

# INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

## INDUSTRIA 4.0 Y TECNOLOGÍA INTELIGENTE

### COORDINADORES

CÉSAR AUGUSTO SEVERINO PARRA  
JULIO CÉSAR FLORES CONTRERAS  
LETICIA VÁZQUEZ TZITZIHUA  
VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ  
LILIANA FUENTES ROSAS  
MARÍA DE LOURDES LÓPEZ CRUZ  
MARÍA DEL SOCORRO FLORES SERRANO  
LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA





RED IBEROAMERICANA  
DE ACADEMIAS DE  
INVESTIGACIÓN

# **INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

## **INDUSTRIA 4.0 Y TECNOLOGÍA INTELIGENTE**

CÉSAR AUGUSTO SEVERINO PARRA, JULIO CÉSAR FLORES CONTRERAS,  
LETICIA VÁZQUEZ TZITZIHUA, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ, LILIANA  
FUENTES ROSAS, MARÍA DE LOURDES LÓPEZ CRUZ, MARÍA DEL SOCORRO  
FLORES SERRANO, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA

**COORDINADORES**

**2019**

# INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

## INDUSTRIA 4.0 Y TECNOLOGÍA INTELIGENTE

### COORDINADORES:

CÉSAR AUGUSTO SEVERINO PARRA, JULIO CÉSAR FLORES CONTRERAS, LETICIA VÁZQUEZ TZITZIHUA  
VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ, LILIANA FUENTES ROSAS, MARÍA DE LOURDES LÓPEZ CRUZ  
MARÍA DEL SOCORRO FLORES SERRANO, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA

### AUTORES:

ADRIANA ELENA RIVERA MEZA, ALDO HERNÁNDEZ LUNA, ALEXIS SALAZAR VIVEROS, ALFREDO CARRASCO FRANCISCO, ANGEL ALBA GÓMEZ, ANTONIO BERNAL CASTAÑEDA, ARLENY LOBOS PÉREZ, CÉSAR ARTURO REYES HUERTA, CÉSAR AUGUSTO SEVERINO PARRA, DARINEL MAXIMINO MACARIO, DAVID GÓMEZ CÁRDENAS, DYLAN RAMÍREZ AGUILAR, EDGAR JESÚS CRUZ SOLÍS, EDGAR REYES DÍAZ, EDUARDO GALINDO MARTÍNEZ, ELIA MARGARITA VIVEROS RUIZ, ESTEFANÍA RUFINO NICOLÁS, EVELIN SALGADO MORALES, FABIOLA LANGO REYNOSO, FERNANDO GONZÁLEZ RIVAS, FERNANDO HERNÁNDEZ MÉNDEZ, FRANCISCO BENITO MORALES GARCÍA, FRANCISCO JAVIER PANTOJA ZAMUDIO, FRANCISCO CÓRDOBA MONTIEL, GIL SANTANA ESPARZA, GUSTAVO SOLANO SILVA, HUGO HERNÁNDEZ CABRERA, IRMA ANGÉLICA GARCÍA GONZÁLEZ, JACEL ADAME GARCÍA, JACKELIN YAÑEZ HERNÁNDEZ, JANETH RAMOS LÓPEZ, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS, JORGE LUIS ARENAS DEL ANGEL, JOSÉ ALBERTO VELÁZQUEZ PEREZ, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS, JOSE CARLOS XOLIO XOLIO, JOSÉ DANIEL HERNÁNDEZ VENTURA, JUAN CARLOS DURAN DE LA CRUZ, JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL, JUAN JOSÉ HERNÁNDEZ CARMONA, JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ, JULIO CÉSAR FLORES CONTRERAS, JULIO CESAR MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, LETICIA VÁZQUEZ TZITZIHUA, LILIANA AMADOR ANGÓN, LILIANA FUENTES ROSAS, LISSETH RIVERA AGUIRRE, LIZBETH SÁNCHEZ FERRER, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA, LUIS ALBERTO CONTRERAS MARTÍNEZ, LUIS ALBERTO MONTES GUTIÉRREZ, LUIS ÁNGEL MIGUEL MACARENO, LUIS ANTONIO PEÑA DORANTES, LUÍS CARLOS FLORES ÁVILA, MANUEL CRUZ LUNA, MARGARITO HERNÁNDEZ GARCÍA, MARÍA DE LOURDES LÓPEZ CRUZ, MARÍA DEL SOCORRO FLORES SERRANO, MARÍA ELENA MACEDA RODRÍGUEZ, MARÍA TERESA TORRES MANCERA, MARIELA MOLINA JACINTO, MARTHA MARTÍNEZ MORENO, MARTIN JULIÁN FERNÁNDEZ CUETO, OCTAVIO TREJO CHAVERO, OFELIA GUTIÉRREZ GIRALD, ONÉSIMO ANTONIO AYALA ELIZAIS, RAFAEL CONTRERAS REYES, RAYMUNDO SÁNCHEZ OROZCO, RICARDO GARCÍA CASTRO, ROBERTO MARTIN PERALTA, ROBERTO RUIZ CASTRO, ROGEL FERNANDO RETES MANTILLA, SALVADOR PAREDES RINCÓN, SALVADOR PEÑA ESCOBAR, SILVERIO ÁNGEL MEDRANO, TOMÁS MORA JUAREZ, ULISES GABRIEL GARCÍA, VERÓNICA USCANGA HERNÁNDEZ, VILMA ZORINA CAMACHO CÁGAL, VIRGINIA LAGUNES BARRADAS, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ, YARA SEGURA DE JESÚS, YARESSI RODRÍGUEZ DEL ÁNGEL, ZANDRA ELIZABETH FRANCO CRUZ

### EDITORIAL

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2019



RED IBEROAMERICANA  
DE ACADEMIAS DE  
INVESTIGACIÓN

EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.  
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO  
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.  
TEL (228)6880202  
PONCIANO ARRIAGA 15, DESPACHO 101.  
COLONIA TABACALERA  
DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC  
C.P. 06030. MÉXICO, D.F. TEL. (55) 55660965  
[www.redibai.org](http://www.redibai.org)  
[redibai@redibai.org](mailto:redibai@redibai.org)

Derechos Reservados © Prohibida la reproducción total o parcial de este libro en cualquier forma o medio sin permiso escrito de la editorial.

Fecha de aparición 02/12/2019.

ISBN: 978-607-8617-41-8



9 786078 617418

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (607-8617)

Primera Edición

Ciudad de edición: Xalapa, Veracruz, México.

No. de ejemplares: 200

Presentación en medio electrónico digital: Cd-Rom formato PDF 20 MB

ISBN 978-607-8617-41-8

---

**INDICE****INDUSTRIA 4.0 Y SU DIGITALIZACIÓN PARA ENFRENTAR DESAFÍOS GLOBALES**

RAFAEL CONTRERAS REYES, JUAN CARLOS DURAN DE LA CRUZ

1

**IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0**

ROBERTO MARTIN PERALTA, EDGAR REYES DÍAZ, ANTONIO BERNAL CASTAÑEDA

15

**QUÉ IMPORTANCIA TIENE LA AUTOMATIZACIÓN Y SUSTENTABILIDAD EN LA INDUSTRIA**

ÁNGEL ALBA GÓMEZ, ESTEFANÍA RUFINO NICOLÁS

23

**DISEÑO, EVALUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HORNO DE ARCILLA CON DOMO REFRACTARIO  
OPERANDO CON TEMPERATURA MÁXIMA DE 1,600°C**

LUIS ÁNGEL MIGUEL MACARENO, FERNANDO HERNÁNDEZ MÉNDEZ, MARTIN JULIÁN FERNÁNDEZ CUETO

35

**SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA CATÁLISIS SOBRE DOS PLACAS PARALELAS (METANO/AIRE  
SOBRE PLATINO)**JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL, SALVADOR PEÑA ESCOBAR, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS, JUAN JOSÉ MARÍN  
HERNÁNDEZ, JOSÉ ALBERTO VELÁZQUEZ PEREZ

51

**PROPUESTA DE COSTO TERMO-ECOLÓGICO COMO INDICADOR DE OPERACIÓN EN  
TRANSMISIONES LUBRICADAS**ULISES GABRIEL GARCÍA, JOSÉ ALBERTO VELÁZQUEZ PÉREZ, JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ, JORGE LUIS ARENAS DEL  
ÁNGEL, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS

68

**DISEÑO DE SISTEMAS INTELIGENTES DE ILUMINACIÓN MEDIANTE SENSORES DE LUMINOSIDAD**CÉSAR ARTURO REYES HUERTA, LUIS ALBERTO CONTRERAS MARTÍNEZ, YARA SEGURA DE JESÚS, ONÉSIMO ANTONIO  
AYALA ELIZAIS

85

**PRETRATAMIENTO COMBINADO PARA EL FRACCIONAMIENTO DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA**

MARIELA MOLINA JACINTO, RAYMUNDO SÁNCHEZ OROZCO

99

**DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL CULTIVO DE MARACUYÁ (PASSIFLORA EDULIS FO. FLAVICARPA O.  
DEG) EN EL MUNICIPIO DE ACTOPAN, VER.**

SALVADOR PAREDES RINCÓN, LUIS ALBERTO MONTES GUTIÉRREZ, TOMÁS MORA JUÁREZ

113

**PROCESO DE EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA DEL ÁCIDO P-CUMÁRICO DE LA PULPA DE CAFÉ  
UTILIZANDO EL DISEÑO DE MEZCLAS**

MARÍA TERESA TORRES MANCERA, ROGEL FERNANDO RETES MANTILLA, OCTAVIO TREJO CHAVERO

130

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA EL DIAGNÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO  
DE VARIABLES QUE IMPACTAN EN EL ATERRONA MIENTO DEL AZÚCAR**

SILVERIO ÁNGEL MEDRANO, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁSQUEZ, LILIANA FUENTES

ROSAS

141

**DISPOSITIVO SUMERGIBLE PARA LA RECEPCIÓN DEL SONIDO**

LUIS ANTONIO PEÑA DORANTES, IRMA ANGÉLICA GARCÍA GONZÁLEZ, FABIOLA LANGO REYNOSO

155

---

**INDICE****OFICI HOME SERVICES: WEB PARA LA PUBLICACIÓN DE SERVICIOS Y OFICIOS**

MARTHA MARTÍNEZ MORENO, MARÍA ELENA MACEDA RODRÍGUEZ, VILMA ZORINA CAMACHO CÁGAL, EDUARDO GALINDO MARTÍNEZ, DYLAN RAMÍREZ AGUILAR  
168

**JLEFO: JAVA LENGUAJES FORMALES, HERRAMIENTA PARA EL APRENDIZAJE DE LENGUAJES Y AUTÓMATAS**

OFELIA GUTIÉRREZ GIRALDI, MARTHA MARTÍNEZ MORENO, LIZBETH SÁNCHEZ FERRER, JOSE CARLOS XOLIO XOLIO, MARGARITO HERNÁNDEZ GARCÍA, ALEXIS SALAZAR VIVEROS  
178

**DISEÑO DEL CONTROL PARA UN SISTEMA DE IMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE UN DISPOSITIVO TIFLOTÉCNICO.**

ALDO HERNÁNDEZ LUNA, MANUEL CRUZ LUNA, EDGAR JESÚS CRUZ SOLÍS, JULIO CESAR MARTÍNEZ HERNÁNDEZ  
193

**COMUNICACIONES LOCALES ENTRE DISPOSITIVOS DE DIVERSAS ARQUITECTURAS**

MANUEL CRUZ LUNA, HUGO HERNÁNDEZ CABRERA, ELIA MARGARITA VIVEROS RUIZ  
207

**ANÁLISIS DE LOS ALGORITMOS BACKPROPAGATION PARA EL DISEÑO DE NEURONAS ARTIFICIALES CON CAPACIDAD DE APRENDIZAJE PARA RESOLVER PROBLEMAS DEL ENTORNO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES.**

GIL SANTANA ESPARZA, YARESSI RODRÍGUEZ DEL ÁNGEL, JACKELIN YAÑEZ HERNÁNDEZ  
218

**GENERACIÓN AUTOMATIZADA DE UN CATÁLOGO HISTÓRICO DE SISMICIDAD LOCAL PARA EL OBSERVATORIO SISMOLÓGICO Y VULCANOLÓGICO DE VERACRUZ**

JOSÉ DANIEL HERNÁNDEZ VENTURA, VIRGINIA LAGUNÉS BARRADAS, FRANCISCO CÓRDOBA MONTIEL  
233

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD DE ALERTAS DE EMERGENCIA MÓVILES (SAM)**

DAVID GÓMEZ CÁRDENAS, RICARDO GARCÍA CASTRO, ROBERTO RUIZ CASTRO  
248

**TECNOLOGÍAS APLICADAS AL DESARROLLO DE JOBS**

ELIA MARGARITA VIVEROS RUIZ, HUGO HERNÁNDEZ CABRERA, MANUEL CRUZ LUNA  
262

**EL USO DE LA TECNOLOGÍA PARA LA DIFUSIÓN DEL EMPRENDIMIENTO SOCIAL ATRAVÉS DE UNA PÁGINA WEB**

CÉSAR AUGUSTO SEVERINO PARRA, VERÓNICA USCANGA HERNÁNDEZ, ZANDRA ELIZABETH FRANCO CRUZ, EVELIN SALGADO MORALES, FRANCISCO JAVIER PANTOJA ZAMUDIO  
273

**ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y ESTUDIO COMPARATIVO TECNOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE UN AUXILIAR AUDITIVO PARA POBLACIÓN ECONÓMICA-SOCIAL VULNERABLE**

FRANCISCO BENITO MORALES GARCÍA, JANETH RAMOS LÓPEZ, FERNANDO GONZÁLEZ RIVAS, LISSETH RIVERA AGUIRRE, JUAN JOSÉ HERNÁNDEZ CARMONA  
286

**KIT EDUCATIVO PARA LA DETECCIÓN DE BACTERIAS PATÓGENAS EN ALIMENTOS**

JACEL ADAME GARCÍA, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS, ADRIANA ELENA RIVERA MEZA  
296

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA**

GUSTAVO SOLANO SILVA, ARLENY LOBOS PÉREZ, MARÍA DE LOURDES LÓPEZ CRUZ  
304

## INDICE

### **MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE UN SISTEMA GENERADOR ELECTROMAGNÉTICO PARA SUSTENTAR EL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN UN AULA DEL ITESCO**

DARINEL MAXIMINO MACARIO, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA, JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL  
328

### **PROPUESTA DE UN MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE EN LA TORRE SEPARADORA DE AGUAS AMARGAS (T-2202), EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS**

ALFREDO CARRASCO FRANCISCO, MARÍA DEL SOCORRO FLORES SERRANO, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ  
349

---

# INDUSTRIA 4.0 Y SU DIGITALIZACIÓN PARA ENFRENTAR DESAFÍOS GLOBALES

RAFAEL CONTRERAS REYES<sup>1</sup>, JUAN CARLOS DURAN DE LA CRUZ<sup>2</sup>

## RESUMEN

A lo largo de la historia, el desarrollo tecnológico ha tenido un impacto importante en los sistemas de manufactura, primero con la máquina de vapor y la mecanización de los procesos, luego con la producción en masa, la automatización y robótica más recientemente, con la que ha sido llamada “Industria 4.0” que ya a sido considerada como la “Cuarta revolución industrial”, debido a su potencial y beneficios relacionadas con la integración, innovación y autonomía de los procesos.

Los conceptos de industria 4.0 y la manufactura inteligente, son relativamente nuevos y contemplan la introducción de las tecnologías digitales en la industria de la fabricación. Es decir, la incorporación al ambiente de manufactura de tecnologías como análisis de big data, robótica, simulación, sistemas de integración horizontal y vertical, internet de las cosas, ciber seguridad, cloud computing, manufactura aditiva y realidad aumentada.

En el entorno actual de competencia global, desarrollo tecnológico e innovación en empresas sobre todo de manufactura se ven forzadas a reconfigurar sus procesos es por ello que la industria 4.0 y la manufactura inteligente son parte de esta Cuarta Revolución Industrial en la que las tecnologías de fabricación y de la información se han integrado para crear innovadores sistemas de manufactura, gestión y formas de hacer negocios, que permiten optimizar los procesos de fabricación, alcanzar una mayor flexibilidad, eficiencia y generar una propuesta de valor para sus clientes, así como responder de una forma oportuna a las necesidades del mercado.

Sin embargo, aun y cuando la industria 4.0 y la manufacturera inteligente están teniendo resultados importantes, muchos empresarios han optado por esperar, sin considerar el riesgo que un proceso de adopción tarda o el no hacerlo representa

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico De Estudios Superiores De Jocotitlán.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico De Estudios Superiores De Jocotitlán.

para sus empresas, debido al desconocimiento que existe en el entorno de la industria 4.0 y la manufactura inteligente todavía no es claro para ellos, cuales son los factores que influyen su uso; además de que no existe aún información suficiente sobre el potencial, si bien ha tenido un fuerte crecimiento en los últimos años, lo que de algún modo permite anticipar que en el corto plazo la industria 4.0 y sus tecnologías sustituirán a las tecnologías convencionales.

La intención de este trabajo es intentar dar una visión global de las oportunidades que la tecnología posibilita a la industria, dándose así un nuevo modelo industrial, a partir de la digitalización.

### **ANTECEDENTES**

Para llegar hasta la Industria 4.0, primero se deben recordar las revoluciones industriales que se han dado a lo largo de la historia en el mundo.

La primera de ellas comenzó en el siglo XVIII y se desarrolló a lo largo de todo el siglo XIX. En ella se introdujeron elementos mecánicos que facilitasen las tareas de producción, mediante el uso de la energía hidráulica, de vapor o herramientas para máquinas.

La segunda revolución industrial tuvo lugar a finales del siglo XIX, momento en el que comenzó a utilizarse la electricidad en la producción, se introdujo la producción en masa, y se empezó a adoptar un sistema con el que organizar las tareas y los tiempos adjudicados a las mismas.

La tercera revolución llegó más recientemente, aproximadamente en 1970, cuando comenzó a utilizarse la electrónica y las tecnologías de la información con el objetivo de poder llegar a automatizar tareas de producción. Esta revolución también es llamada como la revolución digital, y se ha extendido su uso hasta nuestros días.

La cuarta y última revolución industrial está teniendo lugar actualmente.

Tal y como sostienen Blanchet et al. (2014), esta cuarta revolución industrial está produciéndose todavía en este momento y existen sectores que están cambiando de manera más pronunciada y rápida que otros, los cuales evolucionan más constante y lentamente. Sea como fuere, en todos los ámbitos se están



introduciendo los objetos físicos, máquinas, procesos o sistemas de producción dentro de una red de información conectada a internet.

Ligado a esta cuarta revolución industrial nació el concepto de “Industria 4.0” en el año 2011. Dicen Hermann et al. (2015) que el término nació a raíz de la iniciativa “Industrie 4.0”, una asociación surgida en Alemania con el objetivo de mejorar la competitividad mundial de Alemania en el panorama productivo, y que estaba formada, entre otros, por grandes personalidades del mundo empresarial, político y educativo del país. Esta iniciativa acabó desembocando en un proyecto de gran importancia cuyo objetivo es alcanzar el liderazgo en la innovación tecnológica, proponiendo grandes objetivos a cumplir desde el momento de su creación hasta el año 2020.

Shrouf et al. (2014) exponen en su artículo que uno de los principios de la Industria 4.0 consiste en recoger y compartir información en tiempo real. Además, el ministerio de educación e investigación de Alemania definen el término Industria 4.0, entre otras cosas, diciendo que los cyber-physical systems ayudan a mejorar la flexibilidad de las redes, lo cual se traduce en máquinas y plantas capaces de modificar su comportamiento ante pedidos o condiciones diferentes. Estos sistemas son capaces de recibir información, analizarla y modificar su manera de actuar dependiendo de dicha información.

La Industria 4.0, hace referencia a tecnologías y conceptos de la organización de la cadena de valor en fábricas inteligentes, que cuentan en su estructura con sistemas ciberfísicos (CPS) capaces de monitorear los procesos físicos, crear una copia virtual del mundo real y hacer decisiones descentralizadas. Por lo cual, se espera que los CPS brinden soluciones que permitan transformar la operación y el papel de muchos de los sistemas industriales existentes. En la visión de la industria 4.0, las máquinas serán capaces de comunicarse entre sí para recibir o transmitir información y ejecutar acciones; los productos serán inteligentes, ya que con el IoT, muchos sensores en red podrán estar embebidos en dispositivos y máquinas y desplegarán enormes cantidades de datos de diferentes tipos, y el cómputo en la nube proveerá las soluciones para el almacenamiento y procesamiento de estos grandes volúmenes de datos.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La cuarta revolución industrial ha marcado nuevos horizontes, representando altas expectativas de crecimiento, ya que la actual infraestructura de tecnologías de información permite a la industria adoptarlo rápida y eficientemente. El desafío será encontrar talento humano con la capacidad de desarrollar algoritmos analíticos que conduzcan al desarrollo de inteligencia de autoaprendizaje, aprovechando la infraestructura actual. Además de esto, el futuro de esta tecnología está condicionado a la creación de áreas científicas adecuadas, ya que sin ello existiría un obstáculo para la adopción y proliferación de esta tecnología emergente. Por lo tanto, Industrial 4.0 es una iniciativa estratégica impulsada por el gobierno alemán que recoge todo un conjunto de recomendaciones para responder a los retos que plantea el objetivo europeo “Horizonte 2020”. Quizá el problema es que la industria 4.0 no es un producto físico en si mismo que uno se puede llevar, sino un “titular, una idea que describe algo que está ocurriendo hoy y quizá vaya a seguir ocurriendo en la siguiente década”. En este sentido es como una guía que nos señala el camino que vamos a tener que seguir en los próximos años.

## **OBJETIVO GENERAL**

Promover la automatización de la manufactura en la creación de fábricas inteligentes como estrategia de adaptación, eficiencia e innovación, que permitan su consolidación y crecimiento dentro del mercado global.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

La digitalización dará lugar a instalaciones autónomas y cadenas de producción, elevando la cadena de valor del producto a un nuevo nivel de organización y control gracias a la interacción e integración de distintos eslabones (investigación, desarrollo, diseño, producción, logística y prestación de servicios).

Se adquirirá tal grado de flexibilidad que será posible responder de forma más rápida y eficiente a las necesidades de los consumidores, extendiendo la personalización desde las fases de diseño y desarrollo hasta la fase de la entrega y seguimiento, originando así un producto totalmente individual (Spri, 2015a).

Otro de los objetivos que caracterizara esta revolución serán los productos inteligentes, los cuales conocen los detalles de cómo deben ser fabricados y como están destinados a ser utilizados, lo que nos llevara a distinguir dos niveles. Por un lado, encontramos los recursos, materiales o productos semielaborados, y por otro lado los productos elaborados.

### **JUSTIFICACIÓN**

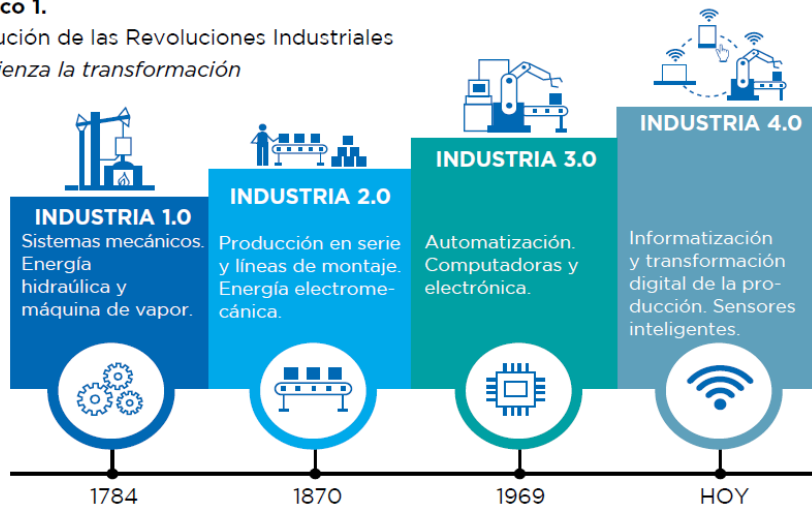
El término Industria 4.0 engloba a la “denominada cuarta revolución industrial derivada de una evolución tecnológica propiciada por el desarrollo de los sistemas embebidos, su conectividad y la correspondiente convergencia del mundo físico y virtual. Todo esto proporciona unas capacidades de integración de objetos, información y personas que puede propiciar un salto cualitativo en la producción y uso de bienes y servicios”. Para poner en contexto la llamada 4ª revolución industrial merece la pena recordar las diferentes épocas en la introducción de la electrónica y las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TICs) en la producción industrial. La primera época, en la década de los 80 e inicio de los 90, perseguía la eficiencia en los procesos. Fue la época de la introducción del CAD, CAM, los sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing), los FMS (Flexible Manufacturing System) y similares. Como en la actualidad, la integración y flexibilidad de los sistemas de fabricación eran los objetivos principales, limitados en aquella época por la tecnología disponible. La segunda época, en los años 90, se genera con la aparición de Internet y las tecnologías asociadas, como los portales de Internet y soluciones facilitadoras de la colaboración y la integración de la cadena de valor en su concepto más extendido (SCM, CRM, etc.). Poco después, con el inicio del nuevo siglo, la conectividad se extiende a las máquinas y se popularizan los conceptos de M2M (Machine to Machine), y un poco más tarde surge con fuerza el concepto de Internet de las cosas, ligado al desarrollo de IPv6. La proliferación de los dispositivos móviles y su capacidad de conexión experimentan un fuerte desarrollo hacia finales de la primera década del nuevo siglo. Todo este movimiento supone una tercera época en la utilización de las TICs y se puede considerar la precursora de lo que se está denominando 4ª revolución. El término Industry 4.0,

acuñado por Alemania y cuya puesta de largo se realiza con la presentación del documento de “Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0”, publicado por Acatech en abril de 2013, responde a la denominada estrategia dual alemana de seguir liderando la oferta de equipos y soluciones para la producción industrial y de aplicarlos en las plantas productivas alemanas integrando las cadenas de valor y digitalizar todo el proceso productivo. A partir de ese momento muchos países y regiones, entre ellas Andalucía, trabajan alineando esfuerzos y políticas para aprovechar las oportunidades que ofrece este nuevo escenario. En paralelo y relacionado con este movimiento no podemos olvidar que en el ámbito de la fabricación, Europa está promoviendo las denominadas ‘Fábricas del Futuro’ a través de la EFFRA (European Factories of the Future Research Association) como colaboración público-privada para el desarrollo de proyectos innovadores en este sentido, iniciativa que se puso en marcha en 2008.

### **MARCO TEÓRICO**

El concepto “Industria 4.0” surge en Alemania a comienzos de la década de 2011, acuñado por un grupo multidisciplinario de especialistas convocados por el gobierno alemán para diseñar un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera. El término fue presentado por primera vez en la Feria de Hannover de 2011 y ganó protagonismo en muy poco tiempo. En la Feria de 2013 el grupo de especialistas presentó los resultados finales del estudio e hizo pública la estrategia del gobierno alemán para llevar a sus instalaciones fabriles a un nuevo estadio evolutivo. Así, el término “Industria 4.0” se convirtió en un eje central del Plan Estratégico de Alta Tecnología 2020 del gobierno alemán, y se instaló mundialmente como una de las referencias conceptuales de la Cuarta Revolución Industrial, aunque no es la única. Desde la irrupción del término “Industria 4.0”, las revoluciones anteriores fueron conceptualmente asociadas a estadios previos en la evolución del sector industrial, dando lugar a los conceptos de Industria 1.0, Industria 2.0 e Industria 3.0.

**Gráfico 1.**  
Evolución de las Revoluciones Industriales  
*Comienza la transformación*



La Cuarta Revolución Industrial es la fase de la digitalización del sector manufacturero y está impulsada por el aumento de los volúmenes de datos, la potencia en los sistemas computacionales y la conectividad. Si bien muchas de las tecnologías que hoy convergen, ya existían, aunque de forma embrionaria y sin la robustez que hoy aportan, la diferencia con respecto al pasado se basa en la forma en que se combinan para generar disrupciones significativas

Entre los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 se destacan:

**Sistemas de integración**

Permiten integrar las tecnologías operacionales con las tecnologías de la información y la comunicación. Conectan máquinas con máquinas (M2M12), máquinas con productos, e integran las distintas áreas de la unidad productiva, impactando sobre la gestión interna de la empresa. Pero, además, permiten a través de plataformas digitales, la conexión entre la empresa y otros actores de su cadena de valor como proveedores, actores del sistema de logística y transporte, llegando hasta el cliente.

**Máquinas y sistemas autónomos (robots)**

Máquinas inteligentes que automatizan tareas que antes estaban circunscriptas únicamente al dominio humano. En el mundo de la industria, la tendencia es avanzar sobre la automatización de los procesos productivos, la navegación y el control, la integración de sensores y actuadores, la comunicación de las interfaces. (Esben Østergaard, 2019)

Se busca incrementar la robótica colaborativa para ir hacia fábricas inteligentes donde todas las áreas de la empresa puedan trabajar en forma conectada y con alto nivel de automatización en las tareas. Por ejemplo, una tendencia creciente en las fábricas inteligentes es la adaptación de vehículos de guiado automático (AGV) que pueden circular por la planta productiva, transportando productos intermedios y finales (de importante peso) desde una estación a otra, compartiendo el espacio con otros AGV y colaborando con los trabajadores. (GALINDO, 2015)

#### Internet de las cosas (IoT)

Permite una comunicación de forma multidireccional entre máquinas, personas y productos, facilitando la toma de decisiones en base a la información que la tecnología recoge de su entorno. Utiliza nuevos sensores y actuadores que, en combinación con el análisis de big data y de computación en la nube, permite máquinas autónomas y sistemas inteligentes (OECD, 2016). IoT es una tecnología clave para que la industria manufacturera avance hacia la fabricación de productos inteligentes (incorporando servicios sobre los productos), genere una relación más estrecha con los consumidores finales y capte información sobre el desempeño y el uso de sus productos, incluso cuando estén en posesión del cliente. Por ejemplo, electrodomésticos con IoT que, mediante una conexión Wi-Fi, reportan al fabricante información en tiempo real y precisa como fallas, consumo, horas de uso, etc. (LKS, 2018)

#### Manufactura aditiva

Permite fabricar piezas a partir de la superposición de capas de distintos materiales tomando como referencia un diseño previo, sin moldes, directamente desde un modelo virtual. Esta tecnología descentraliza las etapas de diseño y desarrollo de productos e introduce un mayor componente de servicios y software a la manufactura. En la industria aeronáutica, por ejemplo, es utilizada para la producción de piezas más ligeras que las tradicionales, permitiendo ahorro de combustible debido al menor peso de los aviones. La impresión 3D ofrece enormes ventajas para reproducir piezas y objetos cuya fabricación conlleva cierta dificultad, ya sea por la especificidad y complejidad de su diseño o porque insume demasiadas horas de trabajo u obliga a reconfigurar máquinas y líneas, con enormes pérdidas

de productividad. Por lo tanto, la manufactura aditiva se utiliza para prototipar y para producir componentes individuales muy específicos en lotes pequeños o series cortas. La posibilidad de fabricar localmente podría impactar sobre el comercio en las cadenas globales de valor.

#### Big data y análisis de grandes datos

Se refiere a datos caracterizados por su volumen (gran cantidad), velocidad (a la que se generan, accede, procesan y analizan) y variedad de datos estructurados y no estructurados (OECD, 2016). Estos datos pueden ser reportados por máquinas y equipos, sensores, cámaras, micrófonos, teléfonos móviles, software de producción, y pueden provenir desde diversas fuentes, como empresas, proveedores, clientes y redes sociales. El análisis de estos datos mediante algoritmos avanzados es clave para la toma de decisiones en tiempo real, permite alcanzar mejores estándares de calidad de producto y procesos, y facilita el acceso a nuevos mercados (fenómeno que se conoce como Innovación basada en Datos). Esta es una de las tecnologías de Industria 4.0 más demandada a nivel corporativo. Según una encuesta realizada por PwC, casi el 73% de las empresas relevadas dijo que el análisis de big data desempeña un papel fundamental en el proceso de toma de decisiones. Para los entrevistados, otro uso de esta herramienta es controlar y mejorar la planificación comercial y de fabricación y se la considera útil para obtener un mejor enfoque del cliente. (LOPEZ, 2014).

#### Computación en la nube

Ofrece almacenamiento, acceso y uso de servicios informáticos en línea. Puede expresarse en tres niveles diferentes, según el servicio provisto: infraestructura como servicio, plataforma como servicio y software como servicio. Esta tecnología permite a las empresas acceder a los recursos informáticos de una manera flexible con un bajo esfuerzo administrativo y desde distintos dispositivos, ofreciendo agilidad, interoperabilidad y escalabilidad. Muchas de las aplicaciones que hasta hace poco requerían de la instalación de un programa en un servidor alojado en las empresas, ahora son ejecutadas de forma remota. Esto es clave para aplicaciones industriales con elevados requerimientos informáticos. (Jose, 2016)

#### Simulación de entornos virtuales

Permite ajustar y representar virtualmente el funcionamiento conjunto de máquinas, procesos y personas en tiempo real antes de ser puestos en marcha, lo que ayuda a prevenir averías, ahorrar tiempo y evaluar el resultado final en un entorno controlado. Es decir, permite reducir los costos asociados a procesos de aprendizaje (de “prueba y error”) mediante una representación virtual para el diseño de nuevos productos, o bien probar distintas configuraciones en las operaciones de la planta productiva. Por ejemplo, los operadores pueden probar (en el mundo virtual) distintas configuraciones hasta lograr una “configuración virtual óptima” que será luego plasmada en la línea física de producción. Además, las experiencias obtenidas en el mundo real servirán para mejorar el entorno virtual, generando una suerte de colaboración entre la planta física y su representación virtual (“planta virtual”).

