/01/2021	07:00	07:00	08:00	07:00	07:00
10/01/2021	08:00	08:00	09:00	08:00	08:00
10/01/2021	09:00	09:00	10:00	09:00	09:00
10/01/2021	10:00	10:00	11:00	10:00	10:00
10/01/2021	11:00	11:00	12:00	11:00	11:00
10/01/2021	12:00	12:00	13:00	12:00	12:00
10/01/2021	13:00	13:00	14:00	13:00	13:00
10/01/2021	14:00	14:00	15:00	14:00	14:00
10/01/2021	15:00	15:00	16:00	15:00	15:00
10/01/2021	16:00	16:00	17:00	16:00	16:00
10/01/2021	17:00	17:00	18:00	17:00	17:00
10/01/2021	18:00	18:00	19:00	18:00	18:00
10/01/2021	19:00	19:00	20:00	19:00	19:00
10/01/2021	20:00	20:00	21:00	20:00	20:00
10/01/2021	21:00	21:00	22:00	21:00	21:00
10/01/2021	22:00	22:00	23:00	22:00	22:00
10/01/2021	23:00	23:00	00:00	23:00	23:00
10/01/2021	00:00	00:00	01:00	00:00	00:00
10/01/2021	01:00	01:00	02:00	01:00	01:00
10/01/2021	02:00	02:00	03:00	02:00	02:00
10/01/2021	03:00	03:00	04:00	03:00	03:00
10/01/2021	04:00	04:00	05:00	04:00	04:00
10/01/2021	05:00	05:00	06:00	05:00	05:00
10/01/2021	06:00	06:00	07:00	06:00	06:00
10/01/2021	07:00	07:00	08:00	07:00	07:00
10/01/2021	08:00	08:00	09:00	08:00	08:00
10/01/2021	09:00	09:00	10:00	09:00	09:00
10/01/2021	10:00	10:00	11:00	10:00	10:00
10/01/2021	11:00	11:00	12:00	11:00	11:00
10/01/2021	12:00	12:00	13:00	12:00	12:00
10/01/2021	13:00	13:00	14:00	13:00	13:00
10/01/2021	14:00	14:00	15:00	14:00	14:00
10/01/2021	15:00	15:00	16:00	15:00	15:00
10/01/2021	16:00	16:00	17:00	16:00	16:00
10/01/2021	17:00	17:00	18:00	17:00	17:00
10/01/2021	18:00	18:00	19:00	18:00	18:00
10/01/2021	19:00	19:00	20:00	19:00	19:00
10/01/2021	20:00	20:00	21:00	20:00	20:00
10/01/2021	21:00	21:00	22:00	21:00	21:00
10/01/2021	22:00	22:00	23:00	22:00	22:00
10/01/2021	23:00	23:00	00:00	23:00	23:00
10/01/2021	00:00	00:00	01:00	00:00	00:00
10/01/2021	01:00	01:00	02:00	01:00	01:00
10/01/2021	02:00	02:00	03:00	02:00	02:00
10/01/2021	03:00	03:00	04:00	03:00	03:00
10/01/2021	04:00	04:00	05:00	04:00	04:00
10/01/2021	05:00	05:00	06:00	05:00	05:00
10/01/2021	06:00	06:00	07:00	06:00	06:00
10/01/2021	07:00	07:00	08:00	07:00	07:00
10/01/2021	08:00	08:00	09:00	08:00	08:00
10/01/2021	09:00	09:00	10:00	09:00	09:00
10/01/2021	10:00	10:00	11:00	10:00	10:00
10/01/2021	11:00	11:00	12:00	11:00	11:00
10/01/2021	12:00	12:00	13:00	12:00	12:00
10/01/2021	13:00	13:00	14:00	13:00	13:00
10/01/2021	14:00	14:00	15:00	14:00	14:00
10/01/2021	15:00	15:00	16:00	15:00	15:00
10/01/2021	16:00	16:00	17:00	16:00	16:00
10/01/2021	17:00	17:00	18:00	17:00	17:00
10/01/2021	18:00	18:00	19:00	18:00	18:00
10/01/2021	19:00	19:00	20:00	19:00	19:00
10/01/2021	20:00	20:00	21:00	20:00	20:00
10/01/2021	21:00	21:00	22:00	21:00	21:00
10/01/2021	22:00	22:00	23:00	22:00	22:00
10/01/2021	23:00	23:00	00:00	23:00	23:00
10/01/2021	00:00	00:00	01:00	00:00	00:00
10/01/2021	01:00	01:00	02:00	01:00	01:00
10/01/2021	02:00	02:00	03:00	02:00	02:00
10/01/2021	03:00	03:00	04:00	03:00	03:00
10/01/2021	04:00	04:00	05:00	04:00	04:00
10/01/2021	05:00	05:00	06:00	05:00	05:00
10/01/2021	06:00	06:00	07:00	06:00	06:00
10/01/2021	07:00	07:00	08:00	07:00	07:00
10/01/2021	08:00	08:00	09:00	08:00	08:00
10/01/2021	09:00	09:00	10:00	09:00	09:00
10/01/2021	10:00	10:00	11:00	10:00	10:00
10/01/2021	11:00	11:00	12:00	11:00	11:00
10/01/2021	12:00	12:00	13:00	12:00	12:00
10/01/2021	13:00	13:00	14:00	13:00	13:00
10/01/2021	14:00	14:00	15:00	14:00	14:00
10/01/2021	15:00	15:00	16:00	15:00	15:00
10/01/2021	16:00	16:00	17:00	16:00	16:00
10/01/2021	17:00	17:00	18:00	17:00	17:00
10/01/2021	18:00	18:00	19:00	18:00	18:00
10/01/2021	19:00	19:00	20:00	19:00	19:00
10/01/2021	20:00	20:00	21:00	20:00	20:00
10/01/2021	21:00	21:00	22:00	21:00	21:00
10/01/2021	22:00	22:00	23:00	22:00	22:00
10/01/2021	23:00	23:00	00:00	23:00	23:00
10/01/2021	00:00	00:00	01:00	00:00	00:00
10/01/2021	01:00	01:00	02:00	01:00	01:00
10/01/2021	02:00	02:00	03:00	02:00	02:00
10/01/2021	03:00	03:00	04:00	03:00	03:00
10/01/2021	04:00	04:00	05:00	04:00	04:00
10/01/2021	05:00	05:00	06:00	05:00	05:00
10/01/2021	06:00	06:00	07:00	06:00	06:00
10/01/2021	07:00	07:00	08:00	07:00	07:00
10/01/2021	08:00	08:00	09:00	08:00	08:00
10/01/2021	09:00	09:00	10:00	09:00	09:00
10/01/2021	10:00	10:00	11:00	10:00	10:00
10/01/2021	11:00	11:00	12:00	11:00	11:00
10/01/2021	12:00	12:00	13:00	12:00	12:00
10/01/2021	13:00	13:00	14:00	13:00	13:00
10/01/2021	14:00	14:00	15:00	14:00	14:00
10/01/2021	15:00	15:00	16:00	15:00	15:00
10/01/2021	16:00	16:00	17:00	16:00	16:00
10/01/2021	17:00	17:00	18:00	17:00	17:00
10/01/2021	18:00	18:00	19:00	18:00	18:00
10/01/2021	19:00	19:00	20:00	19:00	19:00
10/01/2021	20:00	20:00	21:00	20:00	20:00
10/01/2021	21:00	21:00	22:00	21:00	21:00
10/01/2021	22:00	22:00	23:00	22:00	22:00
10/01/2021	23:00	23:00	00:00	23:00	23:00
10/01/2021	00:00	00:00	01:00	00:00	00:00
10/01/2021	01:00	01:00	02:00	01:00	01:00
10/01/2021	02:00	02:00	03:00	02:00	02:00
10/01/2021	03:00	03:00	04:00	03:00	03:00
10/01/2021	04:00	04:00	05:00	04:00	04:00
10/01/2021	05:00	05:00	06:00	05:00	05:00
10/01/2021	06:00	06:00	07:00	06:00	06:00
10/01/2021	07:00	07:00	08:00	07:00	07:00
10/01/2021	08:00	08:00	09:00	08:00	08:00
10/01/2021	09:00	09:00	10:00	09:00	09:00
10/01/2021	10:00	10:00	11:00	10:00	10:00
10/01/2021	11:00	11:00	12:00	11:00	11:00
10/01/2021	12:00	12:00	13:00	12:00	12:00
10/01/2021	13:00	13:00	14:00	13:00	13:00
10/01/2021	14:00	14:00	15:00	14:00	14:00
10/01/2021	15:00	15:00	16:00	15:00	15:00
10/01/2021	16:00	16:			

La etapa de codificación fue realizada después de realizar los análisis de requisitos y la creación del maquetado del sistema, para ello se utilizó PHP como lenguaje de desarrollo y MySQL como gestor de base de datos. En la creación del etiquetado se utilizó HTML, los diseños y estilos con CSS, las funciones de los controles con JavaScript con la implementación de sus frameworks de jQuery y Ajax.

