

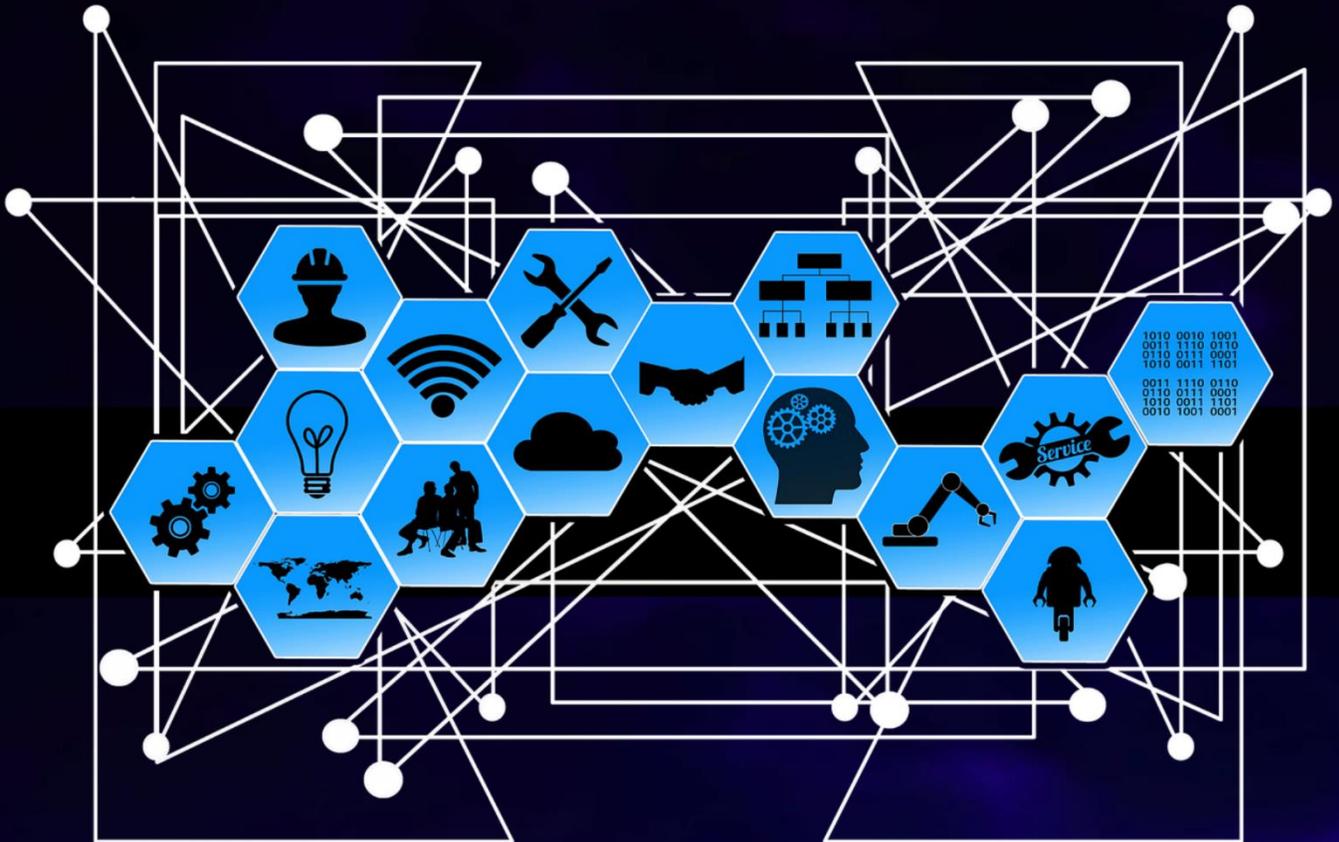


Universidad Tecnológica  
de León  
Ser, saber, hacer

<http://reaxion.utleon.edu.mx/>  
<http://www.utleon.edu.mx/>

# REAXXION

Ciencia y Tecnología Universitaria



- Modulación de ancho de pulso con monitoreo de temperatura y RPM de un motor universal. Área: Ciencias de la Ingeniería
- Uso de la tecnología en negocios locales de Acámbaro, Guanajuato. Área: Ciencias Sociales y Economía
- Manejo de scrap para cumplimiento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación. Área: Ciencias Sociales y Economía
- Diseño de un calentador híbrido solar/inducción optimizado mediante inteligencia artificial. Área: Ciencias de la Ingeniería



## DIRECTORIO

**Yoloxóchitl Bustamante Díez**

Secretaria de Educación de Guanajuato

**Sofía Ayala Rodríguez**

Rectora UTL

**Ramón Rangel Hernández**

Encargado de Secretaría Académica

**José Jaime Ávila Morales**

Director de la Unidad Académica del Sureste

**José de Jesús Mendoza Rivas**

Director de Económico Administrativo y Sustentabilidad para el Desarrollo

**José Fernando Torres Vallejo**

Director de Electromecánica Industrial y Tecnologías de la Información y Comunicaciones

**Olga Rebeca Ledesma García**

Directora de Desarrollo Académica y Docente



## COMITÉ EDITORIAL

**Liliana González Arredondo**

*Directora Editorial*

**Pedro Andrés Meza Torres**

*Aseguramiento de calidad*

**Daniel Israel Rodríguez Gante**

*Diseño de imagen e integración web*

**María de la Luz García Cárdenas**

*Corrección Editorial*

**Jessica Sandoval Palomares**

*Representante de Investigación*

**Adriana López Barberena**

*Representante de Área Económico-Administrativo*

**Ma. Guadalupe Serrano Torres**

*Representante de Área Económico-Administrativo*

**Roberto Gutiérrez Guerra**

*Representante de Área Sustentabilidad para el Desarrollo*

**Anahí Torres Tinoco**

*Representante de Área Tecnologías de la Información y Comunicación*

**J. Guadalupe Santos Gómez**

*Representante de Área Ingenierías*



# ÍNDICE

## Artículos

1. **Modulación de ancho de pulso con monitoreo de temperatura y RPM de un motor universal. .... Pág. 2**  
*Área: Ciencias de la Ingeniería*
2. **Diseño de un calentador híbrido solar/inducción optimizado mediante inteligencia artificial. .... Pág. 8**  
*Área: Ciencias de la Ingeniería*
3. **Uso de la tecnología en negocios locales de Acámbaro, Guanajuato. ... Pág. 18**  
*Área: Ciencias Sociales y Economía*
4. **Manejo de *scrap* para cumplimiento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación. .... Pág. 26**  
*Área: Ciencias Sociales y Economía*





## EDITORIAL

Con el interés de favorecer el desarrollo e innovación en las áreas formativas, científicas y tecnológicas, en esta vigésima segunda edición de la revista se presentan dos aportaciones en el eje de conocimiento de Ciencias de la Ingeniería y dos colaboraciones en el ámbito de las Ciencias Sociales y la Economía.

En el tema del mantenimiento industrial, en el artículo *Modulación de ancho de pulso con monitoreo de temperatura y RPM de un motor universal*, mediante simulación en software se demuestra que es posible monitorear y evitar el sobrecalentamiento que implica la actividad de cualquier motor eléctrico, esto se logra a través de un controlador lógico programable y una interfaz humano-máquina. La implementación de la propuesta contribuye a disminuir la proporción de fallos y por consecuencia los paros que generarían interrupciones en la producción, de esta manera se tiene un impacto significativo en la reducción de las pérdidas en las empresas.

Por otra parte, en la colaboración titulada *Diseño de un calentador híbrido solar/inducción optimizado mediante inteligencia artificial* se propone el uso de un dispositivo que aproveche la energía del Sol y se respalde en tecnología de inducción electromagnética, de manera que esta sinergia se refleje tanto en el cuidado del medio ambiente como en el nivel de eficiencia. Asimismo, la interacción entre ambas fuentes se optimiza mediante un algoritmo de Estimación de Distribución basada en Energía de aproximación Simétrica (SEED, por sus siglas en inglés). Además de la manufactura del calentador, en una siguiente etapa los autores se proponen hacer interactuar al sistema con Internet de las cosas, para monitorear los cambios de clima y sobre esa base lograr adaptaciones, en beneficio del público usuario.

En cuanto al eje de las Ciencias Sociales y la Economía, al considerar que las Tecnologías de la Información y Comunicación constituyen un elemento esencial para la competitividad de las empresas, ya que pueden usarse en los procesos de comercialización, control de insumos y automatización, el artículo titulado *Uso de la tecnología en negocios locales de Acámbaro, Guanajuato*, muestra los resultados del estudio realizado a una muestra de organizaciones productivas de dicha ciudad guanajuatense, y a partir de los hallazgos se detectan las áreas de oportunidad que, mediante la aplicación de las TIC, permitan impulsar la productividad de las organizaciones acambarenses en sus actividades tanto de producción, como financieras, administrativas y de comercialización.

Por lo que se refiere al sector de las empresas que requieren importar materia prima o elementos para sus procesos de producción, en la colaboración titulada *Manejo de scrap para cumplimiento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación*, las autoras muestran una solución administrativa que permite a las organizaciones participantes del programa IMMEX realizar un adecuado manejo y control de sus desperdicios (*scrap*); esta gestión posibilita conservar los beneficios de importar insumos temporalmente, que estén libres de algunos impuestos y cuotas compensatorias. El procedimiento que se implementó incide en la correcta clasificación de la mercancía en el almacén, lo que evita las discrepancias, y facilita el manejo tanto interno como con la empresa recolectora.

En Reacción agradecemos a los autores y autoras que colaboraron en la integración de este número de la revista, y reconocemos las labores de revisión y análisis realizadas por los expertos y expertas que dictaminaron técnicamente las propuestas. Confiamos en que estas aportaciones propiciarán una continuidad y seguimiento que contribuyan al progreso de la ciencia y la tecnología y, por ende, al desarrollo de la sociedad.

**Atentamente**

**Comité Editorial Revista Reacción**



# MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO CON MONITOREO DE TEMPERATURA Y RPM DE UN MOTOR UNIVERSAL.

**Pulse width modulation with monitoring temperature and RPM of a universal motor.**  
**Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila.**

**Por:** Miriam Zulema González Medrano, Raúl Zambrano Rangel y Jesús Arturo Hernández Soberón.

## RESUMEN

Donde quiera que exista un proceso mecánico, existe de por medio un motor ya sea trifásico o monofásico. Por lo tanto, el debido mantenimiento preventivo de los motores en un proceso productivo que es esencial para una empresa dedicada a procesos de automatización; y dado que gran parte de las fallas en motores son por sobrecalentamiento, se determinó el desarrollo de un sistema de monitoreo de la temperatura de un motor para modular su velocidad y evitar su sobrecalentamiento.

El objetivo se basó en el diseño de un dispositivo de modulación de ancho de pulso de la temperatura de un motor universal. El monitoreo de la temperatura se llevó a cabo controlando las revoluciones por minuto (RPM) a tres velocidades, utilizando el software TIA Portal con una interfaz basada en la programación HMI (Interfaz Hombre-Máquina). Como resultado se realizó la simulación con el software, el PLC 1215c DC/DC/DC y la HMI virtuales.

**Palabras clave:** PLC, HMI, PWM, motor, temperatura.

## ABSTRACT

Wherever there is a mechanical process, there is a motor either three-phase or single-phase motor. Therefore, the proper maintenance of the engines in a production process is essential for a company dedicated to automation processes; and given that a large part of the motor failures are due to overheating, the development of a motor temperature monitoring system was chosen to modulate its speed and avoid overheating.

The objective was based on the design of a temperature-pulse modulation device for a universal motor. To do this, a temperature monitoring system was developed controlling the revolutions per minute at three speeds, using a TIA-portal software with an interface based on HMI programming (Human-Machine Interface). As a result, the simulation was performed with the software, the 1215c DC / DC / DC PLC and the virtual HMI.

**Keywords:** PLC, HMI, PWM, engine, temperature.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad todo sistema automático en la industria lleva consigo un motor, por ello es que este elemento del sistema es importante; y cabe destacar que mediante un adecuado monitoreo es posible prevenir algún tipo de fallo en el proceso de producción.

En la industria, si el operario con instrucciones de incrementar el tiempo de producción aumenta la velocidad de un motor universal, llevaría al sobreesfuerzo del motor y en consecuencia a elevar la temperatura, ocasionando un paro en la producción. Se desarrolló un sistema de monitoreo de temperatura con una medición automática de su velocidad, controlando las RPM (revoluciones por minuto) a tres velocidades respecto a su temperatura; la intención de utilizar tres velocidades es para demostrar a nuestros alumnos que se pueden utilizar diferentes porcentajes del ciclo de trabajo o controlar desde 0 % hasta el 100 %.



La programación del PLC (controlador lógico programable) del tipo ST1200, se desarrolló en el software TIA Portal (*Totally Integrated Automation*), y la interfaz fue basada en la programación HMI (Interfaz Hombre-Máquina).

Para el aislamiento del sistema de potencia se utilizaron optoacopladores marca MOC, y los TRIAC (triodo para corriente alterna) fueron esenciales para la modulación por ancho de pulsos (PWM) para un monitoreo eficaz de su temperatura y velocidad, visualizado en un interfaz sencillo para el operador de dicho motor.

Se puede agregar un porcentaje de ciclos, ya que el ciclo de trabajo es la relación existente entre el tiempo en que una señal se encuentra en estado activo con el periodo de esta: Para calcular el ciclo de trabajo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Ciclo de trabajo} = (100) * (\text{TH}/\text{TW})$$

Por lo tanto, se pueden calcular diferentes porcentajes del ciclo de trabajo.