#### Inteligencia Artificial

Se basa en el desarrollo de algoritmos que permiten a las computadoras procesar datos a una velocidad inusual (tarea que antes requería de varias computadoras y personas), logrando además aprendizaje automático. Los algoritmos se nutren de datos y experiencias recientes y se van perfeccionando, habilitando a la máquina con capacidades cognitivas propias de los seres humanos como visión, lenguaje, comprensión, planificación y decisión en base a los nuevos datos. En la industria, permite el desarrollo de modelos neuronales aplicados a procesar imágenes reforzando la seguridad y el control de calidad; la predicción de series temporales de consumo eléctrico, y el desarrollo de estrategias de control para la gestión optimizada de estaciones de producción, entre otras

#### Ciberseguridad

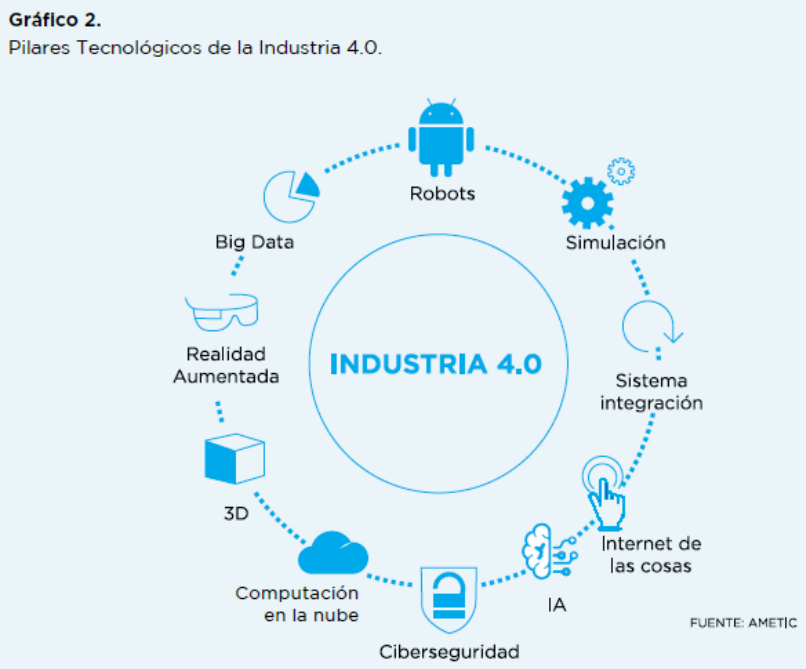
Es fundamental para que todas las demás tecnologías logren una adecuada penetración en esta fase de digitalización. La evolución hacia una industria inteligente y la integración creciente de los actores de las cadenas de valor a través de internet, la computación en la nube y las plataformas digitales, obliga a desarrollar mecanismos de la ciber-seguridad en los entornos industriales. En la medida en que sean más los dispositivos, máquinas y personas conectadas, se valorará la oferta de herramientas preventivas que permitan detectar, anticipar y



neutralizar amenazas sobre los sistemas de información de las empresas. (Industriales, 2017)

### Realidad aumentada

Permite complementar el entorno real con objetos digitales. Se trata de sistemas que combinan la simulación, el modelado y la virtualización permitiendo nuevas fórmulas para el diseño de productos y la organización de los procesos, otorgando flexibilidad y rapidez en la cadena productiva. Estos sistemas tienen una variedad de aplicaciones, como la selección de piezas en un depósito, el envío de instrucciones para la reparación de fallas a través de dispositivos móviles o la capacitación de los recursos humanos en entornos virtuales que simulan la realidad (GUTIÉRREZ, 2016) de la planta. Si bien esta tecnología se encuentra en un estadio inicial de desarrollo, se espera que las empresas hagan un uso mucho más amplio de ellas para proporcionar a los trabajadores información en tiempo real, mejorar la toma de decisiones y optimizar los procesos productivos (OCDE, 2016).



## **CONCLUSIONES**

La Cuarta Revolución es la fase de la digitalización del sector manufacturero y está impulsada por el sorprendente aumento de los volúmenes de datos, la potencia en los sistemas computacionales y la conectividad. A diferencia de las revoluciones anteriores, la Revolución 4.0 se caracteriza por la convivencia de una gran variedad de tecnologías, que borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico, generando una fusión entre estos tres planos. Se trata de sistemas ciberfísicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior. La fábrica inteligente sintetiza estas transformaciones logrando un alto nivel de automatización, de integración vertical y horizontal en su cadena de valor y de flexibilidad en la producción. La toma de decisiones es descentralizada, ejecutada por esos sistemas ciberfísicos y asistida por modelos predictivos que permiten anticipar faltantes de insumos, necesidad de cambio de repuestos, mantenimiento de los equipos y detección de fallas, entre otros factores. Sin embargo, la mayoría de las empresas en transición hacia el ideal que supone la Industria 4.0 desempeñan sus actividades con altos niveles de incertidumbre.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Otros términos como “Internet industrial”, “Internet de todo” “Internet de las cosas para la fabricación”, “empresa conectada”, “fábrica inteligente”, “empresa inteligente” son también utilizados para referirse a la Cuarta Revolución Industrial. En: Global manufacturing competitiveness index: report. (2016). London: Deloitte. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Manufacturing/gx-global-mfg-competitiveness-index-2016.pdf>
- Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.
- Fressoli y Smith (2015). Impresión 3D y fabricación digital: ¿Una nueva revolución tecnológica? Integración y Comercio 19 (39), Septiembre de 2015, p. 116-129, BID-INTAL. Disponible en: <https://publications.iadb.org/handle/11319/7262>
- Pernas (2017). Impresión 3D y comercio. Conexión INTAL, Septiembre de 2017, INTAL-BID. Disponible en: <http://conexionintal.iadb.org/2017/10/02/el-comercio-toma-dimension/>
- Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.
- ANSYS, I. (2016). How Simulation-Based Digital Twins and the Industrial. ANSYS, 7.
- Autodesk . (2019). Obtenido de <https://www.autodesk.mx/solutions/3d-printing>
- Esben Østergaard, C. y. (2019). Mexico y la cuarta Revolucion Industrial: cobots y automatizacion . reseller .
- ESSS. (25 de January de 2017). Los pilares de la Industria 4.0. Obtenido de Los pilares de la Industria 4.0: <https://www.esss.co/blog/es/los-pilares-de-la-industria-4-0/>
- Expansion. (31 de Octubre de 2017). Expansion economia digital, La cuarta revolucion industrial ya esta aqui . Recuperado el 14 de Mayo de 2019, de Expansion economia digital:<http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2017/11/08/59f8a85922601d1b458b4618.html>
- Industriales, S. d. (2017). La Digitalizacion y la Industria 4.0. Madrit.
- Jose, A. A. (septiembre de 2016). Retos y Oportunidades del Cloud Computing. Obtenido de

<http://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/4162/pfc5917.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- LKS. (2018 ). El 'big data' para combatir enfermedades. think up LKS, 5.
- SIMPLE, E. (2016). ECONOMIA SIMPLE.NET. Obtenido de <https://www.economiasimple.net/las-grandes-revoluciones-industriales-y-su-impacto.html>
- SOBREHISTORIA.COM. (7 de MAYO de 2019). SOBREHISTORIA.COM. Obtenido de SOBREHISTORIA.COM: <https://sobrehistoria.com/todo-sobre-la-revolucion-industrial/>
- Unknow. (19 de mayo de 2018). Industria 4.0 "pilares". Obtenido de Industria 4.0 "pilares": <http://industriapilares.blogspot.com/2018/05/sistemas-para-la-integracion-vertical-y.html>
- WEB, A. (11 de Noviembre de 2016 ). AZUL WEB . Recuperado el 14 de mayo de 2019, de AZUL WEB, La cuarta revolucion industrial y sus antecedentes: <https://www.azulweb.net/cuarta-revolucion-industrial-antecedentes/>
- GALINDO, C. (2015): “Del torno a los robots humanoides”. Edita EIPais. ([http://economia.elpais.com/economia/2015/10/20/actualidad/1445346975\\_123216.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/10/20/actualidad/1445346975_123216.html)) [Consulta: 21/04/16]
- GUTIÉRREZ, D. (2016): “Realidad aumentada: territorio Microsoft”, Edita DirigentesDigital.com(<http://www.dirigentesdigital.com/articulo/tecnologia/232797/realidad-aumentada-terreno-microsoft.html>).
- LOPEZ, J.C. (2014): “La moda del Big Data: ¿En qué consiste en realidad?”, El Economista; (<http://www.eleconomista.es/tecnologia/noticias/5578707/02/14/La-moda-del-Big-Data-En-que-consiste-en-realidad.html>).

---

## IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0

ROBERTO MARTIN PERALTA<sup>1</sup>, EDGAR REYES DÍAZ<sup>2</sup>, ANTONIO BERNAL CASTAÑEDA<sup>3</sup>

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, ha surgido una cuarta revolución industrial, conocida como la Industria 4.0. La Industria 4.0 hace énfasis en la tecnología digital de las décadas recientes y lo lleva a un nivel totalmente nuevo con la ayuda de la interconectividad a través de la Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT), el acceso a datos en tiempo real y la introducción de los sistemas ciberfísicos. La Industria 4.0 ofrece un enfoque más integral, interrelacionado y holístico de la manufactura. Conecta lo físico con lo digital y permite una mejor colaboración y acceso para todos los departamentos, socios, proveedores, productos y personas. Industria 4.0 empodera a los dueños de empresas para controlar y comprender mejor cada aspecto de su operación y les permite aprovechar datos instantáneos para aumentar la productividad, mejorar los procesos e impulsar el crecimiento.

### Industria 4.0

El término industria 4.0 se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información.

El término industria 4.0 se utiliza de manera generalizada en Europa, si bien se acuñó en Alemania. También es habitual referirse a este concepto con términos como "Fábrica Inteligente" o "Internet industrial". En definitiva se trata de la aplicación a la industria del modelo "Internet de las cosas" (IoT). Todos estos términos tienen en común el reconocimiento de que los procesos de fabricación se encuentran en un proceso de transformación digital, una "revolución industrial"

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán.  
robe12.luna@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán. dedgar427@gmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán.  
aibc180394@gmail.com

---

producida por el avance de las tecnologías de la información y, particularmente, de la informática y el software.

La cuarta revolución industrial

En la primera Revolución Industrial, entre los siglos XVIII y XIX, se mecanizaron los procesos de producción, transformando la economía agraria y artesanal en otra liderada por la industria.

La segunda transición, en el siglo XX, trajo la producción en serie, con la aparición de fábricas y líneas de montaje que permitieron fabricar productos para el gran consumo. El final del Siglo XX trae una nueva transformación. El despliegue de la electrónica y la informática en los procesos industriales permitió automatizar las líneas de producción y que las máquinas reemplazaran a las personas en tareas repetitivas.

Dos décadas de vertiginosos avances en la tecnología de Internet han producido un impacto radical en la economía y en la sociedad. La convergencia de las tecnologías de la información con la sensórica y la robótica están transformando la internet tradicional (información y personas) en internet de las cosas (IoT). Y este nuevo escenario aplicado a la industria ha producido un impacto disruptivo en ésta, abriendo un escenario de enormes oportunidades basado en el aprovechamiento de la informática.

La Industria 4.0 abarca todo el ciclo de vida del producto y la cadena de suministro Diseño, ventas, inventario, planificación, calidad, ingeniería y servicio al cliente y servicio de campo. Todos comparten visiones informadas, actualizadas y relevantes sobre los procesos comerciales y de producción, y una analítica más enriquecedora y oportuna.

Lo hace más competitivo, especialmente contra descriptores como Amazon. A medida que compañías como Amazon siguen optimizando la logística y la administración de la cadena de suministro, usted necesita invertir en tecnología y soluciones que lo ayuden a mejorar y optimizar su operación propia. Para permanecer competitivo, tiene que tener sistemas y procesos en funcionamiento que le permitan brindarles a sus consumidores y clientes el mismo nivel de servicio (o mejor) que podrían obtener de una compañía como Amazon.

Lo hace más atractivo para la fuerza de trabajo más joven. Las compañías que invierten en tecnologías modernas e innovadoras de Industria 4.0 están mejor posicionadas para atraer y retener a los nuevos trabajadores.

Hace que su equipo se fortalezca y sea más colaborativo. Las compañías que invierten en soluciones de Industria 4.0 pueden aumentar su eficiencia, impulsar la colaboración entre departamentos, permitir la analítica predictiva y prescriptiva, y permitirles a las personas, incluidos los operadores, los gerentes y los ejecutivos que se beneficien aún más de los datos en tiempo real y la inteligencia para tomar mejores decisiones mientras administran sus responsabilidades diarias.

Le permite abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en problemas graves. La analítica predictiva, los datos en tiempo real, la maquinaria conectada a Internet y la automatización pueden ayudarlo a ser más proactivo cuando se trata de abordar y resolver problemas potenciales de mantenimiento y administración de la cadena de suministro.

Le permite recortar los costos, mejorar los beneficios y fomentar el crecimiento. La tecnología de la Industria 4.0 lo ayuda a gestionar y optimizar todos los aspectos de los procesos de manufactura y cadena de suministro. Le brinda acceso a datos y perspectivas en tiempo real que necesita para tomar decisiones más inteligentes y rápidas sobre su empresa, que, en última instancia, puedan fomentar la eficiencia y la rentabilidad de toda su operación.

Esta revolución consiste en la interconexión constante entre las propias máquinas y los operarios, en el traspaso continuo

de esta información y su tratamiento. Esto permite tener un conocimiento inmediato de lo que está sucediendo en la planta y la toma de decisiones en función de ella.

Además incorpora la fusión entre lo virtual y lo real, el producto se diseña y se prueba virtualmente, lo que aporta consideración inmediata a la demanda concreta y particular del cliente.

Adicionalmente, se añade la automatización y robotización masiva, junto con el avance de nuevas tecnologías de fabricación ('additive manufacturing', etc.), lo que presenta un panorama apasionante para el entorno industrial en los próximos años.

El impacto de esta revolución se vivirá en diferentes planos, ya que transformará el portafolio de servicios que ofrece una empresa y la atención personalizada de la demanda creará estructuras de producción diferentes. La explotación de los datos será decisiva para la evolución del modelo de negocio y la estrategia de las compañías. Se espera que esta explotación permita conocer las tendencias del mercado y anticiparse a ellas, produciendo importantes incrementos de beneficio. Además, la comunicación entre clientes productores y distribuidores será mucho más ajustada.

La digitalización de los entornos industriales precisa de una enorme inversión; se estima que las empresas europeas destinarán un promedio del 3% de sus ingresos anuales solo a la transformación digital, lo que resulta aproximadamente la mitad de las nuevas inversiones de capital previstas y una suma anual de más de 120.000 millones en la industria europea.

Se prevé que esta transformación tenga como fruto que el 80% de las empresas de nuestro continente estén digitalizadas en 2020.

¿Destruye empleo la automatización?

Un robot (máquinas autónomas, de múltiples aplicaciones y reprogramables) adicional por cada mil empleados reduce la tasa de empleo entre 0,18 y 0,34 pp y los salarios entre 0,25 y 0,5 pp

Efecto es mayor en las industrias más expuestas, ocupaciones manuales y trabajadores no universitarios.

Industria 4.0 y medio ambiente

Es importante entender esto, ya que la industria 4.0 no solo afecta los procesos de fabricación, sino que también tiene que ver con el medio ambiente, el desarrollo de la sociedad, el crecimiento de los ingresos, la transformación de los productos, los movimientos del mercado y la forma de consumo.

Expertos aseguran que esta industria trae impactos que se pueden sentir en diferentes ámbitos:

Organizaciones: estas necesitan deben tener capacidad de ajustarse y aprender de los datos en tiempo real, por lo que tienen que ser más receptivas, proactivas y predictivas.



Individuos: las industrias 4.0 pueden haber ocasionado cambios en la manera en la que el trabajo se realiza, en la que se consume, en la personalización de los productos que satisfacen sus necesidades.

Medio ambiente: teniendo en cuenta que esta industria se basa en la producción desmedida de productos y servicios, el ecosistema se ve afectado por las tecnologías, el consumo desmedido de recursos y el impacto que esto genera en el ambiente.

En este último aspecto es en el que queremos centrar nuestra atención. Por un lado están los que creen que esta industria es altamente contaminante, afectando los recursos naturales, el manejo de residuos y la contaminación ambiental, mientras que otros creen que el uso de la tecnología ayudará a mejorar los impactos provocados por la contaminación y el cambio climático.

Lo bueno es que sin importar la postura, hoy en día las personas y las empresas son cada vez más conscientes del cuidado de los recursos con lo que contamos, debido a esto se han implementado acciones tecnológicas pensadas en sostenibilidad ambiental, lo cual es posible gracias a la implementación de (Ekos, 2018):

Sistemas de gestión energética (SGE) que controlan el gasto energético de la planta a través de sensores y del análisis de los datos.

Optimización de procesos industriales donde el uso de la TIC permite la flexibilidad de producción según la demanda, avanzando hacia una industria inteligente al servicio de los consumidores.

Mantenimiento predictivo de la maquinaria, ya que estas prevén daños en la maquinaria, facilitando el diseño de planes de mantenimiento más eficientes, que contribuyen a la disminución de costo y la reducción de consumo de productos.

Fuentes de energía renovables, teniendo en cuenta que las industrias tienen la capacidad de generar su propia fuente de energía, contribuyendo al ahorro de energía y la reducción de la huella de carbono.

Se espera que todas las cosas que se hagan desde las industrias finalmente tengan como objetivo aportar al auto sostenimiento de los ambientes, además de generar acciones que promuevan la medición, prevención y corrección de daños ambientales.

al agua, el aire y el suelo, así como los problemas relacionados con los desechos, el ruido y los ecosistemas.

Sumado a esto, surge la necesidad de elaborar tecnologías, procesos, productos y servicios limpios que reduzcan el riesgo ambiental y minimicen la contaminación y la utilización de materiales que dañen el medio ambiente.

El impacto industrial y laboral de la economía 4.0

Son muchas las ventajas competitivas que trae consigo esta economía 4.0, como es la eficiencia productiva y el aumento de los beneficios económicos, sociales y medioambientales. A esto hay que añadir, en el ámbito de la prevención, el gran potencial que tienen las nuevas tecnologías en cuanto a la eliminación y reducción de los riesgos laborales. Entre otros muchos, la disminución de las tareas repetitivas, peligrosas y de menor valor añadido al ser realizadas por robots o cobots; la menor exposición a ambientes contaminantes; la mayor disponibilidad de datos para objetivar y tomar decisiones; la reducción de incidentes consecuencia de los mantenimientos predictivos de los equipos de trabajo; y la mayor protección personal gracias a los dispositivos de protección inteligentes que advierten de situaciones de riesgo y emiten alertas, los llamados 'smart EPI'.

Pero, más allá de las ventajas, el estudio demuestra que es en la esfera organizativa y psicosocial donde la Industria 4.0 va a tener un mayor impacto. Los cambios en las condiciones de trabajo provocados por exigentes ritmos de trabajo, extensión de jornadas, horarios, el trabajo nómada, las alteraciones en las relaciones personales y jerarquías profesionales, o las nuevas formas de contratación, provocan un escenario en el que aparecen riesgos psicosociales, organizacionales, de seguridad, higiene, y ciberseguridad.

Así, emergen como nuevos riesgos laborales el rechazo a lo desconocido ante las nuevas tecnologías y sus cambios, la aparición del tecnoestrés, la tecnofobia o la tecnoadicción, la vulnerabilidad, el aislamiento social por la virtualización de las comunicaciones, la invasión del ámbito personal o el sentimiento de inseguridad por la posible precarización del empleo.

Ante todos estos riesgos identificados, el proyecto ofrece respuestas, una hoja de ruta con una serie de estrategias para que las empresas puedan eliminarlos, reducirlos y prevenirlos. Estrategias que deben de plantearse de manera personalizada en cada compañía con la aplicación de códigos éticos que contemplen el teletrabajo y el derecho a la desconexión, actuaciones en el ámbito del liderazgo, protocolos de gestión de conflictos, sistemas de reconocimiento y recompensa, técnicas del mentoring, el business-game para adquirir conocimientos en entornos distendidos, talleres de gestión de emociones y de estrés, análisis de riesgos, fomento de la participación, organización coherente del tiempo de trabajo y una gestión de la edad y el envejecimiento activo que abarca desde el personal de mediana edad —denominados inmigrantes digitales— hasta las personas mayores que necesitan acciones de adaptación más exclusivas como las técnicas de coaching intergeneracional.

Este cambio de era y de transformación digital comporta también la aparición de nuevos trabajos, nuevos perfiles profesionales tecnológicos —analistas de datos, programadores, expertos en robótica, ciberseguridad—, de los que actualmente existe una alta carencia en el mercado laboral. Pero, simultáneamente aparecen demandas de nuevos perfiles con competencias transversales centradas en ámbitos inalcanzables para las máquinas, como es el pensamiento crítico, análisis y resolución de problemas complejos, creatividad, influencia social, inteligencia emocional, liderazgo y conciencia social, entre otros.

#### Impacto de la industria 4.0 sobre el empleo

Este último informe predice la pérdida total de 7,1 millones de empleos y la creación de 2 millones de nuevos empleos. No obstante, la demanda de competencias técnicas y prácticas de carácter no rutinario y creativo se incrementa con la cuarta revolución industrial. Por consiguiente, conforme los robots automaticen más y más tareas rutinarias, el trabajo humano dependerá de las habilidades para aplicar el conocimiento en nuevos contextos con el fin de desempeñar tareas no rutinarias y de colaboración con los otros (comunicación, trabajo en equipo, teletrabajo, etc.).

#### El impacto de la industria 4.0 en la seguridad social

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, Henar. (2017). La oportunidad para los empleos verdes con la revolución industrial 4.0. Bollettinoadapt.it. Recuperado de <http://www.bollettinoadapt.it/la-oportunidad-para-los-empleos-verdes-con-la-revolucion-industrial-4-0/>
- Deloitte. (s.f.). ¿Qué es la industria 4.0? Deloitte. Recuperado de <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html>
- Ekos. (2018). Beneficiar al medio ambiente, un compromiso de la Industria 4.0. Ekos. Recuperado de <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=10266>
- Interempresas. (2017). Industria 4.0, ¿revolución o evolución? Interempresas.net. Recuperado de <http://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/194146-Industria-40-revolucion-o-evolucion.html>

---

# QUÉ IMPORTANCIA TIENE LA AUTOMATIZACIÓN Y SUSTENTABILIDAD EN LA INDUSTRIA

ÁNGEL ALBA GÓMEZ<sup>1</sup>, ESTEFANÍA RUFINO NICOLÁS<sup>2</sup>

## RESUMEN

En el presente trabajo se hace referencia a los conceptos de automatización, sustentabilidad, innovación. Se analizará qué importancia tiene la innovación tecnológica, la evolución en la que actualmente impregna la sustentabilidad y la automatización en un campo de investigación para la industria en general.

En el desarrollo se describe la importancia de estos conceptos para los sistemas de producción más eficientes y que de este modo utilicen o desgasten menos un determinado recurso, sin embargo, esto englobaría todas las acciones de una empresa, de esta manera podrían desarrollarse programas y/o acciones de cuidado y conservación ambiental viables y rentables para la industria por que desde hace unos años el concepto de "sustentabilidad" llama la atención.

**PALABRAS CLAVE:** Automatización, Sustentabilidad, Innovación.

## ABSTRACT

In this research, a reference is made to the concepts of automation, sustainability, innovation. The importance of technological innovation, the evolution in which it currently permeates sustainability and automation in a field of research for the industry in general will be analyzed.

The development describes the importance of these concepts for the most efficient production systems and thus use or wear less a certain resource, however, this would encompass all the actions of a company, in this way programs and / or could be developed or actions of environmental care and conservation viable and

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán. angelalbagomez@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán. rufinoestefani@gmail.com

---

profitable for the industry because for some years the concept of "sustainability" attracts attention.

KEY WORDS: Automation, Sustainability, Innovation.

## **INTRODUCCIÓN**

Automatizar las tareas y procesos repetitivos, fatigosos, o molestos y dejar que sean las máquinas quienes los hagan reducen el empleo de personas por ejemplo en ambientes contaminantes, reduce el estrés y la fatiga de los operarios y permite que las personas se ocupen de tareas con más alta cualificación.

Lo cierto es que la automatización de procesos también busca mejorar los tiempos de ciclo de producción de un producto, permitiendo producir más en menor tiempo, con menos errores y de manera repetitiva, garantizando la uniformidad en la calidad del producto final de un lote a otro.

Desde la prehistoria, los humanos han empleado máquinas para sustituir el esfuerzo humano por aparatos mecánicos que permitan realizar mejor los trabajos necesarios. Pero fue en 1801 cuando la revolución de la industria textil como gran avance de la ingeniería dio un giro de salida a una carrera sin freno por automatizar las fábricas y procesos industriales.

El objetivo, aumentar la producción, mejorar la calidad y evitar riesgos para las personas. Lógicamente, esto lleva asociado una pérdida de puestos de trabajo poco cualificados, pero a cambio se generan otras necesidades de personal para diseñar, fabricar, poner en marcha y controlar estos nuevos procesos. La ingeniería, el mantenimiento industrial y las nuevas profesiones relacionadas con la automatización cobran entonces una nueva dimensión.

Un ejemplo es la automatización industrial en el uso de tecnologías para el control y monitoreo de procesos industriales, aparatos, dispositivos o máquinas, que por regla general son funciones repetitivas haciendo que funcionen automáticamente reduciendo al máximo la intervención humana.

Las primeras máquinas simples sustituían una forma de esfuerzo en otra forma que fueran manejadas por el ser humano, tal como levantar un objeto pesado con un sistema de poleas o con una palanca. Posteriormente las máquinas fueron capaces

de sustituir la energía humana o animal por formas naturales de energía renovable, tales como el viento, las mareas, o un flujo de agua.

Resulta evidente, transcurridos los primeros años del siglo XXI, que la comunidad internacional debe seguir un enfoque de desarrollo sustentable e integrador, pues se requiere crecimiento económico para generar riqueza, crear los empleos necesarios, erradicar la pobreza y alcanzar objetivos sociales de largo aliento. Este crecimiento no será posible sin la industria.

La industria es el medio para lograr un crecimiento inclusivo, pero no podemos continuar con el modelo de desarrollo del último siglo. La humanidad está utilizando recursos naturales y generando residuos a un ritmo que es ecológica, económica y socialmente inaceptable. Esto significa que el sector manufacturero debe ser sostenible en el largo plazo y, para ello, tiene que someterse a una rápida transición. Esta transición hacia un desarrollo industrial sustentable e integrador supondrá nada menos que una nueva revolución industrial.

### **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de la investigación se planteó una investigación no experimental, descriptiva y cuantitativa, con la finalidad de recopilar información teórica relacionada a la importancia que tiene hoy en día la automatización y sustentabilidad en la Industria, destacando algunos programas y/o acciones de cuidado y conservación ambiental.

La población que se tuvo en cuenta para la recolección de información en la investigación fueron las Industrias del Estado de México.

### **PROBLEMÁTICA**

Actualmente se poseen recursos naturales limitados y los avances industriales siguen en aumento sin mostrar señal de cesar o parar, por el contrario, cada año se hace un mal uso de los recursos destinados o permitidos para dicho período generando así un abuso y explotación más que sobrada de recursos. Por otro lado, con los cambios tecnológicos y el reemplazo de la mano de obra directa y la modernización con mecanismos automatizados para la producción de diferentes

cosas trae consigo una ola de desempleo y cierto descontento de las personas destacando por supuesto operadores que fueron reemplazados.

**JUSTIFICACIÓN**

La automatización y la sustentabilidad se han abordado desde puntos de vista distintos, tratándose como temas que no pueden ir de la mano y pocas veces son realizados como se debería por tener las erróneas ideas de que entran en conflicto una con otra por que los efectos que tienen en la industria a nivel económico, social y ambiental es muy distinto, pero se pretende saber qué pasa cuando se tratan como un conjunto funcional y aplicable.

**OBJETIVO**

Encontrar un punto y modo de relacionar para aplicar un modelo de automatización de manera sustentable con repercusiones positivas en la industria.

**HIPÓTESIS**

Se puede generar un modelo de producción y/o funcionamiento automatizado y sustentable que no sacrifique la calidad, desperdicie recursos y genere beneficios a la empresa sin comprometer la satisfacción de cliente.

**ANTECEDENTES**

Tabla 1. Comparación con proyectos sobre automatización

Nombre del Proyecto	Propuesta de automatización en bodega de producto terminado en industria manufacturera de productos de higiene personal	Manufactura y automatización	Aspectos generales de la automatización industrial del sector farmacéutico
Objetivo general	Automatización para la sección de bodega de producto terminado y área de entarimado de la empresa Kimberly Clark, donde se hace la selección de producto, inventariado, paletizado y entarimado del producto final.	Repensar el problema de automatización y en atención a su vigente actualidad, se retoman planteamientos de Coriat y Freyssenet, en especial lo referido a la relación que tiene el problema de compatibilizar el nivel de automatización con la flexibilidad y la	Plantear los diferentes niveles de automatización que pueden ser de interés para la industria farmacéutica nacional



		productividad demandadas en la manufactura de categoría mundial competitiva	
Integrantes / institución	Universidad de Costa Rica Liberia Guanacaste, Costa Rica Pérez López, Esteban	Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia Manufactura y automatización	Bibiana M. Vallejo1 y Sandra B. Vallejo Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Farmacia, A.A. 14490, Bogotá D.C., Colombia. Correo electrónico: bmvallejod@unal.edu.co
Características del proyecto	Se propuso automatizar parte de dicho proceso por medio de la lectura del código de barras de sus productos y la distribución de los mismos por canales específicos donde el operador humano intervenga hasta la etapa final de acomodo en tarimas para el paletizado, de manera que el personal no tenga que estar realizando trabajos repetitivos y desgastantes; y así se pueda llevar un control de inventario minucioso de forma automática	El trabajo manifiesta un enfoque de la automatización hacia los procesos de manufactura en virtud de la experiencia por la que ha transitado el autor de este artículo en la temática de producción manufacturera. Se invocan variadas miradas del por qué y para qué se emprenden proyectos de automatización. De otra manera se remarca el discurrir tecnológico en los progresivos avances o etapas de la automatización en la esfera productiva.	Recopilar la información sobre las tendencias mundiales en automatización de procesos industriales, aplicados al campo de los procesos de transformación de materiales en el sector farmacéutico
Conclusión	El alcance de la automatización va más allá de una simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. De manera que con la automatización se busca que las máquinas hagan trabajo de máquinas, pero que los hombres no tengan que hacer lo que las máquinas pueden hacer.	La vigilancia activa e inteligente en un proceso de manufactura se convierte en pieza fundamental de la automatización	La automatización debe ser vista como una oportunidad para el mejoramiento de los procesos productivos, en tanto que su correcta aplicación contribuye a la optimización de la totalidad de los recursos que intervienen en un proceso de transformación de materiales.
Recomendación	Es claro que los procesos de automatización no representan un gasto para	Modernización del soporte productivo mediante la inserción gradual de los	Establecer mejores alternativas para incorporar nuevas

	<p>las empresas como en algunos casos se piensa, si no, que las mejoras en eficiencia, tiempos de respuesta y calidad, convierten esos gastos en inversiones altamente productivas y rentables para la compañía</p>	<p>distintos niveles de automatización.</p> <p>Estímulo y apoyo financiero del Estado a la capacidad innovadora de las empresas para el desarrollo de nuevos productos, procesos y tecnologías</p>	<p>tecnologías en sus procesos de producción y mantener al sector con un nivel actualizado</p>
Bibliografía	<p>Daneri, P. (2008). PLC: Automatización y Control Industrial. Editorial Hispano Americana HASA. Recuperado de <a href="http://site.ebrary.com/lib/sibdilibrosp/reader.action?Docid=10336954">http://site.ebrary.com/lib/sibdilibrosp/reader.action?Docid=10336954</a></p> <p>Domingo, J. (2003). Introducción a los Autómatas Programables. Editorial UOC.</p> <p>Gallardo, S. (2013). Técnicas y Procesos en Instalaciones Domóticas y Automáticas. Ediciones Paraninfo, S.A.</p> <p>García, A. (2005). El Control Automático en la Industria. Universidad de Castilla La Mancha.</p>	<p>Colciencias., Plan estratégico de Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad. Bases para una Política de Promoción de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en Colombia 2005 2015., Bogotá, noviembre 2005.</p> <p>Córdoba, E., Inspección de Calidad de Engranajes Cilíndricos en ambiente industrial automatizado., Colciencias -Universidad Nacional de Colombia. - Industrias Ramfe Ltda., Bogotá, 2004.</p> <p>Córdoba, E., Notas Seminario Manufactura y Automatización Industrial., Universidad Nacional de Colombia,</p>	<p>M.P. Groover, "Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing", Prentice Hall International Inc., New Jersey, 1987.</p> <p>G. Moreno, "Automatización de procesos industriales", Editorial Alfa Omega, México, 2001.</p> <p>R. Piedrahita, "Ingeniería de la automatización industrial", Editorial Alfa Omega, Bogotá, 2001.</p> <p>A. Mora, "Tecnología del control de procesos industriales", Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1987.</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Comparación con proyectos sobre sustentabilidad

Nombre del Proyecto	Modelo de desarrollo sustentable para la industria de recubrimientos cerámicos	La sustentabilidad como modelo de desarrollo responsable y competitivo	Ecología industrial y desarrollo sustentable
*	Proponer un modelo de desarrollo sustentable identificando qué factores de sustentabilidad promueven las empresas cómo las beneficiarían si los enfocan hacia el reconocimiento como sustentables	Analizar la estrategia de la competitividad en función de la estrategia de la sustentabilidad para dar la pauta a un modelo de desarrollo responsable y competitivo	Garantizar el desarrollo sustentable a cualquier nivel, relacionando e impulsando las interacciones entre los sectores económico, ambiental y social.
Integrantes / institución	Jorge CARRO SUÁREZ Bernardo REYES GUERRA Genoveva ROSANO ORTEGA Jaime GARNICA GONZÁLEZ Beatriz PÉREZ ARMENDÁRIZ	Universidad del Valle Cali, Colombia Velázquez Álvarez, Luis Vladimir; Vargas-Hernández, José G.	Cervantes Torre-Marín, G.; Sosa Granados, R.; Rodríguez Herrera, G.; Robles Martínez, F Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México
Características del proyecto	Para el presente trabajo se planteó una investigación no experimental, descriptiva, cuantitativa y transversal.	Se propone una estrategia sustentable basada en las teorías de las instituciones, los recursos, la industria y en la responsabilidad social empresaria	Surge el enfoque de la Ecología Industrial como una alternativa bajo la cual, los sistemas de producción lineal se convierten en cíclicos imitando el comportamiento de los ecosistemas naturales promoviendo el cierre de ciclo de materia
Conclusión	Una empresa sustentable es aquella que realiza acciones de sustentabilidad en las dimensiones ambiental, social, económica e institucional.	La estrategia empresarial actual busca un sistema ecológicamente adecuado, económicamente viable y socialmente justo para llegar al equilibrio sustentable, impulsado por las instituciones y fortalecido por las capacidades y recursos con los que cuenta cada empre Sa para desarrollar ventajas que impulsen el desarrollo global, teniendo como resultados la maximización de beneficios desde una perspectiva tangible e intangible	A nivel económico, la implementación de la Ecología Industrial genera grandes oportunidades de mejorar los ingresos de las industrias a través del incremento en la eficiencia del uso de sus recursos, tecnologías y del aprovechamiento e intercambio de residuos y subproductos como materias primas
Recomendación	Determinar qué factores de DS son significativos para las empresas, y que deben estar implícitos en su misión y visión, con el objetivo de enfocarse hacia	El desarrollo no debe encaminarse únicamente a optimizar la eficiencia del sistema, sino también en el desarrollo de capacidades sociales y ambientales que	La importancia de los resultados que arroja la implementación de la EI, radica en que este enfoque ha logrado transformar los sistemas de producción

	el reconocimiento como empresas sustentables.	generen una estabilidad económica, ecológica y social.	lineales de diversas regiones en sistemas de ciclo cerrado donde todos los sectores que conforman a la región se ven favorecidos.
Bibliografía	<p>Achkar M. (2005). Indicadores de sustentabilidad. Departamento de Geografía Facultad de Ciencias Universidad de la República Uruguay [en línea]. <a href="http://www.Ucipfg.com/Repositorio/MLGA/MLGA-03/semana2/Indicadores_de_sostenibilidad.pdf">http://www.Ucipfg.com/Repositorio/MLGA/MLGA-03/semana2/Indicadores_de_sostenibilidad.pdf</a> 12/05/2015. AENOR (2014). Certificación ambiental. Asociación Española de Normalización y Certificación [en línea]. <a href="http://www.aenor.com/aenor/certificacion/mambiente/medio_ambiente.asp#">http://www.aenor.com/aenor/certificacion/mambiente/medio_ambiente.asp#</a>. Vti_qjphcxo 01/06/2015. Avilés K., Pérez B. Y Rosano G. (2014). Relaciones entre variables sociales de aprendizaje en el desarrollo sustentable: El caso del Instituto Tecnológico de Tláhuac, D.F., México. Rev. Int. Contam. Ambie.</p>	<p>Esser, K. (1996). Competitividad Sistémica: Nuevo desafío a las empresas y a la política. Revista de la CEPAL, Santiago 1996, No. 59, pp. 39 – 52.</p> <p>ISE-BOVESPA (2005). Índice de Sustentabilidad Empresarial. Extraído el 23 de mayo 2012 de <a href="http://isebvmf.com.br">http://isebvmf.com.br</a></p> <p>Lezama, J. Graizabord, B. (2010). Los grandes problemas de México. Colegio de México. Organización de las Naciones Unidas (1987). Comisión Brundtland: Nuestro Futuro Común. Nueva York. Extraído el 23 de mayo 2012 de <a href="http://www.eclac.cl/rio20/noticias/paginas/6/43766/Plataforma_de_91.ESP.pdf">http://www.eclac.cl/rio20/noticias/paginas/6/43766/Plataforma_de_91.ESP.pdf</a></p>	<p>Ayres R., Ayres I. (2001). A Handbook for Industrial Ecology, 2nd edition. Northampton: Edward Elgar.</p> <p>Basu A., Dirk J. (2006). Industrial Ecology Framework for Achieving Cleaner Production in the Mining and Minerals Industry. Journal of Cleaner Production, 14 (3-4), 299-304.</p> <p>Cervantes G., (2006). Manual de la asignatura: "Introduction to Industrial Ecology. Part B: Industrial Ecology Concepts and Industrial Ecosystems (2 ECTS)", Reporte Final del Proyecto Europeo MECOSIND.</p> <p>Cervantes G. (2007). Ecología Industrial, 1a edición. Barcelona: Fundación Pi i Sunyer.</p>

Fuente: Elaboración propia

## MARCO TEÓRICO

### Desarrollo Sustentable

Es el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Este concepto se utilizó por primera vez en 1992 con la declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

- La cobertura de las necesidades básicas de la presente generación.
- La capacidad de carga de los sistemas naturales para lograrlo.
- La cobertura de las necesidades de las generaciones futuras. (Hevia, 2015)

---

### Líneas fundamentales

- El desarrollo sustentable debe conceder prioridad a los seres humanos: Por lo que implica asegurar la viabilidad de los ecosistemas del mundo a largo plazo, incluida su biodiversidad.
- Los países en desarrollo no pueden elegir entre crecimiento económico y protección ambiental: El crecimiento no es una opción, es un imperativo, la cuestión es que tipo de crecimiento.
- Cada país tendrá que fijar sus prioridades ambientales, las cuales diferirán con frecuencia entre los países industrializados y en desarrollo: Construcción social del desarrollo sustentable Cambiar nuestras tecnologías por unas más eficientes y limpias, que minimicen el consumo de energía y de otros recursos naturales, que no contaminen el aire, agua o el suelo.
- Reducir considerablemente el uso de combustibles fósiles.
- Preservar las tecnologías que crean pocos desechos y contaminantes.