Para la depuración del sistema se llevó a cabo el análisis de las funcionalidades y se verificó que cumpla con todos los requisitos de software, en lo cual se hicieron pruebas de caja negra y blanca, se analizó la estructura Web que cumpliera con todos los módulos creados en el modelado, se hizo el refinamiento de cómo se van a realizar los reportes al crearlos en formato PDF en lo cual se utilizó una herramienta llamada "HTML2PDF" que crea los archivos HTML en PDF.

Una vez realizado el refinamiento del software se procedió a publicar el sistema al servidor del Instituto para su posterior implementación en los kioscos.

### B. Diseño del kiosco móvil.

#### 1. Lector de códigos.

Un escáner de código de barras es un dispositivo que proporciona una forma rápida, efectiva, y segura de capturar una información: normalmente el código de un producto. El lector es un componente clave en todas las aplicaciones de códigos de barras. Los usos más habituales de estos equipos son recepciones, envíos, seguimientos, inventariado, y comercio. Para este tipo de aplicaciones los lectores estándar tanto con cables como inalámbricos son adecuados.

#### 2. Gabinete de empotrado.

Este componente, se diseñó y elaboró acorde dos especificaciones principales: las dimensiones de la pantalla táctil la colocación del lector de barras. De lo anterior, se presenta la evidencia de la parte frontal (ver Figura 3) y trasera de estas especificaciones.



Figura 3. Parte frontal del kiosco móvil.

En lo referente a la interacción del kiosco, esta se presenta por medio de la lectura de los códigos de tipo QR, los cuáles pueden ser leídos por medio del lector fijo ubicado en la parte inferior de la pantalla Touchscreen o por medio de la pistola lectora de código QR ubicada debajo del lector fijo.



Figura 4. Parte posterior del kiosco móvil.

De la parte posterior (ver Figura 4), en su construcción y diseño se consideró principalmente la colocación con firmeza sobresaliente en la parte de la pantalla touchscreen así como la consideración para la colocación del lector QR fijo, del CPU, y del regulador de voltaje.

En este apartado, también se colocaron ventilaciones laterales para el CPU, dicha ventilación se realiza con disipadores conectados a una fuente de alimentación de 5 voltios.

#### 3. Pantalla Touchscreen.

Este componente se utiliza como una complemente de interacción, además de la ya utilizada por medio de los lectores QR. Es una pantalla táctil de 17 pulgadas, de la marca LG; tiene una resolución de 1280 por 1024 pixeles y su colocación en el kiosco se ubicó junto a los lectores QR correspondientes. Mediante este componente, la colocación de datos mediante su teclado virtual, permite una interacción más ágil y eficiente del kiosco móvil.

#### 4. Accesorios complementarios.

Son los elementos que intervienen en el funcionamiento esencial del kiosco, en primer lugar, el sistema (pantalla y lectores) en lo que respecta al hardware, está conectado a un CPU.

Otro de los elementos es el regulador de voltaje, este dispositivo es imprescindible para proporcionar en la medida de lo posible, una estabilidad en suministro de energía a los dispositivos, pero la principal razón de su uso, es porque de

presentarse una variante considerable de voltaje o algún incidente eléctrico, el regulador será el que reciba el mayor de los daños sin afectar a los periféricos conectados a este.

### C. Configuración del kiosco para su uso exclusivo con el sistema de gestión.

El equipo de cómputo instalado en el kiosco fue una computadora de escritorio con sistema operativo Windows 8, con memoria de 8 Gb, configurado para su uso exclusivo en la ejecución del software desarrollado. Para esto se realizaron cuatro actividades principales:

1. Configuración de la URL en el navegador predeterminado. Para realizar la configuración en modo kiosco se creó un icono de acceso directo al navegador seleccionado, Google Chrome en este caso; una vez teniendo el acceso directo, se escribe la dirección URL del navegador para definirlo como predeterminado. En las propiedades del acceso directo creado se utilizó la opción -kiosk, después del nombre del archivo ejecutable.
2. Instalación y configuración del teclado virtual. Este teclado fue adquirido mediante licencia comercial por lo que es necesario aceptar los términos de la misma y mediante la aplicación del proveedor se configuró el tipo de teclado como *Kiosk Web*, se bloqueó la ubicación del mismo para evitar que se cambiase de posición, así mismo se configuraron los atajos de teclas para las tareas de apagado del equipo una vez que el kiosco estuviera en operación y se instaló la extensión del teclado para Google Chrome.
3. Configuración del botón de apagado. Mediante la creación de un acceso directo en el escritorio de la PC, se configura el acceso a la función de apagado de Windows shutdown.exe. En las propiedades del acceso creado se añadió un icono adecuado para el botón.
4. Configuración de la barra de tareas. Esto fue necesario debido a que el equipo de cómputo estará dedicado en forma exclusiva a su operación como kiosco interactivo para el sistema de gestión de los laboratorios de prácticas. En la configuración de la barra de tareas se activaron las opciones de bloqueo y ocultamiento automático, en modo escritorio.

## IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

### A. Discusión

La inclusión de este desarrollo beneficia de manera significativa la administración y control de los laboratorios de cómputo que se disponen en el ITSL. Prácticamente todas las tareas de este tipo se mejoran ya que aspectos como el control de asistencia, generación de reportes, agilidad en el acceso, generación de estadística, seguridad, tratamiento de información, e innovación operativa, son sólo algunos beneficios que incluye este prototipo desarrollado. Aunado con lo anterior, este proyecto aporta también la solución parcial a observaciones realizadas por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C., (CACEI) respecto a la obtención de información y reportes de los laboratorios de prácticas del ITSL.

Adjunto a lo anterior, este desarrollo permitirá disponer de mecanismos de control de acceso a los laboratorios de prácticas, que sean acordes a los lineamientos y recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), esto con la finalidad de disminuir en la medida de lo posible el impacto de la crisis sanitaria presentada por el virus conocido como "Coronavirus SARS-CoV-2" (COVID-19).

### B. Conclusión

Es de suma importancia que aportaciones como la presentada en este artículo, sean factores de cambio y tecnología aplicada donde "actores" del ITSL tales como: alumnos, personal administrativo, docentes, y sobre todo personal del centro de cómputo, verán reflejadas una mejora sustancial en el acceso a estos anexos educativos. La posibilidad de optimizar un proceso complejo como lo es el acceso a los laboratorios de prácticas es un aporte que mejora uno de los aspectos clave en la educación superior, esto es, la calidad educativa.

### C. Recomendaciones

La principal de las recomendaciones, y por seguimiento a la crisis sanitaria global en la que estamos inmersos, sería la inclusión de un dispensador de gel antibacterial con la finalidad de que cada vez que sea utilizado el kiosco por los usuarios, se saniticen las personas que lo utilizan. Otra de las recomendaciones es la colocación en el CPU, de una antena externa de WiFi; esto con la finalidad de mejorar la calidad de la señal por la cual se conecta el equipo al servidor de red. Si bien la antena WiFi que se utiliza en el CPU cumple con la conexión entre nodo (kiosco) y servidor, no afecta el disponer de un dispositivo que pueda brindar aún más ancho de banda en la transmisión mencionada.

## V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Subdirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo el apoyo recibido en este proyecto, así también a los estudiantes de ingeniería en sistemas computacionales que

han colaborado desde el año 2018 en las diversas etapas de desarrollo del software y en la adecuación física de los kioscos móviles; su dedicación ha sido fundamental para el éxito del proyecto.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Pressman, R. (2010). Ingeniería del Software: Un Enfoque Práctico. McGraw Hill.
- [2] López, A. &. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. En Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (págs. 145-166). Manizales, Colombia.
- [3] Moreno N. E., Flores L. M, G., Rodríguez L. K.V, Arzola M. J.M. (2019). Ingeniería de requerimientos aplicada a un software de gestión para los laboratorios de prácticas del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo, 7.
- [4] Fontela, C. (2011). Modelo de Software para profesionales. Buenos Aires: Alfaomega.
- [5] Anguiano, F. J. (2016). Desarrollo web con HTML 5. Mexico: Alfaomega.
- [6] Vega, J. &. (2011). Guía HTML5, El presente de la web. HTML5, CSS3 y JavaScript. Creative Commons.
- [7] Oracle. (22 de 04 de 2022). MySQL. Obtenido de <https://dev.mysql.com/doc/>: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>
- [8] Kai 'Oswald' Seidler, K. V. (22 de 04 de 2021). Apache Friends. Obtenido de <https://www.apachefriends.org/es/index.html>
- [9] JSON.org. (2019). "JSON". Disponible en: <https://www.json.org/json-es.html>
- [10] Community, B. w. (2012). <http://brackets.io/>. Obtenido de <https://blog.brackets.io/>

## VII. BIOGRAFÍA



**Arzola Monreal Juan Martín.** Nació en Ciudad Lerdo, Durango, México, es Licenciado en Informática. Egresado del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Ciudad Lerdo, Durango, México (2002). Estudió la Maestría en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coahuila, México. (2007); así como el Doctorado en Ciencias de la Educación en la Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. (2013). Actualmente es docente del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Ciudad Lerdo, Durango, México. Perteneció a la división de Ingeniería en Sistemas Computacionales, imparte asignaturas relacionadas con programación web, investigación de operaciones, redes de computadoras, entre otras, imparte también la asignatura de Seminario I, en la Maestría en Mecatrónica. Sus áreas de interés son las redes computacionales, diseño y desarrollo de software, diseño editorial, gráfico y vectorial. Es docente investigador del ITSL y pertenece al cuerpo académico "Ingeniería de Software Aplicada a Soluciones", con el que ha participado en proyectos diversos de investigación.