Los sistemas mecatrónicos virtuales que reproducen sistemas reales son diseñados en un software de realidad virtual inmersiva y presentados en un monitor adicional de PC con la característica de que puede ser interconectado con dispositivos de control físicos externos ( PLC, PC Industrial, FPGA, etcétera), de tal manera que el o la estudiante pueda desarrollar aplicaciones reales de control para sistemas mecatrónicos industriales emulados en una PC que se asemejan a procesos reales, que les permita experimentar una gran diversidad de problemas de casos reales de automatización.<sup>1</sup>

## OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una modulación de pulso con monitoreo de temperatura de un motor universal, controlando a su vez las RPM a tres velocidades respecto a la temperatura.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la programación del PWM y sensor PT100.
- Realizar la programación del HMI.
- Diseñar la etapa de potencia con optoacopladores y TRIACs, incluyendo los cálculos.
- Realizar la simulación en TIA Portal.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los motores eléctricos son una parte esencial de nuestra vida diaria, ya que muchos sistemas, aplicaciones y servicios dependen de ellos. Actualmente, los motores tienen una larga vida útil y requieren de mantenimiento para garantizar que funcionen de manera eficiente. En procesos de la industria, los motores deben mantenerse regularmente en buen estado porque necesitan estar en operación todo el tiempo; un pequeño problema podría causar una gran pérdida para la organización.<sup>2</sup>

En cuanto a los tipos de motores eléctricos, genéricamente se clasifican en monofásicos, que contienen un juego simple de bobinas en el estator, y polifásicos (que mantienen dos, tres o más conjuntos de bobinas dispuestas en círculo).<sup>3</sup>

El objetivo se enfoca en el calentamiento de un motor eléctrico y en poder monitorearlo mediante un PLC (*Programmable Logic Controller*), mostrándolo mediante una HMI (*Human Machine Interface*).

El motor monofásico es una máquina rotativa que convierte energía eléctrica en energía mecánica<sup>4</sup>. Como es el caso del motor principal, el mantenimiento correctivo del equipo es una práctica muy costosa, ya que implica paros no programados y daños provocados por las fallas de los equipos. Las actuales exigencias de calidad consideran cada vez más necesaria la utilización de sistemas de monitoreo y detección de fallas, de modo que no se interrumpa la producción. Los motores eléctricos de inducción son los responsables, en muchos casos, del correcto

funcionamiento del sistema productivo, por ello es necesario deshacerse de este problema en el mantenimiento correctivo, de ahí la importancia de su monitoreo.

## MÉTODO DE TRABAJO

La primera etapa de este proyecto consiste en recolectar información para llevar a cabo la comunicación entre PLC y HMI, a fin de cumplir con los objetivos antes planteados.

El HMI Basic Panel es un panel táctil de 7" con teclas adicionales y pertenece a la nueva serie de iniciación HMI de Siemens para aplicaciones sencillas. Los paneles Basic son los componentes HMI ideales para los sistemas de control S7 pequeños y medianos.<sup>5</sup>

Se organizó la programación de diagrama ladder por medio de la aplicación de programación de TIA Portal para PLC de la marca SIEMENS, esta estructura se puede visualizar en la Figura 1.

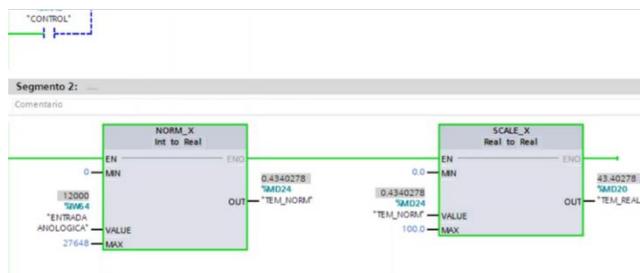


Figura 1. Programación de PLC S71200. Fuente: elaboración propia.

Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) v14 sp1 de Siemens integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que permite aumentar la productividad y eficiencia de la automatización en todos los sectores, cubriendo gran parte de las etapas de las que consta el proceso de automatización, como las de diseño, puesta en marcha y mantenimiento.<sup>1</sup>

Fueron escaladas las entradas analógicas con el bloque de función NORM\_X y escalado con el bloque

SCALE\_X, esto para visualizar los parámetros de entrada del sensor.

Para poder controlar la velocidad del motor se debe utilizar el bloque CTRL\_PWM\_DB para lograr una modulación de ancho de pulso, este controla la intensidad con la variable %IW1000. En la Figura 2 se visualiza esta función.

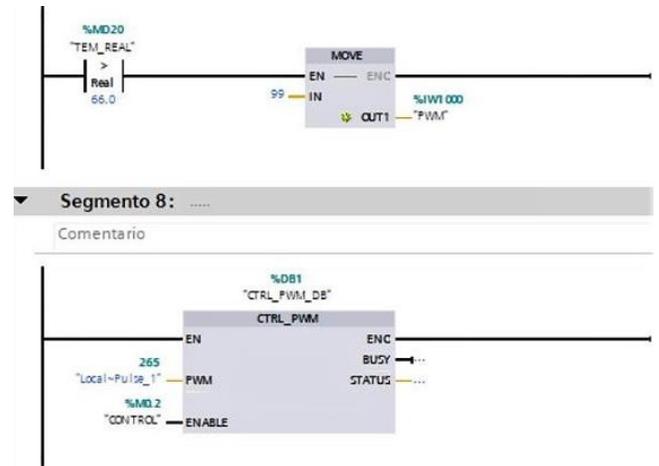


Figura 2. Programación de PLC S71200 PWM. Fuente: elaboración propia.

Para lograr la variación se utiliza la función del bloque MOVE, esto para cambiar la variable %IW1000. En esencia, el PWM trabaja como si éste fuera un interruptor que se enciende y apaga constantemente, controlando de esta manera la cantidad de potencia que la carga (ejemplos: motor, bomba, lámpara) obtiene para su funcionamiento. Asociado al término PWM aparece el concepto de ciclo de trabajo (Duty Cycle en inglés), el cual indica qué tanto porcentaje de la señal debe llegar a la carga para suministrar potencia y permitir funcionamiento. Dicho de otra manera, si el ciclo de trabajo está al 0% la carga no está en funcionamiento; al estar al 100% del ciclo de trabajo, la carga se encuentra a su máxima potencia. Esto quiere decir que la carga conectada al sistema tendrá una cantidad de potencia según el valor del ciclo de trabajo.<sup>6</sup>

Con la programación del HMI se logra visualizar todas las variables establecidas en la programación tipo

ladder. En la Figura 3 se visualiza cómo será la estructura de la interfaz humano-máquina.

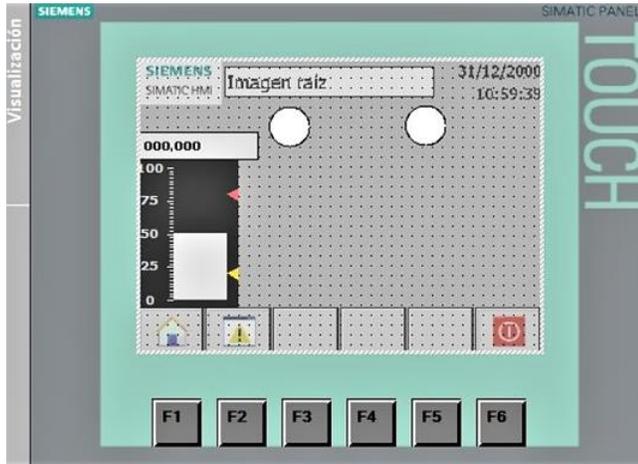


Figura 3. Programación de HMI. Fuente: elaboración propia.

La conexión entre la PC y el PLC S7 1200 se realiza mediante una conexión alámbrica con cable RJ45 con entrada Ethernet; para poder realizar la conexión del HMI con los tres componentes se utiliza un módem.

La conexión PC y PLC se muestra en la Figura 4.

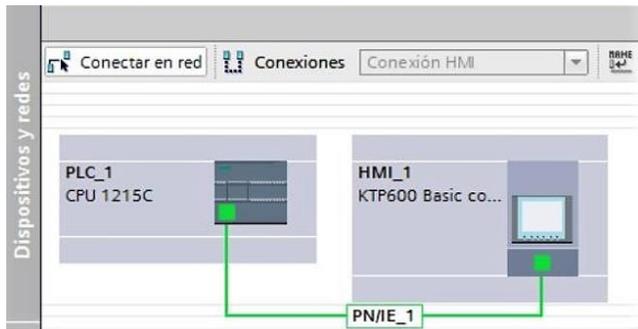


Figura 4. Interconexión entre PC y PLC S71200. Fuente: elaboración propia.

Las variables de toda la programación se muestran en una tabla de variables establecidas por su tipo, por ejemplo, la palabra BOOL que solo guarda 1 y 0, como también INT que almacena más que solo un bit, o el REAL que almacena números, tal como se muestra en la Figura 5.

Tabla de variables estándar							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	ENTRADA ANALOGICA	Int	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	TEM_NORM	Real	%MD24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	TEM_REAL	Real	%MD20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	PWM	Int	%IW1000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ON	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	OFF	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	ENCENDIDO	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	PARO	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	CONTROL	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5. Tabla de variables. Fuente: elaboración propia.

Los diagramas aplicables son simples. El primero es el circuito de potencia aislado con un MOC3011, donde se aísla el alto voltaje por medio del mejor aislante: el espacio libre, como se muestra en la Figura 6.

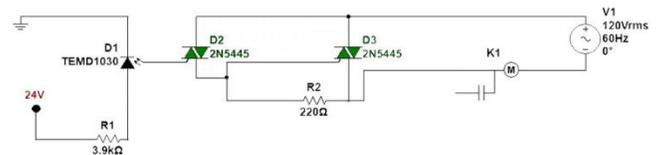


Figura 6. Circuito de potencia. Fuente: elaboración propia.

Para poder mostrar las RPM en el HMI se debe configurar para poder contar las veces que el encoder obstruye el sitio de punteo, esto se logra mediante un led infrarrojo y un fototransistor, para lograr esto, al momento se cuentan los pulsos. Se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Led infrarrojo y fototransistor. Fuente: elaboración propia.

Las RPM (revoluciones por minuto) son la cantidad de vueltas que un cuerpo giratorio completa alrededor de su eje cada sesenta segundos.<sup>7</sup>

Para lograr una configuración óptima para el PT100, con el cual se mide la temperatura del motor, se configura para lograr un equilibrio entre las cuatro resistencias, mostrando un voltaje entre 1-10 volts para la configuración de puertos A0, como se observa en la Figura 8.

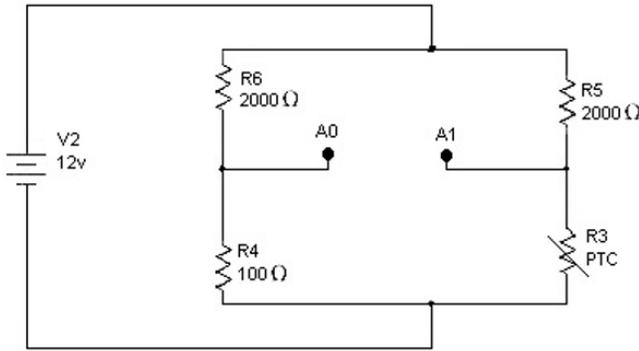


Figura 8. Circuito de acondicionamiento PT100.  
Fuente: elaboración propia.

Dependiendo de la temperatura, el motor trabaja a más o menos revoluciones. Cuando varía el ciclo de trabajo, varía la velocidad ya que cambia la tensión media en el bobinado del motor. Con un ciclo de trabajo de 100 %, el motor girará a la máxima velocidad. Al reducir el ciclo de trabajo, se reducirá la velocidad.

Se realiza la toma de temperatura en tres velocidades diferentes observando el cambio de temperatura con relación a las RPM, tal como lo muestran las figuras 9, 10 y 11.

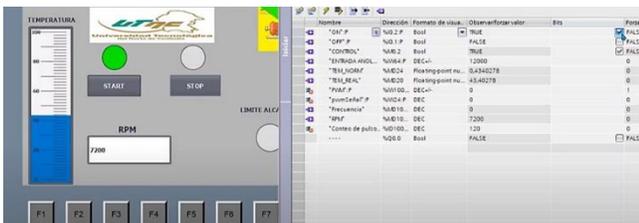


Figura 9. Toma de temperatura a 7200 RPM, 45° temperatura máxima. Fuente: elaboración propia.

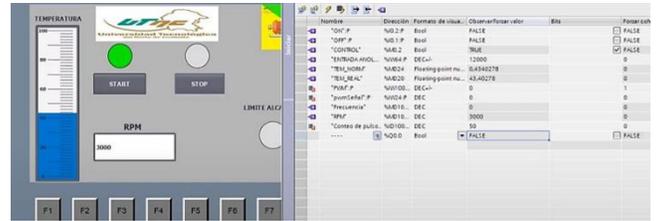


Figura 10. Toma de temperatura a 3000 RPM, 35°.  
Fuente: elaboración propia.

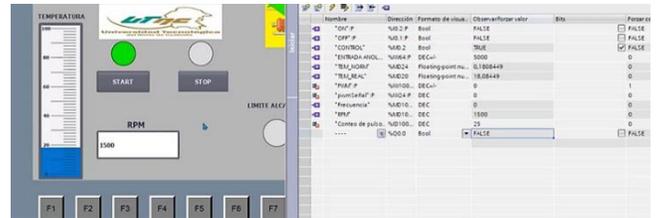


Figura 11. Toma de temperatura a 1500 RPM, 20°.  
Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Se logró desarrollar la modulación de pulso con monitoreo de temperatura de un motor universal, controlando a su vez las revoluciones por minuto a tres velocidades respecto a la temperatura, mediante la simulación con el Software TIA Portal, con el PLC 1215c DC/DC/DC y la HMI virtuales.