(Paz, 2016)

### Automatización

Comienza con la aparición, en 1775 de la máquina de vapor de simple efecto inventada por James Watt. La máquina de doble efecto de 1784 estaba provista de dos automatismos: el distribuidor de vapor y el regulador de bolas, que mantenía constante la velocidad del árbol de salida a pesar de las fluctuaciones de la carga. Un automatismo secuencial, es un sistema cuyo funcionamiento emplea una secuencia de fases claramente diferenciadas, según un conjunto de reglas preestablecidas. Los automatismos secuenciales pueden funcionar ya sea sobre la base de la lógica cableada, de forma específica mediante los denominados armarios de relés, que ha sido en el periodo histórico anterior más reciente la implementación más usual de un gran número de instalaciones industriales, ya sea sobre la base de un programa registrado mediante ordenadores, autómatas programables o sistemas basados en microprocesador.

El concepto de automatización lleva implícita la supresión total o parcial de la intervención humana en la ejecución de diversas tareas, industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas. Se aplica la automatización tanto a las

tareas más sencillas, tales como la regulación de la temperatura de un horno o el mando secuencial de una máquina herramienta, como a las más complejas, tales como la dirección mediante ordenador de una unidad química o la gestión automatizada de un establecimiento bancario. Al confiar a órganos tecnológicos todas o parte de las funciones intelectuales que intervienen en la conducción de un proceso, la automatización se sitúa en un nivel superior al de la mera mecanización. En la actualidad los problemas de automatización industrial y administrativa se confían respectivamente a los especialistas en automática e informática, a los que se unen los especialistas del proceso por automatizar, que constituyen así un equipo pluridisciplinar. La automatización de un proceso se sitúa en un marco técnico-económico del que no constituye más que uno de sus aspectos. (Mitsubishi, 2015)

La automatización constituye, particularmente, uno de los factores de aumento de la productividad y de mejora de la calidad. Los principales componentes de la automatización son los transductores y los captadores de información, los preaccionadores (relés, contactores etc.) y accionadores (motores, órganos desplazamiento lineal etc.), así como los órganos de tratamiento de la información, en particular los ordenadores y en general los sistemas basados en el microprocesador. Su naturaleza depende de la del sistema contemplado, automatismo secuencial o servosistema. En un número creciente de instalaciones industriales un ordenador se encarga de cálculos de balances de energía o de materias, de la vigilancia de las magnitudes que pueden llegar a adquirir valores peligrosos, del comportamiento secuencial del arranque y de la detención, de cálculos sobre las medidas, etc. (Martin, 2016)

Como consecuencia de un entorno competitivo, cualquier empresa se ve sometida a la necesidad de acometer grandes y rápidos procesos de cambio en búsqueda de su adecuación a las demandas de mercado, neutralización de los avances de su competencia o simplemente como maniobra de cambio de estrategia al verse acortado el ciclo de vida de alguno de sus productos. Ello obliga a mantener medios de producción adecuados que posean una gran flexibilidad y puedan modificar oportunamente la estrategia de producción.

Definición de Automatización

---

Disciplina de control que se basa en el uso de sistemas embebidos y electromecánicos para controlar procesos industriales. Abarca control, sistemas digitales, supervisión, gestión de datos, accionamientos, instrumentación y comunicaciones.

Objetivos al Automatizar

- Racionalizar los procesos y los insumos
- Permitir acciones de mejora
- Minimizar tiempos y esfuerzos
- Reducir costos
- Incrementar la calidad
- Rápido retorno de inversión
- Liberar al hombre de peligros, del estrés y de errores
- Prevenir cuellos de botella
- Crear trazabilidad

## **CONCLUSIÓN**

La automatización y la sustentabilidad son el futuro a cualquier industria que quiera mantenerse en pie y disputando con la competencia, aunque no sean apreciadas las mismas, pueden representar una ventaja competitiva muy importante ante la competencia, distinguiendo así a la empresa que decida aplicarlo anexando que es probable que exista un descontento por los trabajadores despedidos, siempre habrá alguien preparado para hacer la misma o diversas y diferentes tareas.

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Hevia, A. E. (2015). *Sustentabilidad Principios y Practicas*. Culliver.

Martin, F. M. (2016). *Ingenieria de automatizacion*. Universidad de oviedo.

Mitsubishi. (2015). *El libro de la automatizacion "un mundo lleno de soluciones"*.

Murueta, M. E. (2015). *Educacion Ambiental y Sustentabilidad*. Tlaxcala: Amapsi.

Paz, A. H. (2016). *Desarrollo Sustentable de la teoria a la practica*. Monterrey: Mexico: UANL.



# DISEÑO, EVALUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HORNO DE ARCILLA CON DOMO REFRACTARIO OPERANDO CON TEMPERATURA MÁXIMA DE 1,600°C

LUIS ÁNGEL MIGUEL MACARENO<sup>1</sup>, FERNANDO HERNÁNDEZ MÉNDEZ<sup>2</sup>, MARTIN JULIÁN FERNÁNDEZ CUETO<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se realizó el diseño, evaluación y construcción de un horno portátil que facilite las maniobras en taller o laboratorio, optimizando el aprovechamiento de calor y minimizando las pérdidas presentadas en hornos de gran dimensión. El proyecto consideró un horno de arcilla con domo refractario, utilizado para la preparación de materiales metálicos susceptibles de tratamiento térmico y forjado, que mejore la capacidad de los procesos y la calidad del producto final. El dimensionado se realizó mediante algoritmo especializado para diseño (CAD), en tanto que la parte operativa contempló la temperatura máxima alcanzada, para maximizar el aprovechamiento de calor y minimizar las pérdidas, mediante algoritmo especializado para ingeniería (CAE); la estructura se optimizó resultando en un horno portátil que facilite los trabajos de acondicionamiento de piezas metálicas. Limitaciones encontradas con la forma esférica del horno requirieron durante su construcción la elaboración de un andamiaje para soportar los materiales, el cual se incineró al término de la obra, justo en la etapa de las pruebas de funcionamiento. Se entregó una solución concreta al diseño de un horno refractario operando con carbón, lo que pretende mejorar aspectos de rentabilidad y seguridad operativa.

Palabras clave: horno de arcilla, domo refractario, preparación de materiales metálicos, diseño de un horno refractario, rentabilidad y seguridad operativa.

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec. luis.amiguel1992@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec. cambridge\_9\_15@hotmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec. cambridge\_9\_15@hotmail.com

## ABSTRACT

The design, evaluation and construction of a portable furnace that facilitates maneuvering in the workshop or laboratory was done, optimizing the use of heat and minimizing the losses presented in large size furnaces. The project considered a clay furnace with refractory dome, used for the preparation of metallic materials susceptible to heat treatment and forging, which improves the capacity of the processes and the quality of the final product. The sizing was carried out by means of a specialized algorithm for design (CAD), while the operative part contemplated the maximum temperature reached, to maximize the use of heat and minimize losses, by means of a specialized algorithm for engineering (CAE); the structure was optimized resulting in a portable furnace that facilitates the work for conditioning of metallic parts. Limitations encountered with the spherical shape of the furnace required during its construction the development of a scaffolding to support the materials, which had to be incinerated at the end of the work, just at the stage of the functional tests. A concrete solution was delivered to the design of a refractory furnace operating with coal, which aims to improve aspects of profitability and operational safety.

Keywords: clay furnace, refractory dome, preparation of metallic materials, design of a refractory furnace, profitability and operational safety.

## INTRODUCCIÓN

La preparación de elementos metálicos para realizar el tratamiento térmico y mejorar su resistencia mecánica superficial se lleva a cabo dentro de hornos, donde el análisis de la transferencia de calor en los mismos determina los perfiles de temperatura, así como el flujo de calor requerido durante la convección, al calentarlos por debajo de su punto de fusión. Los hornos han sido de gran importancia desde tiempos remotos hasta la actualidad, (Brooks y Vetter, 2012) teniendo diferentes usos en cuanto a cocimiento de alimentos, para procesos de fundición de materiales de bajo punto de fusión como el estaño, plomo y la plata (Vetter, Petrick, Huaypar y Kay, 2008) o para preparar piezas metálicas para tratamiento térmico. Poner en operación un horno para la preparación de materiales

metálicos susceptibles de tratamiento térmico, es una actividad tendiente a mejorar la capacidad de estos procesos y la calidad del producto final, al mantener una atmósfera controlada con la temperatura requerida, haciendo fácil y segura su operación.

Los hornos utilizados actualmente para este propósito pueden ser de diferente tipo, destacando entre ellos los hornos tipo domo, hornos eléctricos de inducción, hornos de gas, hornos de cubilote con quema de Diesel, etc. (Calvo, 2015) En cualquiera de los casos, la temperatura inicial de calentamiento dentro de la cámara del horno parte de una condición ambiental entre los 20°C a 30°C, la cual puede llegar hasta los 300°C en una etapa de precalentamiento. Posteriormente se pueden alcanzar, dependiendo del combustible alimentado y el aire de insuflado suministrado, temperaturas entre los 800°C y hasta los 1,600°C; para las condiciones de trabajo requeridas, el valor máximo alcanzó los 1,100°C. (Pérez, Galeano y Negrín, 2016)

Los hornos de material refractario, contruidos y operados correctamente, representan sin duda uno de los métodos más efectivos para convertir la energía calorífica de un combustible en energía disponible para los procesos de preparación de materiales metálicos para tratamiento térmico. Estos hornos han demostrado ser una Inversión de capital moderada, requiriendo poca mano de obra en su manufactura y entregando rendimientos buenos al operarse con carbón vegetal en uso doméstico e industrial.

## **DESARROLLO**

Al iniciar este proyecto se consideraron las configuraciones existentes de hornos tipo domo, para así seleccionar el más conveniente de construir. Hay muchos diseños para los hornos de ladrillos usados en todo el mundo, y la mayoría están en condiciones de dar buenos resultados. Para tener éxito, el horno de ladrillo debe satisfacer una cantidad de requisitos importantes. (Rhodes, 1999) Tiene que ser sencillo en su construcción, que los esfuerzos térmicos al calentarse y enfriarse, relativamente no lo afecten, y que sea suficientemente robusto para soportar los esfuerzos mecánicos de la carga y descarga. (Rodríguez, Diego, Martínez, Méndez y Aguilar, 2004)

Se debe poder, en cualquier momento, controlar la entrada del aire en el horno, y durante la fase del enfriamiento, sellar el horno rápida y herméticamente para impedir el ingreso del aire. El horno debe permitir un enfriamiento fácil y asegurar un buen aislamiento térmico. Pueden ser construidos en tamaños mediano a grandes.

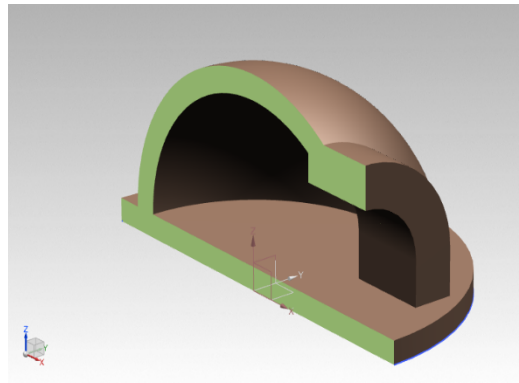
El diseño elegido para la construcción del horno debe basarse en las ventajas de maximizar el calor interior y aprovechar los espacios interiores para obtener una estructura funcional, cualidades presentadas en los hornos de domo. Este tipo de horno presenta las ventajas de ser una estructura fuerte, rígida y estable, tomando en cuenta el peso relativamente liviano. Encierra el mayor volumen de espacio posible en áreas de superficie pequeña, reteniendo favorablemente el calor, una vez que cesa la combustión.

En este trabajo la temperatura fue una variable importante, lo que requirió el tipo de modelo más apropiado para contener la temperatura ideal para llevar a cabo el proceso de acondicionamiento de materiales metálicos para tratamiento térmico. Algunas consideraciones en la selección del material a utilizar, como por ejemplo el modelo de un horno tradicional para ladrillos, donde el ladrillo común utilizado en instalaciones donde no se requiere demasiada temperatura; el mismo llega a soportar hasta 700°C. El ladrillo contiene poros extremadamente finos que retienen una gran cantidad de agua, que debe ser secada completamente para evitar la destrucción del ladrillo; en hornos para mayor potencia, el tipo de ladrillo utilizado en el horno debe soportar hasta los 1,600°C.

#### Diseño del Horno

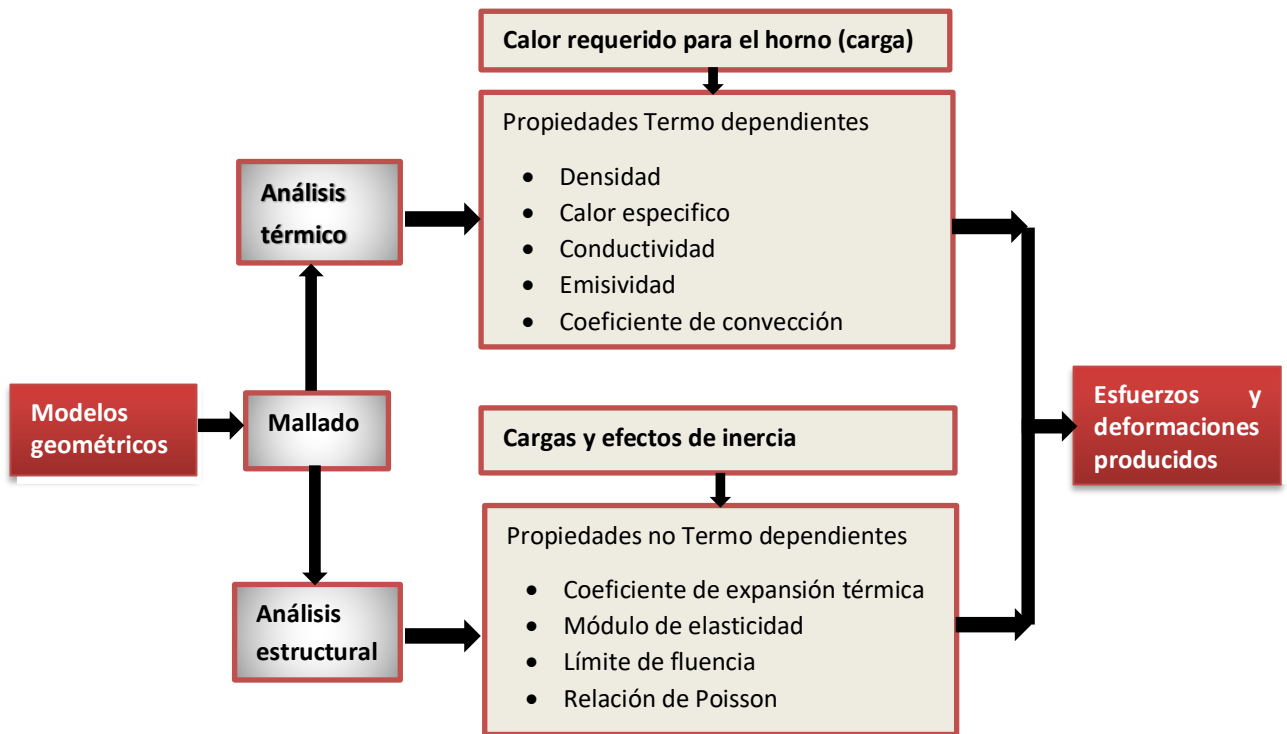
En base a lo anterior y al considerar las características de los hornos existentes, se procedió a la realización del diseño de una propuesta adecuada usando un algoritmo computacional especializado para CAD, (Aguilar, 2013) como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Diseño de horno mediante algoritmo especializado para CAD



Fuente: propia.

Figura 2. Proceso de análisis por MEF.



Fuente: propia

Evaluación de la Factibilidad del Funcionamiento del Horno.

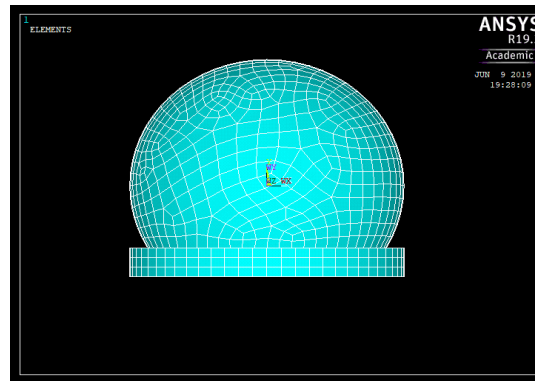
El método del elemento finito fue utilizado para evaluar las características geométricas y las cargas impuestas al modelo, considerando las propiedades de los materiales involucrados (figura 2).

Secuencia seguida para realizar la evaluación de esfuerzos:

Primero se especificó el análisis a realizar; en este caso un tratamiento térmico (thermal). Se eligió un tipo de elemento, que poseyera la temperatura como grado

de libertad. En el presente trabajo se empleó un elemento sólido de ocho nodos. Se declararon como propiedades termo dependientes del material, la conductividad térmica (K), el calor específico y la densidad, introduciendo el valor de la propiedad que corresponde a cada valor de temperatura, entre la temperatura ambiente y la temperatura por alcanzar del metal. Se construyó el modelo geométrico del horno tipo domo y se malló considerando las propiedades térmicas del material, por ser la zona de mayores gradientes térmicos (figura 3). Al finalizar el mallado se aplicaron las cargas térmicas para poder correr el modelo y generar resultados. (Fernández, Capula, Angeles, Velázquez y Terán, 2018)

Figura 3. Modelo del horno con malla de elementos finitos



Fuente: propia

Construcción del Horno en Base al Diseño Conceptual Aprobado.

Para llevar a cabo las pruebas de tratamiento térmico y fundición es necesario un equipo que soporte elevadas temperaturas, en el caso del aluminio se requiere mantener al metal protegido de la contaminación de la combustión, motivo por el cual la teoría e investigaciones realizadas manifiestan que para pequeñas cantidades el equipo recomendado es el horno de crisol, para materiales como el estaño, cobre, plata y otros elementos ferrosos el horno debe estar diseñado y construido para soportar y sobrepasar las condiciones del proceso. A continuación, se mencionarán los materiales que se necesitan para la realización del horno y su estructura móvil. (Beer, Johnston, DeWolf y Mazurek, 2010)

El ladrillo refractario debe cumplir con las exigencias de resistencia a la abrasión y choque térmico, soportando las altas temperaturas del proceso que generan en los mismos los fenómenos de expansión, conducción y ablandamiento. La expansión

térmica, que es la responsable de los esfuerzos compresivos en los ladrillos; conforme se calientan, se aproximan a su temperatura de fusión y comienzan a perder fortaleza, cohesión y reblandecen. Para soportar la elevada temperatura, se escogieron ladrillos de la marca MAFUSOL, con forma de arco para la esfera ideal, y para la base del horno la forma recta, los cuales soportan una temperatura máxima de 1,600 °C.

Para el pegado de los ladrillos se utilizó concreto refractario de la marca MAFUSOL ZACATECAS, con excelente resistencia mecánica a elevadas temperaturas y mínima contracción por secado, elevada resistencia a la desintegración por choques térmicos a altas temperaturas, bajo coeficiente de expansión térmica, resistente a las altas temperaturas y fraguado al aire.

El horno se soportó en una estructura móvil, con ruedas localizadas en los extremos para facilitar su traslado en laboratorio o taller (figura 4). Se coló sobre la estructura de la base terminada una loza de concreto, para darle la rigidez adecuada.

Figura 4. Estructura móvil terminada.



Fuente: propia

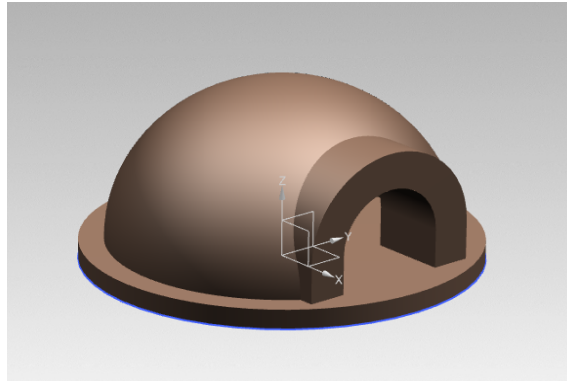
Evaluación de los Resultados.

Diseño del Horno Mediante Algoritmo Especializado para CAD.

Se determinó utilizar un horno tipo domo, por las ventajas presentadas, así como por su economía y relativo corto tiempo de construcción. Las dimensiones

propuestas se muestran a detalle en el dibujo de construcción incluido en la sección de anexos, presentando el diseño terminado con perspectiva isométrica en la figura 5.

Figura 5. Diseño final de horno tipo domo.

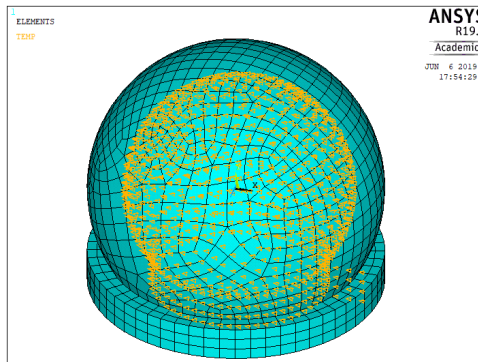


Fuente: propia.

Evaluación del horno mediante algoritmo especializado para CAE.

Un análisis termodinámico mediante el método del elemento finito MEF determinó los perfiles de temperatura en el horno simulando las condiciones de operación consideradas, según se muestra en figura 6.

Figura 6. Aplicación de cargas por temperatura en el horno.

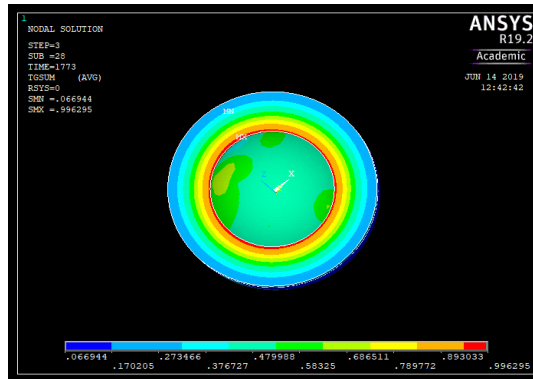


Fuente: propia

La figura 7 presenta el efecto de la transferencia de calor por convección natural interna dentro del horno (con  $h = 5.6678 \text{ W/mK}$ ), en una distribución de temperaturas dentro de la cámara del mismo en una etapa para la preparación del tratamiento térmico.



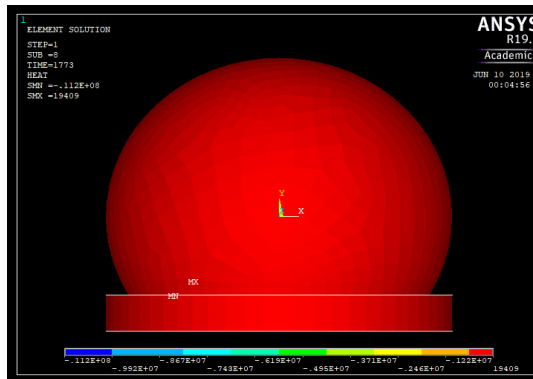
Figura 7. Transferencia de calor dentro del horno tomando en cuenta la convección del aire



Fuente: propia

La temperatura que se utilizó en el interior del horno fue de 1500° C y la temperatura en la parte superior del horno se consideró de 500 °C (figura 8).

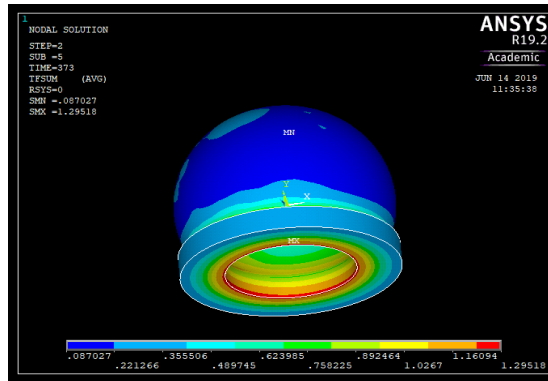
Figura 8. Calor generado en el horno en el proceso de convección a 1,500°C.



Fuente: propia

Se aprecia que la temperatura no permanece uniforme a través de la cámara del horno (figura 9); esta distribución no uniforme del calor deberá tomarse en cuenta, ya que la deposición de las piezas previo al tratamiento térmico implicará colocar las mismas en un grupo de parrillas situadas en la parte inferior. (Pérez, 1996)

Figura 9. Distribución de calor al interior del horno.



Fuente: propia

Proceso de Construcción del Horno Tipo Domo.

Verificación de la Base y Construcción.

La medida del horno se realizó cuidadosamente para poder obtener la construcción correcta y de una buena estética para el diseño a realizar (figura 10).

Figura 10. Medición de la circunferencia para el horno.



Fuente: propia

La base sobre la que se apoyó el domo consistió en muros continuos construidos sobre la base de concreto, la cual se coló sobre la estructura móvil. La base, cilíndrica en la primera hilera de ladrillos, permitió soportar la construcción semiesférica del domo, levantando hiladas sucesivas de ladrillos mampostados, cerrándose progresivamente hacia el centro y siguiendo un patrón parecido al que han aplicado tradicionalmente los esquimales para levantar sus iglús.

Figura 11. Construcción de la cúpula del horno.



Fuente: propia

La construcción de la cúpula del horno se llevó paso a paso mediante una guía colocada en el centro de la esfera, que indicaba la distancia radial entre cada ladrillo para preservar la forma esférica requerida para la construcción (figuras 11 y 12).

Figura 12. Avance de la Construcción del Horno.

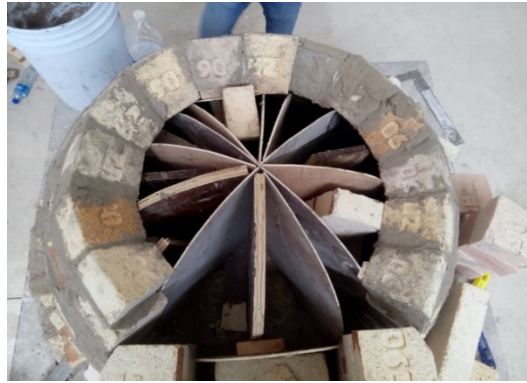


Fuente: propia

Preparación del Andamiaje.

Al presentarse un avance del 75% de la construcción, se colocó una cimbra debido a que el peso del ladrillo, la curvatura y lo espeso de la mezcla, tornaron difícil el proceso de construcción, quedando según lo muestra la figura 13; resultó en un modelo adaptado a los requerimientos de construcción para alcanzar la forma esférica.

Figura 13. Cimbra para la construcción del domo del horno



Fuente: propia

El horno terminado mostrando el ladrillo y el mortero refractarios, con la configuración esférica en forma de domo se muestra en la figura 14.

Figura 14. Horno terminado con materiales refractarios



Fuente: propia

#### Pruebas de Funcionamiento

Se realizó el curado del horno introduciendo leña y prendiendo fuego dentro del mismo, para que el calor producido eliminara gradualmente cualquier humedad contenida, ya que ésta transformada en vapor provocaría daños mecánicos en la estructura del horno.

Posterior al enfriado del horno, se cargó carbón vegetal y se prendió fuego dentro del horno, verificando que el mismo operara de manera adecuada. En las pruebas de tiempo y temperatura promedio de operación del horno desde su arranque en frío a los 20°C, se identificó una zona de calentamiento rápido la cual a los 5 minutos alcanzó una temperatura alrededor de 200 °C. Posterior a esto, tardó alrededor de 35 minutos hasta alcanzar una temperatura de 500 °C.

Para la segunda carga de carbón realizada a los 500°C, el horno mostró un calentamiento rápido hasta los 700°C, en un tiempo cercano a los diez minutos. Posterior a esto, se presentaron incrementos cortos de temperatura, pasando 20 minutos para llegar a los 900°C. Con una nueva carga de carbón se alcanzaron 1,100°C en un tiempo de 10 minutos, estableciendo por seguridad ésta como la temperatura límite operativa.

Aunque el propósito original es usar el horno para la preparación de piezas metálicas para forja y tratamientos térmicos, el horno puede servir para fundición de elementos de bajo punto de fusión, como es el caso de aleaciones base aluminio, estaño, plata y cobre, con requerimientos de temperaturas entre los 245°C y los 1050°C.

Figura 14. Horno puesto en operación en modo seguro.



Fuente: propia.

## CONCLUSIONES

Se diseñó, evaluó y construyó un horno de domo para preparación de piezas en procesos de forjado y tratamiento térmico, el cual puede también servir para fundir materiales de bajo punto de fusión, como aleaciones de aluminio, estaño, plata y cobre.

Todo tipo de tratamiento térmico se podrá llevar a cabo por la facilidad para realizar una práctica a nivel de laboratorio o para procesos en talleres industriales, considerando criterios de diseño como el diámetro del horno, así como el rango de temperaturas requerido por el tipo de ensayo a realizar.

El requerimiento de temperatura máxima de operación del horno a la cual se templarán los bujes será de entre 750 a 950°C, pudiendo validarse su utilización para este propósito básico. El flujo de calor máximo en el horno fue de 2,747.7 W/m<sup>2</sup> y se localizó en el canal de encendido. Por lo tanto, se determinó que en el canal de encendido fue donde se debe tomar control para incrementar la temperatura y permitir el calentamiento del material en la preparación para tratamiento térmico y forjado.

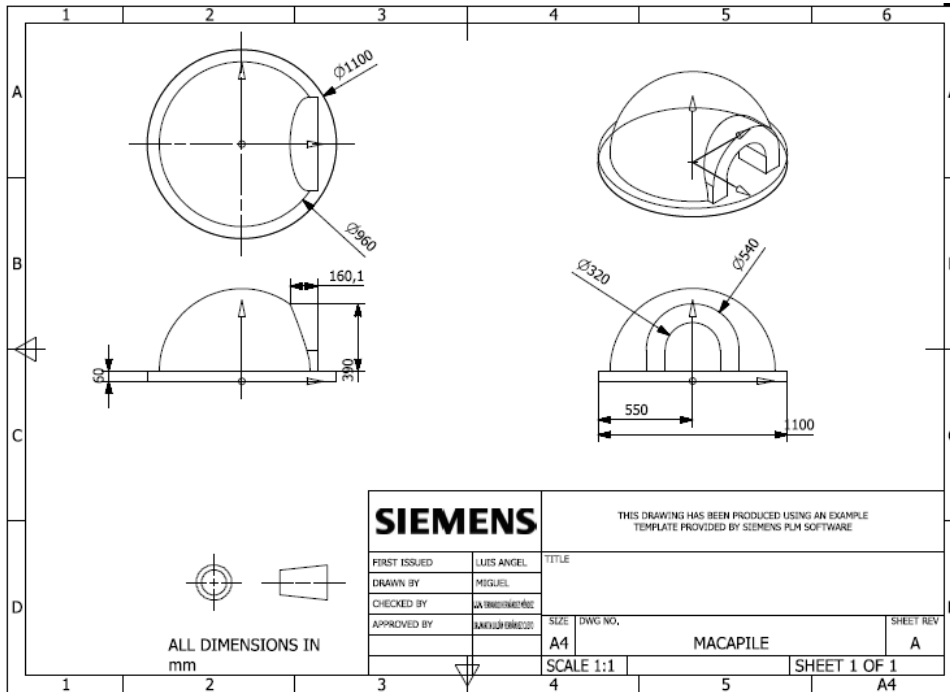
En requerimientos para procesos de fundición, se observó que entre 400°C y 700°C, muestras de aluminio sufren cambios sin llegar a fundirse. Al alcanzar temperaturas entre 800°C y 900°C, la carga de aluminio se fundió y presentaron características de colada. El tiempo de calentamiento desde 20°C hasta llegar a los 400°C fue de aproximadamente 20 minutos, en tanto que el tiempo de fundición alcanzó los 70 minutos. El tiempo requerido para alcanzar los 1,100°C permitió despreciar el calentamiento inicial, ya que el horno permaneció caliente, requiriendo un tiempo total aproximado de 90 minutos.