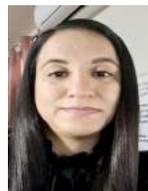


**Moreno Núñez Elda.** Nació en Gómez Palacio, Durango, México. Es ingeniera en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de la Laguna (1996), Maestra en Administración por la Universidad Autónoma de Coahuila (2012) y Doctora en Desarrollo Educativo por la Universidad Autónoma de la Laguna (2018), todas estas instituciones en Torreón, Coahuila, México. Ella actualmente es profesora asociada 'C' en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en la ciudad de Lerdo, Durango, México. Imparte cátedra en la carrera de Ingeniería en Sistemas

Computacionales desde el 2005. Colaboró por ocho años en la Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte de la Comisión Nacional del Agua, en Torreón, Coah. México. Sus áreas de interés son la educación y la ingeniería de software. La Dra. Moreno posee el reconocimiento a perfil deseable del PRODEP desde el 2017 y es candidata a investigadora estatal del Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Durango.



**Rodríguez Lozano Karla Verónica.** Nació el 01 de junio de 1981 en la ciudad de Torreón, Coahuila. Egresada del Instituto Tecnológico de la Laguna, en el año de 2012, obtuvo el título de Ingeniero en Sistemas Computacionales, y obtuvo el grado de maestro en Administración en el año de 2005, siendo cursada esta, en la Universidad Autónoma de Coahuila, campus laguna, ambos en México. Experiencia docente de 14 años en la impartición de clases en las áreas de sistemas computacionales con más de 27 materias distintas. Docente con actividades en el área de investigación y desarrollo tecnológico produciendo 20 proyectos de Software y un registro de marca, integrando alumnos a los proyectos de investigación. Experiencia Profesional de más de 12 años en el soporte empresarial en el ámbito de las tecnologías de la información.



**Flores Luévanos María Guadalupe.** Nació en Torreón, Coahuila de Zaragoza, México, es Ingeniero en Sistemas Computacionales. Egresada del Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coahuila., México (2002). Estudió la Maestría en Administración. Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón, Coahuila. México. (2004). Actualmente es Profesor Titular 'A' del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Ciudad Lerdo. Durango, México. Imparte cátedra en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Sus áreas de interés son el desarrollo de aplicaciones móviles en el área de Sistemas Computacionales.

# Determinar los factores que impiden el emprendimiento en los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Z. Esquivel-Delgado<sup>1</sup>, V.C García Hernández<sup>1</sup>, C.F. Nájera Martínez<sup>1</sup>

**Resumen.** - En la presente investigación se muestran cuáles son las causas por las que los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (ITSL) no emprenden nuevos negocios, así como conocer las variables de mayor impacto que inhiben el emprendimiento de estos. Los factores psicológicos como la motivación, necesidad de logro, desarrollo personal, proactividad y el factor social como el desempleo, niveles de educación e incluso el apoyo gubernamental tienen relación significativa con el comportamiento emprendedor de los estudiantes, considerándose los de mayor influencia en el desarrollo de nuevas empresas. Las conclusiones obtenidas invitan a la reflexión sobre cuáles son los factores de mayor relevancia que impiden el emprender un negocio nuevo.

**Palabras clave:** Emprendimiento, Factor psicológico, Factor social

**Abstract.-** This investigation shows the reasons why students of Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (Higher Technological Institute of Lerdo) do not start new business, as well as knowing the variables with the greatest impact that inhibit their entrepreneurship. The psychological factors such as motivation, need for achievement, personal development, proactivity, and the social factor such as unemployment, levels of education and even government support have a significant relationship with the entrepreneurial behavior of students, considering these with the greatest influence on new business development. The conclusions obtained invite to reflection on what are the most important factors that prevent starting a new business.

**Keywords:** Entrepreneurship, Psychological factor, Social Factor.

## I. - INTRODUCCIÓN

Actualmente, el emprendimiento juvenil en México ha obtenido cierta importancia debido a los beneficios con los que puede contar un país y una región al contar con una actitud emprendedora juvenil.

Como lo menciona Jiménez (2015), la incursión de los jóvenes en el ámbito empresarial traería consigo diferentes beneficios sociales, económicos, culturales, entre otras, por lo que las universidades van incorporando de forma creciente materias específicas relacionadas con el tema, al notar que para los estudiantes universitarios la propensión para crear una empresa como salida profesional no es alta.

Es por esto por lo que en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo se tiene una gran preocupación en cuanto a la baja participación de los alumnos enfocada al emprendimiento.<sup>1</sup> Rafael Rodríguez Alcázar (2015) define al emprendedor como aquel propietario de una empresa, mientras Núñez (2017) lo define como quien encuentra una oportunidad de negocio y se dispone a comercializarla, tomando en cuenta la innovación y la ventaja competitiva.

Durante los últimos años, el emprendimiento se ha convertido en un eje central en la política de diferentes países y regiones del mundo, debido al impacto que este tiene tanto en el desarrollo económico como en el social. Esto ha generado la inversión de una gran cantidad de recursos en el apoyo de nuevos proyectos empresariales que conduzcan a la creación de empresas y, en consecuencia, que contribuyan a la generación de riqueza y nuevos empleos.

México, gracias a su dinámica demográfica, contaba con una fuerza laboral compuesta en una tercera parte por jóvenes con niveles de calificación cada vez más elevados, pero también con mayores dificultades para acceder a un trabajo en el que dichas capacidades fueran utilizadas a plenitud y pudieran recibir ingresos suficientes para asegurar su bienestar.

Ante esta situación, el emprendimiento juvenil surge como una oportunidad para revertir las condiciones de desempleo, y al mismo tiempo, fortalecer el sistema productivo del país. Por esto, es de suma importancia determinar los factores que impiden el emprendimiento entre los jóvenes universitarios, por lo que a partir de este estudio se deberán analizar los resultados con la finalidad de generar estrategias que permitan fomentar la generación de empresas en la región. Algunos autores como Diana Caldera (2013) y Alfredo Jiménez (2015) mencionan que existen algunas variables psicológicas que inhiben el emprendimiento en los jóvenes, así como Karla Wadgymar (2017) y Jorge Durán (2016) que aseguran, existen diferentes variables sociales como el apoyo gubernamental, educación, etc. Que impiden el emprendimiento juvenil.

Con el objetivo de determinar los factores que impiden a los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo emprender nuevos negocios, se evaluaron variables tales como desempleo, crisis económica, proactividad, desarrollo personal, apoyo gubernamental, motivación, educación,

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Ingeniería en Gestión Empresarial. Av Tecnológico S/N Col Periférico, Cd. Lerdo, Dgo. CP 35150

género, edad y la manera en la que influyen en la actividad emprendedora de los jóvenes universitarios.

II.- PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

El presente estudio muestra cuales son las causas que inhiben a los jóvenes universitarios a emprender nuevos negocios, esto se midió considerando como sujetos de prueba a los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (ITSL).

Tomando como referencia diversas investigaciones se obtuvieron algunas variables que sirvieron para el diseño del instrumento de validación de datos (encuesta) y que se aplicó a la muestra de la población estudiantil. La encuesta consta de 45 preguntas, todas de opción múltiple usando la escala de Likert.

Para la aplicación de las encuestas, se consideraron todos los alumnos escolarizados inscritos en el semestre Agosto, Diciembre 2019 de las diferentes carreras ofertadas en el ITSL, obteniendo un universo de 3408 alumnos, se aplicó la fórmula para obtener la muestra cuando se conoce la población, dando así un total de 346 alumnos encuestados equivalentes al valor de “n”, posteriormente se utilizó un muestreo estratificado para obtener el número de alumnos a encuestar por carrera, para de esta manera validar los datos.

En la tabla I se muestra el número de encuestas a aplicar por carreras.

Tabla I  
Número de encuestas por carrera

CARRERA	Total, alumnos por carrera.	Total, de encuestas a aplicar.
Ingeniería en Gestión Empresarial	649	66
Ingeniería Industrial	1383	141
Ingeniería en Sistemas Automotrices	270	28
Ingeniería Ambiental	159	17
Ingeniería en Sistemas Computacionales	372	38
Ingeniería Informática	91	10
Ingeniería Electrónica	90	10
Ingeniería Electromecánica	394	40
<b>N=</b>	<b>3408</b>	
<b>n=</b>	<b>346</b>	<b>350</b>

La tabla detalla la cantidad de alumnos por carrera, así como la muestra de la población y la proporción de cada carrera para completar el total de la muestra.

La identificación de las variables abordadas en esta investigación se realizó al inferir qué variables podrían tener un impacto en el nivel de emprendimiento de los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.

III.- RESULTADOS

Los datos que a continuación se presentan son los resultados que se obtuvieron por medio de la encuesta aplicada en la cual se utilizó la escala de Likert, de igual manera, se muestran las correlaciones directamente proporcionales obtenidas con la herramienta tecnológica estadística 7.