## REFERENCIAS

1. PUMASUPA PARO, Dani Daniel. Diseño de red industrial Ethernet, con autómatas programables, HMI Siemens y sistemas de control inteligente aplicado a sistemas mecatrónicos en entorno de realidad virtual. [En línea]. 2017. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2020.] <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1485>.
2. MORALES MONTERO, Juan Francisco. Metodología para el análisis de fallas en los motores eléctricos por medio del estudio



- termográfico. [En línea]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 25 de agosto de 2018. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2020], Disponible en <http://192.188.52.94:8080/handle/3317/11358>
3. CALVOPIÑA ESQUIVEL, Guido Hernán y QUIMUÑA LLUMIQUINGA, Pedro Diego. Diseño e implementación de un controlador de velocidad de un motor monofásico utilizando la técnica de control mediante modulación de ancho de pulso sinusoidal (SPWM) de dos y tres niveles. [En línea] 2011. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020]. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3865/1/CD-3668.pdf>
  4. SOLER & PALAU VENTILATION GROUP. ¿Qué es un motor monofásico? Características, tipologías y aplicaciones. [En línea]. 16 de diciembre de 2019. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/>
  5. FESTO-DIDACTIC. Trainer Package SIMATIC Basic Panel KTP700 [En línea]. Fecha de consulta: 12 de abril de 2020.] Disponible en <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/control-redes/con-siemens-s7/trainer-package-simatic-basic-panel-ktp700.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC42MTAuODIwMQ>
  6. INGENIERO MARROQUIN. Modulación de ancho de pulso (PWM) [En línea] 04 de octubre de 2017. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020] <https://ingmarroquin.wixsite.com/2016/single-post/2017/10/04/MODULACI%C3%93N-POR-ANCHO-DE-PULSO-PWM-CONCEPTOS-CLAVE>
  7. PÉREZ PORTO, Julián y MERINO, María. Definición de RPM. [En línea] 2016. Disponible en <https://definicion.de/rpm/>
- **Fecha de recepción:** 14/04/2020
  - **Fecha de aceptación:** 10/06/2020
  - **Fecha de publicación:** 30/09/2020
  - **Año 8, Número 1. Septiembre - diciembre, 2020**
  - **Autores:**
    - Miriam Zulema González Medrano
    - Raúl Zambrano Rangel
    - Jesús Arturo Hernández Soberón



# DISEÑO DE UN CALENTADOR HÍBRIDO SOLAR/INDUCCIÓN OPTIMIZADO MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Design of a hybrid solar / induction heater optimized by artificial intelligence.

Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón.

**Por:** Valentín Calzada Ledesma, Juan de Anda Suárez, Sergio Rodríguez Miranda y Pedro M. Cuevas González.

## RESUMEN

Un calentador de agua es un dispositivo termodinámico que utiliza diferentes fuentes de energía, entre ellas destacan la electricidad, los combustibles y la energía solar. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, estas tecnologías desprenden ventajas y desventajas. En este artículo se propone el diseño de un calentador híbrido, con el cual se busca aprovechar en mayor medida la energía solar y como sistema de respaldo, ante adversidades climáticas, tecnología de inducción magnética. El diseño está optimizado para maximizar la temperatura del agua y a su vez minimizar la cantidad de energía eléctrica consumida, mejorando la eficiencia del calentador. Para lograrlo, se emplean diferentes herramientas, como la simulación, la física computacional y la inteligencia artificial.

**Palabras clave:** física computacional, termodinámica, calentador solar, inducción magnética.

## ABSTRACT

A water heater is a thermodynamic device that uses different sources of energy, among them solar energy, fuels, and electricity. However, under certain conditions, these technologies present advantages and disadvantages. In this article, the design of a hybrid-heater is proposed, with which it is intended to make the most of solar energy and in the event of climatic adversities, magnetic induction technology as a backup system. The hybrid design is optimized to minimize the amount of electrical energy consumed and at the same time maximize the water

temperature, in this way improving the efficiency of the heater. To achieve this, different tools are used, such as computational physics, and artificial intelligence.

**Keywords:** computational physics, thermodynamics, solar heater, magnetic induction.

## INTRODUCCIÓN

Un calentador de agua es un dispositivo termodinámico que utiliza energía para incrementar la temperatura del agua. Entre las diferentes fuentes de energía destacan: la electricidad, los combustibles (principalmente gas y derivados del petróleo) y la energía solar, las cuales han sido implementadas con éxito en la industria. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, de estas tecnologías se desprenden ventajas y desventajas. Por ejemplo, los calentadores que utilizan energía solar pueden lograr una eficiencia del 94 al 96 % durante la transferencia de la energía solar<sup>1</sup>, manteniendo la temperatura del agua entre los 65 y 105 °C en un día soleado; sin embargo, cuando las condiciones climáticas no son adecuadas (por ejemplo, nieve, días nublados o lluvia), esa eficiencia cae drásticamente.

Por otro lado, se encuentran los calentadores que utilizan combustibles como el gas natural o hidrocarburos<sup>2</sup>. A pesar de que este tipo de dispositivos son comúnmente utilizados en hogares y para procesos industriales, su uso cotidiano a largo plazo no es favorable para el medio ambiente, debido a las altas emisiones de gas contaminante. Además, el alza de precios de los combustibles los convierte en

sistemas poco redituables (Sahnoune, Madani, Zemat & Belhamela, 2014)<sup>3</sup>.

Respecto a los sistemas que utilizan energía eléctrica, en la industria se pueden encontrar dos tipos de calentadores: los de resistencia y los de inducción magnética. Este tipo de dispositivos son capaces de calentar el agua a una temperatura de 35 °C en un tiempo aproximado de tres minutos, logrando una eficiencia de transferencia de energía del 98 al 99 % (Hohne, Kusakana y Numbi, 2019)<sup>4</sup>; sin embargo, los dispositivos de resistencia tienen un consumo de potencia eléctrica elevado, aproximadamente de 1 a 1.5 KW/h, cantidad que es penalizada en algunos países, por lo que su uso cotidiano no es favorable (Balke, Healy y Ullah, 2016)<sup>5</sup>. Por otro lado, en el estado del arte se ha reportado que los dispositivos de inducción magnética consumen menos potencia eléctrica, por lo tanto, el diseño de dispositivos de calentamiento por inducción es favorable para el ahorro de energía eléctrica<sup>6</sup>.

Con base en lo mencionado previamente, una alternativa para solucionar el problema del calentamiento de agua es diseñar sistemas híbridos que implementen tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente. Por lo que en este artículo se propone el diseño de un sistema de este tipo, con el cual se busca aprovechar en mayor medida la energía solar y, como sistema de respaldo (ante adversidades climáticas), tecnología de inducción electromagnética.

Existen trabajos similares en el estado del arte, en donde se exploran diversos algoritmos para realizar el diseño de sistemas eléctricos (Masuda, Okamoto, & Wakao, 2019; Naar & Bay, 2013)<sup>7, 8</sup>, sin embargo, hay menos trabajos en donde se implementen para el diseño termodinámico de un calentador solar (Sadeghi, 2020; Colacurcio, 2019; Ahmadi, 2013)<sup>9, 10, 11</sup>.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diseñar un calentador de agua bajo un enfoque híbrido es un reto, ya que hay diversos factores a considerar; sin embargo, se puntualizan dos problemas sustanciales con los que se deben lidiar:

1. Para diseñar un inductor electromagnético, es necesario definir el tipo y el tamaño de la bobina, así como el solenoide.
2. En cuanto al sistema completo, es de suma importancia definir cuál es el volumen óptimo de calentamiento de agua, para minimizar el consumo de corriente eléctrica.

Para dar solución a estos problemas se debe modelar la física que impera en el proceso de transferencia de calor, tanto de manera solar como inductiva. A su vez, se debe optimizar la interacción entre ambos enfoques, lo cual es una tarea de suma dificultad, ya que se involucra un conocimiento multidisciplinario.

## OBJETIVO

Realizar el diseño de un calentador híbrido mediante el uso de inteligencia artificial, empleando un algoritmo de optimización computacional llamado SEED (detallado en la sección Estimación de Distribución basada en Energía de aproximación Simétrica).

A grandes rasgos, se propone un esquema que proporciona una serie de soluciones candidatas al problema, cuya eficiencia es medida a través de una función de costo (detallada en la sección de Metodología), la cual modela la interacción entre la tecnología solar e inductiva. Los valores obtenidos por la función de costo para cada una de las soluciones candidatas, retroalimentan a la inteligencia artificial, permitiéndole generar cada vez mejores soluciones para resolver el problema.

A continuación, se muestran una serie de conceptos para comprender detalladamente la propuesta.

## MARCO TEÓRICO

En la Figura 1, se muestra el esquema general del sistema híbrido (solar/inducción) de calentamiento de agua propuesto en este artículo.

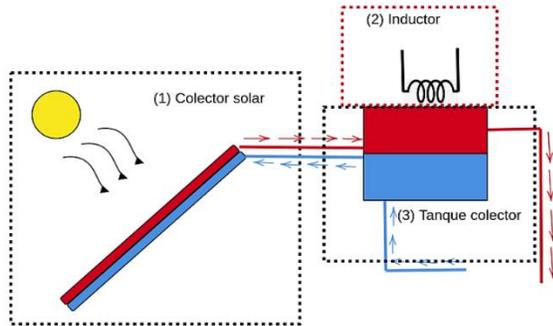


Figura 1. Esquema general del sistema calentador solar e inductor. Fuente: elaboración propia.

Comenzando con el colector solar, la potencia de emisión de energía calorífica proveniente del Sol puede ser estimada por la ley de Stefan-Boltzmann, dada por la Ec. 1.

$$E = \sigma \cdot T_e^4 \quad (1)$$

donde  $E$  es la potencia de emisión dada por las

unidades  $\left[ \frac{W}{m^2} \right]$ ,  $\sigma$  es la constante de Stefan-

Boltzmann con valor de  $5.67 \times 10^{-8} \left[ \frac{W}{m^2 K^4} \right]$  y

$T_e$  es la temperatura efectiva. Si se multiplica la Ec. 1 por la superficie de emisión del Sol, dada por  $A = 6.09 \times 10^8 m^2$ , se obtiene una potencia solar de  $P = 3.77 \times 10^{26} W$ , la potencia mencionada anteriormente debe ser aprovechada en cierta proporción dependiendo de la geometría del colector solar en la Figura 1, esto se profundiza en la siguiente sección.

## PRINCIPIO TERMODINÁMICO DEL CALENTADOR SOLAR

Para modelar el comportamiento del termo-fluido, en este caso agua, la primera aproximación se comporta como un fluido incompresible y no viscoso, lo que se puede describir mediante las ecuaciones de Navier-Stokes para la conservación de la energía (Ec. 2).

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[ \rho \left( e + \frac{1}{2} v^2 \right) \right] + \nabla \cdot \left[ \rho \left( e + \frac{1}{2} v^2 \right) \mathbf{v} \right] = -\nabla \cdot \mathbf{q} + \nabla \cdot (\mathbf{q} \cdot \boldsymbol{\sigma}) + \rho \mathbf{V} \cdot \mathbf{F} \quad (2)$$

donde  $\rho$  es la densidad del fluido,  $e$  la energía interna,  $\mathbf{V}$  es la velocidad,  $\mathbf{F}$  es la fuerza, y  $\mathbf{q}$  es la cantidad de energía calorífica. En el estándar de producción y diseño de colectores de energía térmica solar, se emplea la geometría cilíndrica, de manera que la Ec. 2 es transformada a simetría cilíndrica por simplicidad de solución numérica, y considerando a la Ec. 2 en términos de la temperatura del sistema, esta se transforma en la Ec. 3 (Wannagosit C. S.-I., 2018)<sup>11</sup>.

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\dot{q}}{k} \quad (3)$$

donde  $\alpha$  es la difusividad térmica,  $\dot{q}$  el flujo de energía calorífica y  $k$  la conductividad térmica. La Ec. 2 como ya se mencionó, representa la ecuación fundamental de energía en el fluido, sin embargo, el sistema térmico completo de un calentador solar en general está caracterizado por un termosifón y un colector de transmisión, estos se describen detalladamente en las secciones siguientes.

## TERMOSIFÓN

El efecto termosifón es un fenómeno físico que se produce en los fluidos cuando se calientan. Usualmente se presentan dos estados termodinámicos, los cuales son:

1. El agua fría es conducida mediante la fuerza de gravedad desde el tanque contenedor hacia la parte inferior de los tubos de calentamiento, como se muestra en la Figura 2. Debido a la radiación solar, el agua es calentada y empujada por el choque térmico a la parte superior del tanque.
2. Dado que el agua caliente es menos densa que el agua fría, esta se mantiene siempre en la parte superior (ver Figura 2), generando choques térmicos del fluido, manteniendo un ciclo giratorio en el sistema que distribuye el agua caliente.

En términos matemáticos, un termosifón se puede modelar utilizando la Ec. 3, esta se puede dividir en tres secciones principales: la evaporación, la adiabática y la condensación, la cuales son modeladas por las Ecs. 4, 5 y 6.

$$T_{vapor}^n = \alpha \Delta t \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + T_{vapor}^{n-1} \quad (4)$$

Discretizando la Ec. 3 en términos de diferencias finitas, se tiene que la temperatura de evaporación del fluido (Ec. 4) es simbolizada a la derecha por  $T_{vapor}^n$  y  $T_{vapor}^{n-1}$  a la izquierda. Para la región de condensación, el modelo está dado por la Ec. 5.

$$T_{cond}^n = T_{vapor}^n - \left( \dot{Q}_{Sifón} (Z_3 + Z_\gamma) \right) \quad (5)$$

donde  $Z_3$  y  $Z_\gamma$  son conocidas como resistencias térmicas y  $\dot{Q}_{Sifón}$  el remanente de energía térmica. Finalmente, la Ec. 6 describe la ecuación fundamental del termosifón.

$$\dot{Q}_{Sifón} = I_G A_{avec} (\tau_{avec} \alpha_{avec}) - \dot{Q}_{Sifón\,avec} - \dot{q}_{avec} A_{fin} \quad (6)$$

donde  $\dot{Q}_{Sifón}$  representa la energía calorífica en el sistema de sifón, y  $\tau_{avec} \alpha_{avec}$  son parámetros de absorción superficial (Wannagosit, Sakulchangsattajai, Kammuang-lue, & Terdtoon, 2018)<sup>12</sup>.

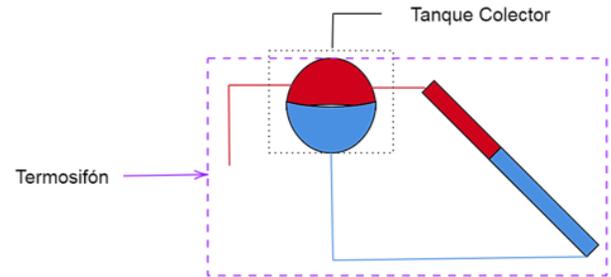


Figura 2. Esquema general del termosifón. Fuente: elaboración propia.

## CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

De manera general, estos sistemas generan un campo magnético mediante la circulación de una corriente eléctrica en una bobina, produciendo calor debido a la resistencia de dicha corriente, a este fenómeno se le conoce como el efecto Joule. Para modelar el calentamiento por inducción electromagnética, se emplea la ecuación de Ampere en su estado casi estático, lo que elimina el desplazamiento de la corriente eléctrica, esto describe en la Ec. 7.

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} \quad (7)$$

Por otro lado, tomando la ecuación de Faraday, dividiéndola por la ecuación del campo magnético y aplicándole el operador rotacional, se obtiene la Ec. 8.

$$\nabla \times \left( \frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{E} \right) = - \frac{\partial \mathbf{J}}{\partial t} \quad (8)$$

Finalmente, la Ec. 9 describe de manera total el cambio parcial de campo eléctrico en el tiempo, con



respecto al cambio parcial de la corriente en el tiempo (Bay, Labbe, Favennec, & Chenot, 2003)<sup>13</sup>, mejor conocida como la ecuación general para la inducción electromagnética.

$$\sigma \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \nabla \times \left( \frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{E} \right) = - \frac{\partial \mathbf{J}_s}{\partial t} \quad (9)$$

Para realizar la simulación del calentador solar, las Ecs. 2 - 9 se implementaron en COMSOL Multiphysics, el cual es un software empleado para el análisis y resolución de problemas de la física e ingeniería mediante elemento finito. En la siguiente sección se detalla el funcionamiento de los algoritmos para la optimización de los parámetros de los modelos electrotérmicos, los cuales a su vez se comunican con COMSOL Multiphysics para optimizar la simulación.

## OPTIMIZACIÓN COMPUTACIONAL

La optimización computacional se refiere a un conjunto de métodos que buscan dar solución a un problema modelado matemáticamente, el cual se desea optimizar, es decir, encontrar su punto mínimo o máximo. Un tipo particular de métodos de optimización computacional son las metaheurísticas, las cuales implementan estrategias que guían a un conjunto de soluciones candidatas (generadas aleatoriamente) hacia un óptimo, en el mejor de los casos el óptimo global de una función de costo, también llamada función objetivo, cuyas variables o parámetros a optimizar se encuentran acorde al dominio del problema.

Un tipo particular de metaheurísticas son los Algoritmos de Estimación de Distribución (EDAs por sus siglas en inglés). Las EDAs construyen modelos probabilísticos explícitos que se refinan de forma iterativa para producir soluciones cada vez mejores para un problema particular. Esta característica permite a las EDAs la capacidad de adaptarse a la estructura del problema a optimizar, logrando reducir su costo computacional.

Una de las EDAs que ha mostrado una mayor eficiencia ante problemas de dominio continuo es el algoritmo de Estimación de Distribución basada en Energía de aproximación Simétrica (SEED, por sus siglas en inglés). Este algoritmo es el seleccionado para optimizar el problema planteado esta investigación, debido a que no se requieren parámetros externos para su funcionamiento, solo la población inicial. Además, el algoritmo SEED es capaz de encontrar soluciones de manera rápida, reduciendo así el costo computacional necesario. A continuación, se detalla de manera puntual su funcionamiento (De Anda-Suárez & Calzada-Ledesma, 2019)<sup>14</sup>.

## ESTIMACIÓN DE DISTRIBUCIÓN BASADA EN ENERGÍA DE APROXIMACIÓN SIMÉTRICA (SEED)

En años recientes, los científicos han tornado su atención hacia la función de distribución de probabilidad de Boltzmann (Ec. 10), ya que proporciona diversas ventajas cuando esta se implementa en EDAs basadas en energía.

$$P_x = P(x; \beta) = \frac{1}{Z} e^{\beta g_x} \quad (10)$$

Sin embargo, diversos estudios en el estado del arte reportan que el muestreo directo de la función Boltzmann, para actualizar el modelo probabilístico, no es práctico. Para resolver esto, SEED emplea una aproximación a la función Boltzmann mediante una distribución gaussiana con parámetros  $\mu$  (Ec. 11) y  $\nu$  (Ec. 12), esto a través de la minimización de la divergencia Jeffreys calculada entre las funciones gaussianas  $(Q_x)$  y Boltzmann  $(P_x)$ , con el fin de utilizar esa distribución como modelo probabilístico.

$$\mu = \frac{\frac{1}{Z\beta} \int_x \exp(\beta g_x) x dx + \int_x x g_x Q_x dx}{\frac{1}{\beta} + \int_x g_x Q_x dx} \quad (11)$$

$$\nu = \frac{\frac{1}{Z\beta} \int_x \exp(\beta g_x) (x - \mu)^2 dx + \int_x g_x (x - \mu)^2 Q_x dx}{\int_x g_x Q_x dx} \quad (12)$$

(12)

A diferencia de otras EDAs basadas en Boltzmann, en donde el parámetro  $\beta$  de Boltzmann se determina de manera heurística, SEED se caracteriza por calcular este valor de manera autoadaptativa al problema (De Anda-Suárez & Calzada-Ledesma, 2019)<sup>14</sup>.

## ALGORITMO SEED

Al inicio del algoritmo, una población de  $N$  soluciones  $P^{(t)}$  se inicializa bajo una distribución uniforme y se evalúa utilizando una función objetivo. Se denota un individuo de la población como  $\vec{x}_i = [x_1, x_1, \dots, x_n]$  y  $g(\vec{x}_i)$  para  $i = 1, 2, \dots, N$ , los valores objetivo. Después de que la población es evaluada, con el fin de reducir el costo computacional, esta se ordena en función de  $g(\vec{x}_i)$ , en donde el primer elemento de la población es el mejor individuo, denotado como  $P_{mejor}^{(t)}$ .

Posteriormente, una muestra de la población ordenada  $S^{(t)}$  es seleccionada por medio de un truncamiento, y con esta se construye el modelo probabilístico.

Después una nueva población  $P^{(t+1)}$  es muestreada a partir de una distribución normal con parámetros  $\vec{\mu}^{(t)} = [\mu_1, \dots, \mu_n]$  y  $\vec{\nu}^{(t)} = [\nu_1, \dots, \nu_n]$  (2 y 3 respectivamente para cada dimensión del vector).

Al final, si  $P_{mejor}^{(t)} \geq P_{mejor}^{(t+1)}$ ,  $P_{mejor}^{(t)}$  se incorpora en la nueva población. El algoritmo SEED continúa en el ciclo de convergencia hasta cumplir con un criterio de paro, usualmente un número definido de  $t$  iteraciones o hasta alcanzar el valor objetivo deseado (De Anda-Suárez & Calzada-Ledesma, 2019)<sup>14</sup>.

## DISEÑO OPTIMIZADO MEDIANTE ALGORITMOS EVOLUTIVOS

El proceso evolutivo tiene como objetivo encontrar los parámetros adecuados para el diseño del tubo de calentamiento, la geometría del tanque colector y por último el diseño del inductor. En la Figura 3, se muestra el diagrama general de la metodología para el proceso de optimización de parámetros.

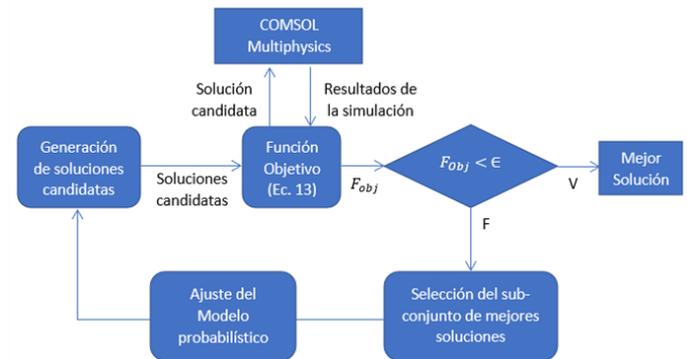


Figura 3. Optimización de parámetros mediante SEED. Fuente: elaboración propia.

## METODOLOGÍA

A continuación, se muestra una descripción detallada del proceso de optimización ilustrado en la Figura 3.

1.- Se establecen los parámetros electro-térmicos a optimizar para el diseño del calentador solar y el inductor electromagnético, estos se muestran a continuación:

Tabla 1. Parámetros para calentador solar. Fuente: elaboración propia.

Parámetro	Descripción	Dominio
L	Longitud del tubo	De 0.5 a 1.5 m
D	Diámetro del tubo	De 0.05 a 0.1 m
V	Volumen del contenedor	De 10 a 50 L

Tabla 2. Parámetros para inductor electromagnético.  
Fuente: elaboración propia.

Parámetros	Descripción	Dominio
N	Número de vueltas de la bobina por capa	De 10 a 500
L	Longitud del tubo de transferencia de calor	De 0.1 a 0.2 m
F	Frecuencia de oscilación	De 70 kHz a 100 kHz

2.- Para esta experimentación, el algoritmo SEED se configura con una población inicial de 50 soluciones candidatas de dimensión 6 (el total de parámetros), es decir, una población de configuraciones de parámetros “aleatorios”, cuya eficiencia se medirá con la función objetivo (Ec. 13), la cual está diseñada para maximizar la temperatura del agua y a su vez minimizar la cantidad de energía eléctrica consumida.

$$F(\vec{p}, t) = \sum_{i=1}^{12} \left\{ T(t)_{ideal} - [T_{Solar}(t, p_1) + T_{Inductor}(t, p_2)] \right\}^2 \quad (13)$$

donde  $T_{ideales}$  la temperatura ideal para el consumo humano, según el cambio de estaciones en el año,  $T_{Solar}$  es la temperatura alcanzada por la simulación de COMSOL, mientras que  $T_{Inductor}(t)$  es el resultado de la simulación del sistema inductor. Por último,  $p_1$  y  $p_2$  son el conjunto de parámetros de simulación para el calentador y el inductor respectivamente, descritos en las Tablas 1 y 2.

3.- El cálculo de la función objetivo depende de los resultados obtenidos por las simulaciones en COMSOL Multiphysics, por lo tanto, una vez medida la eficiencia de cada una de las soluciones candidatas de la población en curso, la información obtenida se retroalimentará al algoritmo SEED, permitiéndole ajustar o evolucionar el modelo probabilístico (véase la sección de Estimación de Distribución basada en

Energía de aproximación Simétrica —SEED—) para generar una nueva población de soluciones, las cuales se evaluarán nuevamente con la función objetivo.

4.- El proceso evolutivo se realiza de manera iterativa hasta encontrar la mejor configuración de parámetros que optimice la función objetivo.

5.- Como se mencionó en la sección titulada Algoritmo SEED, se debe establecer un criterio de paro, para este caso particular, el proceso evolutivo se detendrá si alguna de las soluciones candidatas llega a un valor objetivo ( $F_{Obj}$ ) menor a un margen de error  $\epsilon = 0.005$  o si se cumplen un total de 50,000 iteraciones.

6.- La experimentación se realizó en una computadora con Linux OS, procesador i7 y 16 GB de memoria RAM. La implementación de SEED se realizó en el lenguaje de programación Python. El cual se encuentra disponible en la siguiente liga: <https://github.com/LIDT-Lab/pySEED>

Cabe señalar que las simulaciones gráficas en COMSOL Multiphysics, para todas las soluciones candidatas, no se realizaron durante el proceso evolutivo, ya que esto supondría un costo computacional considerable. En este sentido, para fines ilustrativos, se simula gráficamente el modelo de acoplamiento entre el calentador solar y el inductor electromagnético, con la mejor configuración de parámetros encontrada por SEED, la cual está calibrada para maximizar la temperatura del agua, minimizando la cantidad de energía eléctrica consumida.

## RESULTADOS

En la presente sección, se muestra la simulación gráfica (Figura 4) realizada con los parámetros reportados en las Tablas 3 y 4.

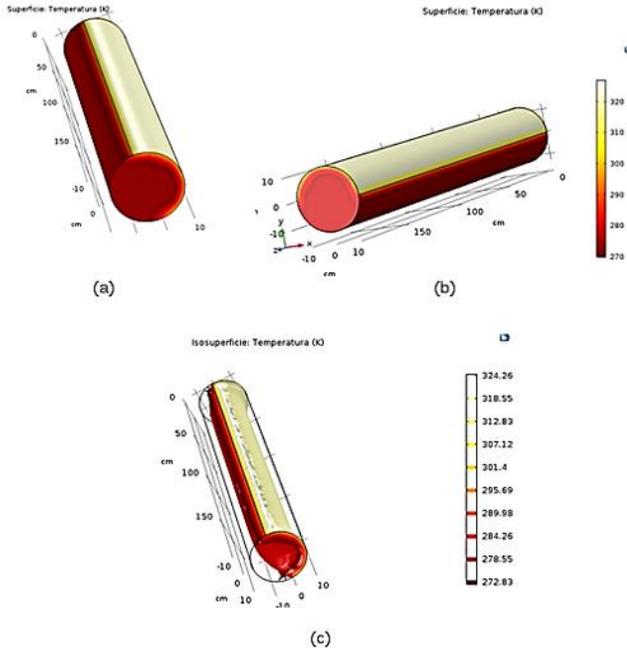


Figura 4. Simulación gráfica del tubo de calentamiento por transferencia de energía solar.  
Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 3 se muestran los valores óptimos de los parámetros, encontrados mediante SEED, para diseñar la geometría del contenedor del calentador solar.

Tabla 3. Parámetros óptimos para la geometría del contenedor. Fuente: elaboración propia.

Parámetro	Descripción	Dominio
L	Longitud del contenedor	1.5 m
D	Diámetro del contenedor	17 cm
V	Volumen del contenedor	25 L

En la Tabla 4 se muestran los valores óptimos de los parámetros encontrados por SEED, para diseñar el inductor electromagnético.

Tabla 4. Parámetros óptimos para el diseño del inductor. Fuente: elaboración propia.