La capacidad del horno se estableció en primera instancia para alcanzar las temperaturas requeridas para la preparación de piezas metálicas en los procesos de tratamiento térmico y forjado. Se pudo verificar que por especificaciones del material refractario utilizado y mediante simulación por el método del elemento finito, es factible de alcanzar la temperatura de 1,600°C. Por cuestiones de seguridad operativa, el horno se trabajó solo hasta los 1,100°C.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Vetter Parodi, Luisa. Petrick Casagrande, Susana. Huaypar Vásquez, Yeseña. Kay Fulle, Martín. (2008). Los hornos metalúrgicos del sitio Inca de Curamba (Perú): estudio por DRX, espectroscopía Móssbauer y datación por métodos de luminiscencia. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*. 37 (3). 451-475.
- Brooks, William E. y Vetter Parodi, Luisa. (2012). Antigua fundición de plomo en el sitio inca de Curamba, departamento de Apurímac, Perú. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 41 (2). 197-208.
- Calvo, Carlos Sebastián. (2015). Hornos utilizados en la fabricación de aleaciones ferrosas y no ferrosas. *Scientia*. 17 (17). 143-160.
- Pérez Ruiz, Eduardo A. Galeano Perilla, Angy C. Negrín Hernández, Luis I. (2016). Evaluación de la dureza y microestructura del acero 1045 templado en sustancias refrigerantes no tradicionales. *Scientia et Technica*. 21 (3). 213-218.
- Rhodes, Daniel. (1999). Hornos para ceramistas. MADRID, España. Editorial: CEAC.
- Rodríguez Ramírez, J. Diego Nava, F. Martínez Álvarez, C. Méndez Lagunas, L. Aguilar Lescas, M. (2004). Perfiles de temperatura en un horno ladrillero. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 3 (2). 209-217.
- Aguilar Martín, A. (2013). Aplicación de técnicas CAD/CAM/CAE al estudio y fabricación de horno para el curado de composites. 7/10/2019. ETSID - Trabajos académicos [1024] Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño. <http://hdl.handle.net/10251/61164>.
- Fernández-Cueto, Martin J. Capula-Colindres, Selene. Angeles-Herrera, Daniel. Velázquez, Julio C. Terán-Méndez, Gerardo. (2018). Analysis of 3D Planar Laminations in a Welded Section of API 5L X52 Applying the Finite Element Method. *Soldagem & Inspeção*. 23 (1). 17-31.
- Beer, Ferdinand P. Johnston, E. Russell. DeWolf, John T. Mazurek, David F. (2010). *Mecánica de materiales*. México D.F. Edit: McGraw Hill.
- Pérez Patiño, Juan A. (1996). *Tratamientos térmicos de los aceros*. San Nicolás de los Garza N.L. Edit: FIME-DEP-UANL.

ANEXOS





# SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA CATÁLISIS SOBRE DOS PLACAS PARALELAS (METANO/AIRE SOBRE PLATINO)

JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL<sup>1</sup>, SALVADOR PEÑA ESCOBAR<sup>2</sup>, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS<sup>3</sup>,  
JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ<sup>4</sup>, JOSÉ ALBERTO VELÁZQUEZ PEREZ<sup>5</sup>

## RESUMEN

Se presenta la metodología y los resultados obtenidos de la simulación numérica del fenómeno de reacciones superficiales de una mezcla de gases (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y O<sub>2</sub>) sobre dos placas paralelas con recubrimiento de platino como catalizador.

Los objetivos planteados fueron:

- Replicar las propiedades fisicoquímicas de la reacción.
- Analizar los potenciales beneficios ambientales derivados de la aplicación del sistema.
- Demostrar la factibilidad, fiabilidad y conveniencia de la introducción de tales herramientas en el proceso formativo de los Ingenieros.
- El estudio se llevó a cabo usando software de código cerrado, el cual cuenta con una licencia académica de libre acceso para estudiantes.
- El trabajo alcanza dos áreas de importancia para la Ingeniería moderna:
- La utilización de herramientas computacionales para el estudio de sistemas fisicoquímicos, termofluidistas y sistemas multifísicos en general.
- La viabilidad de obtener nuevos procesos de generación de energía con un impacto ambiental significativamente menor a los actuales.
- Palabras clave: CFD, Catálisis, Multifísica, Simulación, Combustión.

---

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana.jorarenas@uv.mx

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana.zS16011446@estudiantes.uv.mx

<sup>3</sup> Universidad Veracruzana.jdelangel@uv.mx

<sup>4</sup> Universidad Veracruzana.jmarin@uv.mx

<sup>5</sup> Universidad Veracruzana.jvelazquez@uv.mx

**ABSTRACT**

The approach, the work methodology and the results obtained from the numerical simulation of the phenomenon of surface reactions of a gas mixture (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and O<sub>2</sub>) on two platinum-coated plates as catalyst are presented.

The objectives set were:

- Replicate the physicochemical properties of the reaction
- Analyze the potential environmental benefits derived from the application of the system.
- Demonstrate the feasibility, reliability and convenience of the introduction of such tools in the training process of the Engineers.

The study was carried out using closed-source software, which, despite being proprietary software, has an open access academic license for students.

The work reaches two areas of importance for modern Engineering:

- The use of computational tools for the study of physicochemical, thermofluidistic and Multiphysics systems in general.
- The viability of obtaining new energy generation processes with an environmental impact significantly less than the current ones.

Keywords: CFD, Catalysis, Multiphysics, Simulation, Combustion.

**INTRODUCCIÓN**

Combustión Catalítica.

La historia de la catálisis está íntimamente ligada a la historia del desarrollo tecnológico humano. Desde antes de describir científicamente el porqué de

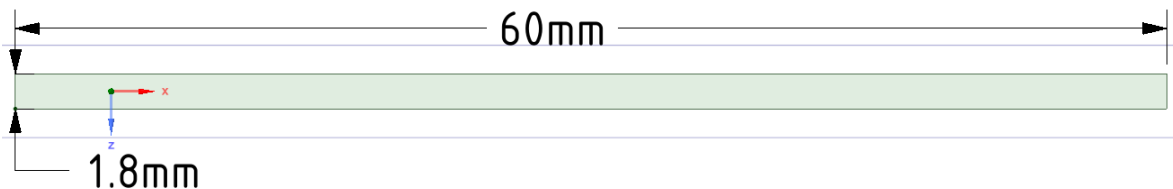
**DISEÑO DEL SISTEMA**

Todo el trabajo se llevó a cabo en un software privativo de simulación multifísica, específicamente con sus módulos de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, por sus siglas en inglés) y de simulación química. En general, las fases de trabajo para simulaciones multifísicas son definir la geometría del sistema, obtener un mallado correcto, definir las condiciones físicas a partir de las cuales calculará la computadora, ejecutar el análisis y presentar los resultados de manera conveniente. Discutiremos ahora cómo se llevaron a cabo los primeros dos pasos enumerados.

## Geometría

El estudio se desarrolló alrededor del fenómeno físico presente en un convertidor catalítico precalentado cuyas celdas se encuentran recubiertas de lingotes de metales preciosos (Platino en nuestro caso). A través del arreglo de celdas se hace pasar una mezcla de gases a temperatura ambiente, la cual reacciona por catálisis con el Platino. Debido a que se busca investigar el desempeño del sistema en estado operativo, se modeló como un problema en su fase estable, esto es, cuando las variables alcanzaron ya su valor constante conforme el tiempo avanza. Tomando en cuenta el enfoque de estado estable, podemos justificar el llevar al sistema real tridimensional, a una aproximación bidimensional, en la que las razones de cambio en la tercera dirección espacial se mantienen constantes y simétricas con respecto al centro de la celda. Tal aproximación nos permite reducir una geometría tridimensional regular, a una equivalente en dos dimensiones, que representa a cualquier pareja de paredes opuestas. El plano bisector resultante obtiene entonces las medidas sugeridas por la literatura, que se pueden observar ya trazadas en la siguiente figura.

Figura 1. Geometría del sistema.



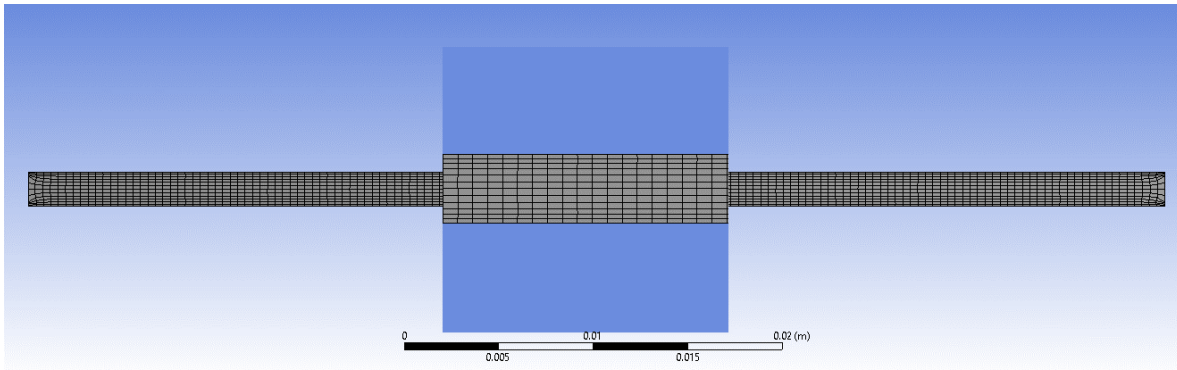
Los bordes superior e inferior representan a las paredes que conforman la celda, el borde izquierdo corresponde a la zona de entrada de la mezcla de gases, y por último el borde derecho marca la salida de los gases de la celda.

## Malla

Existen una gran variedad de aplicaciones (Tanto gratuitas de código abierto, como de paga privativas) dedicadas a la discretización de geometrías continuas en elementos discretos (llamados celdas) que conformen una malla a la cuál aplicarle los métodos computaciones necesarios. En nuestro estudio, se ocupó un software propietario especializado en creación de mallas, que cuenta con algoritmos de optimización que generan una malla más explícita para el fenómeno de estudio. El

software requiere como entrada la geometría que recién creamos. El proceso de mallado es crítico para la fidelidad final de la simulación, dado que una mala discretización del espacio geométrico conllevaría recursos computacionales desperdiciados, fenómenos importantes no calculados a detalle o simple y llanamente resultados falsos en la simulación.

Figura 2. Malla obtenida de la discretización de la geometría.



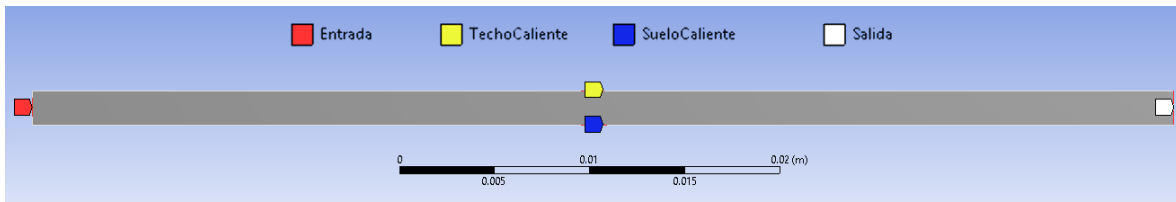
En la imagen se muestra una vista general de la discretización del mallado, así como un acercamiento a la zona central de la misma, para apreciar el mayor énfasis que se les dio a las zonas inmediatas a las paredes, ya que las reacciones catalíticas son de carácter superficial.

Las técnicas utilizadas para la refinación de la malla fueron:

- Refinement. Incrementa la resolución de la malla de manera general en la geometría en donde es aplicada.
- Inflation. Modifica la malla general aumentando la densidad de celdas en las áreas contiguas a donde es aplicada.

Adicionalmente, en este paso se definieron las Named Selections, acción importante para etapas posteriores, específicamente para poder definir las condiciones de frontera del sistema. Se obtuvieron 4 selecciones de este tipo: Entrada, TechoCaliente, SueloCaliente, Salida.

Figura 3. Selecciones con nombre generadas durante el proceso de mallado.



Las métricas obtenidas para esta malla son las siguientes:

Tabla 1. Métricas de calidad de la malla.

Métrica	V. Obtenido	V. recomendado
Nodos	1989	NA
Elementos	1824	NA
Minimum Volume (m3)	2.848298e-08	Mayor a 0
Minimum Face Area (m2)	5.500000e-05	Mayor a 0
Minimum Orthogonal Quality	8.12083e-01	$\cong 0$
Maximum Aspect Ratio	6.80175e+00	<10

Con los valores presentados, se obtuvo un mallado de buena calidad, con énfasis en las zonas donde se desarrolla el fenómeno de interés y que mantiene un número de elementos relativamente tal que la carga computacional de resolver el sistema es manejable por equipos de cómputo personales.

#### Ecuaciones que gobiernan

Las ecuaciones de Navier-Stokes son las ecuaciones de gobierno básicas para un fluido viscoso conductor de calor. Es una ecuación vectorial obtenida aplicando la Ley de movimiento de Newton a un elemento fluido y también se llama ecuación de momento. Se complementa con la ecuación de conservación de masa, también llamada ecuación de continuidad y ecuación de energía. Por lo general, el término ecuaciones de Navier-Stokes se usa para referirse a todas estas ecuaciones.

La ecuación de continuidad (1), ecuación de conservación del momento (2) y ecuación de conservación de la energía (3) para un fluido compresible se pueden escribir como:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} [\rho u_j] \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_j) + \frac{\partial}{\partial x_j} [\rho u_i u_j + p \delta_{ij} - \tau_{ji}] = 0, \quad i = 1, 2 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho e_0) + \frac{\partial}{\partial x_j} [\rho u_j e_0 + u_j p + q_j - u_i \tau_{ij}] = 0 \quad (3)$$

Complementariamente, para tratar la viscosidad, la paquetería resuelve la tasa de deformación viscosa sin trazas (4); modela la transferencia de calor laminar entre elementos discretos con la Ley de Fourier (5) y una tales métricas mediante el cálculo del número de Prandtl (6).

$$S_{ij}^* = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{1}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \quad (4)$$

$$q_j = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \equiv -C_p \frac{\mu}{PR} \frac{\partial T}{\partial x_j} \quad (5)$$

$$Pr \equiv \frac{C_p \mu}{\lambda} \quad (6)$$

Por último, en lo relativo al transporte de especies, el software soluciona la fisicoquímica del sistema valiéndose de las ecuaciones de estado de la mezcla de gases (7), en donde  $\gamma$ ,  $C_p$ ,  $C_v$  y  $R$  son valores constantes.

$$\gamma \equiv \frac{C_p}{C_v}, \quad P = \rho RT, \quad e = C_v T, \quad C_p - C_v = R \quad (7)$$

Con estas ecuaciones (más las relativas a la cinética química, que serán tratadas en el siguiente apartado), sólo falta definir las condiciones iniciales y de frontera para que el software de mecánica de fluidos computacional pudiera calcular el estado estable del sistema.

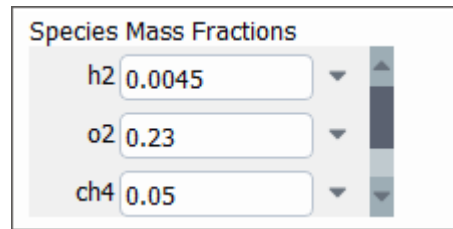
## PARÁMETROS DEL SISTEMA

### Condiciones de frontera

La simulación se llevó a cabo con las condiciones siguientes:

En la zona de *Entrada*, ingresa una mezcla homogénea compuesta de los siguientes gases que se muestran en la figura 4, la cual viaja a  $0.8 \text{ m/s}$  de velocidad lateral.

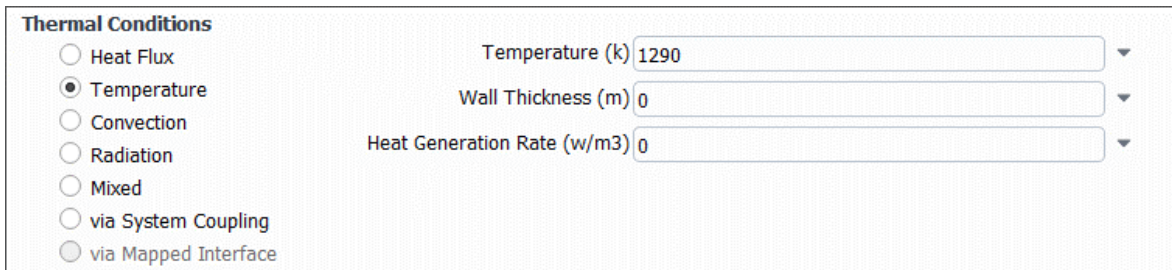
Figura 4. Composición de la mezcla de gases que entra al sistema.



Species Mass Fractions	
h2	0.0045
o2	0.23
ch4	0.05

Las zonas TechoCaliente y SueloCaliente son del tipo pared, y están recubiertas con platino, con una densidad de sitio igual a  $2.7063 \times 10^{-8} \left[ \frac{kg * mol}{m^2} \right]$ , además de ser precalentadas a una temperatura de 1290 K para brindar la energía de activación a la mezcla que circula entre ellas, figura 5. Como el análisis se limita a lo que pasa desde la superficie de las paredes hacia la mezcla que circula entre ellas (No entonces a las paredes en sí), se consideran a ambas como paredes delgadas, con un espesor de 0.

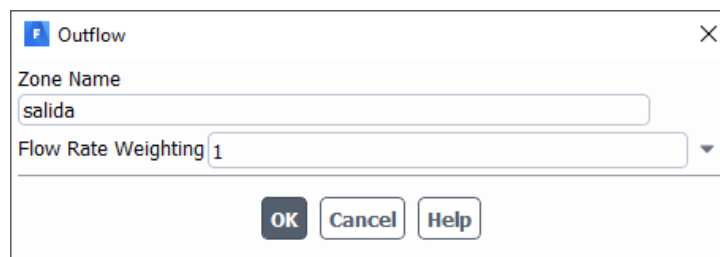
Figura 5. Condiciones de frontera de ambas paredes.



Thermal Conditions	
<input type="radio"/> Heat Flux	Temperature (k) 1290
<input checked="" type="radio"/> Temperature	Wall Thickness (m) 0
<input type="radio"/> Convection	Heat Generation Rate (w/m3) 0
<input type="radio"/> Radiation	
<input type="radio"/> Mixed	
<input type="radio"/> via System Coupling	
<input type="radio"/> via Mapped Interface	

Por último, la zona *Salida* se define del tipo Outflow (salida), ya que este tipo de condición de frontera se usa para modelar salidas de flujo donde los detalles de la velocidad y presión del flujo no se conocen antes de resolver el problema del flujo, por lo que sólo se expresa el porcentaje que se deja salir del flujo que llega a la zona (1 = 100%, todo sale), figura 6.

Figura 6. Definición de la zona de salida



Outflow	
Zone Name	salida
Flow Rate Weighting	1
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Help"/>	

## TRANSPORTE DE ESPECIES Y CINÉTICA QUÍMICA

Ya que una parte central del trabajo recae en las reacciones químicas, se deben ocupar un mecanismo de reacción que contemple las reacciones que involucran las especies analizadas. Tales bases de datos se obtienen de manera experimental mediante mediciones de laboratorio. Los ocupados en este documento fueron obtenidos por el Dr. Laxminarayan L. Raja, en los laboratorios de la Colorado School of Mines; sin embargo, cabe señalar que diferentes programas contienen bases de datos propias, aunque la mayoría se deriva de información pública que brinda el Centro de Investigación Glenn, de la NASA. La elección de los mecanismos del Profesor Raja (derivados a su vez del trabajo de Dr. Deutschmann en la Universität Heidelberg) se debió a que estos fueron optimizados para representar sólo las reacciones superficiales, simplificando los cálculos que realizó la computadora. Se presentan a continuación información relevante de tal documentación.

### Mecanismo de fase gaseosa

Es indispensable tenerlo, aunque no se modelen en el problema reacciones volumétricas, ya que en él se definen los átomos que constituyen a los gases que se ocuparán; así como las especies que entran estado gaseoso, compuestas a partir de los átomos indicados.

### Mecanismo de reacciones superficiales

Dada la naturaleza del fenómeno estudiado, es en este documento en donde se definieron las reacciones de interés para nuestro sistema. De nuevo se hace un listado de las especies que interactúan, pero también se indica el catalizador ocupado, la densidad de cobertura de este, y las propiedades termodinámicas de los compuestos presentes en la simulación. Todo ello, acompañado de la energía necesaria para que suceda cada paso, y la energía resultante del mismo. A continuación, se muestra una tabla que resume las reacciones presentes el mecanismo de reacción superficial del Dr. Raja:



Tabla 2. Reacciones superficiales a resolver por el software.

#	Reacción	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>E<sub>a</sub></i>
R1	H2 + 2PT(S) = 2H(S) FORD/PT(S) 1.0/	4.4579E+10	0.50	0.0
R2	2H(S) = H2 + 2PT(S) COV/H(S) 0.0 0.0 -6000.0/	3.7E+21	0.00	67400.0
R3	O2 + 2PT(S) = 2O(S)	1.80E+21	-0.50	0.0
R4	O2 + 2PT(S) = 2O(S)	0.023	0.00	0.0
R5	2O(S) = O2 + 2PT(S) COV/O(S) 0.0 0.0 -60000.0/	3.70E+21	0.00	213200.0
R6	H2O + PT(S) = H2O(S)	0.75	0.00	0.0
R7	H2O(S) = H2O + PT(S)	1.0E+13	0.00	40300.0
R8	OH + PT(S) = OH(S)	1.0	0.00	0.0
R9	OH(S) = OH + PT(S)	1.0E+13	0.00	192800.0
R10	H(S) + O(S) = OH(S) + PT(S)	3.70E+21	0.00	11500.0
R11	H(S) + OH(S) = H2O(S) + PT(S)	3.70E+21	0.00	17400.0
R12	OH(S) + OH(S) = H2O(S) + O(S)	3.70E+21	0.00	48200.0
R13	CO + PT(S) => CO(S) FORD/PT(S) 2/	1.618E+20	0.50	0.0
R14	CO(S) => CO + PT(S)	1.00E+13	0.00	125500.0
R15	CO2(S) => CO2 + PT(S) 0.00	1.00E+13	0.00	20500.0
R16	CO(S) + O(S) => CO2(S) + PT(S)	3.70E+21	0.00	105000.0
R17	CH4 + 2PT(S) => CH3(S) + H(S) FORD/PT(S) 2.3/	4.6334E+20	0.50	0.00
R18	CH3(S) + PT(S) => CH2(S)s + H(S)	3.70E+21	0.00	20000.0
R19	CH2(S)s + PT(S) => CH(S) + H(S)	3.70E+21	0.00	20000.0
R20	CH(S) + PT(S) => C(S) + H(S)	3.70E+21	0.00	20000.0
R21	C(S) + O(S) => CO(S) + PT(S)	3.70E+21	0.00	62800.0
R22	CO(S) + PT(S) => C(S) + O(S)	1.00E+18	0.00	184000.0

Las unidades de las columnas *b* son Joules y en *E* son Moles. Las 3 constantes se usan para calcular Las constantes de velocidad, mediante la ecuación de Arrhenius modificada (8):

$$k = AT^b \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (8)$$

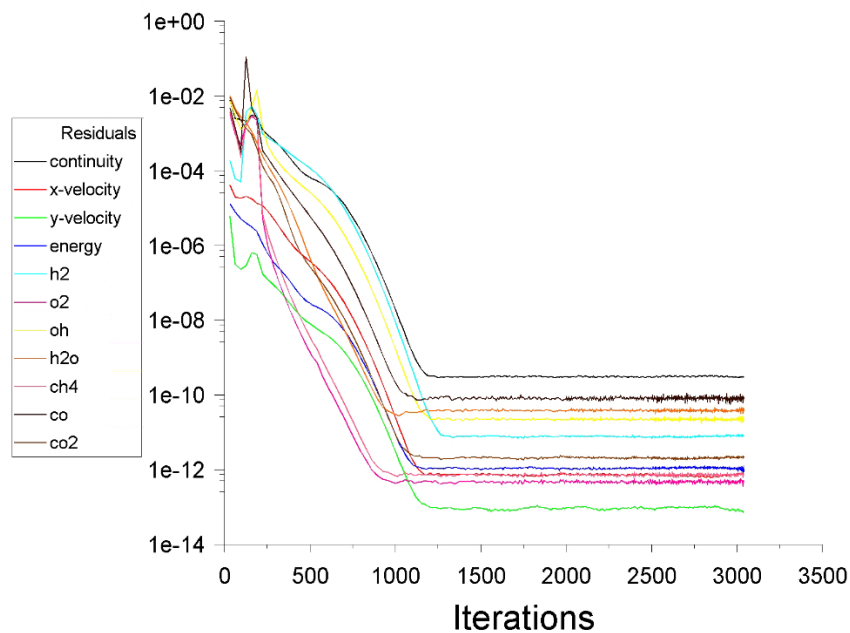
Una vez ingresados todos los parámetros anteriores, se avanza a la fase de solución, la cual requiere de un primer paso de inicialización de valores en las celdas (condiciones iniciales). Este requisito se logra corriendo la simulación por un número bajo de ciclos para que las celdas que no fueron definidas con valores de frontera se enteren de las condiciones de las celdas que sí lo fueron. Después, el sistema se seguirá solucionando hasta que los todos los residuales alcancen un valor de, por lo menos,  $1 \times 10^{-8}$ , aunque mientras más pequeña sea la cota de los residuales, mejor será la solución final de la simulación.

## RESULTADOS

### Residuales

Comenzaremos el análisis de resultado con los residuales, ya que esta es la métrica que nos hace saber si la forma de modelar nuestro fenómeno fue la correcta. A continuación, se presenta la gráfica del valor de los residuales de diferentes magnitudes, y su progreso a lo largo de la simulación, así como una breve interpretación del gráfico:

Figura 7. Gráfica del número de iteraciones de solución de las ecuaciones, contra los residuales de desequilibrio de las mismas.



Como se puede apreciar en la Figura 7, nuestro sistema alcanzó el estándar de una solución aceptable ( $\approx 1 \times 10^{-8}$ ) a las 1022 iteraciones. Sin embargo, la solución siguió mejorando hasta llegar a resultados estables de superior calidad:

- El residual más grande fue el representativo de la ecuación de *continuidad*, con un valor de  $3 \times 10^{-10}$ .
- El de menor valor fue el que medía el desequilibrio en los valores de las velocidades en la dirección vertical. Tal nivel de certeza es lógico, ya que la mayoría del movimiento sucede en una geometría regular y en dirección horizontal, perturbando a la velocidad vertical sólo por mediante efectos térmicos.

Las mediciones de los residuales son, por tanto, válidas, lo que aboga en favor de la legitimidad de los demás resultados, que serán presentados a continuación.

Contornos

Una potente herramienta para la interpretación de resultados en un rango de valores (que vienen en forma de bases de datos de grandes dimensiones) es la visualización de la información decimal en contornos de colores. A continuación, se presentan los más relevantes obtenidos.

Primero, los contornos que muestran la fracción másica de los reactivos, una vez que el sistema alcanza su fase de operación en estado estable:

Figura 8. Contorno de la fracción másica de hidrógeno molecular.

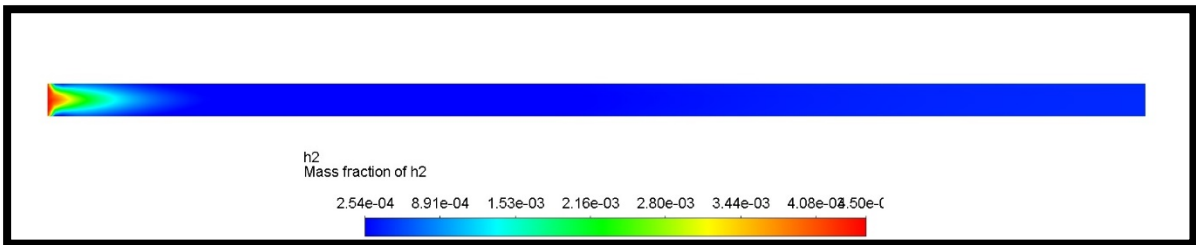


Figura 9. Contorno de la fracción másica de metano.

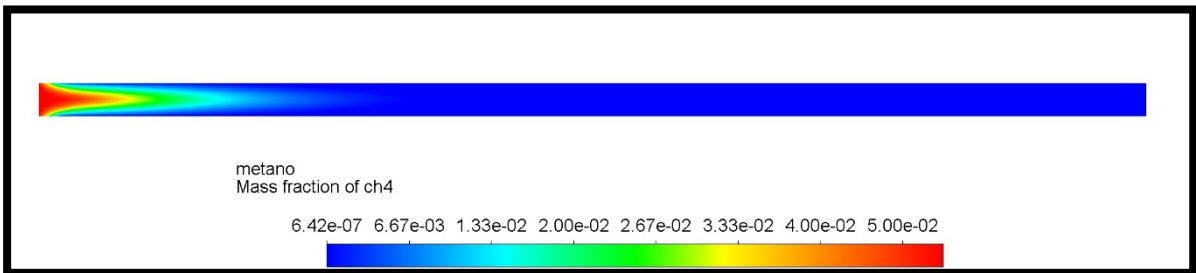
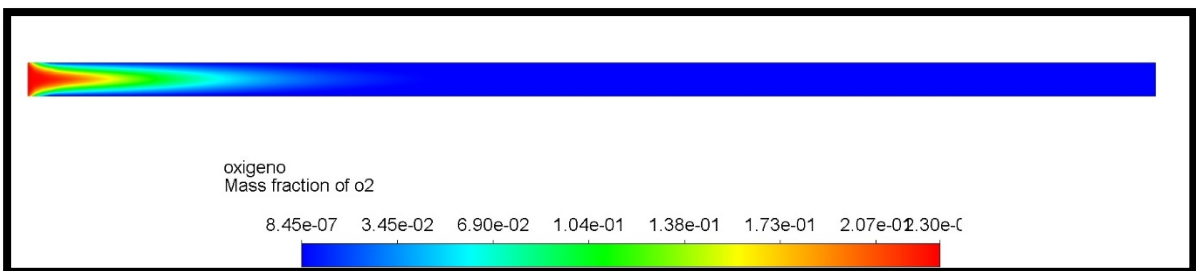


Figura 10. Contorno de la fracción másica de oxígeno molecular.



Los productos de interés se presentan en las siguientes figuras:

Figura 11. Contorno de la fracción másica del agua como producto de las reacciones en el sistema.

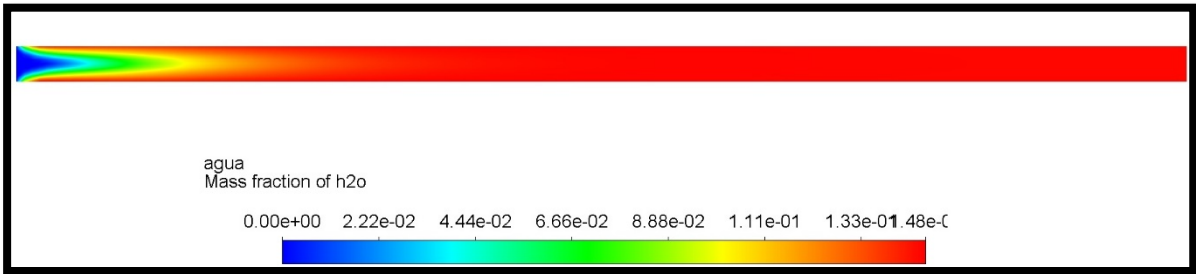


Figura 12. Contorno de la fracción másica del dióxido de carbono como producto de las reacciones en el sistema.

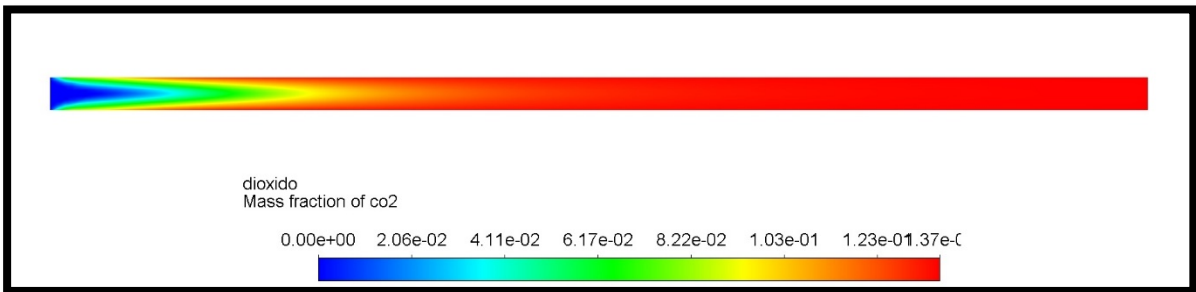
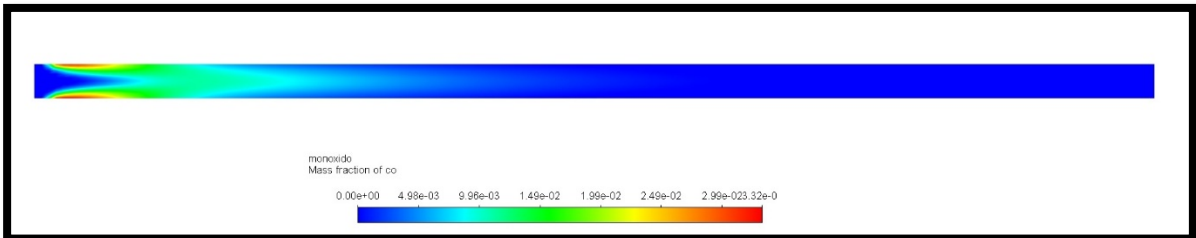


Figura 13. Contorno de la fracción másica del monóxido de carbono como producto de las reacciones en el sistema.



Por último, los contornos que demuestran algunas propiedades físicas del sistema, cuando este alcanza su fase de operación en estado estable:

Figura 14. Contorno de densidad en diferentes puntos de la mezcla, cuando se alcanza el estado estable en el sistema.