1. Los estudiantes perciben que, ante el desempleo existente, no se crean nuevas empresas.
2. A falta de proactividad los alumnos asumen que no se crean nuevas empresas.
3. Cuando los estudiantes no perciben la de necesidad de logro no se generan ventajas competitivas al crear nuevas empresas.
4. Los alumnos asumen que al no contar con un desarrollo personal inhibe la creación de nuevos productos.
5. Se percibe que ante la falta de motivación en los estudiantes no se cuenta con una visión de negocios clara y tienden menos a asumir riesgos.
6. Se cree que la falta de ideas disminuye la propensión de tomar la decisión de crear nuevas empresas.
7. Los jóvenes suponen que la falta de apoyo gubernamental limita las oportunidades de emprendimiento.
8. Los alumnos creen que la carencia de pasión a su carrera impacta de manera negativa la innovación.
9. Ante la falta de constancia al crear un negocio, los alumnos aseguran que no se puede obtener una ventaja competitiva ni un valor agregado.
10. Los estudiantes asumen que al no contar con disciplina puede disminuir la innovación y el valor agregado.
11. De acuerdo con la opinión de los encuestados, la poca organización disminuye la creación de empresas y el valor agregado que se genera a través de ellas.

12. Según las respuestas obtenidas de la muestra, se piensa que ante la poca perseverancia se reduce la ventaja competitiva en los negocios.

#### IV DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El resultado de la presente investigación muestra la percepción que tienen los encuestados sobre los factores que impiden el emprendimiento en los jóvenes del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Se concluye que los estudiantes consideran diversos escenarios que dificultan el emprendimiento, principalmente el desempleo existente, la falta de proactividad y la poca necesidad de logro. Estos factores son determinantes ya que en base a los resultados obtenidos se aprecia que inhiben el emprendimiento en los jóvenes.

Se identificó que los estudiantes perciben como limitantes al momento de emprender las siguientes variables: desarrollo personal, falta de motivación, falta de ideas, apoyo gubernamental, pasión, constancia, disciplina, poca organización, perseverancia, niveles de educación y autoeficacia.

Se distingue que dentro de los factores sociales se encuentran el desempleo, el nivel de educación y el apoyo gubernamental.

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda que, para obtener un mayor resultado en cuanto al emprendimiento en los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, dentro de las estrategias que se manejan en las aulas se trabaje en el desarrollo de los factores psicológicos, específicamente en la pro actividad, la necesidad de logro, la perseverancia y la disciplina.

#### V.- AGRADECIMIENTOS

A los docentes de las diferentes carreras que apoyaron en el proceso de la aplicación de encuestas, así como a los compañeros del instituto y amigos.

#### VI.- REFERENCIAS

BANCOMEXT. (2015). *Estadísticas sobre MIPYMES*. Obtenido de <https://www.bancomext.com/comunicados/14237>

Caldera, D. D. (2013). Análisis de los factores socioeconómicos y psicosociales en mujeres y hombres nacidos en México. *Escuela de comercio y administración*, 10.

Canales García, R. A. (2017). Emprendimiento de la población joven en México. *Entreciencias*.

Canales García, R. A., Román Sánchez, Y. G., & Ovando Aldana, W. (2017). Emprendimiento de la población juvenil en México: una perspectiva crítica. *Entreciencias: Dialogos en la Sociedad del Conocimiento*.

Castillo, P. V. (2008). Innovación pedagógica para la formación de universitarios emprendedores. *Revista FAE*, 113-126.

CONDUSEF. (2015). *PYMES*. Obtenido de <https://www.condusef.gob.mx/Revista/index.php/usuario-inteligente/educacion-financiera/492-pymes>

Contin. (2007). factores del Emprendimiento. *Emprendimiento*, 9.

Díaz, A. A. (2016). EL CONCEPTO DE EMPRENDEDOR: ORIGEN, EVOLUCIÓN. *GRUPO DE INVESTIGACIÓN GIPEPERSE*.

Durán, J. (2016). *Emprendimiento juvenil en México*.

Emprendedores, M. G. (2018). *Monitor Global de Emprendedores*. Obtenido de <https://www.gemconsortium.org/country-profile/87>

Encalada, J. D. (2015). *Emprendimiento juvenil en México*. 2016.

Espiritu, R., & Saste, M. (2014). Factores explicativos sobre la actitud emprendedora de los estudiantes universitarios. 116.

Fondo Nacional Emprendedor. (2016). *Emprendimiento juvenil*.

García, P. O. (2011). Emprendedores y empresas. La construcción social del emprendedor. *Sociología y política social*, 233.

García, V. (2015). Emprendimiento empresarial juvenil como respuesta a la crisis de empleo.

González Ballester, S., & Ruiz Fernandez, M. I. (2015). Valores de éxito y emprendimiento. *INFAD*, 184.

Gualdrón, S. T. (2014). Factores del servicio y del perfil del emprendedor que inciden en la supervivencia empresarial: una revisión crítica. *Lasallista de investigación*, 182.

INCAE. (2015). *Emprendimiento juvenil en México*.

Jimenez Eguizál, a. (2015). Jóvenes y espíritu emprendedor: autoeficiencia, motivación y procesos psicológicos. *INFAD*, 152.

López, G. d. (2012). La influencia de los antecedentes familiares a la actitud emprendedora de estudiantes. *asociación latinoamericana de facultades y escuelas de admon. y contabilidad*, 23.

Marichal, C. (2012). Historia de empresas e historia económica. *UNAM*.

Monjarás, L. M., Izar Lendeta, J. M., & Romo Rojas, L. (2010). Factores endógenos y exógenos de hombres y mujeres emprendedores. *Investigación y ciencia*, 58.

Núñez, S. M. (2017). Estudio comparativo del emprendimiento tecnológico entre Core del sur, Japón y México. *secretaría de investigación y posgrado*, 7.

Penfold, M. (2011). Entorno amigable para emprender. *Políticas Públicas*, 38.

Rangel Luques, O., Alvarado Mejía, M., & Sierra Ortiz, E. (2016). El perfil del emprendedor como catalizador de la innovación en los jóvenes del departamento de la Guajira. *Omnia*, 86.

Rodriguez, R. A. (2015). *El emprendedor de éxito*. México: MacGraw Hill.

Sánchez, J. C. (2010). El emprendedor desde el enfoque de la psicología positiva. *INFAD de Psicología*, 36.

Sastre, R. (2013). La motivación emprendedora y los factores que contribuyen con el éxito del emprendimiento. *Ciencias Administrativas*, 10.

Tinoco, F. F. (2011). Hacia un modelo de educación al emprendimiento. *Cuadernos de administración*, 15.

Trejos, A. C. (2013). Diagnóstico de la situación actual del emprendimiento en instituciones educativas. 11.

Wadgyr, K. M. (2017). La Apuesta de México al emprendimiento Social. *Universidad La Salle*, 140.

Zuluaga, J. c. (2010). Emprendimiento e Historia Empresarial. Apuntes para un diálogo interdisciplinario.

## VII.- BIOGRAFÍA



**Zacarías Esquivel Delgado** nació en Gómez Palacio, Durango el 10 de Julio de 1997, egresó del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial en la ciudad de Lerdo, Durango en marzo del 2021.

El se desempeña como Coordinador de Recursos Humanos en una empresa del sector secundario en la ciudad de Torreón, Coahuila, México.

La línea de investigación en que se enfoca es Gestión y Desarrollo Empresarial.

Ing. Esquivel colaboró en actividades administrativas en la división de Ingeniería en Gestión Empresarial y en el Centro de Incubación e Innovación Empresarial (CIIE), así como en el área de investigación de esta carrera.



**Violeta del Carmen García Hernández.**

Torreón, Coahuila, 10 de abril de 1980. Docente en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, actualmente se desempeña en la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial. Licenciada en Comercio Exterior y Aduanas por la Universidad Iberoamericana, Laguna, Torreón, Coahuila, 2002.

Maestra en Economía con Especialidad en Economía Industrial por la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, 2005.

Ella labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en la ciudad de Lerdo, Durango, México. Es docente de esta institución desde febrero de 2007 y se ha desempeñado en otras instituciones de educación superior de la región. La línea de investigación en la que se desarrolla es Gestión y Desarrollo Empresarial.

M.E. García forma parte de la Academia de Ingeniería en Gestión Empresarial en el I.T.S.L., ha colaborado como asesor en diversos proyectos dentro de esta institución.



**Cristóbal Fabián Nájera Martínez.**

Gomez Palacio, Durango, 16 de diciembre de 1984. Docente en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, actualmente se desempeña en la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial. Licenciado en Contaduría Pública por la Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón, Coahuila, 2008.

Maestro en Educación por la División de Estudios Superiores del Instituto 18 de marzo, Gómez Palacio, Durango, 2016.

El labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en la ciudad de Lerdo, Durango, México. Es docente de esta institución desde octubre de 2013 y se ha desempeñado en otras instituciones de educación superior de la región. La línea de investigación en la que se desarrolla es Gestión y Desarrollo Empresarial.

M.E. Nájera forma parte de la Academia de Ingeniería en Gestión Empresarial en el I.T.S.L., ha colaborado como asesor en diversos proyectos dentro de esta institución así como en diferentes comités institucionales del mismo instituto.