Parámetros	Descripción	Dominio
N	Número de vueltas de la bobina	125
L	Longitud del tubo de transferencia de calor	12 cm
F	Frecuencia de oscilación	75 KHz

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En las Figuras 4a y 4b se muestra la simulación gráfica del tubo de calentamiento, el cual absorbe la energía calorífica proveniente del Sol. La región más clara, representa la zona más caliente en el tubo, cuya temperatura es superior a los 320 °K (aproximadamente 47 °C), adecuada para el consumo humano. Por otro lado, la región más oscura representa la zona más fría, en la simulación se consideran temperaturas debajo de los 0 °C; sin embargo, en la práctica, la temperatura de esta zona estará acotada a la temperatura ambiente. Finalmente, en la Figura 4c, se muestra el resultado de las zonas de transferencia de energía calorífica del sistema.

En los resultados mostrados en la Tabla 3 se puede observar que, debido a la implementación del inductor electromagnético en el sistema de calentamiento, se redujeron las dimensiones del contenedor, lo que permite crear sistemas eficientes a un menor costo, ya que los contenedores existentes en el mercado son de 1.8 m de longitud y 25 cm de diámetro. El volumen del contenedor diseñado por el algoritmo SEED es de 25 L, el cual es adecuado para el uso humano. Cabe señalarse que, en la práctica, se deben añadir paredes adiabáticas para minimizar la pérdida de energía calorífica y se debe tener en cuenta que esto incrementa ligeramente las dimensiones del contenedor.



Finalmente, en la Tabla 4 se puede observar que el número de vueltas por capa del inductor es de 125, esto es importante, ya que el alambre de cobre necesario para crear el inductor es relativamente poco, comparado con los inductores estándar, lo cual permite una reducción de costos para su fabricación. La longitud del tubo de transferencia de calor es de 12 cm. Finalmente, la frecuencia de oscilación es de 75 KHz, lo que permite ajustarse a los elementos electrónicos en el mercado.

## CONCLUSIONES

Con base en la experimentación realizada, se concluye que es posible realizar el diseño optimizado de un calentador híbrido solar/inducción, obteniendo resultados que permiten a futuro la manufacturación real de dicho sistema a un bajo costo, esto debido a la optimización realizada por el algoritmo SEED.

Un aporte esencial es el acoplamiento del algoritmo SEED a la simulación física de COMSOL, a través de la función objetivo diseñada. Por lo que hemos investigado en el estado del arte, este tipo de enfoques son pocos, por lo cual consideramos que estas aplicaciones pueden ser ampliamente explotadas en el campo de la física computacional para el diseño de sistemas termodinámicos.

Como trabajo futuro, pretendemos realizar la manufactura real del diseño aquí presentado, añadiendo un sistema basado en inteligencia artificial e Internet de las cosas, para monitorear y predecir el cambio climático, de manera que se pueda implementar un sistema de orientación solar, proporcionando una mejor experiencia al usuario(a).

## REFERENCIAS

1. SUBRAMANI, J. et al. Efficiency and heat transfer improvements in a parabolic trough solar collector using TiO<sub>2</sub> nanofluids under turbulent flow regime. *Renewable energy*, 2018,119: 19-31. ISSN: 0960-1481

2. HAINES, Victoria; KYRIAKOPOULOU, Konstantina; LAWTON, Clare. End user engagement with domestic hot water heating systems: Design implications for future thermal storage technologies. *Energy Research & Social Science*, 2019, 49: 74-81. ISSN: 2214-6296
3. SAHNOUNE, F., et al. Comparative study between solar and conventional heating—economic study and environmental impact. *Energy Procedia*, 2014, 50: 841-852. ISSN: 1876-6102
4. HOHNE, P. A.; KUSAKANA, K.; NUMBI, B. P. A review of water heating technologies: An application to the South African context. *Energy Reports*, 2019, 5: 1-19. ISSN: 2352-4847
5. BALKE, Elizabeth C.; HEALY, William M.; ULLAH, Tania. An assessment of efficient water heating options for an all-electric single family residence in a mixed-humid climate. *Energy and buildings*, 2016,133: 371-380. ISSN: 0378-7788
6. JORDAN, A., et al. Inductive heating of ferrimagnetic particles and magnetic fluids: physical evaluation of their potential for hyperthermia. *International Journal of Hyperthermia*, 1993, 9 (1): 51-68. ISSN: 1464-5157
7. MASUDA, Hiroshi; OKAMOTO, Yoshifumi; WAKAO, Shinji. Multistage topology optimization of induction heating apparatus in time domain electromagnetic field with magnetic nonlinearity. *COMPEL-The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering*, 2019. ISSN: 0332-1649
8. NAAR, Raphaëlle; BAY, François. Numerical optimization for induction heat treatment processes. *Applied Mathematical Modelling*, 2013, 37 (4): 2074-2085. ISSN: 0307-904X
9. SADEGHI, Gholamabbas; NAJAFZADEH, Mohammad; AMERI, Mehran. Thermal characteristics of evacuated tube solar collectors with coil inside: An experimental study and evolutionary algorithms. *Renewable Energy*, 2020, 151: 575-588. ISSN: 0960-1481
10. COLACURCIO, Giovanni, et al. Multiobjective



household energy planning using evolutionary algorithms. En Ibero-American Congress on Information Management and Big Data. Springer, Cham, 2019: 269-284.

**11.** AHMADI, Pouria; DINCER, Ibrahim; ROSEN, Marc A. Thermodynamic modeling and multi-objective evolutionary-based optimization of a new multigeneration energy system. Energy Conversion and Management, 2013, 76: 282-300. ISSN: 0196-8904

**12.** WANNAGOSIT, C., et al. Validated mathematical models of a solar water heater system with thermosyphon evacuated tube collectors. Case studies in thermal engineering, 2018,12: 528-536. ISSN: 2214-157X

**13.** BAY, François, et al. A numerical model for induction heating processes coupling

electromagnetism and thermomechanics.

International journal for numerical methods in engineering, 2003,58 (6): 839-867. ISSN:1097-0207

**14.** DE ANDA-SUÁREZ, Juan; CALZADA-LEDESMA, Valentín, et al. Symmetric-Approximation Energy-Based Estimation of Distribution (SEED): A Continuous Optimization Algorithm. IEEE Access, 2019, 7: 154859-154871.

- **Fecha de recepción:** 03/07/2020
- **Fecha de aceptación:** 15/09/2020
- **Fecha de publicación:** 30/09/2020
- Año 8, Número 1. Septiembre - diciembre, 2020
- **Autor:**
  - Valentín Calzada Ledesma
  - Juan de Anda Suárez
  - Sergio Rodríguez Miranda
  - Pedro M. Cuevas González



# USO DE LA TECNOLOGÍA EN NEGOCIOS LOCALES DE ACÁMBARO, GUANAJUATO

Use of technology in local businesses in Acambaro, Guanajuato.

Universidad Tecnológica de León.

Por: Mayra Verónica Barrera Figueroa, Graciela Rodríguez Rodríguez y Giovanni Ugalde Zamudio.

## RESUMEN

En Acámbaro, Guanajuato, se realizó una investigación cuantitativa con un alcance descriptivo, donde se recolectó información del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en las empresas de la ciudad, dentro de sus actividades diarias como son las financieras, administrativas, de comercialización o en la automatización de procesos; ya que actualmente los clientes son quienes demandan cada vez más el obtener sus productos con puntualidad, así como menor tiempo de espera para ser atendidos. Por ello, se quiere verificar qué tipo de herramientas informáticas utilizan, con la finalidad de generar conocimiento que ayude a la sociedad y sobre todo a las micro y pequeñas empresas (mypes), ya que en la actualidad el uso de las TIC son parte esencial de la competitividad; por ello se realizó una muestra probabilística con el fin de analizar un estrato de la población objetivo y así dar a conocer los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** empresa, comercialización, administración de insumos y automatización.

## ABSTRACT

A quantitative research with descriptive scope was carried out in Acambaro, Guanajuato city, the collected information was about the usage of Information Technologies (ICT) in the companies to perform not only their daily financial and management activities but also trading activities and automated processes this is because nowadays customers more and more demand products and services on time; as well as less waiting time to be attended. Therefore, it is necessary to verify

what type of computer tools they use, in order to generate knowledge that helps society mainly in small and medium size enterprises, already today the use of Information Technologies is an essential part of competitiveness, therefore, a probabilistic sample was carried out to analyze a stratum of the target and thus publicize the results obtained.

**Keywords:** enterprise, marketing, supply management and automation.

## INTRODUCCIÓN

Cada día las empresas deberán esmerarse por sobresalir y mejorar continuamente, a través de ofrecer productos o servicios de mayor calidad, cumplir y sobrepasar las expectativas de clientes, aumentar la eficiencia, ser una empresa líder por innovaciones, aplicar metodologías que aseguren su permanencia en el mercado, entre otras. Siendo así, la competitividad de las organizaciones debe considerarse como uno de los principales pilares en los que se debe poner suma atención.

En Acámbaro, Guanajuato, existen diversas organizaciones que surgieron como empresas familiares, además, la mayoría tuvieron orígenes básicos, comenzando simplemente con herramientas manuales, registros con lápiz y hojas de papel, control de operaciones basadas en intuición, o incluso nulos conocimientos de estrategias de mercado. Algunas compañías lograron adaptarse a los cambios y adecuarse conforme era ineludible, y esto llegó a distinguir unas de otras. Sin embargo, actualmente es necesario conocer si se está haciendo uso de la tecnología (TIC) en varios o al menos uno de sus procesos; ya que lo que funcionaba hace cien años



puede que hoy sea obsoleto, así como lo que funciona hoy puede que mañana sea completamente innecesario.

La tecnología está en constante avance y, empresarialmente hablando, quienes se resistan a no considerarla y no se adapten a los cambios pueden verse sumamente perjudicados. Para determinar cómo impacta el uso de las tecnologías de la información y comunicación en los micro, pequeños y medianos negocios, se realiza un análisis de estos de la localidad de Acámbaro, Gto., considerando el uso que se le da a las herramientas modernas tales como unidades de cómputo, equipos móviles, interconectividad, automatización, programación, o dispositivos electrónicos de información y comunicación con los que cuentan. En esta investigación se busca establecer índices medibles de si las empresas, sobre todo las micro y pequeñas (mypes) de Acámbaro, Gto., hacen uso de las TIC.

La información de las empresas fue recopilada mediante una investigación cuantitativa descriptiva, a través de la aplicación de una encuesta a pequeñas y medianas empresas de la ciudad, las cuales arrojaron resultados suficientes que permitieron verificar el uso de la tecnología en los procesos de trabajo diario en materia comercial, control de insumos, y en los procesos productivos.

## OBJETIVOS

- Identificar si las empresas de Acámbaro, Gto. hacen uso de las TIC en su proceso de comercialización.
- Verificar si las empresas de Acámbaro, Gto. hacen uso de las TIC en su proceso de control de insumos.
- Determinar si las empresas de Acámbaro, Gto. hacen uso de las TIC en su proceso de automatización.

## METODOLOGÍA

La metodología partió de la identificación de la problemática, establecimiento del marco teórico, planteamiento del problema a resolver; surgiendo tres hipótesis a partir de este, que fueron debidamente comprobadas; tomando una muestra probabilística como objeto de estudio, a fin de obtener los resultados de la misma. Para el desarrollo de este trabajo se tomó como base central la investigación cuantitativa de alcance descriptivo. La recopilación de la información tuvo lugar, como ya se mencionó, en la ciudad de Acámbaro, Gto., relativa al uso de las TIC en empresas pequeñas y medianas, en actividades financieras, administrativas, de comercialización, así como en la automatización de procesos de estas, enfocada a actividades de su operación cotidiana

## MARCO TEÓRICO

De acuerdo con Villafranco (2017)<sup>1</sup>, en México existen más de 4.2 millones de unidades económicas, de las cuales 99.8% son pequeñas y medianas empresas (pymes). Por lo que se refiere al estado de Guanajuato, existen 222,969 unidades económicas, y en la ciudad de Acámbaro hay 5694, de las cuales 5669 son mypes (INEGI, 2015)<sup>2</sup>. Sin embargo, en el sitio web *Forbes México* mencionan que del total de unidades económicas en todo el país, se estima que solo el 6% de las pymes en México utilizan las Tecnologías de la Información (TIC), lo anterior derivado de un estudio de Zoho Corp, empresa india desarrolladora de software<sup>1</sup> (Villafranco, 2017).

Antes de abordar términos relacionados con las TIC, se hablará del concepto de pyme la cual, de acuerdo con Ramírez (2006, p. 30)<sup>3</sup> “se define como toda unidad de explotación económica, realizada por personas naturales o jurídicas, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, bien sea en áreas rurales o urbanas”; en cambio Rodríguez<sup>4</sup> (pág. 103) menciona que las pymes son aquellas en las cuales “la propiedad del capital se identifica con la dirección efectiva y



responde a unos criterios dimensionales ligados a unas características de conducta y poder económico”. Por otra parte, Montalván<sup>5</sup> dice que la clasificación de la pyme responde a conceptos más que de movimiento económico, de cantidad de personal que la conforma, así que considera que la pequeña empresa comprende hasta 40-50 trabajadores; la mediana empresa hasta 250 trabajadores (pág. 16); no obstante, la Secretaría de Economía de México<sup>6</sup> menciona que las pequeñas empresas son aquellos negocios dedicados al comercio, que tienen entre 11 y 30 trabajadores, y las medianas empresas son los negocios dedicados al comercio que tienen desde 31 hasta 100 trabajadores. Ahora bien, en el sitio web de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (2018) de la Universidad Autónoma de México (UNAM) se menciona que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) “son todos aquellos recursos, herramientas y programas que se utilizan para procesar, administrar y compartir la información mediante diversos soportes tecnológicos, tales como: computadoras, teléfonos móviles, televisores, reproductores portátiles de audio y video o consolas de juego”<sup>7</sup>. Paralelo a lo anterior, Pacheco (2012, pág. 19) menciona que las TIC son el “conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de informaciones”<sup>8</sup>.