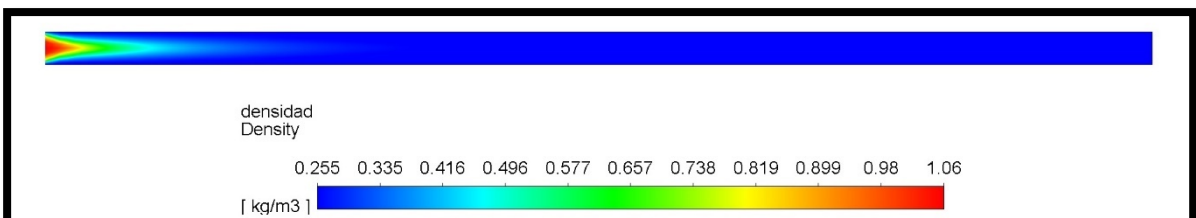


Figura 15. Contorno del número de Reynolds en diferentes puntos de la mezcla, cuando se alcanza el estado estable en el sistema

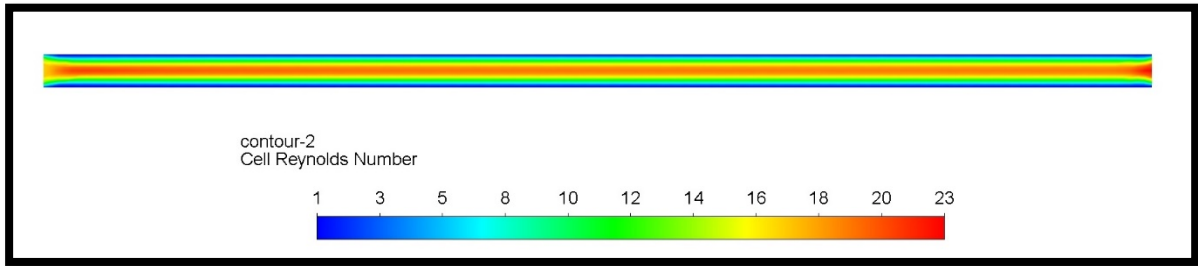


Figura 16. Contorno de la Temperatura en diferentes puntos de la mezcla, cuando se alcanza el estado estable

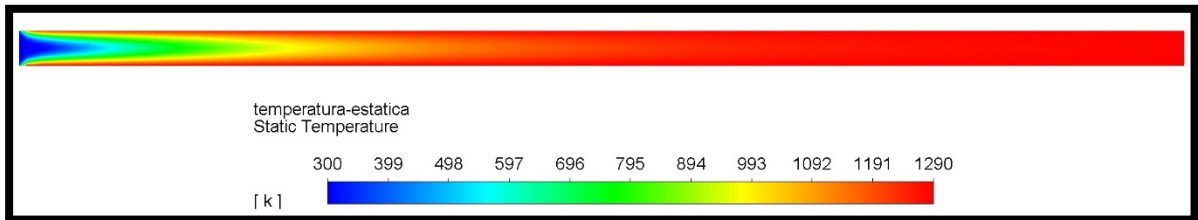
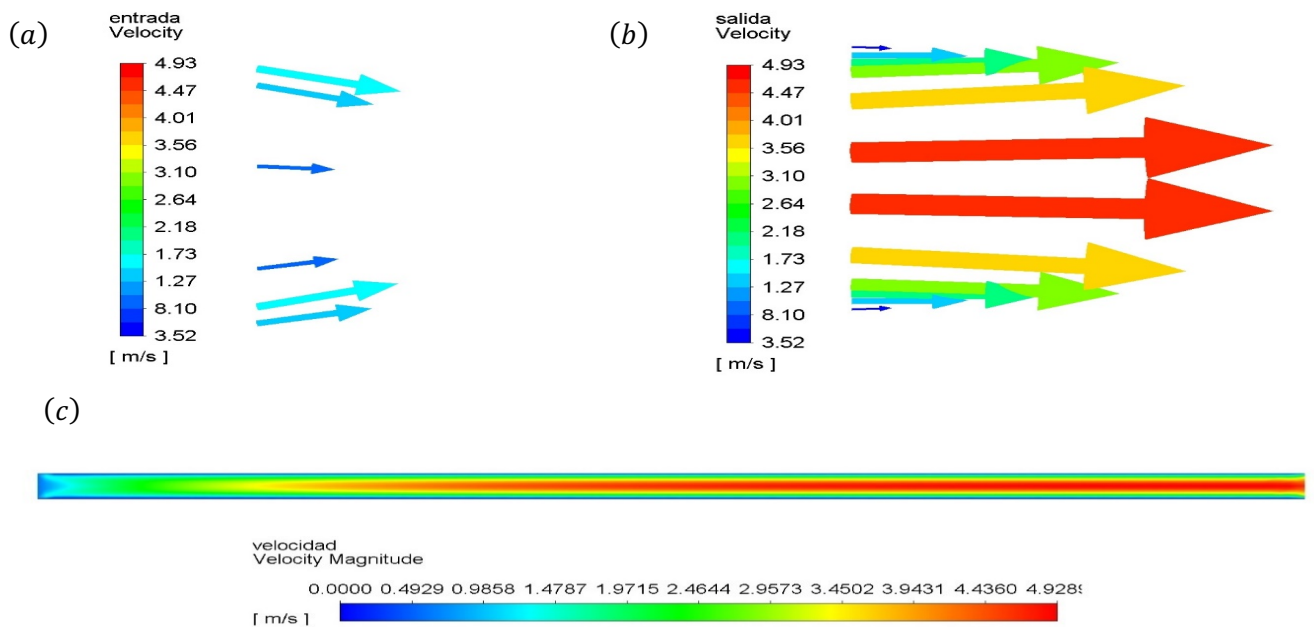


Figura 17. (a) Vectores representativos de la velocidad de la mezcla de gases en la entrada del sistema, (b) Vectores representativos de la velocidad de la mezcla de gases en la salida del sistema, (c) Contorno de la magnitud de velocidad en diferentes puntos de la mezcla, cuando se alcanza el estado estable en el sistema



Gráficas

Figura 18. Gráfica de la posición en X contra la fracción másica de oxígeno molecular

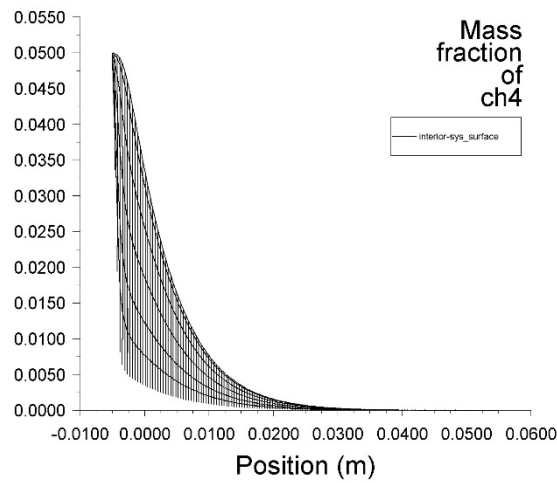
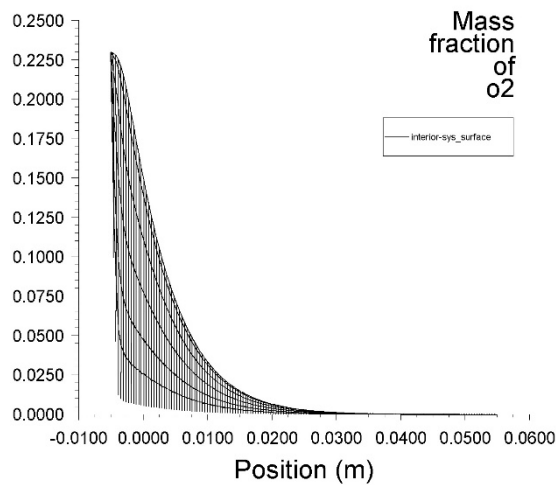


Figura 19. Gráfica de la posición en X contra la fracción másica de metano



Para resultados que se pueden relacionar a manera de función con algún valor de entrada fijo (Por ejemplo, posición en un eje) un tipo de visualización familiar y sencilla de interpretar es la gráfica en X e Y, que presentamos en las siguientes figuras:

Figura 20. Gráfica de la posición en X contra la fracción másica de dióxido de carbono producido.

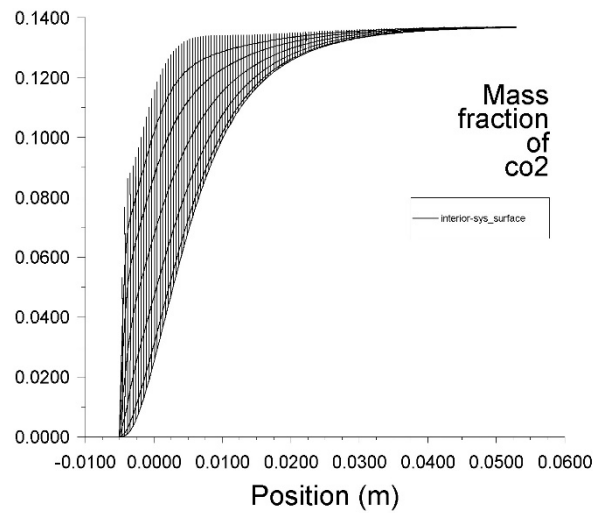
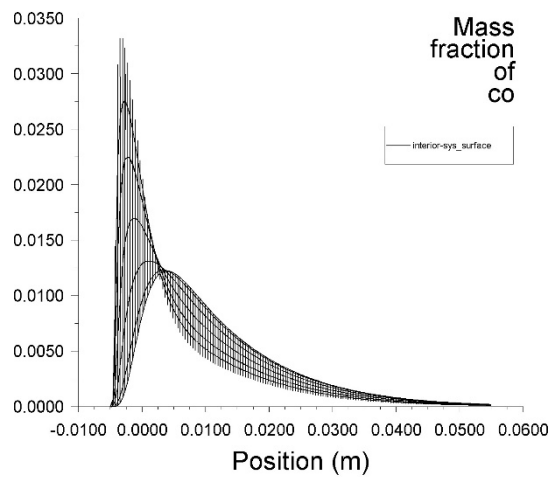


Figura 21. Gráfica de la posición en X contra la fracción másica de monóxido de carbono producido.



## CONCLUSIONES

Los objetivos planteados fueron:

- Replicar las propiedades fisicoquímicas de la reacción. El objetivo de replicar las reacciones químicas se cumplió. Los resultados obtenidos concuerdan con la literatura en experimentos físicos y simulaciones parecidas. Por tanto, se infiere

que las propiedades fisicoquímicas ligadas a tales reacciones son también correctas.

- A reserva de tener un buen control sobre la composición de la mezcla que entra al sistema, se demuestra que el proceso de combustión catalítica es neutral para la atmósfera, lo que abre las puertas para una investigación más detallada en el artefacto, como una posible nueva forma de conversión de energía.
- Gracias a los resultados congruentes con experimentos y simulaciones de otras investigaciones, se concluye que la inserción del software (privativo o libre) de simulación multifísica tiene un gran potencial para complementar la formación teórica y práctica de los estudiantes de ingeniería, permitiendo a propios estudiantes y maestros a simular sistemas que serían muchas veces incosteables si la única opción fuera construirlos físicamente.



---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANSYS Inc., "" (2017, April 17). Canonsburg. Diapositivas [PDF] recuperadas de: [http://www.padtinc.com/blog/wp-content/uploads/2017/04/Advanced-Techniques-in-ANSYS-Meshing\\_Blog.pdf](http://www.padtinc.com/blog/wp-content/uploads/2017/04/Advanced-Techniques-in-ANSYS-Meshing_Blog.pdf)
- Deutschmann, O., Schmidt, R., Behrendt, F., & Warnat, J. (1996). Numerical modeling of catalytic ignition. *Symposium (International) on Combustion*, 26(1), 1747–1754. doi: 10.1016/s0082-0784(96)80400-0
- Zhang, Y., Pan, J., Lu, Z., Tang, A., Zhu, Y., & Bani, S. (2018). The characteristics of pure heterogeneous reaction for H<sub>2</sub>/Air mixture in the micro-combustors with different thermophysical properties. *Applied Thermal Engineering*, 141, 741–750. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.06.021

# PROPUESTA DE COSTO TERMO-ECOLÓGICO COMO INDICADOR DE OPERACIÓN EN TRANSMISIONES LUBRICADAS

ULISES GABRIEL GARCÍA <sup>1</sup>, JOSÉ ALBERTO VELÁZQUEZ PÉREZ.<sup>2</sup>, JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ<sup>3</sup>, JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL<sup>4</sup>, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS<sup>5</sup>

## RESUMEN

Debido al desarrollo de la ciencia y la técnica, el desarrollo tecnológico se ha incrementado de manera contundente en los últimos años. Como consecuencia, se consumen grandes cantidades de recursos naturales, se procesan y regresan al ambiente degradados. Por lo que, se crea la necesidad de implementar metodologías alternas, que estudien la interacción de componentes que operen dentro de un sistema productivo. En este sentido, desde el punto de vista mecánico se ha desarrollado la Tribología, que toma en cuenta, la fricción, desgaste y lubricación; para cuantificar tales fenómenos y tratar de disminuirlos. Por otro lado, desde el punto de vista térmico, se ha desarrollado el concepto de exergía; que toma en cuenta la primera y segunda ley de la Termodinámica; con el objeto de evaluar de manera integral, la interacción de un equipo con el medio ambiente. Además, si se agregan costos económicos, se genera el concepto de costo termo-ecológico; lo cual puede dar cabida a un enfoque termo-mecánico integral en la operación de una transmisión lubricada.

Palabras clave: Tribología, exergía, costo, transmisiones.

## CONCEPTO DE TRIBOLOGÍA

Los avances de los descubrimientos científicos, ha provocado cambios tecnológicos en la producción de bienes y servicios; lo cual impacta de manera considerable, de

---

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana. ugabriel@uv.mx

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana. jvelazquez@uv.mx

<sup>3</sup> Universidad Veracruzana. jmarin@uv.mx

<sup>4</sup> Universidad Veracruzana. jorarenas@uv.mx

<sup>5</sup> Universidad Veracruzana. jdelangel@uv.mx

distintas maneras, en la sociedad. Un evento importante en la historia del hombre, es la revolución industrial; siendo el punto de inflexión, el desarrollo de la máquina de vapor. Así, se irrumpen los aspectos tecnológicos de fabricación de la época, dando como resultado la producción en serie. Se requiere mano de obra en los centros industriales en desarrollo y empieza la migración de personas del campo. Además, el mapa demográfico del entorno tradicional se modifica, las necesidades de la sociedad también. Se inicia un esquema de cambio continuo, a la par del desarrollo tecnológico y ciclos de producción que irremediablemente inciden de manera acentuada en el medio ambiente.

Las diferentes materias primas son extraídas de minas, bosques, mares, ríos, subsuelo, etc. Los desechos de los procesos industriales son liberados al ambiente; ya sea que éstos sean tratados adecuadamente o no. Es decir, se toman recursos naturales del medio ambiente, y se regresan degradados; lo cual incide de forma negativa en el equilibrio y en el proceso de todo recurso natural; es decir, los tiempos de ciclo de vida se alteran. Las consecuencias ya se hacen presentes hoy en día, los recursos naturales cada vez son más escasos. Se ha propuesto políticas a nivel nacional e internacional para desacelerar los daños. En Universidades e Institutos se han propuesto líneas de investigación referentes al mantenimiento, reciclado y perfeccionamiento de procesos productivos, con el objeto de reducir en cierta medida el impacto al medio ambiente.

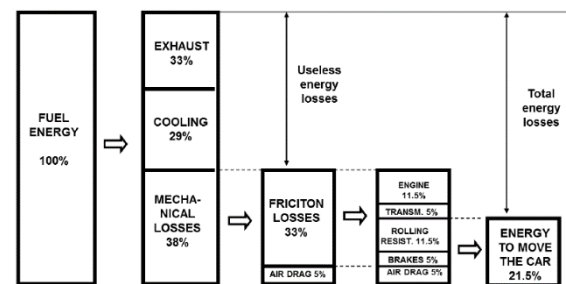
Para la transformación de materias primas en productos terminados, es necesario el uso de procesos industriales, que generalmente se llevan a cabo al utilizar máquinas – herramientas. Al operar un equipo, todo componente tiene un desgaste y además tiene un ciclo de vida; lo cual implica generación de residuos. Con el objeto de prolongar dichos ciclos de vida y aminorar los desechos, se han creado disciplinas que estudian estas problemáticas. La Tribología es una ciencia que estudia el movimiento relativo de

superficies; lo cual incluye a la fricción, desgaste y lubricación. La fricción se entiende como la resistencia relativa al movimiento, el desgaste es la pérdida de material debido al movimiento y la lubricación, es el uso de un fluido o sólido para minimizar la fricción y el deterioro de las superficies en contacto (STLE 2017). En

este sentido, el campo de la Tribología es multidisciplinario; ya que se requieren conocimientos en el campo de la Ingeniería Mecánica, Ciencia de Materiales, Química y algunas otras áreas de conocimiento que se van incorporando; de tal manera que puede impactar en el aspecto medio ambiental. Muchos productos de uso común tienen que ver con aspectos tribológicos; en algunos casos, se desea maximizar la fricción; por ejemplo en la suela de los zapatos, En otros casos, como en los esquíes de un patinador sobre hielo, se desea minimizarla.

La mayoría de los componentes mecánicos tienen partes móviles, lo cual puede involucrar superficies que se mueven unas con respecto a otras. Los frenos y los embragues, se requiere una buena resistencia de deslizamiento con el objeto de limitar el movimiento relativo entre componentes. Existen otros componentes como los cojinetes y engranajes, en donde se requiere minimizar la resistencia al deslizamiento o rotación, con el objeto de atenuar la pérdida de energía por fricción. Cabe resaltar que este último aspecto es de suma importancia; ya que un tercio del combustible usado en autos de pasajeros, es utilizado en fenómenos que tienen que ver con fricción en el motor, la transmisión, llantas y frenos (Holber et al 2012).

Fig. 1 Distribución de consumo de energía en autos de pasajeros (Holber et al 2012)



Además, al ocurrir desgaste, es necesario reemplazar los componentes; por tanto, implica un consumo de energía para producirlos, teniendo una implicaciones económicas y medio ambientales (MECS 2012). En 1960, hubo un incremento pronunciado en las fallas reportadas en plantas industriales y maquinaria asociadas al desgaste, causando pérdidas económicas considerables. Por este hecho, se tuvieron que formar especialistas en las temáticas de fricción, desgaste y lubricación; lo que ocasionó que en muchas universidades en Estados Unidos, ofrecieran la especialidad de Tribología, como parte de su currícula (ASME

2011). Como se puede observar, la Tribología enfrenta algunas de las problemáticas mundiales relativas a la eficiencia energética y los aspectos económicos, sociales y medio ambientales.

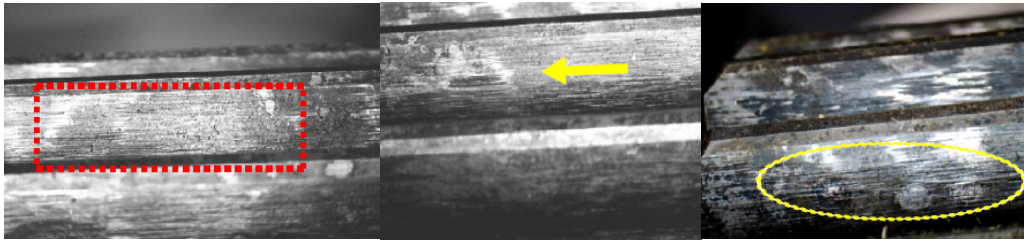
Hoy en día, en plantas industriales, en automóviles, impresoras y mecanismos en general, es común el uso de transmisiones para transmitir potencia mecánica. Los elementos principales de estos mecanismos son los engranes, los cuales pueden ser de diferentes tipos como: de dientes rectos, helicoidales cónico, tipo cremallera, etc.

Fig. 2 Tipos de engranes (Proyectos tecnología 2015).



Las transmisiones por engranes de dientes rectos exteriores son una de las más utilizadas en la industria. Pueden operar en seco o lubricadas. Debido a la carga y el tiempo de operación, los engranes sufren desgaste en la superficie de contacto de los dientes. Lo anterior da lugar a que se desarrollen esfuerzos de contacto considerables, generando desgaste abrasivo y picaduras aun cuando se operen con un sistema de lubricación.

Fig. 3 Fallas por picadura, desgaste abrasivo y rayado en engranajes de dientes rectos exteriores (Amarnath 2008).



Durante muchos años, los especialistas en esta actividad han servido de apoyo a los distintos sectores de la industria mundial que utilizan este tipo de componentes, como lo es la automotriz, naval, aeroespacial entre otras (Amarnath et al 2015, Pandya et al 2013). Toda esta actividad ha dado lugar desde hace algunos años a la aparición de diversas normas técnicas a nivel mundial como AGMA e ISO, las cuales se han aplicado de manera general y han logrado aportar uniformidad y seguridad en el cálculo de los engranajes. Generalmente, se diseña un engranaje con un material y con un tratamiento térmico capaz de soportar las condiciones de trabajo. Sin embargo el desarrollo de fuerzas de fricción debido a dichos fenómenos provoca lo siguiente:

- Pérdida de potencia en la transmisión, por lo que disminuye su eficiencia.
- Dicha pérdida de potencia se transforma en calor, incrementando la temperatura de operación.
- Se reduce la capacidad de carga en la superficie de los dientes incrementando el fenómeno de fatiga.

Para lograr una mejor operación de la transmisión, se utiliza la lubricación, ya que:

- Disipa el calor de los engranajes hacia el exterior.
- Mejora la eficiencia del conjunto.
- Evita el desgaste y la corrosión entre los dientes.

Como puede observarse, al implementar metodologías de cálculo y diseño propuestas en la literatura, es posible el reducir el desgaste y aumentar la vida útil de los engranajes de dientes rectos. Por lo que, los costos en mantenimiento y operación disminuyen; por tanto, las fallas por paros en procesos productivos disminuyen. A su vez, los costos de producción disminuyen; así como los consumos

energéticos en el proceso productivo. Al haber una menor necesidad de piezas de recambio, se utilizan menos materias primas.

Hoy en día, se ha desarrollado el concepto de Tribología Verde (Green Tribology por sus siglas en inglés); la cual aplica al balance ecológico, medio ambiental e impactos biológicos en los procesos productivos.

Por otro lado, Nosonovsky y Bhushan han sugerido los siguientes principios de la Tribología Verde (Nosonovsky et al 2010):

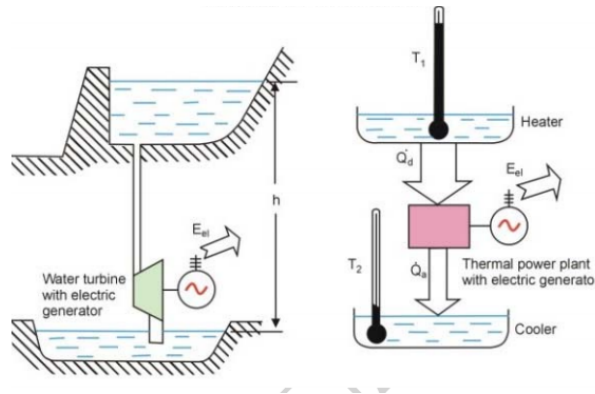
- 1) La minimización de la fricción.
- 2) La minimización del desgaste.
- 3) La reducción o eliminación completa de la lubricación, incluyendo la autolubricación.
- 4) Lubricación natural.
- 5) Lubricación biodegradable.
- 6) Uso de la Química sustentable y Tribología Verde para manufactura componentes de aplicaciones tribológicas, recubrimientos y lubricantes.
- 7) Uso de diseños biomiméticos (inspirados en la naturaleza) para la elaboración de materiales.
- 8) Control del acabado de las superficies que están en contacto.
- 9) Investigación más profunda sobre implicaciones medioambientales en lo referente a recubrimientos.
- 10) Diseño para la degradación de superficies, recubrimientos y componentes tribológicos.
- 11) Monitoreo, análisis y control de sistemas tribológicos en tiempo real, para prevención de la formación de sustancias peligrosas.
- 12) Uso de aplicaciones de energía sustentable para el diseño y operación de sistemas tribológicos.

### **CONCEPTO DE EXERGÍA**

Por otro lado, existen propuestas encaminadas hacia la posible evaluación termodinámica de procesos industriales (Tsaronis, 1996), siendo posible llegar a un mejoramiento en la operación del equipo basada en criterios económicos, termodinámicos o de otra índole. Teniendo este enfoque, se aprovechan los

recursos naturales para operar sistemas térmicos, químicos o biológicos, desde su estado y composición natural en equilibrio, hasta otro estado donde sean útiles para tal fin. Como se sabe, la operación de una central hidroeléctrica utiliza la diferencia de niveles entre dos reservorios de agua. En una central térmica se utiliza la diferencia en temperaturas entre una fuente de alta temperatura y un sumidero a baja temperatura.

Fig. 4 Comparación entre planta hidroeléctrica y térmica (Zsargut 2005).



Si no se toma en cuenta las pérdidas por fricción en la planta hidroeléctrica, se puede decir que toda la energía potencial del agua contenida en el reservorio superior, puede ser convertida en trabajo. Sin embargo en la planta térmica, sólo una parte de la energía térmica, contenida en el reservorio de alta temperatura, puede ser convertida en trabajo; aun operando sin pérdidas. El trabajo de ésta última queda definido por el principio de Carnot:

$$W = Q \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (1)$$

Desde luego, el medio ambiente influye en esta última transformación energética, si la expresión anterior se adapta para cualquier la temperatura  $T$  absoluta constante, de cualquier reservorio energético, e interacciona con la temperatura absoluta del medio ambiente  $T_0$ , entonces se tiene:

$$W_{max} = Q \frac{T - T_0}{T} \quad (2)$$

Siendo el máximo trabajo teórico alcanzable para un ciclo ideal o reversible (Cengel 2009). En la naturaleza todos los ciclos son irreversibles, lo que implica que la



expresión anterior marque un límite; de acuerdo a la segunda ley de la Termodinámica.

Como ya se comentó, no todas las clases de energía se pueden convertir, hasta cierto grado, en trabajo mecánico y así ser transformadas en otro tipo de energía. Esta característica se ha tomado en cuenta para medir su calidad. La exergía es la propiedad termodinámica que toma en cuenta la calidad de la energía, junto con las condiciones medioambientales donde toma lugar (Tsasaronis 1996). En otras palabras, mide el máximo trabajo posible, disponible o útil de cierta cantidad de energía al interaccionar espontáneamente un sistema con su entorno. Comparando el dinero con la energía, se puede hacer la siguiente analogía: una persona gana cien pesos (energía) diarios, pero tiene gastos de treinta pesos; por lo que diariamente dispone de setenta pesos (exergía).

Como los procesos reales tienden a disminuir la calidad de la energía, la entropía está relacionada; así como un nivel de referencia ambiental que es la temperatura. De modo que una expresión para calcular la exergía física específica de una sustancia es:

$$b = h - T_0 * s \quad (3)$$

Siendo:

$b$  = la exergía específica [kJ/kg].

$h$  = la entalpía específica [kJ/kg].

$T_0$  = la temperatura del medio de referencia, generalmente la ambiente [K].

$s$  = la entropía específica [kJ/kg-K].

$T_0*s$  representa la destrucción de la exergía.

Por ejemplo para agua líquida, a presión absoluta de 101.3 kPa, temperatura de 80 °C; teniendo como referencia una temperatura ambiental de 25 °C, se tendría

$$h = 335 \text{ kJ/kg} \quad b = 14.49 \text{ kJ/kg}$$

Cuando la exergía específica se multiplica por la masa de la sustancia en estudio, se obtiene la exergía total  $B$  [kJ].

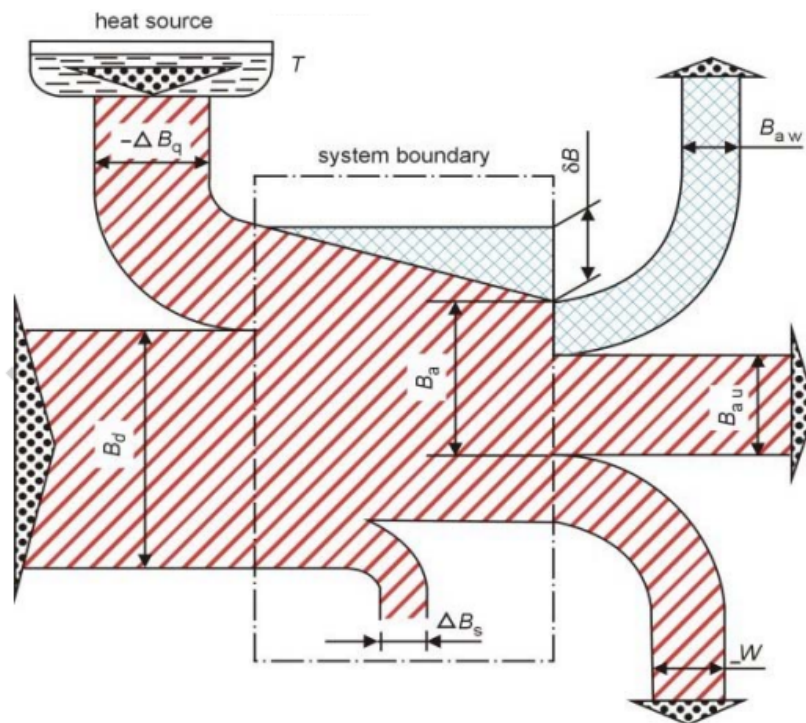
El término de destrucción de la exergía, también está delimitado y aceptado en cierto grado, para reducir el costo de capital o de operación. Se sabe que al elevar la eficiencia de un sistema, también lleva implícita cierta cantidad de inversión

monetaria. Por lo que las pérdidas exergéticas reducen el propósito útil del proceso o el consumo de fuentes primarias de energía para operarlo.

### BALANCE DE EXERGÍA

Como se puede intuir, la exegía no se conserva, por lo tanto, no cumple la primera ley de la Termodinámica (Kotas 1985). La figura 5 muestra un diseño conceptual de balance de exergía para un sistema general; que se puede adaptar a otros sistemas particulares, delimitando los flujos de entrada y salida de diferentes corrientes.

Fig. 5 Diagrama de flujo de un balance de exergía (Zsargut 2005).



Un balance de exergía, podría tener la siguiente expresión:

$$B_d = \Delta B_s + \Sigma \Delta B_q + B_{au} + B_{aw} + W + \delta B_i \quad (4)$$

Donde:

$B_d$  = exergía total entregada al sistema por las corrientes de materia.

$\Delta B_s$  = incremento de exergía del sistema.

$\Sigma \Delta B_q$  = incremento de exergía de la fuente calorífica en contacto con el sistema.

$B_{au}$  = exergía como producto útil liberada por el sistema.

$B_{aw}$  = exergía como producto de desecho liberada por el sistema.

$W =$  trabajo realizado por el sistema.

$\delta B_i =$  pérdida de exergía debido a las irreversibilidades internas del sistema.

En la figura 5, el ancho de las bandas está en proporción a los flujos que representan. Cabe resaltar que la destrucción o pérdida de la exergía, va desde un valor cero hasta un valor calculado mediante la expresión:

$$\delta B = T_0 \Sigma \Delta S \quad (5)$$

Las pérdidas internas de exergía se dividen en técnicas y estructurales. Las primeras son imperfecciones técnicas de las partes componentes del sistema; pudiendo disminuirse si se realiza una mejora en su diseño u operación. Las segundas sólo se pueden disminuir si se cambia la estructura principal del sistema. Por lo tanto, el principal objetivo de un análisis exergético es detectar y cuantificar las causas de las imperfecciones termodinámicas, que invariablemente tienen un impacto ambiental.

#### **CONSUMO EXERGÉTICO ACUMULADO**

Se dice que el consumo exergético debe estar enlazado durante todo el proceso de elaboración de un producto terminado; lo cual, también incluye insumos y materias primas utilizadas. Entonces, el consumo total de exergía de los recursos naturales conectados con la fabricación de un producto determinado, que aparecen en las cadenas de producción; es llamado Consumo Exergético Acumulado (CEA) (Szargut et al, 1987).

Se puede considerar al CEA como un desarrollo análogo al consumo energético primario acumulado (CEPA), que implica un análisis similar al de un costo económico de un producto terminado. En un análisis de CEA, se puede dar cabida a la determinación de pérdidas exergéticas en un proceso determinado dentro de un sistema; posibilitando un mejoramiento e influenciando otros procesos conectados a éste. El en análisis de análisis de CEPA, no se tiene tal posibilidad.

Una alternativa para realizar un análisis de CEA, es establecer ecuaciones que involucren valores de CEA del producto terminado; así como de productos semi-

terminados, subproductos y de la exergía de los recursos naturales extraídos de la naturaleza. Para tal fin, se utiliza la siguiente expresión (Szargut 2005):

$$b_j^* + \sum_u f_{uj} b_u^* = \sum_i f_{ij} b_i^* + \sum_j f_{uj} b_u^* + \beta_j \quad (6)$$

Donde:

$b_j^*$

= *valor específico del CEA gravando al producto mayor del jésimo subproducto.*

$b_i^*$

= *valor específico del CEA gravando al producto mayor del iésimo subproducto.*

$b_u^*$  = *coeficiente del subproducto del uésimo subproducto por unidad del jésimo producto mayor.*

$\beta_j$

= *exergía de los recursos naturales extraídos in el jésimo procesos por unidad del jésimo producto mayor.*

Siguiendo un desarrollo de la metodología, aparecen otros términos interesantes:

$$a_{ij} = \frac{m_{ij}}{\tau_i G_j} (1 - u_i) \quad (7)$$

Donde:

$a_{ij}$  = *coeficiente del iésimo producto semiterminado por unidad del jésimo producto mayor.*

$m_{ij}$  = *número de las iésimas máquinas o instalaciones participando en simultáneamente en la fabricación del jésimo producto.*

$\tau_i$  = *tiempo de vida de la iésima máquina o instalación.*

$u_i$

= *fracción del valor el cual puede ser recuperado por el uso de materias primas secundarias remanentes después del desgaste de la máquina o instalación considerada.*

Una forma de evaluar el CEA es calcular su eficiencia de acuerdo a:

$$\eta_B^* = \frac{b_u}{b_D} \quad (8)$$

$\eta_B^*$  = *eficiencia exergética acumulada.*

$b_u = \text{exergía útil extraída del sistema.}$

$b_D = \text{exergía introducida al sistema.}$

Cabe mencionar que las exergías y CEA de diferentes materias primas y procesos, ya han sido evaluadas de manera general; lo cual puede servir de base para cálculos iniciales y posteriormente ser adaptados a ambientes regionales (Wang et al 2005, Zhou et al 2011, Ptasiniski et al 2006, Özilgen et al 2011, Peiro et al 2008).