# Desarrollo e implementación de redes neuronales para acondicionamiento de sensores LM35, SHARP y MG811 utilizando Matlab y PIC16F877A

J.C. Valdez-Muñoz<sup>1</sup>

**Resumen**—En este proyecto se muestra la metodología utilizada así como los resultados obtenidos correspondientes a la implementación de una red neuronal trabajando como respuesta de acondicionamientos para sensores tanto lineales como no lineales a través de un dispositivo microcontrolador y que permita visualizar los datos del sensor para ser aplicados en acciones de control de sistemas digitales. Para acondicionarlos, se sugiere la respuesta de sensores utilizando algoritmos de aprendizaje neuronal artificial, entrenando la red neuronal en el software Matlab, para posteriormente programar el comportamiento aprendido en el microcontrolador. En el desarrollo del proyecto se obtuvieron respuestas de acondicionamiento de tres sensores, el sensor de temperatura LM35, el sensor de distancia Sharp y un sensor de CO2 MG811 de forma precisa y sin utilizar métodos de linealización para el cálculo de los acondicionamientos y permitiendo visualizar los resultados en un display LCD para monitorearlos y desarrollar acciones de control.

**Palabras claves**— acondicionamiento de señales, microcontrolador, sensores, redes neuronales.

**Abstract**— This project shows the methodology used as well as the obtained results corresponding to the implementation of a multilayer perceptron type neuronal net, working as a response to conditioning either for linear and non-linear sensors through a microcontroller and that allows to visualize the sensor data to be applied in digital systems control actions. To prepare them, the response of sensors is suggested using artificial neural learning algorithms, programming and training the neuronal net in Matlab software, subsequently program the learned behavior in the microcontroller PIC16F877A. In the development of the project, preparation responses were obtained from three sensors, the LM35 temperature sensor, the Sharp distance sensor, and a carbon-dioxide MG811 CO2 accurately and without using linearization methods to calculate the conditioning and allow the results to be displayed on an LCD screen to monitor them and develop control actions.

**Keywords**— signal conditioning, microcontroller, sensors, neural networks.

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación se desarrolla para cumplir con necesidades del campo de la instrumentación, control y monitoreo de variables físicas en procesos que hacen uso de sensores cuya respuesta permita acondicionarse, se desarrolla una tarjeta adquisidora y de respuesta de variables físicas a través de dispositivos sensores para el monitoreo y acondicionamiento del mismo, haciendo uso de redes neuronales implementadas en dispositivos programables como los microcontroladores. Las redes neuronales se han utilizado para desarrollar sistemas controlados aplicándose al control de riego usando instrumentación y análisis de imágenes para un micro-invernadero aplicado al cultivo de albahaca [1]. Las redes neuronales se han utilizado para el desarrollo de un control de dirección de un robot móvil Zumo 32U4, utilizando una red neuronal artificial B-Spline [2].

Los alcances que tienen las redes neuronales artificiales en la implementación en algún proceso o control son amplios, y podrán permitir aproximar el valor de un sensor en función de un parámetro de aprendizaje. En cuanto a su implementación en microcontroladores, se han implementado redes neuronales multicapa en microcontroladores PIC para la identificación de colores [3]. El presente artículo cumple con el objetivo de otorgar una opción más de procesos de acondicionamiento y monitoreo de sensores, brindando un prototipo de tarjeta adquisidora de datos, la cual otorga respuestas de acondicionamiento haciendo uso de algoritmos de redes neuronales.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ASUNCIONES

Los sistemas de acondicionamiento implementados actualmente en procesos de ingeniería de control y automatización, requieren de componentes físicos que puedan ejecutar las tareas necesarias, se emplean desde instrumentos, medidores, sensores y circuitos electrónicos los cuales se diseñan para poder aplicarse en dichos sistemas. En bastantes de los casos, los sensores utilizados para el control de un lazo, son sensores cuya respuesta no es lineal en función de la medición que realizan.

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Av. Tecnológico S/N, Col. Periférico, C.P. 35150, Cd. Lerdo Durango, México.  
[juancarlos99mx@gmail.com](mailto:juancarlos99mx@gmail.com)

La posibilidad de realizar acondicionamientos para respuestas tanto lineales como no lineales a través de un dispositivo microcontrolador y que a su vez permita una fácil implementación para el sensor facilitaría este proceso. Para llegar a ello se presentara la respuesta a sistemas de acondicionamiento de sensores utilizando algoritmos de aprendizaje neuronales artificiales. La finalidad de utilizar la red neuronal nos ayudara a determinar si esta aplicación es posible por medio de otras opciones y todo desde una misma tarjeta de desarrollo.

III. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

A. Desarrollo de la red neuronal en software Matlab

El desarrollo de una red neuronal artificial consta de un algoritmo, el cual se describe en base ecuaciones matemáticas, en (1) se muestra la ecuación matemática para el perceptrón multicapa, esta ecuación corresponde a una sola capa, por lo que de tenerse más capas se deberán realizar en igual cantidad la misma ecuación.

$$y_k = f \left( \sum_{i=1}^n (X_i * W_i) - \theta \right) \quad (1)$$

Donde:  $y_k$  es la salida de la red neuronal,  $f$  es la función de activación,  $n$  es la cantidad de neuronas,  $X_i$  es la entrada de la  $i$ -ésima neurona,  $i$  es la neurona seleccionada,  $W_i$  es el peso sináptico de la  $i$ -ésima neurona y  $\theta$  es el umbral de la capa.

La red neuronal desarrollada está programada para dos capas, por lo que la ecuación (1), queda expresada como se muestra en (2) y (3).

$$y_1 = f(W_1 * X_i + \theta_1) \quad (2)$$

$$y_2 = f(W_2 * y_1 + \theta_2) \quad (3)$$

Inicialmente, los valores numéricos de  $W_n$  y de  $\theta_n$  deberán ser un valor entre -2 y 2 para asegurar una convergencia más rápida. El valor de  $W$  y de  $\theta$  para todas las capas implementadas deberá recalcularse por cada iteración de aprendizaje, siguiendo las ecuaciones de la (4)-(7).

$$s_2 = -2(1 - y_2[i]^2) * e \quad (4)$$

$$s_1 = MD(1 - y_1[i]^2) * W^t * s_2 \quad (5)$$

$$W_{new} = W_{old} - a * s_i * y_i^t \quad (6)$$

$$\theta_{new} = \theta_{old} - a * s_i \quad (7)$$

Donde:  $a$  es el alfa (entre 0.01 y 0.65),  $s_i$  es la sensibilidad de la  $i$ -ésima capa,  $e$  es el error de la salida  $y_n$ -la salida deseada de aprendizaje y, MD es la matriz diagonal de los valores indicados [4].

Todo el desarrollo tanto en Matlab como en el microcontrolador se desarrolla en base a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

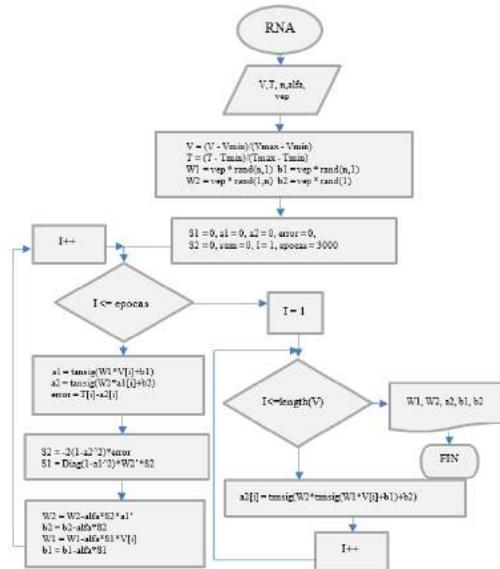


Figura 1. Diagrama de flujo de una RNA perceptrón multicapa de 2 capas.

Para el desarrollo de la red neuronal se declaran todas las variables vistas de las ecuaciones anteriores, y desarrollar un algoritmo que cumpla con dicha estructura. La función de activación depende de los tipos de datos a manejar por la red neuronal, en la Tabla I se muestran los tipos de funciones de activación existentes.

TABLA I  
FUNCIONES DE ACTIVACIÓN

Función	Formula	Rango
Identidad	$y = x$	$[-\infty, \infty]$
Escalón	$y = \begin{cases} +1 & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases}$	$[0,1]$
	$y = \begin{cases} +1 & \text{si } x \geq 0 \\ -1 & \text{si } x < 0 \end{cases}$	$[-1,1]$
Lineal a tramos	$y = \begin{cases} x & \text{si } -1 \leq x \leq 1 \\ +1 & \text{si } x > 1 \\ -1 & \text{si } x < -1 \end{cases}$	$[-1,1]$
Sigmoidea tangencial	$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	$[0,1]$
	$y = \tanh(x), y = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	$[-1,1]$ ó $[0,1]$
Sinusoidal	$y = \sin(\omega x + \varphi)$	$[-1,1]$

B. Identificación de sensores y entrenamiento

Para el desarrollo del proyecto, se decide utilizar un sensor de comportamiento lineal, y dos sensores de comportamiento no lineal, el de temperatura LM35, de distancia Sharp GP2Y0A21 y el sensor de CO2 MG811. Para desarrollar el aprendizaje de la red neuronal en función a estos sensores, solo se debe disponer de su hoja de datos técnicos, conocer

sus rangos de operación y el acondicionamiento necesario o existente en ellos.