Integrando los conceptos de TIC en las empresas, Berumen y Arriza (2008, pág. 12) mencionan que las empresas que más incorporan la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en su actividad diaria, tienen un mayor nivel competitivo respecto al resto de las empresas, y que el tamaño de las empresas y del mercado donde operan es determinante<sup>9</sup>. Además, Monge, Alfaro y Alfaro (2005) mencionan que las TIC pueden ayudar a facilitar los procesos de innovación por parte de las empresas, en especial para las pymes. Lo anterior explica el creciente interés, de parte de muchos países, por entender el impacto que las TIC, y en especial las aplicaciones de cómputo e internet están teniendo sobre el desempeño de sus empresas y de la economía

en general<sup>10</sup>. Aunado a lo anterior, Cordobés y Sanz (2012) explican que los beneficios asociados a la difusión de las tecnologías de uso general no solo preceden de su aplicación a los procesos empresariales, sino también de las mejoras en la calidad y variedad de los productos y servicios<sup>11</sup>.

Por otra parte, en el sitio de France Diplomatie (2019) se mencionan que las tecnologías permiten desarrollar aplicaciones en diversos ámbitos y aportan muchísimo al crecimiento económico puesto que permiten lograr una ganancia de productividad considerable (comercio electrónico, banca electrónica, administración electrónica)<sup>12</sup>.

Sin embargo, Saavedra y Tapia (2013), citan a Pierano y Suárez (2006) quienes señalan que las vías por las cuales las TIC ayudan a mejorar el desempeño en las empresas son cuatro: automatización, accesibilidad a la información, costos de transacción y procesos de aprendizaje. Automatización: influye sobre los procesos rutinarios. El aumento más que proporcional en la eficiencia respondería a la relación que surge a partir de la posibilidad de disminuir el trabajo humano directo, al tiempo que se generan registros. Accesibilidad a la información: la posibilidad de acceder a información relevante y precisa con un costo bajo y en tiempo real permite tomar decisiones con la ayuda de una gran variedad de datos. Costos de transacción: la información se puede transmitir de manera instantánea y a bajo costo, reduciendo los costos de coordinación tanto al interior como al exterior de la empresa. Procesos de aprendizaje: los ambientes virtuales y modelos de simulación facilitan el aprendizaje y reducen los costos<sup>13</sup>.

Paralelo a lo anterior, las TIC se han vuelto parte de nuestra vida, y en las empresas no es la excepción que se usen para administrar sus procesos de negocios; para ello se quiere investigar qué están implementando las micro y pequeñas empresas, debido a que la tecnología va en aumento, y el panorama en este rubro es para tomarse en consideración, ya que como menciona Cano (2018), las tecnologías de la información y la comunicación: han



transformado nuestra manera de trabajar y gestionar recursos<sup>14</sup>. Las TIC son un elemento clave para hacer que nuestro trabajo sea más productivo: agilizando las comunicaciones, sustentando el trabajo en equipo, gestionando las existencias, realizando análisis financieros, y promocionando nuestros productos en el mercado<sup>13</sup> (pág. 504).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, las empresas contemplan el uso de las TIC desde el proceso productivo y actividades administrativas, hasta la manera en la que se dan a conocer los productos y servicios al consumidor; por ello surgió la inquietud de verificar en la ciudad de Acámbaro, Gto., cómo se comporta el uso de las TIC en procesos como control de insumos (registros de materia prima), comercialización (ventas) y automatización (procesos, recopilación de datos, mejora continua)

Se consideraron en todo momento las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Las empresas de Acámbaro, Gto, hacen uso de las TIC en su proceso de comercialización?
- ¿Las empresas de Acámbaro, Gto, hacen uso de las TIC en su proceso de control de Insumos?
- ¿Las empresas de Acámbaro, Gto, hacen uso de las TIC en su proceso de Automatización?

Hipótesis:

- **Ho.** Las empresas de Acámbaro, Gto. sí hacen uso de las TIC en su proceso de comercialización con una cifra mayor a 50 %.
- **H1.** Las empresas de Acámbaro, Gto. no hacen uso de las TIC en su proceso de comercialización con una cifra menor al 50 %.
- **Ho.** Las empresas de Acámbaro, Gto. sí hacen uso de las TIC en su proceso de control de insumos con una cifra mayor al 30 %

- **H1.** Las empresas de Acámbaro, Gto. no hacen uso de las TIC en su proceso de control de insumos con una cifra menor al 30 %.
- **Ho.** Las empresas de Acámbaro, Gto. sí hacen uso de las TIC en su proceso de automatización con una cifra mayor al 50 %
- **H1.** Las empresas de Acámbaro, Gto. no hacen uso de las TIC en su proceso de automatización con una cifra al 50 %.

## JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se aborda de acuerdo con Hernández (2014) el porqué de la investigación, exponiendo sus razones. Por medio de la justificación se mostrará que el estudio es necesario e importante<sup>15</sup> (pág. 40), para ello es conveniente realizar esta investigación, debido a que se genera conocimiento, que se compartirá con la sociedad, con la finalidad de comenzar a generar conciencia sobre el uso de las TIC dentro de la organización.

Otro aspecto relevante es que la innovación tecnológica aparece como una condición esencial para la expansión de la sociedad, de forma que el desarrollo de *know-how* y el cambio tecnológico vienen a ser impulsores del crecimiento sostenido<sup>16</sup> (Hung y Flores, 2010, pág. 154), por lo tanto, se tiene que analizar qué están implementando las empresas en la ciudad de Acámbaro, Gto., con el fin de que los datos les sean de utilidad.

Con el análisis se podrá dar a conocer el comportamiento que tienen las organizaciones respecto al uso de la TIC, para procesar, administrar y compartir la información (Universidad Nacional Autónoma de México)<sup>7</sup>, además de la relación que pudiese existir en las empresas, del mismo tamaño y con actividades económicas similares; en consecuencia, se genera información con la cual no se cuenta.

Finalmente, la investigación contribuye a que en un futuro surjan hallazgos significativos a los cuales se les pueda dar seguimiento.

## MÉTODO DE TRABAJO

En esta investigación se llevó a cabo un método estadístico, donde se hizo uso de una muestra, bajo un universo finito, ya que se conocía el número de unidades económicas de la población acambarenses, la cual fue de 360 encuestas, obteniéndola del número total de unidades económicas de Acámbaro, la cual es 5669. Se realizó bajo el nivel de confianza del 95 %, con un error muestral del 5 %; se obtuvieron 331 encuestas válidas y 29 fueron anuladas debido a que no fueron bien contestadas; se tenía planeado recopilar las 29 encuestas que fueron anuladas, pero derivado de hechos en el entorno (específicamente la pandemia de coronavirus), fue posible aplicarlas.

Se siguió un tipo de muestreo probabilístico en donde todos los elementos de la muestra tenían la oportunidad de ser elegidos. El tipo de investigación aplicada fue cuantitativa, con un alcance descriptivo, ya que tuvo la finalidad de indagar sobre el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en las actividades diarias de las empresas; además el estudio descriptivo se usa para describir características de ciertos grupos<sup>17</sup>, en este caso mostrar la tendencia del uso de las TIC.

Se recolectó información por medio de una encuesta; ya que en este instrumento el investigador no modifica el entorno ni controla el proceso que está en observación<sup>18</sup>. Por otra parte, fue aplicada cara a cara por medio de un instrumento autoadministrado, con el fin de que los encargados del negocio se tomaran su tiempo para responder. La encuesta constó de 18 preguntas, en las cuales se incluyeron ítems para identificar el uso de las TIC en las diferentes áreas de la empresa como es: comercialización, administración y automatización.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados que arrojó el estudio en los negocios de Acámbaro, Gto., respecto al uso de las TIC en sus procesos de comercialización, administración de insumos y automatización, fueron que en el proceso de comercialización un 56.3 % dijo que sí hace uso de estas en sus procesos de comercialización, en cambio el 43.7 % externó que no hace uso de las TIC, Además, se muestra en la Figura 1 que se obtuvo una media de 1.44, con una desviación estándar del 0.50.

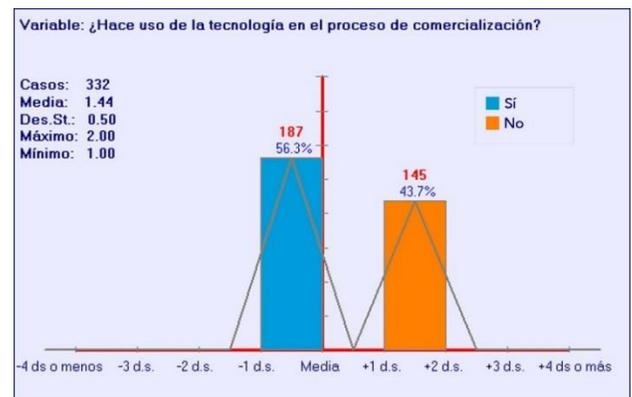


Figura 1. Uso de las TIC en negocios de Acámbaro

Por otra parte, en cuanto al control de insumos hubo una tendencia muy visible; ya que el 36.1 % menciona sí usar las TIC para este proceso, en cambio el 61.4 % dijo que no las usaba y el 2.4 % se abstuvo de responder; además se muestra en la Figura 2 una media de 1.66 y una desviación estándar de 0.52.

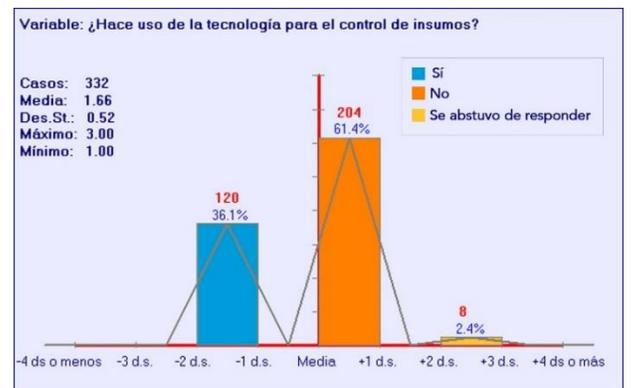


Figura 2. Uso de TIC en control de suministros

Finalmente, en la parte de automatización, los negocios locales de la ciudad de Acámbaro mencionaron con un 47.1 % que sí usan las TIC en el proceso antes mencionado, en cambio el 48.9 % dijo no usarlas; sin embargo, hubo un 3.9 % que no respondió el cuestionamiento, además se muestra en la Figura 3 una media de 1.57 y una desviación estándar de 0.57.

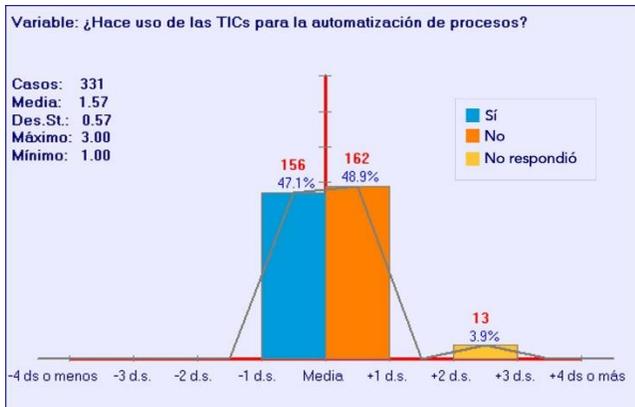


Figura 3. Uso de las TIC en la automatización

## DISCUSIÓN

Para la comprobación de hipótesis se concentró en las planteadas con anterioridad y se muestra a continuación si se acepta o se rechaza de acuerdo con cada una.

Para las primeras hipótesis planteadas que fueron:

- **Ho.** Las empresas de Acámbaro, Gto., sí hacen uso de las TIC en su proceso de comercialización con una cifra mayor a 50 %.
- **H1.** Las empresas de Acámbaro, Gto., no hacen uso de las TIC en su proceso de comercialización con una cifra menor al 50 %.

De acuerdo a lo anterior, se acepta la hipótesis nula debido a que sí hacen uso de las TIC con un 56.3 %, por consecuencia se rechaza la hipótesis alternativa.

En cambio, en la siguiente hipótesis:

- **Ho.** Las empresas de Acámbaro, Gto., sí hacen uso de las TIC en su proceso de control de insumos con una cifra mayor al 30 %.
- **H1.** Las empresas de Acámbaro, Gto., no hacen uso de las TIC en su proceso de control de insumos con una cifra menor al 30 %.

En función de lo anterior, se acepta la hipótesis nula debido a que sí hacen uso de las TIC con un porcentaje mayor al 30 % supuesto, con un 36.1 %, por consecuencia se rechaza la hipótesis alternativa.

Finalmente, en las últimas hipótesis:

- **Ho.** Las empresas de Acámbaro, Gto., sí hacen uso de las TIC en su proceso de automatización con una cifra mayor al 50 %.
- **H1.** Las empresas de Acámbaro, Gto., no hacen uso de las TIC en su proceso de automatización con una cifra al 50 %.

Con base a lo anterior, se rechaza la hipótesis nula debido a que hacen uso de las TIC con un 47.1 %, el cual no es mayor al 50 %, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa, la cual aseveró hacer uso de las TIC en su proceso de automatización por parte de las empresas de Acámbaro, Gto., con una cifra menor al 50 %.

## CONCLUSIONES

La ciudad de Acámbaro aún se encuentra en desarrollo respecto al uso de las TIC, los negocios que operan en la localidad en su mayoría son de categoría micro y pequeños; algunos establecimientos todavía operan de manera manual, es decir, con apoyo de un cuaderno en donde realizan notas de las actividades diarias de la empresa.

Se pudo observar que los negocios a los que se les aplicó la encuesta son en su mayoría micro y pequeños, con actividades económicas similares, ya sea venta de producto terminado, como la elaboración de este; por ello, se concluye que no hacen uso de las



TIC para la administración de la materia prima, pero sí para comercializar sus productos y sobre todo para dar a conocer lo que ofertan.

Cabe señalar que surge una nueva interrogante, debido a que algunas personas se abstuvieron de responder si usaban las TIC en el control de insumos, así como en la automatización de sus empresas, eso pudiera ser por falta de conocimiento del uso de las TIC o simplemente porque no les es necesario para sus actividades diarias, lo que sería conveniente a futuro analizar qué sucede con relación a ello.