#### TÓPICOS ECONÓMICOS APLICADOS AL CONCEPTO DE EXERGÍA

Una corriente exergética al pasar de un proceso a otro, dentro de un sistema, su valor económico específico aumenta. Este principio ha sido utilizado en metodologías que relacionan flujos exergéticos y monetarios, que algunas autores las han llamado Termoeconomía o Exergoeconomía (Abusoglu et al, 2009).

Tsatsaronis y colaboradores (Tsatsaronis 2002) introducen una expresión para calcular el costo del trabajo producido por una corriente exergética dentro de un sistema. El trabajo realizado es conocido como producto útil; al hacer un balance de costos se tiene que:

$$C_w = B_1c_1 - B_2c_2 + R \quad (9)$$

Donde:

$C_w = \text{costo del producto o trabajo útil.}$

$B_1, B_2 = \text{corriente de exergía entrando (1) y saliendo (2) del sistema.}$

$c_1, c_2 = \text{costos específicos de } B_1 \text{ y } B_2.$

$R = \text{costos derivados de los gastos de inversión}$

Una manera de expresar la diferencia de exergías, sería:

$$B_1 - B_2 = W + \delta_B \quad (10)$$

Donde:

$\delta_B = \text{destrucción de la exergía.}$

#### COSTO TERMO-ECOLÓGICO

En general, el Costo Termo-Ecológico (CTE) se puede definir como el consumo acumulativo de la exergía no renovable; siendo tomado en cuenta los efectos

nocivos de los productos de desecho conectado con el producto útil que se lleva a cabo (Szargut 2005).

El CTE se puede manejar como una función objetivo al tomar en cuenta parámetros de operación y construcción de alguna instalación. Además, debe relacionar el CTE de materias primas, productos semiterminados, portadores energéticos; así como componentes económicos que se apliquen a maquinaria e instalaciones. Como alternativa, se puede considerar la re-utilización de materiales después de terminado el ciclo de vida útil del equipo e instalaciones; pudiéndose evaluar con la siguiente expresión:

$$u_m = Z_s \frac{\rho_s}{\rho_m} \quad (11)$$

Donde:

$u_m$  = factor esperado de recuperación del *mésimo* material.

$Z_s$  = fracción de la cantidad inicial del *mésimo* material que puede ser reusado (materia prima secundaria).

$\rho_s$  = CTE específico de la materia prima sustituida.

$\rho_m$  = CTE específico del *mésimo* material.

Una expresión general para el cálculo del CTE es la siguiente (Szargut 2005):

$$P_A = \tau_n \left\{ \sum_j \dot{G}_j \rho_j + \sum_k \dot{P}_k \xi_k - \sum_u \dot{G}_u \rho_i s_{iu} \right\} + \frac{1}{\tau} \left\{ \sum_m G_m \rho_m (1 - u_m) + \sum_r G_r \rho_r \right\} \quad (12)$$

$\dot{G}_j \rho_j$  = flujo nominal y CTE específico del *jésima* materia prima, producto semiterminado o portador energético suministrado al proceso de producción.

$\dot{P}_k \xi_k$  = flujo nominal e índice del CTE específico del *késimo* producto de desecho liberado al ambiente.

$\dot{G}_u$  = producción nominal del *uésimo* producto útil.

$\rho_i s_{iu}$  = CTE específico del *iésimo* producto mayor remplazado por el *uésimo* subproducto y el remplazo en unidades del *iésimo* producto remplazado por unidad del *uésimo* subproducto.

$\tau_n =$  tiempo de operación anual a capacidad nominal de la instalación.

$\tau =$  tiempo de vida útil del equipo en años.

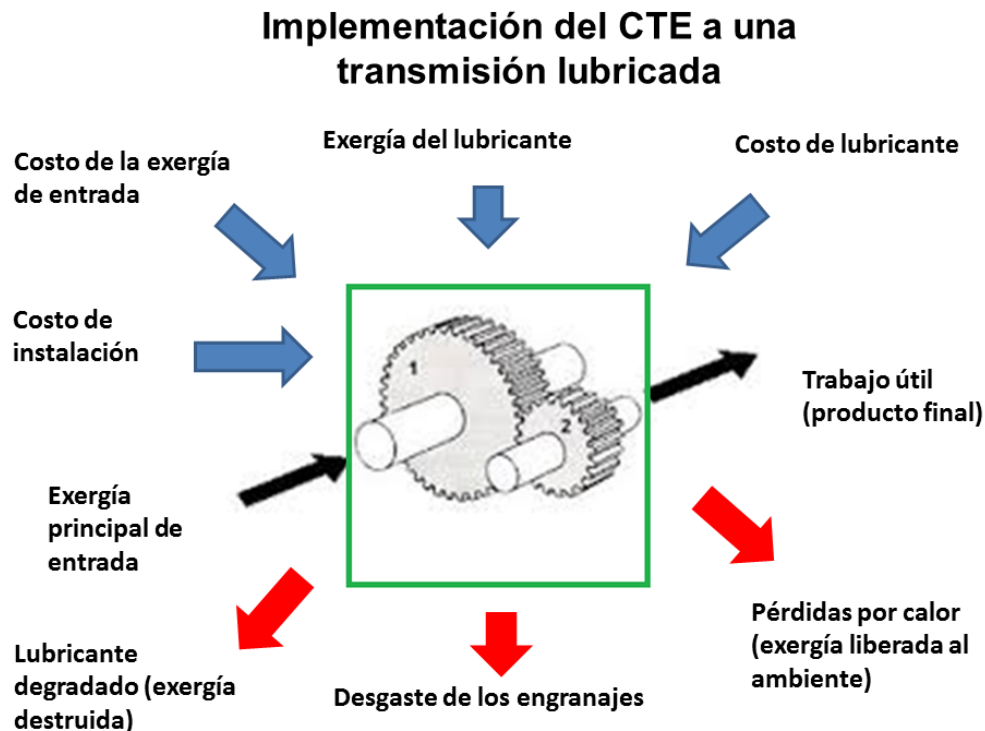
$G_m \rho_m =$  consumo y CTE específico de material o portador de energía utilizado para la construcción de la instalación.

$G_r \rho_r$

= consumo esperado y CTE específico del material o portador energético usado en reparaciones.

Los autores, proponen que la metodología mencionada anteriormente, mayormente utilizada en sistemas térmicos, puede ser adaptada a la operación de una transmisión lubricada, utilizando engranajes de dientes rectos. La siguiente ilustración muestra una propuesta de configuración de corrientes exergéticas y de costos que pudieran relacionarse:

Fig. 6 Propuesta de implementación del CTE a una transmisión lubricada



Fuente propia

---

Por otro lado, existe un estudio para aplicar un impuesto ecológico basado en la destrucción de la exergía, el consumo de los recursos no renovables y el impacto ambiental (Szargut 2002); la cual podría enriquecer y robustecer la propuesta mencionada.

## **CONCLUSIÓN**

Con la continua evolución de la ciencia y la tecnología, el ser humano ha sido capaz de alcanzar cierto grado de confort y calidad de vida. No obstante, también han surgido problemáticas a nivel mundial, producto de tal desarrollo. La degradación de la naturaleza, aunado a la disminución de sus recursos, provoca una situación que debe enfrentarse de manera seria y colaborativa. Existen diferentes metodologías científicas enfocadas a lograr tal objetivo. Desde un criterio termodinámico, surge el concepto de exergía que posibilita la corrección de imperfecciones existentes durante las transformaciones energéticas que experimente un sistema, combinando la primera y segunda ley de la Termodinámica. Si se agregan flujos de costos económicos a un análisis exergético, combinado con parámetros de productos de desecho que impactan al medio ambiente; se tiene una metodología que puede evaluar el Costo Termo-Ecológico perteneciente a la elaboración de un producto final. EL CTE fue inspirado en sistemas térmicos principalmente, pero se puede adaptar a otros sistemas porque las corrientes exergéticas y materias primas son creadas principalmente a partir del consumo de combustibles fósiles.



## Referencias Bibliográficas

- Society of Tribologists and Lubrication Engineers (STLE), 2017. Recuperado: [http://www.stle.org/files/What\\_is\\_tribology/Tribology.aspx](http://www.stle.org/files/What_is_tribology/Tribology.aspx)
- Holmberg, K., Andersson, P. and Erdemir, A. Global Energy Consumption Due to Friction in Passenger Cars. *Tribology International* 47, 221-234 (2012)
- Manufacturing Energy Consumption Survey (MECS) 2012. Us Energy Information Administration. Recuperado: <http://www.eia.gov/consumption/manufacturing/>
- Tipos de engranajes, 2015. Proyectos tecnología <http://proyectostecnologica.weebly.com/agustiacuten-riquelme.html>
- Amarnath M., Sujatha C., Swarnamani S. (2008). Experimental studies on the effects of reduction in gear tooth stiffness and lubricant film thickness in a spur geared system. *Tribology International*, 42, 340-352.
- Amarnath M., Sang-Kwon Lee, (2015). Assessment of surface contact fatigue failure in a spur geared system based on the tribological and vibration parameter analysis. *Measurement*, 76, 32-44.
- Pandya Y., Parey A. (2013) Crack behavior in a high contact ratio spur gear tooth and its effect on mesh stiffness. *Engineering Failure Analysis* 34, 69-78.
- Becerra A.M.; Moya J.L.; Goytisoló R.; Gabriel U. (2012) Influencia de la corrección de altura en la disminución de las fallas de picadura y desgaste en engranajes cilíndricos de dientes rectos exteriores. VII Conferencia Internacional de Ingeniería Mecánica 2012. Santa Clara Cuba. ISBN 978-959-250-757-9.
- Chen Z., Shao Y. (2012). Mesh stiffness calculation of a spur gear pair with tooth profile modification and tooth root crack. *Mechanism and Machine Theory*, 62, 63-74.
- Nosonovsky M., Bhushan B (2010). Green tribology: principles, research areas and challenges. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 368, 4677–4694.
- Modern Applications of Tribology (2011). American Society of Mechanical Engineers ASME. Recuperado: <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/tribology/modern-application-of-tribology>
- Tsatsaronis G., 1996. Exergoeconomics: Is It Only a New Name?, *Chem. Eng. Technol.* 19 (1996) 163-169
- Zsargut J., 2005. Exergy Method Technical and Ecological Applications, WIT Press, Great Britain, ISBN: 1-85312-753-1.
- Cengel Y. C. (2009). Termodinámica, Sexta edición, México D. F., México, McGraw Hill Educación, ISBN: 978-970-10-7286-8
- Kotas T., 1985, The Exergy Method of Thermal Plant Analysis, Elsevier, ISBN: 978-0-408-01350-5

- Szargut, J., & Morris, D. R. (1987). Cumulative exergy consumption and cumulative degree of perfection of chemical processes. *International Journal of Energy Research*, 11(2), 245-261.
- Wang, W., Zmeureanu, R., & Rivard, H. (2005). Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization. *Building and environment*, 40(11), 1512-1525.
- Zhou, C., Hu, D., Wang, R., & Liu, J. (2011). Exergetic assessment of municipal solid waste management system in south Beijing. *Ecological Complexity*, 8(2), 171-176.
- Ptasinski, K. J., Koymans, M. N., & Verspagen, H. H. G. (2006). Performance of the Dutch energy sector based on energy, exergy and extended exergy accounting. *Energy*, 31(15), 3135-3144.
- Dewulf, J., Van der Vorst, G., Versele, N., Janssens, A., & Van Langenhove, H. (2009). Quantification of the impact of the end-of-life scenario on the overall resource consumption for a dwelling house. *Resources, conservation and recycling*, 53(4), 231-236.
- Özilgen, M., & Sorgüven, E. (2011). Energy and exergy utilization, and carbon dioxide emission in vegetable oil production. *Energy*, 36(10), 5954-5967.
- Peiro, L. T., Mendez, G. V., & Durany, X. G. I. (2008). Exergy analysis of integrated waste management in the recovery and recycling of used cooking oils. *Environmental science & technology*, 42(13), 4977-4981.
- Abusoglu, A., & Kanoglu, M. (2009). Exergoeconomic analysis and optimization of combined heat and power production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2295-2308.
- Tsatsaronis, G., & Park, M. H. (2002). On avoidable and unavoidable exergy destructions and investment costs in thermal systems. *Energy Conversion and Management*, 43(9), 1259-1270.
- Szargut, J. (2002). Application of exergy for the determination of the pro-ecological tax replacing the actual personal taxes. *Energy*, 27(4), 379-389.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE FORTALECIMIENTO DE CUERPOS ACADÉMICOS Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN CIFCA-2019 Zona Sur

---

# DISEÑO DE SISTEMAS INTELIGENTES DE ILUMINACIÓN MEDIANTE SENSORES DE LUMINOSIDAD

CÉSAR ARTURO REYES HUERTA<sup>1</sup>, LUIS ALBERTO CONTRERAS MARTÍNEZ<sup>2</sup>, YARA SEGURA DE JESÚS<sup>3</sup>,  
ONÉSIMO ANTONIO AYALA ELIZAIS<sup>4</sup>

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en el diseño de la iluminación inteligente en las aulas de un edificio dentro de la institución para incrementar el ahorro energético, mejorar la calidad visual de los usuarios y aprovechar la luz natural.

Propone el diseño de un sistema inteligente de iluminación moderno y eficiente, con la finalidad de reducir el consumo ocasionado por el inadecuado manejo de este recurso, debido a que la mayor parte del tiempo las luminarias se quedan encendidas y por el tiempo y desgaste no otorga la misma calidad y eficiencia. Al implementar este sistema se pretende reducir el consumo excesivo sin afectar la eficacia de iluminación que se le entrega a los usuarios dentro del aula. Este sistema utiliza datos suministrados de la cantidad de luminosidad que existe en las diferentes aulas del edificio a diferentes horas del día. Así, como el cálculo de los niveles de reflexión que existe dentro de estas.

Además, este estudio plantea la modernización del sistema de iluminación para poder ofrecer un mejor ambiente en el ámbito escolar, ahorrar energía y reducir los gastos económicos que representa el inadecuado uso de la energía.

Palabras clave: Ahorro de energía, sistemas de iluminación, diseño.

## ABSTRACT

This assignment is about a smart lighting design of a classroom of a building inside an institution to increase energy saving.

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Toluca. blue.cesar@hotmail.es

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Toluca. luis\_acontrerasm@outlook.es

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Toluca. ysegurad@toluca.tecnm.mx

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Toluca. ysegurad@toluca.tecnm.mx

This assignment proposes the design of a smart modern lighting system with the purpose of decreasing of consumption caused by improper handling of the light due to most of the time lighting burning unnecessary time and it changes its duration. When implementing this system is reduce the excessive consumption without affecting quality lighting in the classroom. This system is data provided of quantity luminosity that exists in the different classroom in the building at different hours day, as well as the calculation of the level of reflection that exists within them.

This survey poses the lighting system modernization for providing the best possible school environment, saving energy and saves economy costs which represents improper handling of the light.

Keywords: Energy saving, lighting system, design

## **INTRODUCCIÓN**

La domótica es un término empleado en el área de la tecnología, para referirse a todo aquello que constituye el dominio y la supervisión de todos los elementos que integran una edificación compuesta por oficinas, escuelas o sencillamente una vivienda. (Rosalía Holzschuh, 2009). Es un grupo de tecnologías que se encuentran adaptadas para ejercer el control y sistematización dentro de una vivienda, con la finalidad de poder proporcionar un uso eficiente de la energía, así mismo aportar seguridad y comodidad; lo que permitirá que exista una comunicación entre el beneficiario y el sistema. (Carol M. Warner, 2016)

Un ejemplo de esto son los sistemas inteligentes de iluminación que se han implementado en diferentes instituciones educativas y de sector salud en donde se han detectado casos en los que existe baja calidad visual durante las clases, principalmente por las mañanas y por las noches. Con el fin de estudiar los efectos de la iluminación en la salud humana y las enfermedades, el Smart Lighting Engineering Research Center (ERC) del Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) ha instalado recientemente un novedoso banco de pruebas de su sistema de iluminación inteligente para hospitalización, único en su tipo, para el estudio de la iluminación automatizada en el Centro de Salud de la Universidad de Nuevo México (UNMHC) en Albuquerque, Nuevo México. Además, de un consumo desmedido e

irresponsable de energía eléctrica, debido a que no existe personal responsable del control de consumo o en dado caso algún equipo capaz de controlar o regular el gasto.

Al momento de implementar o modificar un sistema de alumbrado es indispensable conocer el consumo energético que generan cada una de las luminarias existentes en el mercado. Ya que, este es uno de los principales servicios que se otorga a la comunidad en general, además, sí se considera que en la mayoría de las instituciones, establecimientos, hogares y demás, aún se utilizan tecnologías anticuadas e ineficientes y su empleo depende de los hábitos del factor humano, el gasto contemplado para cubrir esta necesidad podría duplicarse o triplicarse, adicional a la calidad que se le otorga a los usuarios que en repetidas ocasiones suele ser insuficiente e innecesaria, provocando daños físicos y psicológicos.

Es en las instituciones educativas principalmente donde se presentan este tipo de condiciones, provocando afectación al rendimiento escolar y a los alumnos. En repetidas ocasiones es común ver en una escuela que exista total iluminación dentro de las aulas, principalmente por las tardes, durante la noche, los fines de semanas y días festivos, sin que existan usuarios que aprovechen esa iluminación, lo que representa un desperdicio económico que puede emplearse en otras áreas, como incentivos y apoyos para equipamiento dentro de los laboratorios o como ayuda para que los alumnos desarrollen proyectos innovadores.

La iluminación se debe adaptar a las diferentes tareas que se realizan dentro del aula, haciendo uso del pizarrón, trabajando en el escritorio o en la pantalla de su computadora. En todo momento es necesaria la iluminación natural o artificial, en este último caso con un uso adecuado. (Rodríguez R, 2015)

Hoy en día el uso de sistemas inteligentes de iluminación en aulas estudiantiles es una de las más frecuentes. (TRILUX, 2018). Esto debido a la perfecta calidad visual que nos proporciona y a su vez no genera mucho desperdicio de energía eléctrica como las luminarias nominales. Al implementar estos sistemas automatizados es posible reducir el consumo excesivo dentro de las aulas de un 30% hasta un 50%. El ahorro energético es definido como la relación entre la cantidad de energía

consumida y los productos o servicios finales obtenidos. Es decir, no se va a ver afectada la calidad de la iluminación al utilizar este tipo de sistemas. (TRILUX, 2018) Para esto, en común encontrar el uso de sensores de luminosidad principalmente por la accesibilidad y calidad que estos manejan ya que, en comparación con otro tipo de sensores resultan ser más eficaces (TRILUX, 2018)

Resulta oportuno mencionar que el uso de luminarias nominales suele generar un mayor gasto, debido a que, deben de tener un mantenimiento adecuado tanto en la luminaria como en la instalación eléctrica. Es común encontrar esta condición si atender, ya que en algunas escuelas ignoran los gastos que se generan por omisión del mantenimiento y por los consumos elevados que se pueden generar si existiera un problema eléctrico. (TRILUX, 2018)

El concepto de iluminación inteligente que se propone ofrece cambios en los patrones de iluminación dependiendo los niveles de luz natural que se tienen a diferentes horas del día. Al implementar un sistema inteligente, mejorará la calidad visual dentro del aula para los usuarios hasta en un 50% y se reducirán los costos por consumos desmedidos y excesivos de energía.

#### Marco legal

La norma que nos rige en los niveles de iluminación y que además establece en que medidas debe de estar, así como también su mantenimiento es la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. (Secretaría del trabajo y previsión social, 2008)

Su principal objetivo es establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores. Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

Resulta oportuno identificar aquellas áreas del centro de trabajo donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento, para esto se realiza un recorrido por todas las áreas del centro de trabajo donde los trabajadores realizan sus tareas visuales; en el contenido de la norma se consideran los siguientes aspectos de iluminación:

- Lámparas y luminarias.
- Los sistemas de alumbrado.
- Los niveles de iluminación.
- El deslumbramiento.
- La reflexión.

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1. (Tomado de NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.)

Tarea visual del puesto de trabajo	Área de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	100
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; actas y muy prolongadas, y muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	200

A partir de los registros del reconocimiento, se debe realizar la evaluación de los niveles de iluminación en las áreas o puestos de trabajo, así como también determinar el factor de reflexión en el plano de trabajo y paredes que por su cercanía al trabajador afecten las condiciones de iluminación y compararlo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la Tabla 2.

Tabla 2. Niveles permisibles de reflexión (Modificado de NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.)

Concepto	Niveles máximos permisibles de reflexión, Kf(que unidad es esta)
Paredes	50%
Plano de trabajo	60%

**METODOLOGÍA**

Cuando se requiere hacer un estudio para saber si los niveles de iluminación son los indicados dentro de un establecimiento de trabajo (en este caso un aula), se tiene un protocolo predeterminado tal como lo marca la NOM-025-STPS-2008. Se debe hacer un breve reconocimiento del área de trabajo y de acuerdo con la información obtenida, se establecerá la ubicación de puntos de medición en dicha área, donde se evaluarán los niveles de iluminación.

Cuando se utilice iluminación artificial (energía eléctrica), antes de realizar las mediciones, se debe de cumplir con lo siguiente:

- a) Encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo de luz se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas.
- b) En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición, y
- c) Los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.

Una vez que se cumplen estas normas se puede hacer la medición de los niveles de iluminación en la zona de trabajo.



**DESARROLLO**

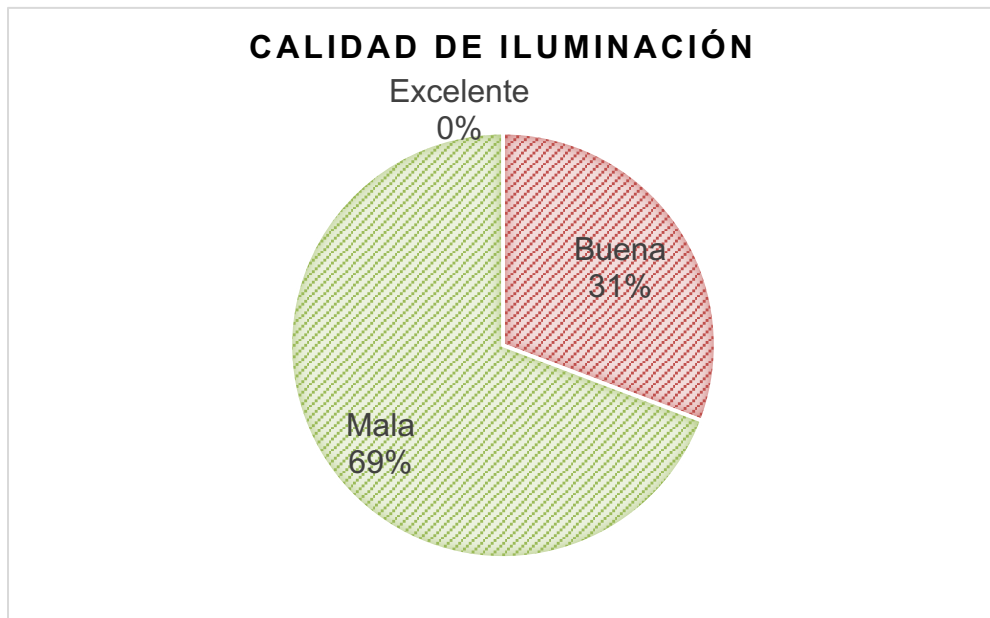
Para empezar, se identifico la zona de trabajo, un edificio dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Toluca. Una edificación con ya muchos años de antigüedad que ha brindado sus servicios generación tras generación y que por consecuencia está un poco descuidado en lo que se refiere a estructura e instalaciones eléctricas.

Principalmente se realiza una pequeña encuesta al alumnado y personal que haga uso del edificio, ya que, son los afectados directos de los problemas que se presentan en esta edificación.

La encuesta arrojó los siguientes resultados y comentarios.

La figura 1, muestra que aproximadamente el 70% de la población encuestada asegura que existe mala iluminación en las aulas, principalmente durante las mañanas y las tardes donde la luz natural es más escasa.

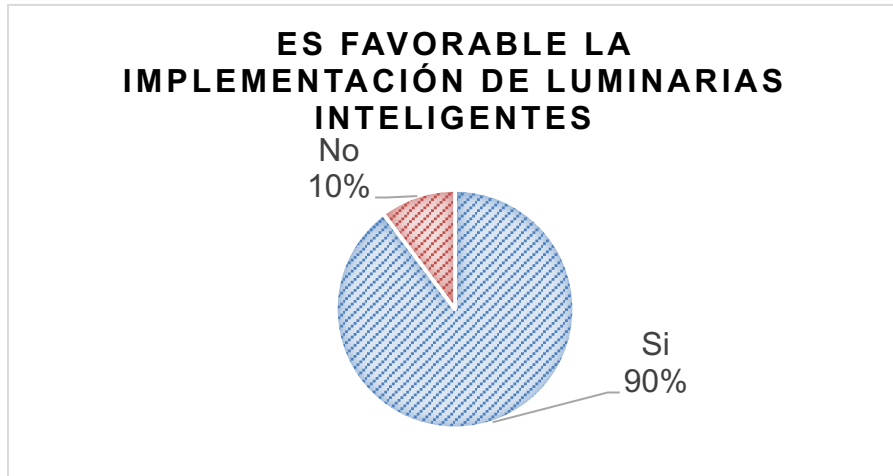
Figura1. Calidad de iluminación dentro de las aulas del edificio de Electromecánica del ITToI 2019.



Así mismo, podemos darnos cuenta de que los alumnos declaran que el no tener una buena iluminación puede afectar de manera significativa su desempeño escolar.

Además, la Figura 2 muestra favorable la aceptación de que en su edificio se implemente un sistema de iluminación inteligente, así también de que están de acuerdo en que si es relevante adoptar este sistema en el Tecnológico de Toluca.

Figura 2. Implementación de luminarias inteligentes en el edificio de Electromecánica del ITTol.



Después de ver los resultados de la encuesta se puede observar que la propuesta de los sistemas inteligentes de iluminación es muy favorable, pero se deben estar seguro de que la iluminación dentro de estas aulas es deficiente y para eso se debe de hacer un registro en el cual se evalúan los niveles de iluminación que se están emitiendo. Dichas pruebas se realizaron en el edificio beneficiado.

Debido a esto, primero se deben encender las luminarias un poco antes de comenzar con las mediciones (basados en la norma), cabe mencionar que estas se hacen con un aparato especial denominado "Luxómetro", el cual se muestra en la figura 3.

Figura 3. Luxómetro, aparato usado para medir la cantidad de iluminación que existe en un espacio determinado.



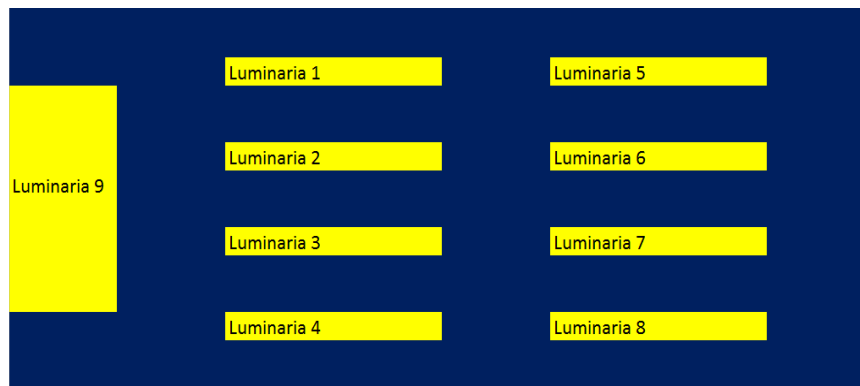
Una vez que se han encendido las luminarias previas a las mediciones tenemos que dividir el área de trabajo en diferentes secciones, esto generalmente es en las secciones en las que se encuentran ubicadas las luminarias. Cuando se realizan las mediciones se debe tener perfectamente distribuido el espacio y no solo se debe tomar una medición, si no varias, a diferentes horas del día. El área de trabajo debe de estar despejada como se puede ver en la Figura 4.

Figura 4. Área despejada y luminarias encendidas previas a las mediciones.



Se realizaron 9 mediciones a diferentes horas del día y distintos días a la semana, al final se pudo obtener un promedio de estas mediciones para saber el rango en el que se encuentra la iluminación. Cabe mencionar que estas mediciones son por sección y tiene mucho que ver la luz natural que entra por las ventanas. A continuación, se presentan las secciones distribuidas como se puede ver en la figura 4.

Figura 4. Distribución de luminarias dentro del aula.



Los resultados al finalizar estas mediciones fueron muy poco favorables, ya que no cumplen con los niveles de iluminación adecuados como lo marca la norma, se hizo un registro de cada una de las secciones y de nueve luminarias que se encuentran

en las aulas, solo una pudo llegar al nivel mínimo de iluminación aun cuando la luminaria está cerca de una ventana. Los resultados de las mediciones se pueden observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Niveles de iluminación en el área de trabajo, dividida por secciones.

Numero de sección (Luminaria)	Nivel de iluminación (Luxes)
Sección 1	289 luxes
Sección 2	295 luxes
Sección 3	290 luxes
Sección 4	299 luxes
Sección 5	295 luxes
Sección 6	192 luxes
Sección 7	191 luxes
Sección 8	280 luxes
Sección 9 (Doble lámpara)	351 luxes

Como se puede observar los niveles de iluminación que se obtienen en comparación con los niveles mínimos que marca la norma son muy bajos y esto perjudica al desempeño académico del alumnado.

Como consecuencia, de esto se planteó la búsqueda de sistemas inteligentes que emitan una iluminación de calidad y además brinde un ahorro energético, así como destellos de modernización.

Ante la situación planteada, en los últimos años las exigencias para las construcciones de aulas o áreas de estudio han aumentado constantemente. Ya no es suficiente que la iluminación proporcione simplemente luminosidad; más bien debe crear una atmósfera óptima para las actividades a realizar dentro del área.

Además, también debe convencer en lo referente a la rentabilidad y al balance ecológico. De esta manera se tiene que buscar una solución moderna para poder cumplir con las altas expectativas, en este caso, buscar luminarias que nos proporcionen los niveles de luminosidad que buscamos para las aulas.

La iluminación de un centro docente debe proporcionar un alto confort visual garantizando un nivel adecuado de iluminación y controlando rigurosamente el riesgo de deslumbramiento. Por otra parte, el diseño de la iluminación de un centro de enseñanza debe cumplir con las normas de seguridad para personas y bienes,

en especial las normas para equipos eléctricos, y permitir el uso racional de la energía. (TRILUX, 2018).

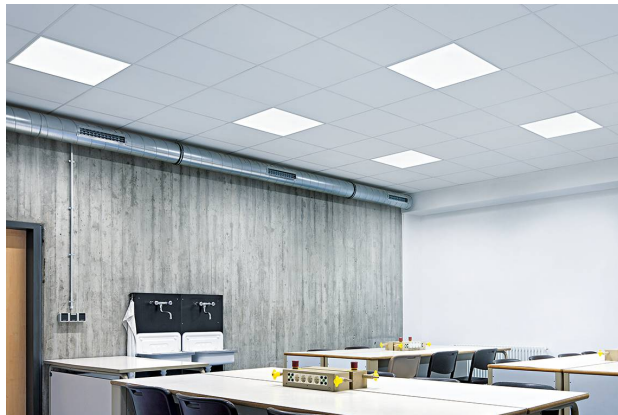
Así como también minimizar el consumo energético, para reducir los gastos de servicio y los largos intervalos de mantenimiento.

Las luminarias elegidas son del fabricante TRILUX, especializados en ahorro de energía, son luminarias tipo led que ofrecen un beneficio extremo en cuanto a calidad de luz se refiere. Al analizar sus mejores luminarias en catalogo nos encontramos con el tipo de luminaria que se requiere.

Se trata de la luminaria ARIMO SLIM SKY LED.

La modernización es exigente y versátil es por ello por lo que se debe cubrir toda la gama de tareas visuales en el en las aulas. Este tipo de luminarias consiste en una familia de estas, colocadas en distintos puntos del aula y ofreciendo un gran número de formas constructivas, medidas y ópticas. Proporciona una luz eficiente y exenta de deslumbramiento, así como poner unos toques atractivos en el aula, como se puede ver en la figura 5.

Fig. 5 Luminaria moderna, eficiente y que además brinda un muy buen ahorro en el consumo energético. (Tomado de catálogo TRILUX, 2018)



Eficiencia energética: 110 lm/W, larga vida útil de 50.000 horas.

Tiene una integración sencilla en un sistema de gestión de la iluminación, por ejemplo, sistemas domóticos.

A través de la combinación con un sistema de gestión de la iluminación, por ejemplo, el uso de sensores, la eficiencia energética de la instalación de iluminación se puede aumentar aún más. Con los sensores de presencia se puede minimizar el consumo

energético y un control dependiente de la luz natural garantiza que se aproveche la luz de forma óptima.

Las luminarias elegidas brindan un buen confort, pero también se eligió la marca de los sensores que hará complemento con estas.

Figura 6. Cimentación para el aula escolar del edificio M.

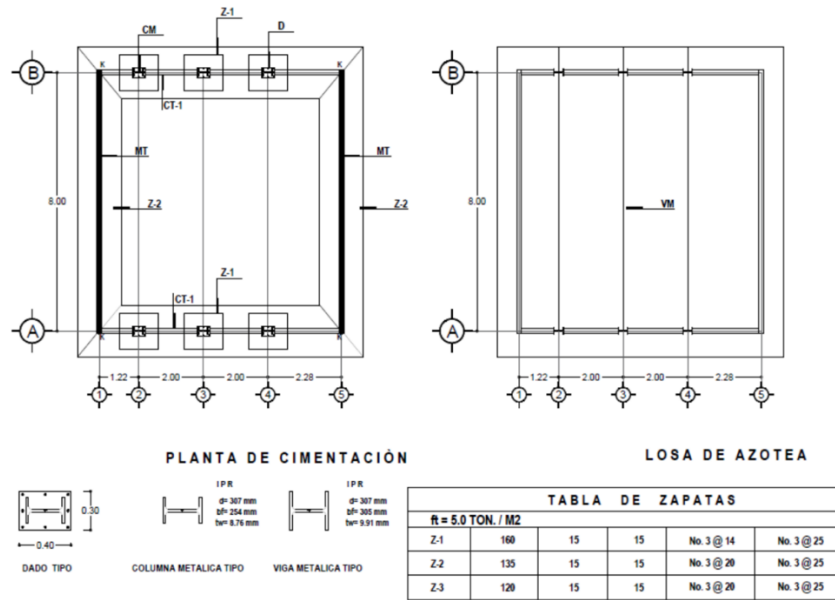


Figura 7. Instalación eléctrica para el aula escolar del edificio M.