El sensor de temperatura LM35, es un sensor que entrega una tensión de 10mV por °C. Por lo que la red neuronal es entrenada con los siguientes valores, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los datos de entrada, y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los datos de salida objetivo.

$$V[11] = [0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5] \quad (8)$$

$$T[11] = [0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100] \quad (9)$$

Para el sensor de distancia, es necesario basarse en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la cual muestra los datos para poder obtener los valores de aprendizaje.

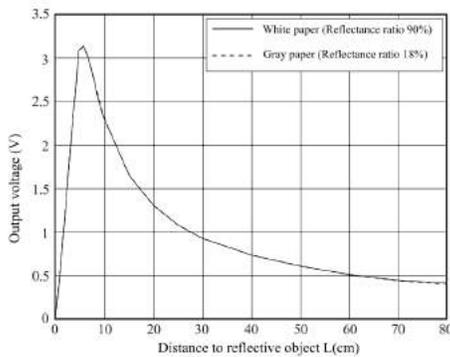


Figura 2. Curva de respuesta del sensor de distancia Sharp. La red neuronal es entrenada con los siguientes valores, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los datos de entrada y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** los datos de salida.

$$V[15] = [0 \ 0.25 \ 0.5 \ 0.75 \ 1 \ 1.25 \ 1.5 \quad (10)$$

$$1.75 \ 2 \ 2.25 \ 2.5 \ 2.75 \ 3 \ 3.15 \ 3.3]$$

$$D[15] \quad (11)$$

$$= [85 \ 82 \ 61 \ 40 \ 27.5 \ 22 \ 17 \ 14 \ 12 \ 10 \ 9 \ 8 \ 6 \ 5 \ 5]$$

Para el sensor de CO2 MG811, es necesario basarse en la Figura 3, la cual muestra su comportamiento de medición en partes por millón en escala logarítmica.

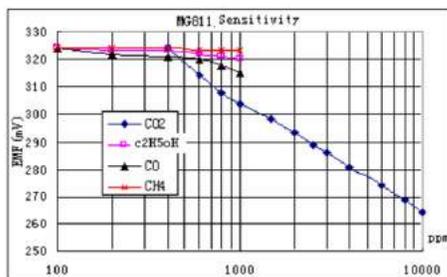


Figura 3. Respuesta del sensor de CO2 MG811.

### C. Obtención y comprobación de pesos y umbrales

Se obtiene la comprobación visualizando gráficamente la respuesta de la red neuronal con una gráfica de aprendizajes deseados, este punto requiere de análisis y comprensión del comportamiento de la gráfica, desarrolla un código en Matlab para su visualización.

El error en todo momento llega a 0, cuando esto no sucede, se repite el entrenamiento, en el entorno de Matlab se obtuvieron los valores numéricos para cada sensor, a su vez, esto se debe hacer repetidas veces, para determinar cuál entrenamiento fue mejor e implementarlo en el microcontrolador. Las variables que determinan los pesos y umbrales son  $W_1, W_2, b_1$  y  $b_2$ . Por ello, se debe graficar y una vez comprobado, se registran esos valores, en la Figura 4, se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos por la red neuronal.



Figura 4. Respuesta de la red neuronal para el sensor de CO2 MG811.

### D. Implementación en microcontrolador y simulaciones

Para la implementación de la red neuronal en el microcontrolador, se programa el mismo código de Matlab adecuado para la lógica de programación en C. Los pesos y umbrales  $W$  y  $b$  están definidos gracias a los resultados otorgados por el software Matlab, en la Figura 5, se muestra el circuito electrónico diseñado para las simulaciones de la respuesta de la red neuronal en el microcontrolador PIC16F877A.

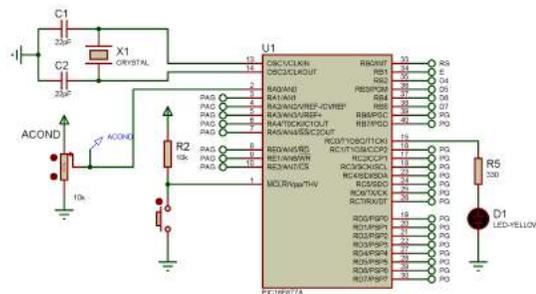


Figura 5. Diseño esquemático para simulación de RNA en PIC16F877A.

PG: Pin de propósito general, PAG: pin analógico de propósito general.

E. Implementación física del microcontrolador

En la Figura 6, se muestra el diseño esquemático para el desarrollo de la tarjeta encargada de comunicar el sistema de acondicionamiento con el microcontrolador, la RNA programada en él, toma este dato analógico y lo propaga a través de sus capas neuronales, finalmente el resultado es codificado para poder mostralo en un display LCD.

El circuito mostrado, es compatible con el PIC16F877A y el PIC18F4550. Además de ser compatible con comunicaciones para el protocolo USB.

El diseño esta adecuado para que se pueda disponer de todos aquellos puertos no utilizados, además de poder prescindir del LCD como comunicaciones utilizando el puerto B, y así enviar los datos por protocolo de Ethernet, utilizando el integrado ENC28J60.

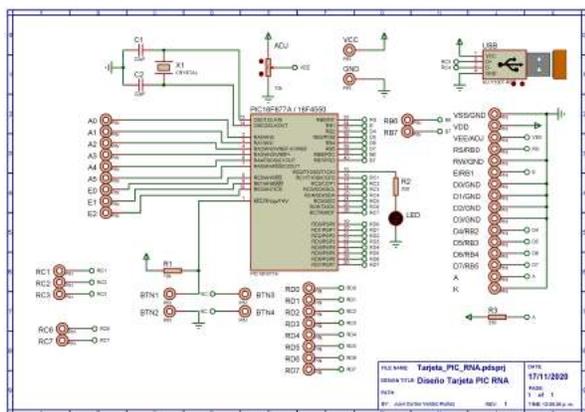


Figura 6. Diseño esquemático de la tarjeta para el microcontrolador.

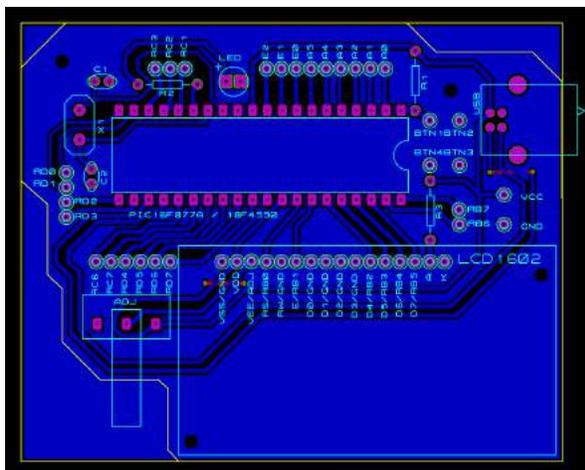


Figura 7. Diseño PCB de la tarjeta para el PIC16F877A.

La Figura 7, muestra el diseño PCB del esquema de la Figura 6, el cual corresponde al diseño de la tarjeta para montar el microcontrolador.

IV. RESULTADOS

En la Figura 8, se muestra la gráfica de aprendizaje de la red neuronal utilizando Matlab, la cual corresponde al sensor LM35.

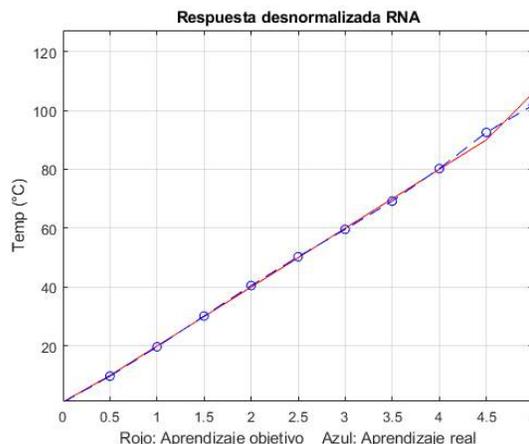


Figura 8. Curva de aprendizaje del sensor LM35 de 0 a 100 ° C.

La Figura 9, muestra la curva de aprendizaje para un sensor de distancia Sharp GP2Y0A21YK0F.

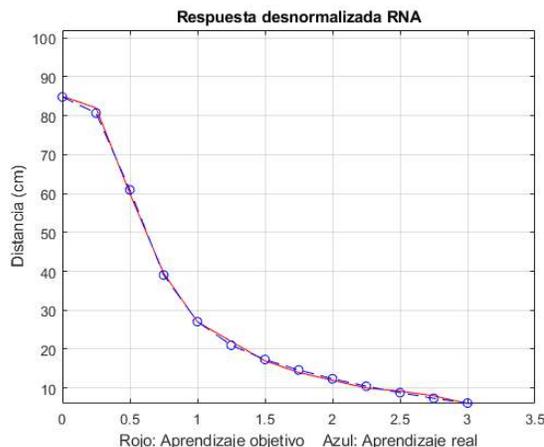


Figura 9. Curva de aprendizaje del sensor de distancia Sharp desde 5 cm hasta 85 cm.

La Figura 10, muestra la curva de aprendizaje para un sensor de concentración en partes por millón de CO2 MG811.