## REFERENCIAS

1. VILLAFRANCO, Gerardo. Forbes México: Sólo 6% de Pymes aprovecha las tecnologías de la información [En línea]. México 2017. [Consulta: 03 de marzo de 2020]. Disponible en <https://www.forbes.com.mx/solo-6-pymes-aprovecha-las-tecnologias-la-informacion/>
2. INEGI. Monografías. [En línea] 2015. [Consulta: 8 de enero de 2020]. Disponible en [http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/territorio/div\\_municipal.aspx?tema=me&e=11](http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=11)
3. RAMÍREZ, Margarita. Tendencias espaciales de la pequeña y mediana empresa en Bogotá 1990-2000. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. 2006. Pág. 30. ISBN 958-701-688-2
4. RODRÍGUEZ, Joaquín. Administración de pequeñas y medianas empresas (6ª ed.). México: Cengage Learning. 2000. Pág. 103. ISBN 9786074818277
5. MONTALVÁN, César. Los recursos humanos para la pequeña y mediana empresa. México: Universidad Iberoamericana. 1999. Pág. 16. ISBN 958-859-364-8.
6. SECRETARÍA DE ECONOMÍA, MÉXICO. Pequeñas empresas. [En línea]. México. [Consulta 27 de agosto de 2020]. Disponible en <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/empresas/pequena-empresa>
7. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Las TIC para aprender. México. [Consulta 27 de agosto de 2020]. Disponible en <http://tutorial.cch.unam.mx/bloque4/lasTIC>.
8. PACHECO, Martha. Tecnología de información y Comunicación. México: Secretaría de Educación Pública. 2012. Pág. 19. ISBN 978-607-8229-15-4.
9. BERUMEN, Sergio y ARRIAZA, Karen. Evolución y desarrollo de las TIC en la economía del conocimiento. Madrid: Ecobook - Editorial del Economista. Pág. 12. ISBN: 9788496877054
10. MONGE, Ricardo, ALFARO, Cindy y ALFARO, José. TICs en las PYMES de Centroamérica: Impacto de la adopción de las tecnologías de la información y la comunicación en el desempeño de las empresas. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica. Pág. 30. ISBN 9977-66-174-X
11. CORDOBÉS, Mar y SANZ, Beatriz. TIC, desarrollo y negocios inclusivos. Madrid: Ariel. Pág. 164. ISBN 9788408014546
12. FRANCE Diplomatie. Internet y Tecnologías de la Información y Comunicación. [Consulta 07 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.diplomatie.gouv.fr/es/politica-exterior/diplomacia-cultural/ambitos-de-accion-de-la-diplomacia-cultural/article/internet-y-tecnologias-de-la>
13. SAAVEDRA, María y TAPIA, Blanca. El uso de las tecnologías de la información y comunicación TIC en las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyME) industriales mexicanas. Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento. [En línea]. Volumen 10, núm. 1, enero-abril 2013. [Fecha de consulta: 07 de febrero de 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/823/82326270007.pdf> ISSN:1690-7515
14. CANO, Galo. Las TICs en las empresas: evolución de la tecnología y cambio estructural en las organizaciones. Dominio de las ciencias Dialnet. [En línea]. Volumen 4, núm. 1, 2018. [Fecha de consulta: 7 de febrero de 2020]. ISSN-e 2477-8818. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6313252>
15. HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill, 2014. Pág. 40. ISBN 978-1-4562-2396-0
16. HUNG, Elías Said y FLORES, José Miguel. TIC, comunicación y periodismo digital. Tomo 1,



Volumen 1. Barranquilla: Uninorte. 2010. Pág. 154.  
ISBN 9789587410778

**17.** NAMAUFOROOSH, Mohammad. Metodología de investigación. 2ª. Edición. México: Limusa, 2005. Pág. 14. ISBN 9681855178

**18.** BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación. 3a ed. México: Grupo Editorial Patria. 2017. Pág. 101. ISBN 9786077447481

- **Fecha de recepción:** 25/03/2020
- **Fecha de aceptación:** 03/09/2020
- **Fecha de publicación:** 30/09/2020
- Año 8, Número 1. Septiembre - diciembre, 2020
- **Autores:**
  - Mayra Verónica Barrera Figueroa
  - Graciela Rodríguez Rodríguez
  - Giovanni Ugalde Zamudio



# MANEJO DE SCRAP PARA CUMPLIMIENTO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA, MAQUILADORA Y DE SERVICIOS DE EXPORTACIÓN

Management of scrap for compliance with the Manufacturing, Maquiladora and Export Services Industry. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.

Por: María del Carmen Chacón Olivares, Stephanie Gaytán Mosqueda y Mariana Rico Chagollán.

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo establecer mecanismos de control interno en el proceso de desperdicios de mercancías catalogadas como *scrap* (desperdicios), siendo este un requisito de cumplimiento para la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (IMMEX), con impacto en los saldos que se declaran ante la autoridad fiscal, de acuerdo a su régimen de permanencia en el país, lo cual radica en la correcta clasificación de la mercancía en tiempo y forma dentro del almacén para no presentar discrepancias a los encargados del área; por lo cual se realizó un formato de registro de control denominado “Reporte de SCRAP a nivel número de parte”, implementado durante los meses de octubre y noviembre del 2019, brindando con ello la confiabilidad en la información que se tiene del uso del material SCRAP de cada mes, tanto para el sistema interno, como para la empresa externa que recolecta el material.

**Palabras clave:** scrap, discrepancias, control, IMMEX.

## ABSTRACT

This Project aims to establish internal control mechanisms on the process of waste of goods classified as scrap (waste), this is a compliance requirement for the Manufacturing, Maquiladora and Export Services Industry (IMMEX), with an impact on the balances that are declared before the tax authority according to their regime of permanence in the country, which is based on the correct classification within the warehouse of the merchandise in a timely manner so as not to present

discrepancies for those in charge of the area; therefore, a control record format called "SCRAP Report at part number level" was made, implemented during the months of October and November 2019, thereby providing the reliability of the information available on the use of SCRAP material each month for both the internal system and the external company that collects the material.

**Keywords:** scrap. discrepancies, control, IMMEX.

## INTRODUCCIÓN

El programa IMMEX tiene como finalidad beneficiar a las empresas para importar de forma temporal los insumos para ser utilizados en un proceso industrial o de servicio, a reserva de que esa mercancía no se puede quedar de manera definitiva en el territorio nacional. El beneficio que se tiene al pertenecer a este programa es poder importar las mercancías temporalmente libres de impuestos de importación, del impuesto al valor agregado (IVA) y, en su caso, de las cuotas compensatorias. Una obligación por parte de las empresas pertenecientes a este programa es cubrir con los saldos correspondientes de las mercancías, ya que estas solo están por tiempo definido en el país, es decir, si su tiempo de estancia es de dieciocho meses, en ese tiempo se tiene que declarar de qué manera se utilizó la mercancía: si fue elaborado en producto terminado, si se hizo alguna transformación o una reparación. De esta manera se descuenta el saldo que se tiene ante la Secretaría de Economía, antes de que se convierta en saldo vencido y que sea acreedor a multas o hasta el retiro del beneficio del programa IMMEX por no cumplir con las obligaciones correspondientes.



La mercancía que interviene en su proceso es considerada materia prima, pero no siempre esta materia prima es declarada como producto terminado, ya que, como toda empresa, es propensa a generar *scrap* (mercancía que ya no es apta para su producción); por ello se debe tener un buen control de la información que se maneja en cuanto a material IMMEX, tal es el caso de la empresa automotriz productora de ventiladores, ubicada en el clúster del Bajío, que pertenece a este programa, por lo que es importante cumplir con la información necesaria y que se tenga saldo disponible en sus importaciones temporales y no obtener saldos vencidos.

## OBJETIVO

Establecer instrumentos de registro y control cíclico para el correcto manejo de *scrap*, permitiendo que la información sea clara y de fácil comprensión.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el proceso que se tiene del *scrap* para visualizar la mejora.
- Categorizar los números de parte por descripción o ítems.
- Establecer la comunicación e información formal de manera correcta relacionada con el desecho de materia prima para tener un mejor control del proceso.
- Establecer parámetros dentro del formato para la medición de resultados.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de almacén de la empresa objeto de estudio, presenta diferencias en el registro de la información necesaria para la declaración y cumplimiento en el programa IMMEX, debido a la falta de actualizaciones de pesos unitarios, a la clasificación inadecuada de la materia prima en el almacén y a la falta de un formato estandarizado para el registro del proceso; por consecuencia, esto puede ocasionar la suspensión en la permanencia del programa, lo que afectaría en el proceso de importación y pago de impuestos en comercio exterior, impactando significativamente en las finanzas de la empresa.

## JUSTIFICACIÓN

La empresa tiene la necesidad de mejorar el proceso de la manipulación y control de su *scrap*, ya que un porcentaje de su materia prima es IMMEX. Asimismo, se busca reducir la diferencia en resultados que se tiene cada mes y dar un correcto seguimiento al programa en el que la empresa está registrada, ya que de lo contrario la organización puede incurrir en pagos de multas y penalizaciones, sobre todo en procesos de auditoría, pues para el cumplimiento de este programa es necesario tener un control en el inventario de la materia que se maneja bajo este beneficio. Y no solamente de la materia prima lista para producción, sino del material que no cumple con los requerimientos de calidad para su transformación o que ya se haya utilizado y que, por diversos motivos, aún ya manufacturada no cumple con la calidad que se requiere.

## MARCO TEÓRICO

**Scrap.** Es una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo. En el contexto industrial, *scrap* se refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial.<sup>1</sup>

El *scrap* es el desperdicio o materia prima rechazada, es decir, la suma de recursos que no cumplen las especificaciones requeridas o estándares de calidad.

En producción, el *scrap* es algo que no cumple con los requisitos del cliente final, incluso interviene la maquinaria que no moldea la pieza de acuerdo a los parámetros o especificaciones, además de suministros o materia prima que sufrió algún daño y ya no es apta para su uso en producción.

**Desperdicio.** Es todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar. Dentro de los desperdicios, se tiene una clasificación de siete diferentes tipos que se muestran a continuación<sup>2</sup>:

- Sobreproducción
- Espera
- Transporte innecesario



- Sobre procesamiento o procesamiento incorrecto
- Inventarios
- Movimiento innecesario
- Productos defectuosos o retrabajos

**Calidad.** Edward Deming, considerado como el “padre de la calidad total”, la definió como un grado predecible de uniformidad que proporciona fiabilidad a bajo costo en el mercado, lo que resumió en la frase: “Hacer las cosas bien, a la primera y siempre”<sup>3</sup>.

**Costos.** Son aquellos se calculan antes de la elaboración del producto y en ocasiones durante la producción del mismo. Tienen por finalidad pronosticar el material, la mano de obra y los gastos indirectos a invertirse en un artículo determinado.<sup>4</sup>

**Estandarización.** Es la manera que se tiene para registrar todo lo concerniente al trabajo; en los estándares se escribe cómo se hace un trabajo, cómo se lleva a cabo un ajuste o una inspección. Se puede decir que es la brújula que orienta cómo se hace el trabajo, a fin de realizarlo bien todos los días, en tanto no se genere una mejor forma de hacerlo<sup>5</sup>.

**Proceso.** Secuencia de pasos, tareas o actividades que conducen a un cierto producto, el cual es el objetivo de dicho proceso. La definición de proceso desde la calidad es: “Secuencia de actividades cuyo producto crea un valor para el usuario o cliente”<sup>6</sup>.

**IMMEX.** El decreto para el fomento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación, mejor conocido como IMMEX, permite obtener un programa para realizar importaciones temporales de mercancías con procesos productivos y/o servicios a mercancías de exportación o para prestar de servicios de exportación, difiriendo el pago de impuestos general de importación, del impuesto de valor agregado y en su caso de cuotas compensatorias de los bienes necesarios para ser utilizados en un proceso industrial o de servicio destinado a la elaboración, transformación o reparación de mercancías de procedencia extranjera importadas

temporalmente para su exportación o la prestación de servicios de exportación<sup>7</sup>.

Es importante señalar que la importancia de los programas al fomento de comercio exterior radica en las exportaciones, ya que estas generan ingresos al país y aportación al crecimiento económico, pues “la estrategia de promoción de exportaciones, al remover los controles sobre importación, generan efectos positivos sobre el crecimiento, el ahorro y el empleo”<sup>8</sup>.

La globalización es una fusión de procesos transnacionales y estructuras domésticas que permiten que la economía, la política, la cultura y la ideología de un país penetren en otro. La globalización es inducida por el mercado, no es un proceso guiado por la política.<sup>9</sup>

Aunado a los conceptos anteriores, es importante remarcar que para poder manejar el SCRAP para el cumplimiento del programa IMMEX es necesario saber términos de comercio que a continuación se presentan.

## REGÍMENES ADUANEROS

Los regímenes aduaneros son un conjunto de operaciones orientadas a dar un destino aduanero específico a una mercancía, en base a la declaración que el interesado presente<sup>10</sup>. En la legislación nacional se determinan seis regímenes con sus respectivas variantes: definitivos, temporales, de depósito fiscal, de tránsito de mercancías, de elaboración, transformación o reparación en recinto fiscalizado y de recinto fiscalizado estratégico<sup>11</sup>.

Sin embargo, por la naturaleza del proceso de mercancías IMMEX, el régimen con mayor apego es el siguiente:

## EL RÉGIMEN TEMPORAL

En el comercio se dice que un régimen aduanero es temporal cuando, las mercancías que entran al país

permanecen en él por tiempo limitado y con un fin en específico; sin embargo, las mercancías temporales tienen las siguientes características (ver Figura 1):

- No se pagarán impuestos al comercio exterior ni a las cuotas compensatorias, excepto en algunos casos previstos.
- Cumplirá con las regulaciones y restricciones no arancelarias y formalidades para el despacho de las mercancías destinadas a este régimen.