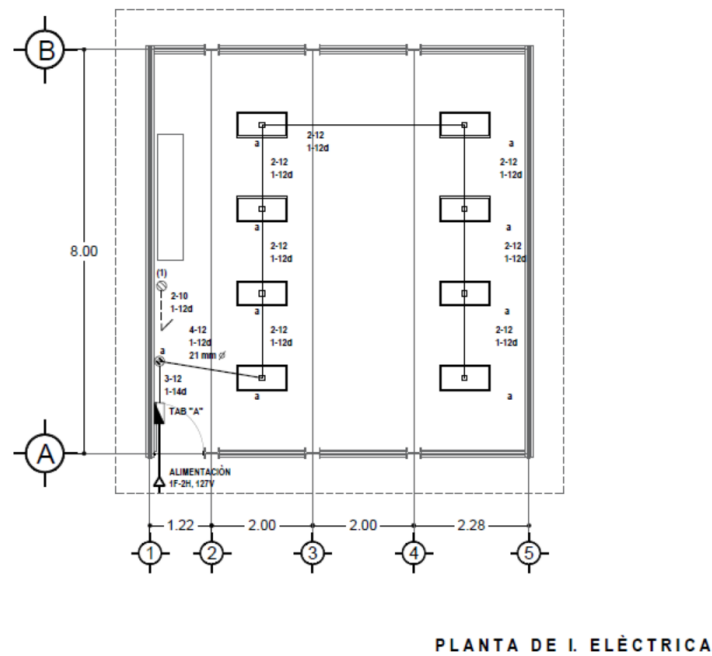
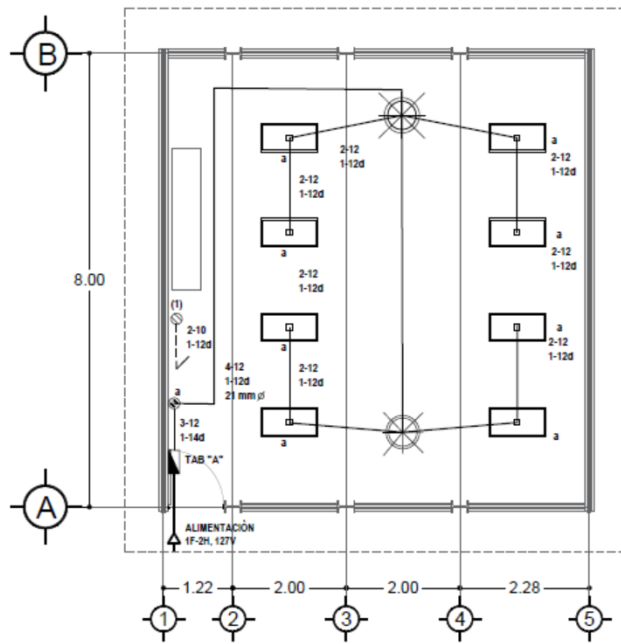


Figura 8. Propuesta de instalación eléctrica con sensores de luminosidad para el aula escolar del edificio M.



PLANTA DE I. ELÈCTRICA

Al usar los sensores de luminosidad nos permite la activación de las luminarias en ausencia de luz, cada sensor controla la mitad del aula, permitiendo el aumento o disminución de la luz generada por las lámparas. No solo beneficiara el consumo energético, si no que se mantendrá un area de trabajo con condiciones adecuados sin importar el horario y condiciones que afecten la luz.

En las condiciones que tenemos, tendremos un interruptor que permitirá desactivar los sensores y las lámparas en cualquier momento.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. (Secretaría del trabajo y previsión social, 2008)

TRILUX, (2018). *Cátalogo de luminarias*. México S.A de C.V

Holzschuh, R. (2009). Domótica y ahorro de energía. *Redalyc*

Gérman, L. (2015). Sensores y actuadores. Ciudad de México: Patria

Conejo, J. (2014). Instalaciones eléctricas. México: Mc Graw Hill



# PRETRATAMIENTO COMBINADO PARA EL FRACCIONAMIENTO DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA

MARIELA MOLINA JACINTO<sup>1</sup>, RAYMUNDO SÁNCHEZ OROZCO<sup>2</sup>

## RESUMEN

En este trabajo se evaluó el fraccionamiento de biomasa lignocelulósica *Typha latifolia* bajo diferentes condiciones de operación para la producción de azúcares fermentables. Para esta investigación se irradió el sustrato seco empleando fuente Cobalto 60 (<sup>60</sup>Co- $\gamma$ ) a dosis de 600, 1200 y 1800 KGy. Se analizó la influencia del pretratamiento sobre la biomasa lignocelulósica mediante caracterización por espectroscopía infrarroja (FTIR) y termogravimetría (TGA). Finalmente se empleó un diseño de experimentos para maximizar el rendimiento de azúcares reductores a través de la metodología de superficie de respuesta con un diseño Box–Behnken. Los espectros de infrarrojo (FTIR) de la biomasa irradiada en comparación con la muestra control mostraron diferencias significativas en la intensidad de los grupos funcionales O-H, C-H y C-O-H. El análisis termogravimétrico (ATG-DTG) permitió identificar las tasas de descomposición y máxima degradación de la biomasa, asociadas a la descomposición extractiva de la biomasa y esencialmente, a sus tres componentes principales (hemicelulosa, celulosa y lignina). La producción de máxima de azúcares reductores en la biomasa lignocelulósica fue 85.35 mg azúcar reductor / mg biomasa seca con una carga de 4 %p/v, temperatura de 135 °C, tiempo de 75 min y dosis de 1200 KGy. Los resultados de este trabajo constituyen una primera etapa de recolección de datos a nivel laboratorio, tendiente al diseño de estrategias para el aprovechamiento y tratamiento de la biomasa lignocelulósica. PALABRAS CLAVES: irradiación gamma, biomasa lignocelulósica, hidrólisis térmica.

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán.  
mariela.molinaiq@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. r.sanchez@tesjo.edu.mx

## INTRODUCCIÓN

La creciente demanda energética y las preocupaciones respecto a las problemáticas ambientales, así como el agotamiento de los recursos llevan a la búsqueda de nuevas fuentes de energía renovable, sostenible y económicamente viables, como es el bioetanol. En la actualidad la biomasa lignocelulósica es una materia prima empleada para la producción de bioetanol. Los materiales lignocelulósicos están compuestos principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina conformados en una estructura recalcitrante que dificulta su descomposición. Estos compuestos requieren de una etapa de pretratamiento; esta etapa tiene la función de suavizar la biomasa y dejar expuestas las estructuras celulares para aumentar el rendimiento de azúcares reductores. Actualmente se han propuesto diversas tecnologías como la hidrólisis ácida, hidrólisis alcalina, ozonólisis entre otros; sin embargo, estas tecnologías tienen consecuencias ambientales negativas ya que se generan grandes cantidades de residuos y requiere alto consumo de energía, además origina compuestos inhibidores para la hidrólisis enzimática. Por lo tanto, el pretratamiento sigue siendo un gran desafío en la utilización efectiva de la biomasa lignocelulósica. En atención a esta problemática se propuso un pretratamiento combinado empleando irradiación gamma e hidrólisis térmica con agua; de tal manera que se obtenga un mayor rendimiento en la producción de azúcares reductores en un tiempo de proceso más corto y sin la generación de inhibidores. En este trabajo se evaluó el fraccionamiento de biomasa lignocelulósica *Typha latifolia* bajo diferentes condiciones de operación para la producción de azúcares fermentables. Para esta investigación se irradio el sustrato seco empleando fuente Cobalto 60 ( $^{60}\text{Co}-\gamma$ ) a dosis de 600, 1200 y 1800 KGy. Se analizó la influencia del pretratamiento sobre la biomasa lignocelulósica mediante caracterización por espectroscopía infrarroja (FTIR) y termogravimetría (TGA). Finalmente se empleó un diseño de experimentos para maximizar el rendimiento de azúcares reductores a través de la metodología de superficie de respuesta con un diseño Box–Behnken.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

### Sustrato lignocelulósico

La biomasa lignocelulósica (*Typha latifolia.*) empleada en este estudio se recolectó en el lago de Tiacaque Jocotitlán, Estado de México. Los tallos y hojas de la planta cortaron en piezas pequeñas y posteriormente se lavaron con agua destilada posteriormente, la biomasa se sometió a deshidratación en un horno de secado a temperatura constante de 65 °C. El sustrato seco se trituró y molió en un obtener partículas de tamaño de 0.5-1.0 mm. Finalmente, la biomasa se colocó en recipientes de plástico, para su posterior pretratamiento y caracterización (Zhu & Pan, 2010).

## DISEÑO EXPERIMENTAL

El pretratamiento combinado fue optimizado por medio de un diseño Box-Behnken (BBD) (tabla 1) con software Design-Expert (Stat-Ease, Inc., EE. UU.) en donde se empleó los siguientes factores para encontrar las condiciones óptimas: Tiempo de contacto (X1), temperatura (X2), carga (X3), y Dosis de irradiación (X4) estas variables se eligieron porque son los factores más críticos para el pretratamiento combinado. La cantidad de azúcares reductores se seleccionó como variable de respuesta para evaluar la eficacia del pretratamiento combinado.

Tabla 1. Factores y niveles.

Factor	Nombre	Bajo	Alto
X <sub>1</sub>	Tiempo	30 min	120 min
X <sub>2</sub>	Temperatura	90 °C	180 °C
X <sub>3</sub>	Carga	0.2 % p/v	0.6 % p/v
X <sub>4</sub>	Dosis	600 KGy	1800 KGy

### Pretratamiento por irradiación gamma

El sustrato (sólido seco) se colocó en recipientes de vidrio con tapa esmerilada y se irradió empleando una fuente de irradiación de Cobalto 60 (<sup>60</sup>Co- $\gamma$ ) (Irradiador industrial JS), el cual está ubicado en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México. Los ensayos de pretratamiento por irradiación gamma se realizaron a las dosis de 600, 1200 y 1800 kGy a una velocidad de 13 kGy h<sup>-1</sup> (Sánchez et al., 2012).

Hidrólisis térmica con agua.

Todos los tratamientos se realizaron en reactores de síntesis hidrotermal de 50 mL, modelo RT-100. La biomasa lignocelulósica irradiada *Typha latifolia* se trató previamente con agua desionizada bajo las siguientes condiciones: con temperaturas variadas (90–180 °C), tiempos de contacto (30-120 min) y la carga del sustrato se trabajó en el intervalo de 2 - 6 %p/v. El sólido pretratado fue separado mediante centrifugación a 3500 rpm de la fracción líquida. La muestra se secó a 60 °C para evaluar la eficiencia del tratamiento.

Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)

La biomasa, se analizó por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) en un espectrofotómetro Perkin Elmer Spectrum Two por el método de reflectancia total atenuada (ATR) empleando 4 barridos en el intervalo de absorción de 4000 a 500  $\text{cm}^{-1}$

Análisis termogravimétrico (TGA)

La biomasa se analizó mediante termogravimetría (TGA) con el propósito de evaluar las etapas de degradación. Dicho análisis se llevó a cabo utilizando un equipo TGA Q50 TA instruments, empleando flujo de nitrógeno de 50 mL/min. Para obtener el termograma se registró la pérdida de peso de la muestra desde 25 °C hasta 600 °C a intervalos de cuatro segundos. La velocidad de calentamiento aplicada en los análisis fue de 50 °C/min.

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES.**

Optimización por superficie de respuesta.

La Tabla 2 muestra resultados obtenidos después del pretratamiento combinado por superficie de respuesta, además de los coeficientes de regresión y los niveles de significancia se muestran en la Tabla 3. De acuerdo con el coeficiente de correlación, se pudo evidenciar que todos los efectos de las variables y sus interacciones sobre la concentración de azúcares reductores fueron significativos ( $P < 0.05$ ).

La ecuación polinómica de segundo orden que relaciona la concentración de azúcares reductores  $Y$ , (mgAR/gBs) en función del tiempo ( $X_1$ , min), temperatura

(X2, ° C), carga (X3, % p/v) y dosis (X4, KGy) se obtuvo usando la siguiente ecuación. (1):

$$-73.73264 + 0.65x_1 + 0.437037x_2 + 9.7375x_3 + 0.850965x_4 - 0.003123x_1^2 - 0.000978x_2^2 - 1.10025x_3^2 - 9.42708 * 10^{-6}x_4^2$$

Tabla 2. Matriz con condiciones experimentales y resultados experimentales.

Corrida	Factor 1 Tiempo (min)	Factor 2 Temperatura (°C)	Factor 3 Carga (% p/v)	Factor 4 Dosis (KGy)	Respuesta Azúcares (mgAR/gBs *)
1	120	135	4	1800	85.35
2	75	135	4	1200	69.15
3	30	180	4	1200	62.7
4	75	180	4	1800	84.9
5	75	135	6	600	40.1
6	120	90	4	1200	58.2
7	75	135	4	1200	64.05
8	75	180	2	1200	74.4
9	120	135	6	1200	71.1
10	75	90	6	1200	41.4
11	30	135	6	1200	54.4
12	30	90	4	1200	59.1
13	75	135	6	1800	79.9
14	75	135	2	600	39.3
15	120	135	4	600	52.35
16	75	135	4	1200	69.15
17	120	135	2	1200	70.2
18	30	135	4	600	29.25
19	30	135	2	1200	30.3
20	120	180	4	1200	58.95
21	75	90	4	1800	66.75
22	75	90	2	1200	48.3
23	30	135	4	1800	62.4
24	75	135	2	1800	81.6
25	75	90	4	600	44.1
26	75	180	4	600	51.75
27	75	180	6	1200	78.5

R<sup>2</sup> = 0.79; R<sup>2</sup> ajustada = 0.6966; R<sup>2</sup> predicha= 0.5275

AR: azúcar reductor; Bs: miligramos biomasa seca.

Las condiciones óptimas de pretratamiento se determinaron a partir de los resultados experimentales utilizando Design-Expert software. La concentración máxima de azúcares fue de 85.35 mgAR/gBs con un tiempo de 120 min, a 135°C de temperatura, con una carga del 4 % p/v y una dosis de 1800 KGy.

Tabla 3. Análisis de resultados de varianza para la variable de respuesta.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-evaluada	P-evaluada
Modelo	5287.57	8	660.95	8.46	< 0.0001
X <sub>1</sub>	800.33	1	800.33	10.25	0.0049
X <sub>2</sub>	726.19	1	726.19	9.30	0.0069
X <sub>3</sub>	37.81	1	37.81	0.4841	0.4954
X <sub>4</sub>	3469.70	1	3469.70	44.43	< 0.0001
X <sub>1</sub> X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	213.36	1	213.36	2.73	0.1157
X <sub>2</sub> X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	20.94	1	20.94	0.2681	0.6109
X <sub>3</sub> X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	104.43	1	104.43	1.34	0.2626
X <sub>4</sub> X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	61.43	1	61.43	0.7866	0.3868
Residual	1405.69	18	78.09		
falta de ajuste	1388.35	16	86.77	10.01	0.0945
error puro	17.34	2	8.67		
Total corridas	6693.27	26			

#### Espectroscopía Infrarroja por la transformada de fourier (FTIR)

Los cambios a nivel estructural del material lignocelulósico previo y posterior al proceso de pretratamiento fue evidenciado mediante espectrofotometría FTIR. Los espectros de la muestra control e irradiadas se presentan en la figura 1. La banda de absorción ubicada en la región de entre 3282 y 3329 cm<sup>-1</sup> es atribuida a vibraciones de estiramiento del grupo -OH. Los picos localizados en 2929 y 2916 cm<sup>-1</sup> corresponden a vibraciones de tensión asimétrica del enlace C-H en los grupos -CH<sub>3</sub> y -CH<sub>2</sub>- respectivamente. Las bandas de absorción de baja intensidad ubicadas en la región de 1720 y 1724 cm<sup>-1</sup> están relacionadas a vibraciones de tensión del grupo C=O, característico para la presencia de aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos (Ghali *et al.* 2012). La frecuencia de absorción observada entre 1608 y 1620 cm<sup>-1</sup> está relacionada a estiramientos no conjugados del enlace C=C. La banda de alta intensidad localizada en 1033 cm<sup>-1</sup> se asocia a vibraciones tensión asimétrica del enlace C-O-C ó C-O-R, característico de los éteres alifáticos (Ding *et al.*, 2012). Los espectros de la biomasa irradiada en comparación con la muestra

control, mostraron diferencias en la intensidad de las bandas de absorción. Estos cambios se atribuyeron a una disminución en la presencia de enlaces químicos, indicando que la estructura química fue alterada por la absorción de la energía ionizante a las dosis estudiadas (Choi *et al.*, 2017).

Figura 1. Espectros FTIR de *Typha latifolia* control y pretratado por irradiación

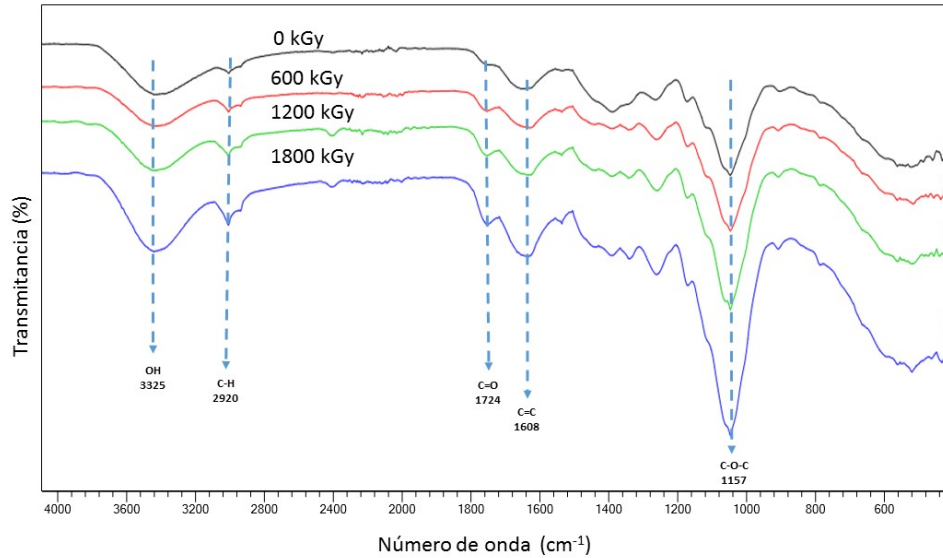


Figura 2. Espectro infrarrojo de la región de huella digital de la muestra hidrolizada y la muestra control.

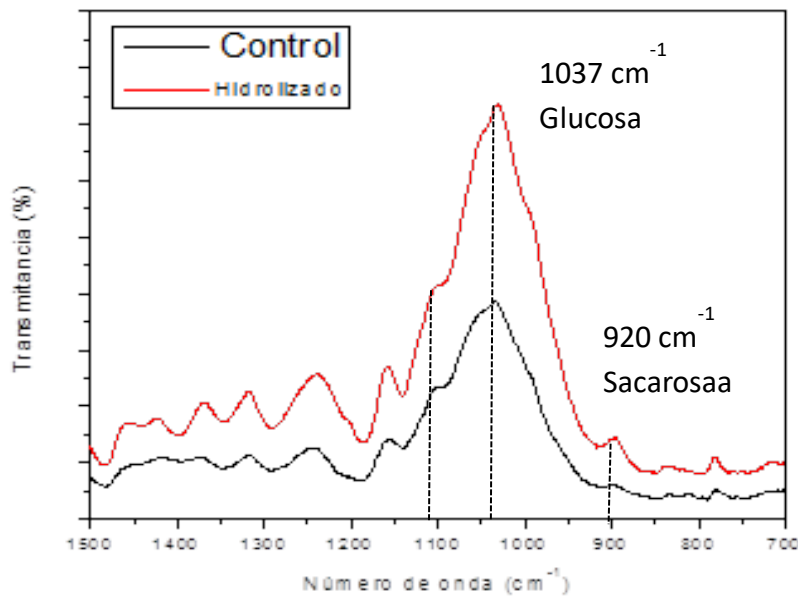
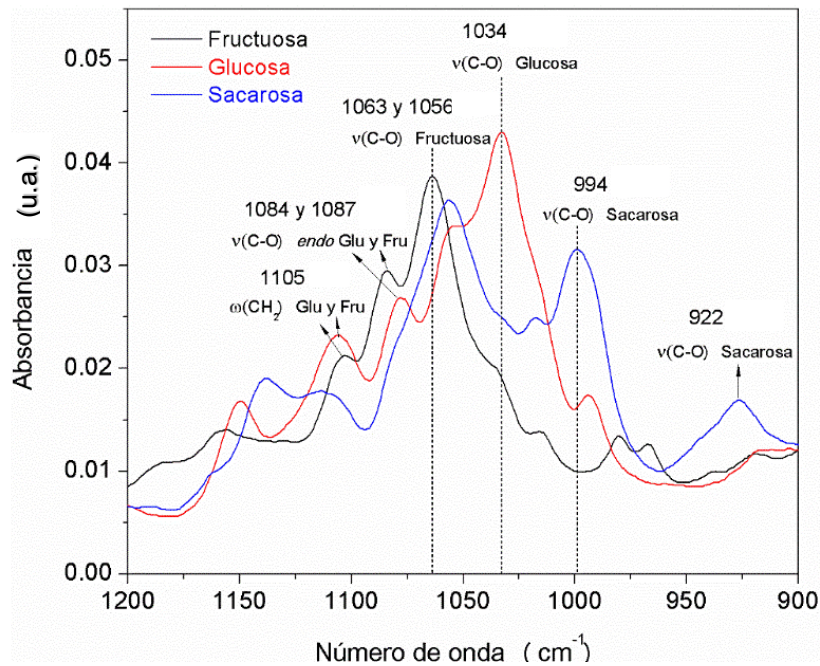


Figura 3. Espectros de la absorción característica de los azúcares en la región de la huella digital.



Para evidenciar el efecto de la radiación sobre los carbohidratos reductores presentes en la biomasa irradiada, inicialmente fue necesario determinar el espectro FTIR típico de los carbohidratos estándares glucosa, fructuosa y sacarosa. En la Figura 2 pueden observarse diferentes bandas de absorción en la región de 900-1200  $\text{cm}^{-1}$  donde se encuentran las vibraciones de los enlaces C–O–C, lo cual está asociado a la absorción de azúcares, característicos de los monosacáridos glucosa y fructosa, así como a los disacáridos como la sacarosa. Los estándares antes mencionados fueron procesados por FTIR debido a que los estudios preliminares por HPLC demostraron la presencia de glucosa, fructuosa y sacarosa en la biomasa *Typha latifolia*. En la Figura 3 se observa el espectro FTIR de la región de la huella digital donde cada azúcar presenta una banda de absorción característica. La zona de mayor intensidad y complejidad que involucra dilucidar la presencia de azúcares (1150-900  $\text{cm}^{-1}$ ) es la parte que se atribuye al estiramiento esquelético C-O y vibraciones de carbohidratos C-C. Se reconocen un total de 6 absorciones distintas en este rango espectral. Entre ellas, las bandas de absorción más prominentes se asignan a las vibraciones de estiramiento C-O, alcanzando un máximo de 1034  $\text{cm}^{-1}$  para la glucosa y de 1063  $\text{cm}^{-1}$  para la fructuosa. De acuerdo con estudios previos

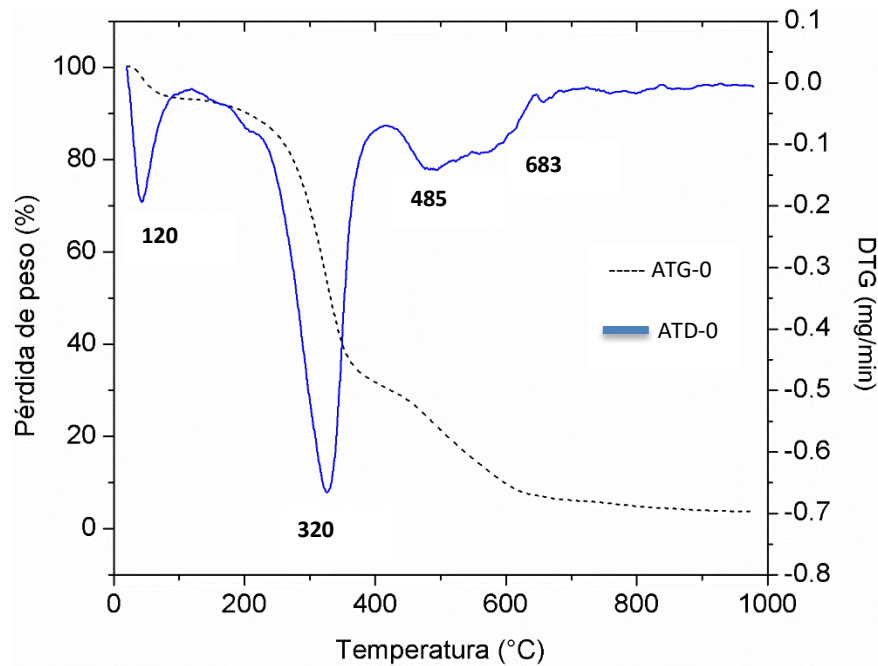


(Tipson, 1968), la banda a  $1105\text{ cm}^{-1}$  se atribuye vibraciones de deformación del grupo  $-\text{CH}_2-$ , mientras que la de  $1084$  y  $1087\text{ cm}^{-1}$  se asigna a la vibración de estiramiento del enlace *endo* C-O en la glucosa y fructuosa. El estiramiento del enlace C-O también se presenta mediante la absorción de sacarosa en  $994$  y  $922\text{ cm}^{-1}$ , conocida como curva de sacarosa, característica asociada al enlace glucosídico. La asignación de grupos funcionales correspondientes a los modos de vibración fue basada en la identificación de las bandas de absorción del espectro y su frecuencia con el correspondiente grupo químico que absorbe en la región de infrarrojo medio (RIM).

#### Caracterización por Termogravimetría (ATG)

La composición lignocelulósica de la biomasa puede ser cuantitativamente identificada a partir del análisis termogravimétrico. De forma adicional a las curvas (ATG), la derivada de la curva de pérdida de masa (ATD) permitió identificar el valor de las tasas de descomposición y así mismo verificar la etapa de máxima degradación (punto de mayor formación de volátiles ligeros), lo cual es relevante para determinar las fracciones de celulosa, hemicelulosa y lignina en la biomasa. El perfil térmico de la biomasa sin tratamiento (control), obtenido por ATG-ATD se muestra en la Figura 2. En general, al menos cuatro eventos térmicos principales pueden ser claramente distinguidos hasta  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se puede observar que la masa de la muestra disminuye continuamente entre la temperatura ambiente y  $635\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo cual está relacionado con el proceso de deshidratación y degradación térmica de la *Typha latifolia*. La pérdida de masa inicial ( $5.49\%$  en masa), por debajo de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , está asociada con la liberación de moléculas de agua débilmente unidas (agua adsorbida). Mientras que las principales pérdidas de masa en  $154$ ,  $296$ ,  $408$ , y  $544\text{ }^{\circ}\text{C}$  (curva DTG) están asociados a la descomposición extractiva de la biomasa y esencialmente, a sus tres componentes principales (hemicelulosa, celulosa y lignina). La última etapa, para la cual la temperatura varía de  $635\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se caracteriza por la combustión de carbón, producción de volátiles y residuos sólidos. La pérdida de masa total promedio fue del  $86\%$  en peso dentro del intervalo de temperatura de  $120$ - $635\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

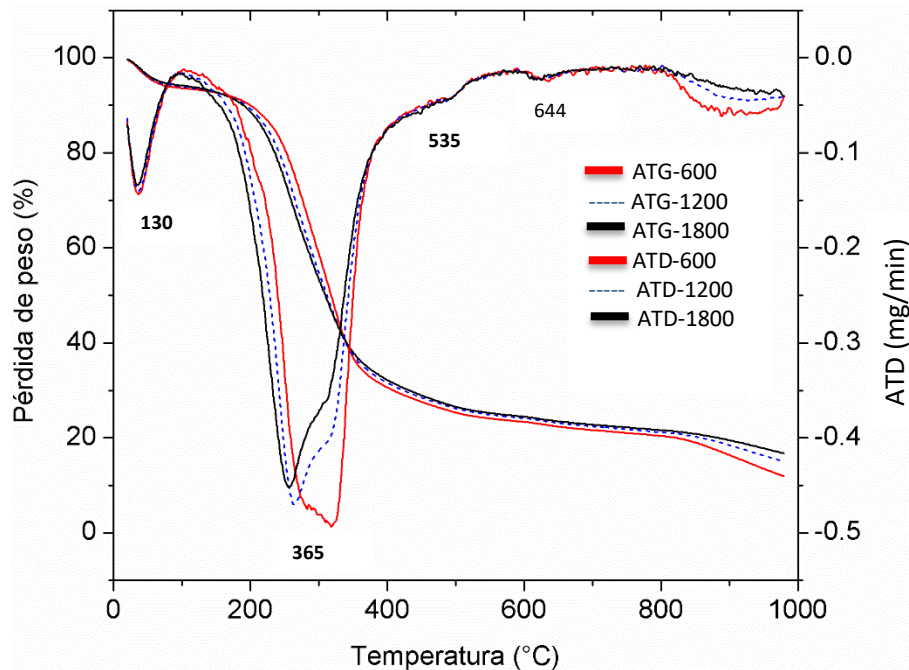
**Figura 2.** Curvas ATG-DTG de la biomasa control (sin irradiar).



De acuerdo con lo indicado en la Figura 3, la forma de las curvas de velocidad es cualitativamente similar en todas las muestras irradiadas, las cuales permitieron evidenciar las zonas de reacción habituales en biomazas lignocelulósicas. En comparación con la muestra control, el termograma de la biomasa irradiada presenta solo tres zonas diferenciadas. La zona 1 se atribuye a la pérdida de materia volátil (temperatura inferior a 120 °C), donde principalmente se produce la evaporación de la humedad. Después de la pérdida de volátiles ligeros, inicia la descomposición térmica de los componentes restantes. Debido a la superposición parcial en los intervalos de descomposición para la hemicelulosa y la celulosa, la fragmentación de la hemicelulosa (segunda región) generalmente aparece como un "hombro" más o menos pronunciado (215 – 365 °C). Los procesos adyacentes y/o simultáneos entre (260 y 360 °C) se atribuyen a la degradación de la celulosa (Mohan *et al.*, 2006). La tercera región se asocia con la consecución del máximo, principalmente debido a la descomposición de la celulosa y lignina. De acuerdo con (Mészáros *et al.*, 2004) la degradación térmica de la celulosa ocurre en múltiples pasos, iniciando por su despolimerización, generando glucosa y oligosacáridos. El amplio rango de temperaturas, donde la lignina se descompone (280 – 500 °C), dificulta la aparición de un pico atribuible a este componente debido a la formación

de especies fenólicas complejas durante dicha descomposición (Carrier *et al.*, 2011). La lignina es la principal responsable de la producción de carbón. Además, se atribuye la degradación térmica de la lignina a la rotura de los enlaces  $\alpha$ - $\beta$ -aril-alquil-éter, seguido de ruptura de enlaces en anillos aromáticos y finalmente una ruptura de enlaces carbono-carbono entre las unidades estructurales de lignina. También se observa que cuando la temperatura alcanza los 600 °C, las tasas de degradación no son significativas debido a que la mayoría de los componentes volátiles se ha pirolizado y el resto se ha convertido en carbón y gases. Las variaciones en las características de desvolatilización, luego del tratamiento con irradiación gamma, son consecuencia de alteraciones en la composición química y probablemente en la estructura molecular de la biomasa. Además, se puede inferir que, en el tratamiento con radiación gamma a diferentes dosis, la hidrólisis de algunos compuestos orgánicos tiene lugar en cierta medida. Estos factores afectan altamente los productos y tasa de degradación de la biomasa lignocelulósica (Naik *et al.*, 2010).

Figura 3. Curvas ATG-ATD de la biomasa irradiada a diferentes dosis



## CONCLUSIONES

El pretratamiento evidentemente puede alterar la estructura de la biomasa lignocelulósica, lo que resulta en la reducción de DP y térmica estabilidad. La irradiación influye en los enlaces de hidrógeno inter y el intramolecular, genera compuestos que contienen grupos carbonilo. En conclusión, los efectos positivos de la irradiación sobre la biomasa lignocelulósica beneficiarán la conversión de la lignocelulosa en etanol utilizando la hidrólisis enzimática y fermentación. La región óptima del pretratamiento se obtuvo de modelos para un rango de temperatura de (90-180°C), un tiempo de (30-120 min), una carga de (2-4 %p/v) y una dosis de (600-1800KGy). Encontrando un máximo de azúcares de (85.35 mgAR/gBs) lo que indicó que el objetivo de optimización se logró con éxito. Finalmente, derivado de las conclusiones anteriores; los objetivos planteados para la presente investigación se cumplieron de forma particular. El objetivo general se cumplió al confirmar que el pretratamiento combinado es capaz de promover la degradación de la biomasa *Typha latifolia* y afectar la conversión de polisacáridos a carbohidratos reductores.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Al-azkawi, A., Elliston, A., Researcher, I., Al-bahry, S., & Sivakumar, N. (2019). Waste paper to bioethanol: Current and future prospective, 1–13.
- Aro, E. (2016). From first generation biofuels to advanced solar biofuels. *Ambio*, 45(1), 24–31.
- Biomass, W., Composition, C., Wang, P., & Howard, B. H. (2020). Impact of Thermal Pretreatment Temperatures on, 1–20.
- Chandrasekaran, A. P., & Sivamani, S. (2018). Environmental Effects Statistical Modeling And Optimization Of Pretreatment For Fermentable Sugars Production From Cotton Gin Waste. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 00(00), 1–6.
- Chung BY, Lee JT, Bai HW, Kim UJ, Bae HJ, Wi SG, Cho JY (2012) Enhanced enzymatic hydrolysis of poplar bark by combined use of gamma ray and dilute acid for bioethanol production. *Radiat Phys Chem* 81:1003–1007
- Den, W., Sharma, V. K., Lee, M., & Nadadur, G. (2018). Lignocellulosic Biomass Transformations via Greener Oxidative Pretreatment Processes : Access to Energy and Value-Added Chemicals, 6(April), 1–23.
- Hong SH, Lee JT, Lee S, Wi SG, Cho EJ, Singh S, Lee SS, Chung BY (2014) Improved enzymatic hydrolysis of wheat straw by combined use of gamma ray and dilute acid for bioethanol production. *Radiat Phys Chem* 94:231–235
- Imman, S., & Laosiripojana, N. (2017). Effects of Liquid Hot Water Pretreatment on Enzymatic Hydrolysis and Physicochemical Changes of Corncobs.
- Jmel, M. A., Anders, N., Yahmed, N. Ben, Schmitz, C., Marzouki, M. N., Spiess, A., & Smaali, I. (2017). Variations in Physicochemical Properties and Bioconversion Efficiency of *Ulva lactuca* Polysaccharides After Different Biomass Pretreatment Techniques.
- Kassim, M. A., Khalil, H. P. S. A., Serri, N. A., Haafiz, M., Kassim, M., Syakir, M. I., & Aprila, N. A. S. (s/f). Irradiation Pretreatment of Tropical Biomass and Biofiber for Biofuel Production.
- Kim, D. (2018). Physico-Chemical Conversion of Lignocellulose : Inhibitor Effects and Detoxification Strategies : A Mini Review.
- Kumari, D., & Singh, R. (2018). Pretreatment of lignocellulosic wastes for biofuel production: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90(May 2017), 877–891.
- Liu, Y., Guo, L., Wang, L., Zhan, W., & Zhou, H. (2017). Irradiation pretreatment facilitates the achievement of high total sugars concentration from lignocellulose biomass. *Bioresource Technology*.