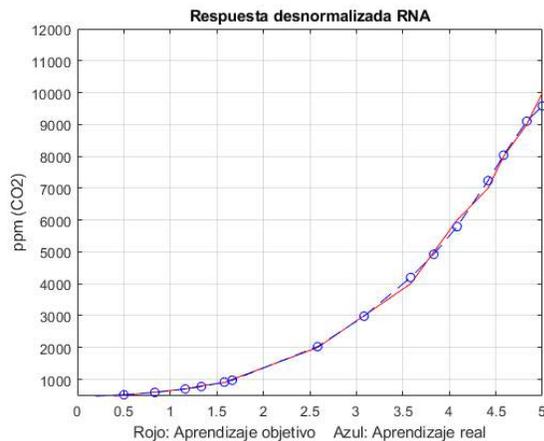


Figura 10. Curva de aprendizaje del sensor de CO2 en ppm MG811.

La Tabla II, registra los pesos y umbrales registrados para el sensor LM35 obtenidos a través del software Matlab.

TABLA II  
PESOS Y UMBRALES DEL SENSOR LM35

n	$W_1$	$W_2$	$b_1$	$b_2$
1	[2.29; 1.1241]	[1.96, 1.17]	[-2.59; 0.55]	1.35
2	[-2.8; -1.4]	[-2.12, -0.95]	[3.25; -0.37]	1.7662
3	[-1.201; -3.49]	[-0.84, -2.05]	[0.078; 4]	2.0965
4	[1.6; 3.6]	[0.62, 2.18]	[-0.38; -4.11]	2.4006
5	[3.48; -1.26]	[2.11, -0.79]	[-3.98; 0.16]	2.2252

La Tabla III, registra los pesos y umbrales registrados para el sensor Sharp GP2Y0A21 obtenidos a través del software Matlab.

TABLA III  
PESOS Y UMBRALES DEL SENSOR SHARP

n	$W_1$	$W_2$	$b_1$	$b_2$
1	[7.20; -0.726]	[-2.89, 0.192]	[0.133; 0.387]	2.939
2	[-0.99; -6.68]	[0.108, -3.278]	[0.168; -0.248]	3.351
3	[-1.201; -3.49]	[2.991, 0.158]	[-0.169; 0.256]	3.055
4	[-6.97; -0.769]	[-1.72, 3.15]	[-1.87; -0.262]	1.555
5	[7.21; 2.4973]	[-2.816, -0.08]	[0.138; -0.877]	2.892

La Tabla IV, registra los pesos y umbrales registrados para el sensor de CO2 MG811 obtenidos a través del software Matlab.

TABLA IV  
PESOS Y UMBRALES DEL SENSOR MG811

n	$W_1$	$W_2$	$b_1$	$b_2$
1	[3.203; -6.027]	[0.325, -3.192]	[-2.15; 6.699]	3.511
2	[5.425; -2.505]	[2.89, -0.339]	[-6.03; 1.688]	3.188
3	[2.731; -5.6]	[0.331, -2.959]	[-6.107; 1.743]	3.262
4	[5.489; -2.592]	[2.917, -0.335]	[-1.87; -0.262]	3.216
5	[3; 5.841]	[0.328, 3.085]	[-2.018; -6.49]	3.397

En la Figura 11, se muestra la elaboración en físico del diseño en PCB, con un panel LCD montado.

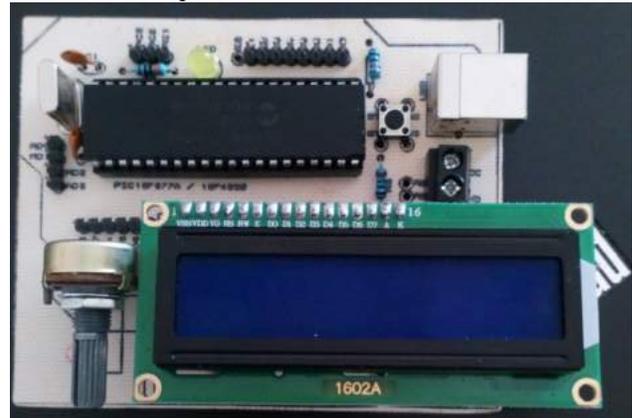


Figura 11. Montaje final del diseño.

En la Figura 12, se muestra la tarjeta en físico, mostrando el acondicionamiento otorgado por la RNA para el sensor LM35.



Figura 12. RNA mostrando el acondicionamiento del LM35.

En la Figura 13, se muestra la tarjeta con el acondicionamiento otorgado por la RNA para el sensor de distancia Sharp.

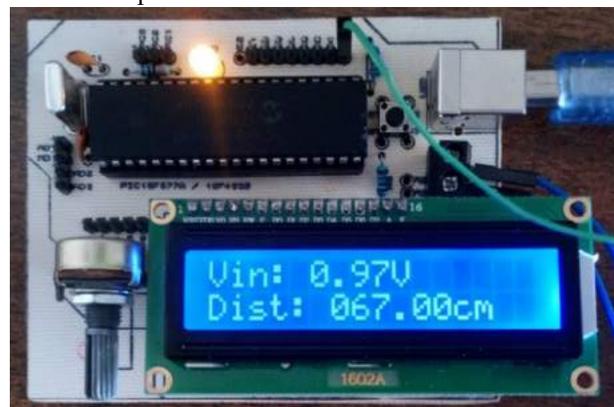


Figura 13. RNA mostrando el acondicionamiento Sharp.

Finalmente, la Figura 14 muestra el del MG811.



Figura 14. RNA mostrando el acondicionamiento del MG811.

## V. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La red neuronal implementada en el software Matlab, responde a los parámetros de aprendizaje de forma correcta y con una muy buena precisión, sin embargo, requiere de altos niveles de procesamiento en hardware y repetidas iteraciones de aprendizaje, con un promedio de 1000 iteraciones.

Los valores numéricos de los pesos y umbrales del software Matlab, presentan una muy buena precisión, sin embargo, al exportarlos a un lenguaje para microcontroladores, en este se pierde precisión en los cálculos, por lo que los resultados vistos gráficamente en Matlab, varían un poco a los resultados matemáticos otorgados por la misma red neuronal en el microcontrolador.

La red neuronal implementada en el microcontrolador, otorga respuestas más rápidas a los valores ingresados en el ADC, sin embargo, se sugiere que la RNA se utilice solo cuando se tenga que acondicionar sensores no lineales. Aun así, se demostró que la RNA responde correctamente a sensores lineales.

La red neuronal no es capaz de llegar de forma exacta a los valores límites de aprendizaje, debido a que la función sigmoide tangencial no puede llegar a límites establecidos.

La red neuronal implementada, fue de tan solo 2 neuronas, obteniendo excelentes resultados, sin embargo, de requerir más neuronas, el microcontrolador está limitado a soportar solamente 8 neuronas, esto se debe a que la memoria del microcontrolador termina llenándose durante el procesamiento de la señal.

La red neuronal es capaz de predecir todos aquellos valores a los cuales no fue entrenada, con tan solo 10 puntos de aprendizaje, la red neuronal es capaz de estimar más de 1000 puntos, para una resolución del ADC de 10 bits.

Se recomienda utilizar únicamente sensores no lineales, cuya respuesta pueda acondicionarse, puede entrenarse cualquier sensor siempre y cuando el acondicionamiento de este otorgue niveles en tensión entre 0V y 5V.

Como trabajos a futuro, se pretende mejorar el algoritmo, para que este sea capaz de dar respuesta a múltiples sensores a la vez, y a su vez pueda desarrollar acciones de control utilizando una interfaz Ethernet con el protocolo TCP/IP. Posterior a esto, se investigara para llevar a la red neuronal desarrollada a una librería útil para microcontroladores.

## VI. AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a mis padres, el Sr. Juan Lorenzo Valdez Galván, y la Sra. María Magdalena Muñoz Rosales, por los apoyos brindados, tanto de afecto como económicos, para el desarrollo de este proyecto en el transcurso de mis estudios de ingeniería.

## VII. REFERENCIAS

- [1] M. G. V. Rueda, M. I. Reyes, F. G. F. García y H. A. Casillas, «Redes neuronales aplicadas al control de riego usando instrumentación y analisis de imagenes para un micro invernadero aplicado al cultivo de albahaca.» 2018. [En línea]. Available: [https://www.rcs.cic.ipn.mx/2018\\_147\\_5/Redes%20neuronales%20aplicadas%20al%20control%20de%20riego%20usando%20instrumentacion%20y%20 analisis%20de%20imagenes.pdf](https://www.rcs.cic.ipn.mx/2018_147_5/Redes%20neuronales%20aplicadas%20al%20control%20de%20riego%20usando%20instrumentacion%20y%20 analisis%20de%20imagenes.pdf). [Último acceso: 17 Septiembre 2020].
- [2] M. Padilla Baeza, «Implementación de una red neuronal artificial en un microcontrolador de 8 bits para control de dirección de un robot móvil.» Agosto 2018. [En línea]. Available: [http://isisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1611/QA76\\_87.2018-1611.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://isisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1611/QA76_87.2018-1611.pdf?sequence=3&isAllowed=y). [Último acceso: 12 Noviembre 2020].
- [3] B. Granados Rojas, M. A. Jimenez Saucedo, M. A. Vallejo Alarcón, Y. E. Gonzales Navaro, M. Villareal Cervantes y L. Corona Ramirez, «Implementación de una Red Neuronal Multicapa en un microcontrolador PIC para la identificacion de color.» 4 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <http://www.mecamex.net/anterior/cong10/trabajos/art19.pdf>. [Último acceso: 12 Noviembre 2020].
- [4] A. Zilochian y M. Jamshidi, Intelligent Control Systems using soft computing methodologies, Boca Raton: CRC Press, 2001.