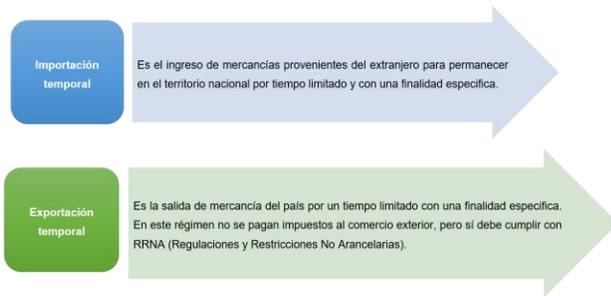


Figura 1. Importación y exportación temporales. Fuente: elaboración propia con base en Tiba Group México<sup>10</sup>.

## MÉTODO DE TRABAJO

A través de una investigación de observación, descriptiva, de manejo de datos históricos y recolección de información en el área del almacén, se pudieron establecer, mediante la herramienta del diagrama de Ishikawa, las causas que originan el problema. Cada mes, se hace el conteo de las piezas que ya no son aptas para trabajarlas, y pasan al área de *scrap*. En la Figura 2 se observa el proceso de manejo de *scrap*.



Figura 2. Proceso de manejo de *scrap*. Fuente: elaboración propia.

Para la empresa objeto de estudio es importante la clasificación de composición en que entran los materiales, ya que la empresa que se encarga de la recolección y disposición del *scrap* requiere esa información para dividirlos por composición. Por lo que cada mes, los empleados de almacén se encargan de segregar el *scrap* y dividirlo en cajas, conforme a la clasificación de la Figura 3.



Figura 3. Clasificación de residuos de acuerdo con su composición. Fuente: elaboración propia.

## RESULTADOS

El cumplimiento del Programa IMMEX, para una empresa que cuenta con dicho beneficio, es importante para que ante la Secretaría de Economía se pueda comprobar un control preciso en la administración de sus saldos.

Anteriormente, el formato usado para el manejo de *scrap* era el que se muestra en la Tabla 1, y como se puede apreciar solo contenía la información de los números de parte, la cantidad y el peso en kg; sin



embargo, esto en ocasiones generaba confusión al momento de la declaración y clasificación de esas piezas, puesto que se tenían que pesar individualmente e identificar si eran mercancía IMMEX o NO IMMEX.

Tabla 1. Ejemplo del anterior formato utilizado para scrap. Fuente: elaboración propia.

Scrap junio 2019			
Número de parte	Cantidad	Peso	kg
312-1992-00	194	2.7	kg
314-6427-00	26	0.35	kg
314-6439-03	25	0.25	kg
314-6484-01	7	0.1	kg
314-6498-01	48	0.48	kg
314-6499-01	74	0.6	kg
314-6547-01	47	0.4	kg
330-0404-00	74	0.75	kg
317-1423-02	11	0.2	kg
317-1632-00	680	8.8	kg
342-5321-03 410-0046-01 317-1632-02	2	0.005	kg
342-5410-00 317-1423-02	6	0.15	kg
317-1632-00 342-5441-03	23	0.6	kg
342-5441-00 317-1632-00 410-0349-00 441-0904-05	130	12.05	kg

Además del formato anterior, la empresa hacía uso del que se indica en la Figura 4, para poder identificar la clasificación del tipo de material y el movimiento de scrap que se tuvo, todo esto con la finalidad de brindar la información necesaria que necesitaba la empresa recolectora.

Sin embargo, estos formatos no eran muy factibles, puesto que los empleados que los usaban se confundían, ya que en ocasiones la información del peso total no cuadraba y se tenía que revisar por segunda ocasión para que pudiera coincidir, ocasionando tareas con reproceso con un impacto en la productividad, en el tiempo y esfuerzo del personal involucrado en la operación.

SCRAP JUNIO 2019															
	Electric Parts "A"		Electric Parts "B"		Metal "A"		Metal "B"		Metal "C"		Plastico				
1	4.25	kg		kg		kg	1	0.1	kg	1	3.2	kg	1	0.3	kg
1	2.85	kg		kg		kg							1	2.30	kg
1	6.45	kg		kg		kg							1	1.30	kg
1	2.30	kg		kg									1	2.70	kg
1	1.3	kg		kg									1	1.40	kg
1	2.45	kg		kg									1	2.30	kg
1	13.2	kg		kg									1	4.00	kg
1	1.8	kg		kg									1	4.25	kg
1	5.6	kg		kg											
1	4.80	kg		kg											
1	3.60	kg		kg											
TOTALES	11	48.6	kg	0	81.7	kg	0	10.50	kg	1	0.1	kg	8	18.55	kg
TOTAL DE BULTOS (GLOBAL):	21														
PESO TOTAL (Kgs):	159.45														

Figura 4. Registro de movimientos de scrap. Fuente: elaboración propia.

Derivado de lo anterior, fue necesario realizar una investigación del proceso que se tenía para el manejo del *scrap*, y de acuerdo al objetivo principal se elaboró y estableció un instrumento (formato en Excel) de registro y control cíclico que permitiera a los empleados(as) relacionados(as) en esta operación, visualizar y capturar una información más clara y de fácil comprensión.

Es así que a continuación se muestra el resultado del formato elaborado e implementado durante el mes de octubre del 2019 (ver Figura 5), el cual cuenta con una serie de columnas de diferentes colores que se explican a continuación.

- **Clasificación - rojo.** - Muestra si la mercancía es IMMEX o NO IMMEX.
- **Fracción - amarillo.** – Muestra la fracción para el número de parte.
- **No. de parte - verde.** – Indica el número de parte de la pieza o material.
- **Descripción - morado.** – Muestra la descripción del número de parte.
- **Total scrap - gris claro.** – Se llena con la cantidad de piezas de cada número de parte que es considerada *scrap*.
- **Composición - naranja.** – Muestra la composición de cada número de parte.



- **Peso – azul.** - Muestra el peso promedio en gramos de una pieza de cada número de parte.
- **Total – rosa.** – Muestra el total en kilogramos de cada número de parte (el peso unitario entre 1000 para convertir los gramos a kilos se multiplica por las piezas de scrap,  $12.52/1000*272 = 3.41$ ).
- **Precio (kg) – gris oscuro.** – Muestra el precio de compra por cada kilogramo, dependiendo de su composición.
- **Precio (por pieza)– blanco.** – Muestra el peso por pieza (El total de kilogramos se divide entre las piezas de scrap de numero de parte y se multiplica por el precio en kilogramos,  $3.41/272*30 = 0.3756$ ).
- **Cantidad – café.** – Muestra el total en MXN (El precio por pieza multiplicado por las piezas del scrap de número de parte,  $0.3756*272 = \$102.16$ ).

parte IMMEX más precisa para poder realizar el proceso de cambio de régimen.

## CONCLUSIONES

Con la implementación de este proyecto en la empresa objeto de estudio, se pudo analizar cómo se llevaba a cabo el proceso de desperdicios de mercancías catalogadas como scrap y de qué manera se podían implementar mejoras en el control interno de la información de dicho proceso, puesto que, para la empresa, al tener la responsabilidad de pertenecer al programa IMMEX, era necesario controlar y establecer los criterios de manejo de las mercancías temporales.

Es por ello que el objetivo principal de este proyecto fue realizar una propuesta de mejora en el proceso, implementando el formato llamado “Reporte de scrap a nivel número de parte”, el cual fue aceptado y utilizado en el mes de octubre y noviembre del 2019 por el personal inmerso en esta operación; asimismo, para las jefaturas inmediatas representó una gran ayuda, al visualizar toda la información necesaria de los desechos de materia prima para el proceso de recolección y con base en su experiencia comentan que con ayuda del nuevo formato se reduce en un 75 % el tiempo que le invertían al recabar, registrar y procesar la información; cabe mencionar que este porcentaje se obtuvo mediante los registros de auditoría semanales establecidos en los formatos determinados por la empresa.

Reporte de Scrap a nivel número de parte  
Periodo Octubre 2019  
Fecha 07/13/2019

CLASIFICACION	FRACCION	PART NUMBER	DESCRIPTION	TOTAL SCRAP (PCS)	COMPOSITION	WEIGHT/PC (GR)	TOT QTY (kg)	Price kg/MXN	Price pt/MXN	Amount MXN
IMMEX	8503.00.03	312-1992-00	Stator stack	272	Metal_A	12.52	3.41	30.00	0.3756	\$ 102.16
IMMEX	8544.30.02	314-6383-01	Wire assembly	42	Metal_C	11.98	0.50	10.00	0.1198	\$ 5.03
IMMEX	8544.30.02	314-6419-01	Wire assembly	43	Metal_C	6.28	0.27	10.00	0.0628	\$ 2.70
IMMEX	8544.30.02	314-6439-03	Wire assembly	47	Metal_C	13.02	0.61	10.00	0.1302	\$ 6.12
IMMEX	8544.30.02	314-6498-01	Wire assembly	964	Metal_C	10.88	10.49	10.00	0.1088	\$ 104.88
IMMEX	8544.30.02	314-6499-01	Wire assembly	1430	Metal_C	7.46	10.67	10.00	0.0746	\$ 106.68
IMMEX	8544.30.02	314-6547-01	Wire assembly	100	Metal_C	8.32	0.83	10.00	0.0832	\$ 8.32
IMMEX	8544.30.02	314-6548-01	Wire assembly	8	Metal_C	11.64	0.09	10.00	0.1164	\$ 0.93
IMMEX	8503.00.03	317-1423-02	Coil Assy	122	Electric Parts_B	11.50	1.40	8.00	0.092	\$ 11.22
IMMEX	8503.00.03	317-1632-01	Coil Assembly	802	Electric Parts_B	15.34	12.46	8.00	0.12432	\$ 99.70
IMMEX	8503.00.03	317-1692-01	Coil Assembly	4385	Electric Parts_B	10.74	47.11	8.00	0.09	\$ 376.85
NO IMMEX	3926.90.21	441-0957-00	Top housing	492	Plastic	22.08	10.86	1.60	0.095828	\$ 17.38
NO IMMEX	3926.90.21	441-0958-04	Bottom housing	134	Plastic	59.90	8.03	1.60	0.09584	\$ 12.84
NO IMMEX	3926.90.21	441-0959-02	Bottom housing	357	Plastic	54.24	19.36	1.60	0.086784	\$ 30.98
				32,472			355.54			\$ 4,126.60
					Total de peso en Kilogramos					
					Total del monto en MXN					

Figura 5. Reporte de scrap a nivel número de parte.

Fuente: elaboración propia.

Después de la implementación del formato: “Reporte de scrap a nivel número de parte”, se realizó una encuesta entre el personal y, de acuerdo con las respuestas obtenidas, se declaró que el formato cumplió con el objetivo principal de este proyecto, ya que los trabajadores(as) coinciden en que la información se ve de manera más clara, su llenado es fácil y se obtiene la información de los números de

Además de que con el cumplimiento del programa IMMEX, la empresa puede comprobar un control preciso en la administración de sus saldos ante la Secretaría de Economía.

Sin embargo, es necesario aclarar que tanto las empresas pertenecientes a este programa como las que no pertenecen, son libres de tomar la mejor decisión en cuanto al proceso de desperdicios de mercancías catalogadas como scrap, es decir, no es necesario que este desperdicio salga del país a su lugar



de origen, sino que éste puede ser destruido mediante el correcto proceso dentro de nuestro país, para evitar costos logísticos innecesarios.

## REFERENCIAS

1. SAWYER, James W. Automotive Scrap Recycling: Processes, Prices and Prospects. New York: RFF Press, 2016.
2. VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica. México: Limusa, 2007. ISBN: 978-9681869755
3. NAVA CARBELLIDO, Víctor Manuel. ¿Qué es la calidad? Conceptos, gurús y modelos fundamentales. México: Limusa, 2005. ISBN 978-968-18-6579-5
4. REYES PÉREZ, Ernesto. Contabilidad de costos. México: Limusa, 2005. 200 p. ISBN: 9789681837693
5. SOSA PULIDO, Demetrio. Manual de calidad total para operarios. México : Limusa, 2003, 284 p. ISBN: 978-968-18-6289-3
6. ROLDÁN GONZÁLEZ DE LAS CUEVAS, Luis. 10 pasos para aumentar su rentabilidad. Madrid: Díaz de Santos, S.A., 2006, 16º P. ISBN: 9788479787370
7. SECRETARÍA DE ECONOMÍA DE MÉXICO. Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicio de Exportación. [En línea]. 2012. [Fecha de consulta: 09 de enero de 2020]. Disponible en <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/instrumentos-de-comercio-exterior/immex>
8. HUERTA GONZÁLEZ, Arturo. Liberalización e inestabilidad económica de México. México: UNAM, 1992, 232 p. ISBN: 9789681319977
9. MORALES A., Fernando. Globalización: conceptos, características y contradicciones. Revista Reflexiones. [En línea]. Vol. 78, núm. 1, 1999. [Fecha de consulta: 09 de enero de 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4796216> ISSN-e 1021-1209
10. TIBA México. Régimen de elaboración, transformación o reparación en recinto fiscalizado. [En línea] s.f. [Fecha de consulta: 09 de enero de 2020]. Disponible en <https://www.tibagroup.com/mx/regimenes-aduanero>
11. SERVICIO DE ADMINISTRACIÓN TRIBUTARIA. SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO. Definición de depósito fiscal. [En línea]. 03 de octubre de 2017. [Fecha de consulta: 09 de enero de 2020].

Disponible

en

[http://omawww.sat.gob.mx/aduanas/importando\\_exportando/regimenes/Paginas/definicion\\_deposito\\_fiscal.aspx](http://omawww.sat.gob.mx/aduanas/importando_exportando/regimenes/Paginas/definicion_deposito_fiscal.aspx)

- **Fecha de recepción:** 13/01/2020
- **Fecha de aceptación:** 09/09/2020
- **Fecha de publicación:** 30/09/2020
- Año 8, Número 1. Septiembre - diciembre, 2020
- **Autores:**
  - María del Carmen Chacón Olivares
  - Stephanie Gaytán Mosqueda
  - Mariana Rico Chagollán