## VIII. BIOGRAFÍA



**Valdez Muñoz, Juan Carlos.** Nació el 18 de marzo de 1999 en la ciudad de Torreón, Coahuila, México. Inicio sus estudios de Ingeniería en Electrónica en el año 2017 en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Actualmente estudiante de octavo semestre de la carrera mencionada. Sus áreas de interés son relacionadas al área de instrumentación, control digital, programación y desarrollo de interfaces e inteligencia artificial.



## ÍNDICE DE AUTORES

### ► A

Aquino Díaz, Erikssen	81
Alonso Pacheco, José Antonio	49
Álvarez Zermeño, Francisca	64, 87
Amaro Hernández, César	87, 93
Arroyo López, Everardo Rafael	99
Arzola Monreal, Juan Martín	117
Ávila Salomón, Elsa Carolina	38, 44

### ► B

Beltrán Pérez, José Ángel	87, 93
---------------------------	--------

### ► C

Canul Bacab, Fernando	49
Cardona Ferniza, Brenda	104, 110
Castrejón Álvarez, Ma. Nely	64
Ceseñas Cordero, María	
Guadalupe	7
Ceceñas Jacquez, Marco Iván	7
Cortez Calderón, Luis	81
Cosme Aceves,	
José Francisco	13, 19
Cuellar Alcalá, Roberto	30
Cuevas Zapata, Jessica Ivón	7, 64

### ► D

Del Río Santana, Omar	1
Díaz Chacón, Juan Mauricio	87, 93
Dzib Pool, Claudia Guadalupe	49

### ► E

Espinoza Fraire, Arturo Tadeo	1
Esquivel Aguilar, Blanca Sarahi	110
Esquivel Delgado, Zacarías	123

### ► F

Flores Luévanos,	
María Guadalupe	117
Fuentes Rosas, Liliana	76

### ► G

García Hernández,	
Violeta del Carmen	123
García Ramírez,	
Rocio Guadalupe	38, 44
Garza García,	
María del Carmen	104, 110
González Vargas, Luis Amado	30
Guzmán Ayala, Ana Laura	7, 64

### ► H

Huerta Valenzuela, Francisco	30
------------------------------	----

### ► L

Lagos Acosta, Mario Alberto	13, 19
López Cabrera, Anibal Gaudencio	76
Luna Reyes, María Isabel	70, 104

### ► M

Marquez Vazquez, Alfredo	81
Martínez Chong, Rafael Kon	38, 44
Moreno Núñez, Elda	117

### ► N

Nájera Martínez,	
Cristóbal Fabián	123
Navarro Valle, Alberto	87, 93

### ► O

Orozco Pineda, Jorge Antonio	58
Orozco Pineda, Karen Guadalupe	58

### ► P

Pinedo Reza, Lucia Ernestina	64
------------------------------	----

### ► R

Rodríguez Lozano,	
Karla Verónica	117
Rojas Mora, Lot	76
Román Landeros, Diego Alberto	99

Rosales Escobedo,

Pedro Francisco 87, 93

Rosas Meza, Edgar Osvaldo 38, 44

### ► S

Sáenz Esqueda, José Armando 1

Sáenz Esqueda, Cristina 1

Salgado Guzmán, Gerardo 13, 19

Sánchez Chaparro, Gerardo 70

Segovia Ávila, Elda 70

Serrano Hernández, Arturo 99

### ► T

Tapia Vargas, Víctor Noe 13, 19

### ► V

Vaquera González, Efrain 24

Valdez Muñoz, Juan Carlos 127

Vega Luna, José Ignacio 13, 19

Vidal Caballero,

Adriana Elizabeth 58

Vivaldo Vicuña, Araceli 81

133



## GUÍA PARA AUTORES

Se invita a todos los docentes, estudiantes e investigadores a enviar sus artículos de difusión científica y tecnológica en fechas programadas en la página Web de la presente revista. Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje claro, didáctico y accesible correspondiente al público objetivo, con un discurso que aproveche al máximo los recursos narrativos, literarios y gramaticales. Se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

### Criterios editoriales (difusión)

- Sólo serán aceptados los trabajos que cumplan con los criterios y lineamientos indicados.
- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no se ha publicado o enviado a otras revistas.
- El artículo debe ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- El artículo debe ser ordenado. Separar las dimensiones del tema y evitar romper la línea de tiempo.
- Debe considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deben contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deben presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo por medio de la plataforma web <http://sicsacid.itslerdo.edu.mx/> en formato “.docx”, así como el material gráfico, fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras y carta firmada por todos los autores (formato en página web) que certifique la originalidad del artículo y autorización para ser publicado en la revista.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de seis páginas (incluyendo figuras y tablas) de acuerdo al formato que a continuación se especifica:
  - *Respetar el formato vigente para la redacción del artículo (disponible en página web).*



## GUÍA PARA AUTORES

- *Tamaño carta; el margen superior deberá ser de 2.5 cm. y el resto de 2 cm.*
- *Título. Máximo dos renglones, tipografiado en altas y bajas, tipo Times New Roman a 24 puntos, con interlínea normal, en negritas.*
- *Nombre del autor o autores. En mayúsculas con alineación al margen derecho, misma fuente tipográfica en 12 puntos, asterisco sobrescrito al final.*
- *Adscripción. Colocarla en pie de página de la 2a. columna antecedida por un asterisco, en tipografía Times New Roman de 8 puntos.*
- *Cuerpo del texto. A dos columnas, con tipografía Times New Roman de 10 puntos, justificado.*
- *Resúmenes. No mayores de 100 palabras tanto en inglés como en español. Incluir a lo sumo, cinco palabras clave tanto en inglés como en español para ser utilizadas en índices. Deben ubicarse al terminar el cuerpo y antes de las referencias. Misma tipografía que el cuerpo.*
- *Deberán ser numeradas y aparecerán en el orden que fueron citadas en el texto, utilizando la misma tipografía del cuerpo. Las fichas bibliográficas deberán contener los siguientes datos: autores o editores, título del artículo, nombre del libro o de la revista, lugar, empresa editorial, año de la publicación, volumen y número de páginas.*
- *Subtítulos. Tipografía Times New Roman, 10 puntos, en negritas.*
- *Notas al pie. Tipografía Times New Roman, 8 puntos.*
- *Material gráfico (incluye figuras, imágenes y tablas). Mínimo dos, máximo cinco a una o dos columnas, máximo media página, todas las imágenes deberán ser de al menos 300 DPI.*
- *Pie de gráficos. Tipografía Times New Roman, de 9 puntos, estilo itálica.*
- *Deberán evitarse en lo posible las notas a pie de página.*

### Notas importantes:

- 
- Todas las colaboraciones, sin excepción, serán evaluadas; en el caso de los artículos de investigación (difusión) serán arbitrados por especialistas por área científica. Los criterios aplicables a esta clase de artículos serán: el rigor científico, la calidad y precisión de la información, el interés general del tema expuesto y la claridad del lenguaje.
  - En el caso de los artículos de difusión, serán evaluados por especialistas en el tema, quienes valorarán la pertinencia, el lenguaje y la calidad del contenido.



## GUÍA PARA AUTORES

- Todos los textos son sometidos a revisión y los editores no se obligan a publicarlos sólo por recibirlos.
- Una vez aprobados, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.
- La revista se reserva el derecho de no acusar recibo de los trabajos que no se ajusten a estas normas.
- Todos los artículos deberán remitirse a través de la plataforma en línea, ubicada en la dirección: "<http://sicsacid.itslerdo.edu.mx/>".

Para mayor información ponemos a su disposición el correo electrónico:

**revistacid@itslerdo.edu.mx**

o bien, a la siguiente dirección:

**Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo.**

**Edificio "F", planta alta.**

**Avenida Tecnológico #1555 Sur. Col. Periférico.**

**C.P. 35150. Ciudad Lerdo, Durango. México.**

Para cualquier duda o comentario, estamos a disposición de los interesados en:

**Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.**

**Teléfono: (+52) 871 725 23 71, extensión: 134.**

**<https://www.lerdo.tecnm.mx/>**

**<http://sicsacid.itslerdo.edu.mx/>**



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN



LA REVISTA CIENCIA, INGENIERÍA Y DESARROLLO TEC LERDO ES UNA REVISTA ANUAL DE DIFUSIÓN ELECTRÓNICA QUE TIENE COMO PROPÓSITO DIFUNDIR LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA Y DE CONOCIMIENTO, EN LOS ÁMBITOS ACADÉMICO, CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL, QUE REPRESENTA UNA CONTRIBUCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.



[revistacid@itslerdo.edu.mx](mailto:revistacid@itslerdo.edu.mx)  
[revistacid.itslerdo.edu.mx](http://revistacid.itslerdo.edu.mx)  
[www.lerdo.tecnm.mx](http://www.lerdo.tecnm.mx)