- Orozco, R. S., Hernández, P. B., Ramírez, N. F., Morales, G. R., Luna, J. S., & Montoya, A. J. C. (2012). Gamma irradiation induced degradation of orange peels. *Energies*, 5(8), 3051–3063.
- Putro, J. N., Soetaredjo, F. E., Lin, S. Y., Ju, Y. H., & Ismadji, S. (2016). Pretreatment and conversion of lignocellulose biomass into valuable chemicals. *RSC Advances*, 6(52), 46834–46852.
- Reynolds, W., Conrad, M., Mbeukem, S., Stank, R., & Smirnova, I. (2018). Pressure drop, mechanic deformation, stabilization and scale-up of wheat straw fixed-beds during hydrothermal pretreatment: Experiments and modeling. *Chemical Engineering Journal*.
- Saini, A., Aggarwal, N., Sharma, A., & Yadav, A. (2015). Prospects for Irradiation in Cellulosic Ethanol Production. *Biotechnology Research International*, 2015:13.
- Sindhu, R., Binod, P., & Pandey, A. (2016). Biological pretreatment of lignocellulosic biomass - An overview. *Bioresource Technology*, 199, 76–82.
- Ta, Y. L., Wu, Y., Hoa, G., & Jamaliah, Y. (2016). Role of energy irradiation in aiding pretreatment of lignocellulosic biomass for improving reducing sugar recovery. *Cellulose*, (2012).
- Wang KQ, Xiong XY, Chen JP, Chen L, Su X, Liu Y (2012) Comparison of gamma irradiation and steam explosion pretreatment for ethanol production fr
- Wang, W., Zhuang, X., Yuan, Z., Qi, W., Yu, Q., & Wang, Q. (2016). Structural Changes of Lignin after Liquid Hot Water Pretreatment and Its Effect on the Enzymatic Hydrolysis, 2016.
- Xu, Q., Singh, A., & Himmel, M. E. (2009). Perspectives and new directions for the production of bioethanol using consolidated bioprocessing of lignocellulose. *Current Opinion in Biotechnology*, 20(3), 364–371.
- Yoon M, Choi JI, Lee JW, Park DH (2012) Improvement of saccharification process for bioethanol production from *Undaria* sp. by gamma irradiation. *Radiat Phys Chem* 81:999–1002
- Zhu, J. Y., & Pan, X. J. (2010). Woody biomass pretreatment for cellulosic ethanol production: Technology and energy consumption evaluation. *Bioresource Technology*, 101(13), 4992–5002.
- Zhuang, X., Wang, W., Yu, Q., Qi, W., Wang, Q., Tan, X., ... Yuan, Z. (2015). Liquid hot water pretreatment of lignocellulosic biomass for bioethanol production accompanying with high valuable products. *BIORESOURCETECHNOLOGY*.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE FORTALECIMIENTO DE CUERPOS ACADÉMICOS Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN CIFCA-2019 Zona Sur. Noviembre 6, 7 y 8 de 2019. Boca del Río, Ver, México.

# DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL CULTIVO DE MARACUYÁ (PASSIFLORA EDULIS FO. FLAVICARPA O. DEG) EN EL MUNICIPIO DE ACTOPAN, VER.

SALVADOR PAREDES RINCÓN<sup>1</sup>, LUIS ALBERTO MONTES GUTIÉRREZ<sup>2</sup>, TOMÁS MORA JUÁREZ<sup>3</sup>

## RESUMEN

Mediante metodología participativa, se realizó diagnóstico tecnológico del cultivo de Maracuyá (*Passiflora edulis* fo. *flavicarpa* O. Deg). en el municipio de Actopan, Ver. durante el período de agosto a diciembre del 2018. Se realizaron 2 Talleres de diagnóstico, participando 52 productores (55% del total), Se aplicaron cuestionarios y la entrevista, se realizaron dos recorridos en unidades de producción del Plan de la Higuera, del mismo municipio para observar el manejo del cultivo en dos métodos de siembra. El 100 % cuenta con terreno propio en condiciones favorables para el cultivo de este frutal en una superficie promedio de 1.8 ha/productor, el 100% no satisfacen los requerimientos nutricionales de la planta por carecer de recursos económicos. La tecnología aplicada en general es intermedia, con alto costo de insumos; principalmente los agroquímicos y bajos ingresos por intermediarismo. El cultivo de Maracuyá es incipiente, con aún bajo rendimiento/ha (12.7 t fruto/ha), atribuible principalmente a control medio de plagas e inadecuado manejo de fertilización y el riego que influyen en la no expresión del potencial productivo. Sin embargo, con capacitación e implementación de buenas prácticas agrícolas, es posible eficientar los recursos suelo y agua, lo cual repercutirá en una mayor rentabilidad para los productores.

Palabras clave: Maracuyá, diagnóstico participativo, fertilización, plagas.

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. paredesrincon@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. montesgutierrez55@hotmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

## INTRODUCCIÓN

El maracuyá es una fruta tropical de una planta que crece en forma de enredadera y que pertenece a la familia de las Passifloras, (ASERCA.gob.mx, 2019), también se le conoce en el mundo como parchita, cálala, maracujá, y passion fruit. Es originaria de la selva del Brasil (Laguna, y otros, 2013; citado por Pérez, 2017). En México en 1995, se revalora su importancia y se promociona la idea de sembrar maracuyá en grandes extensiones de Puebla, Veracruz, Michoacán y Colima, partiendo nuevamente de la convicción de que “las frutas exóticas representan una buena alternativa de producción, debido a los altos precios obtenidos en el mercado mundial” (ASERCA, 2019). En Perú se han cultivado el maracuyá morado y el amarillo, siendo este último el más extendido, debido a que su jugo es ácido y aromático; se obtiene del arilo, tejido que rodea a la semilla y por ser excelente fuente de vitamina A, niacina, riboflavina y ácido ascórbico. También se emplea en la industria, por los componentes que tienen. (Castro *et al.*, 2018). Al respecto herbotecnia.com (2018), señala que el maracuyá, se utiliza como sedante (alcaloide: cumarina) y antidepresivo (flavonoides y la sustancia Maltol).

Cultivo. Amaya (2010) señala que lo primero de tener en cuenta es contar con terreno con poca pendiente, y la calidad del suelo ideal debe ser franco arenoso, es un suelo que contiene arcilla, limo y arena. Para la siembra de semilla, estas deben proceder de frutos seleccionados por su mayor peso y sanos. El sustrato debe ser un compost, las bolsas llenas de sustrato idealmente deben pasar por un proceso de solarización, que se consigue cubriendo las bolsas llenas con un plástico y someterlas a los rallos del sol por unos 20 a 30 días para que las altas temperaturas alcanzadas eliminen todo tipo de bacterias y otros microorganismos que pueden dañar la planta. La luminosidad del sol es importante, así que la orientación de las plantas en crecimiento y producción debe ser de oriente a poniente. Amaya (2010) menciona que el distanciamiento tradicional utilizado en las plantaciones de maracuyá es de 3,00 m x 5,00 m, con un total de 666 plantas/ha, sin embargo, el mejor distanciamiento es de 6 m x 6 m. Ocampo *et al.*, (2015), bajo el sistema de entarimado o ramada o emparrado, y riego por gravedad, obtuvieron rendimiento



promedio de 24,3 t/ha, y un costo total de producción de US \$3.891,20., representados principalmente por los insumos (agroquímicos) con un 42,3%.

Podas, según su objetivo; Ojer et al.,(2019) señala que es para regular o equilibrar la parte aérea y radicular en el momento de la plantación, al iniciar la formación del sistema de conducción de la planta, se eliminan los brotes anticipados para favorecer el crecimiento vigoroso que proviene del tronco. La poda de raleo o aclareo, se refiere a la eliminación de las ramas o brindillas desde su base para inducir crecimientos de vigor medio, la principal función es mejorar la iluminación en el interior de la planta. Poda de fructificación, es anual para regular la producción y asegurar la renovación de los elementos de fructificación. Así también, la poda de mantenimiento y sanitaria, para evitar que las ramas invadan el sitio de las vecinas, además se debe podar todas aquellas ramas que presenten deformaciones, enfermedades, cogollos que no desarrollan, etc. (Angulo, 2010).

Riego. Turner *et al.*, (1996); Correa (2004) y Silva (2005); citados por Dorado *et al.*,(2013), reportan que los requerimientos hídricos del maracuyá deben cubrirse a tiempo, pues la producción es seriamente afectada en una situación de estrés hídrico.

Fertilización, Carvalho *et al.*,(2000), en el Brasil, encontraron que la producción máxima (41,3 t/ha) se obtuvo con una dosis de 290 g N/planta/año y una lámina de 0,75% de la evapotranspiración de referencia (Eto). Lo cual influyó en el peso medio, el largo y el diámetro de frutos, resultando determinante para la productividad. Según monomeros.com (2018) para alcanzar un volumen de producción de 40 t/fruto/ha, se requieren 110 (N), 10 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 120 (K<sub>2</sub>O), 10 (MgO), y 20 (S) Kg/ha. Por otra parte Mag.go.cr (2018), recomienda abonar con 75 g de la fórmula completa 10-30-10 (NPK) por planta, durante el trasplante, asimismo, cuando la planta tiene dos y cuatro meses de trasplantada, aplicar entre 100 y 150 g/planta de la fórmula 15-15-15, y al inicio de la floración aplicar de 200 a 250 g de fórmula 10-20-20 y repetirla cada dos meses mientras dure la producción de frutos. Los elementos menores que requiere en mayor cantidad la planta son: calcio, magnesio, zinc y hierro, los cuales pueden ser suministrados vía foliar.

Control de plagas (García, 2002). Gusano desfoliador o gusano negro del maracuyá (*Dione juno juno*), este insecto en su estadio larval se alimenta de las hojas causando defoliación. La etapa larvaria dura de 19-27 días. Esta plaga puede ser controlada biológicamente, pues trabajos realizados por Malpartida et al., (2013), concluyeron que la cepa CCB-LE 262 de *Beauveria bassiana* (Bb SENASA) tiene un gran potencial como controlador biológico de *D. juno*. Otra plaga es la Chinche patas de hoja (*Leptoglossus zonatus*) que ataca tanto en estado ninfal como en la fase adulta, daña frutos y botones florales, estos se marchitan y caen prematuramente y presentan pequeños puntos negros que es donde el insecto introdujo el estilete para succionar savia. También la Mosca de la fruta (*Anastrepha* spp. *Ceratitis capitata*) ocasiona daño durante su etapa larvaria, los adultos ovipositan sus huevos en los frutos pequeños, a medida que la larva crece, se va alimentando de la pulpa, con la consiguiente pérdida del valor comercial de éste. Se recomienda recolectar los frutos caídos y enterrarlos, espolvoreando algún insecticida en polvo. Ácaro rojo (*Tetranychus* sp.) se desarrolla por las altas temperaturas y la ausencia de lluvia en colonias en el envés de las hojas, provocando manchas oscuras y a medida que avanza el daño se tornan bronceadas, se secan y caen. Ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus* sp.), cuando ataca los brotes causa deformaciones de las hojas y nervaduras, volviéndolas retorcida, reduce el número de flores con la consecuente caída de la producción. Las plagas mencionadas son controladas principalmente con Malathion (57 %) en 100 litros de agua, y en especial para los ácaros con Abamectina: 2 cc / litro de agua, Azufre: 5 cc / litro de agua, o Dimetoato: 1.5 cc / litro de agua. Asimismo, con trampas atrayentes a base de 5 kg de melaza o 500 cc de proteína hidrolizada y un insecticida (Malathion 57 %) en 100 litros de agua (García, 2002).

El suelo del municipio de Actopan, Ver., es de vocación chayotera, sin embargo, en los últimos veinticinco años varios productores optaron por diversificar su producción incluyendo el cultivo del Maracuyá amarillo principalmente, debido a que se siembra y se maneja de manera similar al chayote, que hasta ahora aún obtienen bajo promedio de rendimiento por hectárea, de ahí el interés de conocer el modo de producción desde la siembra hasta la cosecha, y verificar las principales causas o

motivos, para detectarlos y poder así proponer soluciones tecnológicas a fin de convertirlo en un cultivo que exprese todo su potencial productivo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Este trabajo se realizó de junio a diciembre del 2019, en el municipio de Actopan, Ver. localizado en la zona central del estado de Veracruz, entre los paralelos 19° 23' y 19° 44' de latitud norte y los meridianos 96° 20' y 96° 48' de longitud oeste, suelos dominantes de Phaeozem y Vertisol, clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperaturas promedio entre 20 y 26 °C, precipitación promedio anual entre 1100 y 1300 mm (García, 1988). Se realizó diagnóstico de la situación actual del cultivo del Maracuyá, para ello se aplicaron las bases del Diagnóstico Participativo Rápido (DPR) basado en técnicas participativas descritas por Anderson y Mc Kraken, (1994); y Mikelssen 1995; citados por Paredes (2000). Se llevaron a cabo 2 talleres DPR, mediante una logística propuesta por Paredes (2000), la cual considera cuatro fases:

Fase I. Definición de temas a tratar, conformar un equipo de diagnóstico participativo (DP), estructurado por gente líder y apreciada del lugar, productores innovadores, profesionistas experimentados de diferentes disciplinas y relacionados con los temas a tratar, para darle formalidad y fuerza; 1 Coordinador (Dr. Del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván), 2 productores líderes del lugar, 2 Ingenieros agrónomos, 8 alumnos en servicio social, y 1 alumno tesista, selección de un recinto o lugar donde se realizaría el taller y el horario más conveniente. Participaron 52 productores (55% del total), procedentes de las comunidades Llano del Zapote, La Esperanza, Trapiche del Rosario, Ranchito, Las Ánimas, y Plan de la Higuera., a los cuales se le informó claramente sobre el objetivo general, objetivos específicos y aplicación del enfoque participativo.

Fase II. Desarrollo del taller, el cual inició dándose a conocer: orden del día, registro de participantes, palabras de bienvenida, presentación de los participantes, exposición de la dinámica de trabajo, reglas del juego, e integración de las mesas de trabajo.

Se realizó análisis FODA, identificando fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Al interior de cada mesa, se solicitó la intervención individual para que expresaran desde su óptica y convicción las fortalezas que poseen; diferenciando los recursos naturales (cantidad y calidad de: suelos, agua, bosque, climatología, fauna flora, etc.), recursos materiales (maquinaria, equipo, infraestructura), económicos; dinero efectivo, crédito, subsidios, donaciones, etc), productores; mano de obra familiar, asesoría técnica, participación de profesionistas, investigadores, expertos, políticos, etc.). Se continuó con a). Identificación de los principales problemas de los productores de Maracuyá del municipio. Para ello se solicitó la intervención individual de cada participante a manera de entrevista para que expresara desde su óptica y realidad los principales problemas (los cinco o diez más relevantes en el cultivo) b). Priorización de problemas. Mediante la participación de todos los integrantes de la mesa, llegaron a determinar cuales de los problemas fueron los 3 o 5 más urgentes de resolver. c). Análisis de problemas. Tomando en cuenta los problemas más relevantes, se pidió desde la opinión de los participantes, el posible origen del problema, y la posible vía de solución, d) Propuestas tecnológicas a evaluar; para ello se aplicó cuestionario con preguntas cerradas en su mayoría y algunas abiertas para conocer otros puntos de vista particulares de los productores. En un lapso de aproximadamente 40 minutos, se ofrecieron refrigerios a los participantes, mientras el equipo de DP, resumían los resultados obtenidos para posteriormente exponerlos en pleno para corregir, o agregarle aspectos omitidos o mal entendidos. Esta fase concluyó en una sesión plenaria, con la presentación de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

Fase III. Se realizó recorrido de campo inmediatamente después del taller, con el objetivo de observar realidades en una trayectoria en zigzag de las unidades de producción más representativas del lugar, donde los agricultores fueron los guías informantes.

Fase IV. Triangulación de información. Se realizó por la tarde un día después, cuando las imágenes y las vivencias están frescas, para elaborar el documento que representa el diagnóstico. Esta técnica se realizó con la participación exclusiva del equipo de DP, para confrontar la información extraída en el taller con la observada

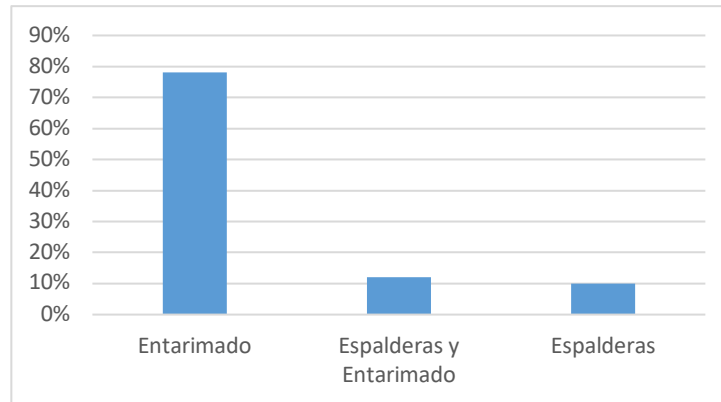
en campo, las expuestas en pasillos y durante la convivencia, así como de otras fuentes de información documental. El producto final fue el diagnóstico del cultivo de Maracuyá en estudio, acorde con los objetivos y metas trazadas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los principales problemas que enfrentan los productores de Maracuyá amarillo del municipio de Actopan, Ver., son; aborto de frutos inmaduros, bajo rendimiento de fruto/ha de mediana calidad, atribuible a daños por plagas y enfermedades, como la chinche, malezas, aves depredadoras, baja calidad del agua, alto costo de agroquímicos, descapitalización económica, maquinaria y equipo, así como la falta de capacitación. Sin embargo, tienen las fortalezas; ser gente trabajadora, entusiasta, poseer terreno propio, buen suelo, agua de pozo y río, clima apropiado para el cultivo del Maracuyá, asimismo, conocimiento general, por ser la siembra y manejo similar al chayote, del cual ya tienen experiencia. La minoría posee riego por goteo, y pozo profundo. Tienen las oportunidades de constituirse y recibir apoyo como sistema producto, recibir capacitación y asesoría sobre el cultivo del Maracuyá para incrementar la producción, aplicar fertilización correcta, combatir a tiempo y prevenir diversas plagas y enfermedades, por ende producir fruto de calidad para mayor competencia. Asimismo, ampliar mercado, buscar mejor precio, comprar insumos en volumen para reducir costos de producción. Sus amenazas; se incrementa el costo de insumos, como agroquímicos y otros, resistencia de las plagas a los agroquímicos, fenómenos naturales, como huracanes e inundaciones, se incrementan daños de planta y fruto por alta incidencia de plagas y enfermedades, y los bajos ingresos por intermediarismo

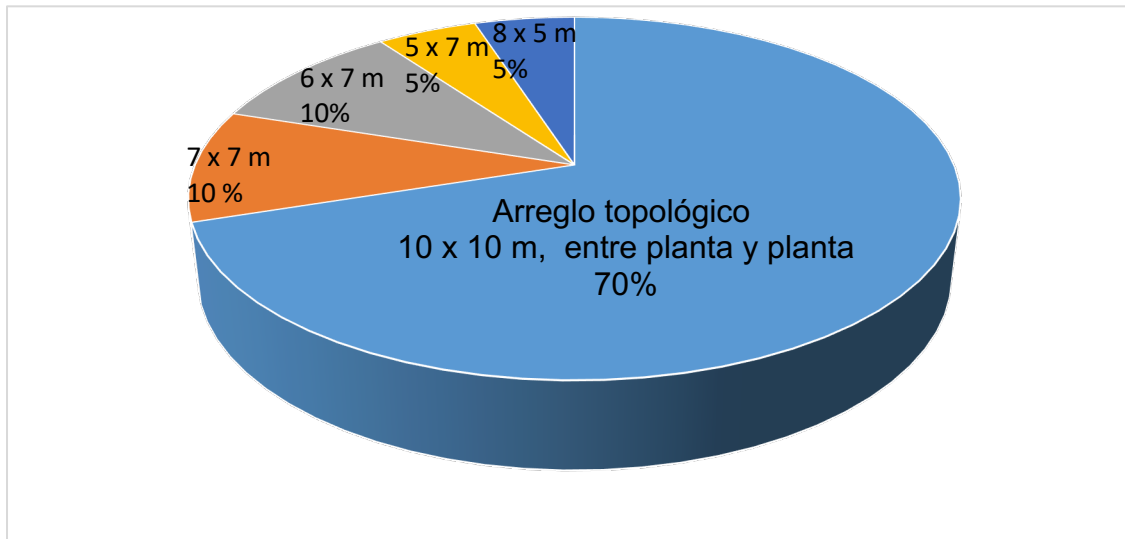
Manejo técnico del cultivo. Siembra (Figura 1), predomina con un 78% de los casos el de entarimado, similar al que utilizan para el Chayote, el 12% espalderas y entarimado, y el 10% espalderas, por lo que poco a poco se empieza a utilizar cada vez más la siembra en espalderas, observándose ventajas en aplicación más eficiente de agroquímicos y manejo en general de las guías.

Figura 1. Métodos de siembra



El 95% selecciona fruto para extraerle semilla. El 70% deja secar la semilla durante 5 días antes de la siembra, el 30% 3 días, que siembran en bolsa negra de plástico durante luna llena. El 70% prepara sustrato con arcilla y materia orgánica; que puede ser, tierra de hoja, o tierra de Vega, y el 30% tierra de Vega, tierra de hoja. El trasplante a campo lo realizan el 55% a los 30 días de edad, 35% a los 70 días, y el resto es muy variable, desde 12, 30, y 45. La profundidad del hoyo es según el tamaño de la bolsa o contenedor donde se sembró, varía 15 a 20 cm el 40%, y de 30 a 40 cm; el 60% de los productores. Preparación del terreno para la siembra, según la condición de este, realizan limpieza, barbecho y surcado; el 70%, y solo limpieza y barbecho; 30%. La distancia entre planta y planta en un arreglo topológico predominante de 10 x 10 m, el 70%, (densidad de población de 121 plantas/ha) y el resto a distancias de 5 x 7; 5%, 6 x 7; 10%, 8 x 5; 5%, 7 x 7; 10%. (Figura 2). Estos distanciamientos varían entre productores por lo que se requieren ser evaluados. Al respecto Amaya (2010), considera que los mejores rendimientos de fruto/ha se obtienen en las densidades de siembra de 667 (arreglo topológico 3 x 5 m) y 833 plantas (arreglo topológico 4 x 3 m). Y según comopltar.com. (2019) la separación ideal es de 4x3 metros.

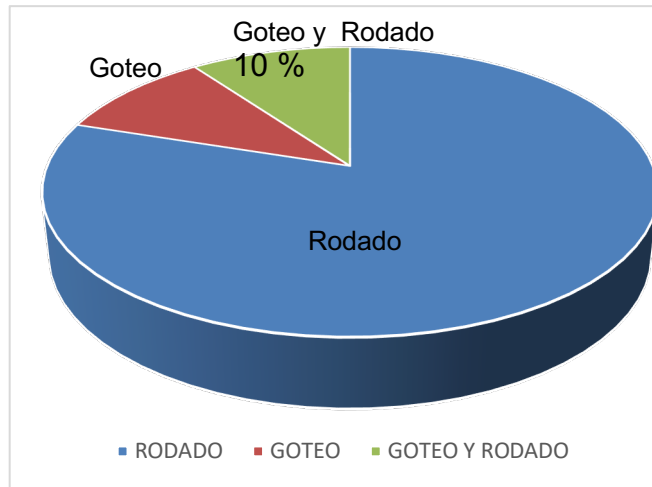
Figura 2. Arreglo topológico a diferentes distancias entre planta y planta



El 100% reconoce la importancia de la polinización para asegurar mayor producción de frutos, así como incrementar la calidad del fruto. Sin embargo, el 95% sabe de la polinización cruzada, pero no realizan esta actividad y se atienen a la producción natural, debido a que el 95% sabe que esta polinización cruzada, se lleva a cabo por insectos de la zona. Al respecto Cabrera (2019), menciona que la polinización cruzada es más efectiva, cuando se realiza con polen del mismo material, pero de diferentes plantas, así las características de la fruta obtenida se ven mejoradas. El 100% de los productores si conoce el comportamiento de la semejanza de la flor de la vainilla y el maracuyá, en cuanto al corto tiempo que tarda abierta para ser polinizada (menos de 12 horas).

Más del 95% realiza poda de formación, y deshoje, con la firme convicción de que este tipo de poda es para desarrollar guías, propiciar nuevas guías, reducir la cantidad de follaje, para una mejor producción. El 95% realiza esta actividad a los 30 días del trasplante y el 5% a los 45 días, cuando ya tiene suficiente follaje y alcanza una altura entre 75 cm y un metro, con la finalidad de mejorar la planta, facilitar el manejo elevar la producción, todos aplican riego mediante los métodos por goteo (10%), goteo y rodado (10%), y rodado (80%), cada 10, 15 o 25 días (Figura 3).

Figura 3: Tipo de riego utilizado

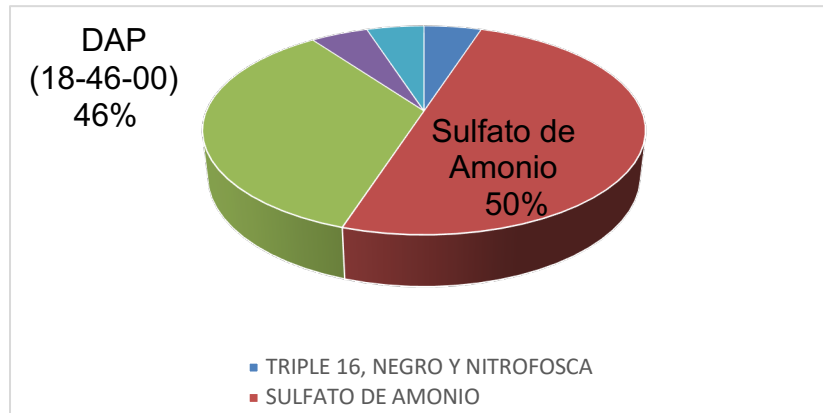


El 100% controla maleza, principalmente con el uso de agroquímicos y chapeo con machete. Los agroquímicos más comunes que utilizan, son: paracuat, y glifosato. Las malezas más comunes son Tronadora, Ortamiz, Ardilla, Cola de Iguana, Bejuco, Escobilla, Zacate Americano.

Fertilización. El 70% de los productores fertilizan las plantas a los 15 a 20 días después del trasplante a campo, el 20% a los 30 días, el 10% a los 60 días. Es común que fertilicen con DAP (18-46-00, Urea 46%, Sulfato de amonio, Triple 16, Negro, Nitrofosca (Figura 3) NPK (Mg-S) 12-18-(3-25) y Sulfato de Amonio (22-00-00) en dosis de 50 Kg/ha, por falta del recurso económico, otros solo aplican dos bultos de 50 kg/ha. El 95%, no fertiliza el 100% de las necesidades para una buena o excelente producción, es decir no alcanzan a cubrir los requerimientos nutricionales de la planta para una producción superior a las 30 t/ha de fruto, como se logra en otras regiones, como Colombia. Al respecto Aiyelaagbe y colaboradores; citados por Álvarez et al., (2018) sugieren que la dosis óptima de N para este cultivo es de 240 kg ha<sup>-1</sup>, como fuente el nitrato de calcio presentando 91 frutos por planta; “Este resultado, estaría asociado a la presencia de calcio en el fertilizante y productividad de las plantas ya que es un elemento aliado al magnesio (Mg), mismo que se encuentra formando el núcleo porfirínico de la clorofila y permite un mejor proceso fotosintético”.

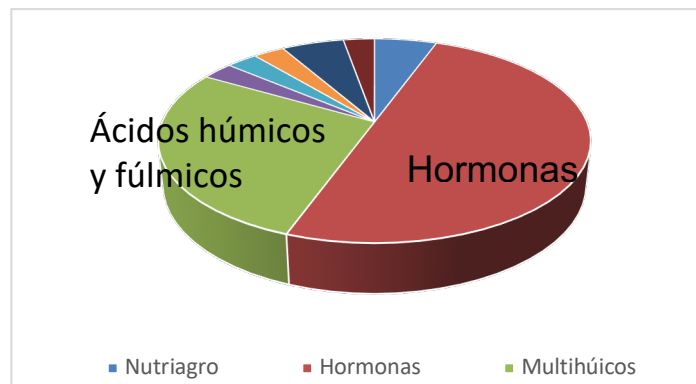


Figura 4 Fertilizantes de uso común



Solo el 10% aplica mezcla de fertilizantes, el 5% rebaza la mezcla 10-30-10 NPK/planta, el 10% fertiliza entre 2 y 4 meses con la fórmula 15-15-15 (NPK). El 5% aplica fertilización durante la floración, y el 10% aplica elementos menores, en cambio el 95% aplica fertilización foliar (Figura 3), como son: hormonas, los acidos hunicos y fulvicos., DAP 18-46-00 y, nitrógeno solido (Sulfatos, 22-00-00). Al respecto Amaya (2010), señala que la fertilización foliar ha dado buenos resultados, especialmente a base de nitrógeno y elementos menores, utilizados en la etapa de vivero y en la etapa inicial del desarrollo vegetativo. Es importante considerar el requerimiento de micronutrientes como Mn, Fe, B y Zn; pues sus deficiencias afectan la calidad del fruto al igual que los rendimientos. Se estima que el primer año del ciclo productivo, un cultivo para producir 20 toneladas de fruta por hectárea extrae las siguientes cantidades de nutrientes: Nitrógeno 160 kg, Fósforo 15 kg, Potasio 140 kg, Calcio 115 kg, Magnesio 10 kg, azufre 20 kg, Boro 230 g, Cobre 150 g, Hierro 600 g, manganeso 220 g, Zinc 200 g

Figura 5. Fertilización foliar



Control de plagas y enfermedades. Las enfermedades más comunes que se presentan en el Maracuyá son: aborto por botritis, antracnosis, fungosisantrac, micosis, aborto por antracnosis. Los agentes causantes de enfermedades; hongo, chinche macho, mosca del ovario. Las consecuencias de estas enfermedades, es pérdida de plantas (seca la planta) y frutos. Para la prevención de enfermedades aplican cipermetrinas, tokat, mazate, cursate M8, Abamectina, y combinaciones de cipermetrina + abamectina. Los productos utilizados para el tratamiento de enfermedades, son: Promil, Supremo, Bertimectrina, Abamectina. Las dosis para el tratamiento de enfermedades son; 250 ml/tanque de 200 litros o 30 a 55 ml por bomba de mochila de 20 litros. El método de aplicación es por aspersión. En cuanto al control de la Chinche, *investigaciones de Barrera et al., (2016)* evidencian que esta chinche se puede controlar biológicamente con *Beauveria bassiana* (Bals.), La cepa BB01 aislada de *Melanoplus spp.*, registró una mortalidad de la chinche patas de hoja del 85.7% en el primer ensayo y del 100% en el segundo bioensayo.

Los productores dedican actualmente en promedio 1.8 has/productor para el cultivo de Maracuyá, con un rendimiento promedio de fruto/ha (12.7 t). el cual está muy por debajo de lo reportado por Carvalho et al.,(2000), quienes han observado rendimiento máximo de 41,3 t/ha cuando es abonado con 290 g N/planta/año y una lámina de 0,75% de la evapotranspiración de referencia (Eto), influyendo en el peso medio, el largo y el diámetro de frutos. Asimismo, con los rendimientos promedios en cultivos tecnificados de 25 ton/ha, obtenidos por Tafur et al., 2006; citados por Dorado et al.,(2013) en el Valle del Cauco, Colombia. Así también, con lo reportado por monomeros.com (2018) quienes han observado una producción de 40 t/fruto/ha, con la aplicación de 110 (N), 10 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 120 (K<sub>2</sub>O), 10 (MgO), y 20 (S) Kg/ha. El costo de producción de una hectarea, en el 90 % de los casos fue en promedio de \$ 40,000.00. Conscientes de mejorar su sistema productivo, los productores de Maracuyá, en el municipio de Actopan, Ver., solicitan asesoría y capacitación en; identificación, prevención y control de plagas y enfermedades, análisis de suelo, sistemas de riego, fertilización y manejo apropiado de agroquímicos, método de siembra, control maleza, así como en organización para la producción y comercialización.

## **CONCLUSIONES**

El cultivo de maracuyá en el municipio de Actopan, Ver. es incipiente, con bajo rendimiento de fruto/ha (12.7 t). La fertilización de la planta en sus diferentes fases no se realiza a tiempo, ni en la cantidad, ni los elementos nutricionales (macros y micronutrientes) necesarios para un rendimiento de fruto/ha competitivo. La fertilización realizada es heterogénea, debido a que en conjunto no aplican un paquete tecnológico adecuado, principalmente por falta de recurso económico. El control de plagas no es eficiente ni oportuno, por lo que este factor limita el desarrollo de plantas, floración y frutos, aunque algunos efectúan un control medio de plagas, y los que han mejorado en el manejo, manifiestan que los rendimientos/ha aún no son los esperados, otros productores con mínima mejora mencionan tener serios problemas con reducida producción. Con la implementación de buenas prácticas agrícolas, es posible dar uso eficiente a los recursos suelo y agua, lo cual repercutirá en una mayor rentabilidad para los productores. Carecen de una organización que les permita recibir capacitación, asesorías y apoyos por instituciones de gobierno.

## **RECOMENDACIONES**

Para la siembra de la semilla debe ser en un compost hecho en la misma finca, las bolsas llenas de sustrato, idealmente deben pasar por un proceso de solarización, que se consigue cubriendo las bolsas llenas con un plástico y someterlas a los rallos del sol durante 20 a 30 días para que las altas temperaturas alcanzadas eliminen todo tipo de bacterias y otros microorganismos que pueden dañar la planta. Se recomienda solicitar cursos talleres sobre fertilización, sistemas de riego y control de plagas y enfermedades.

Realizar análisis de fertilidad del suelo para establecer un plan de fertilización. Es recomendable realizar la fertilización con una frecuencia mensual o bimensual como máximo plazo, así como la fase fenológica de la planta y tener en cuenta que la falta de cualquier elemento afecta la integridad de la planta, por lo tanto, al haber un desbalance nutricional estará el cultivo más propenso al ataque de plagas y

enfermedades. Reponer al suelo al menos lo que la planta extrae; en orden de mayor a menor consumo: nitrógeno, potasio, calcio y fósforo como los elementos principales; y los elementos menores manganeso y hierro. Los insecticidas químicos deben ser la última opción y no la primera, por lo que habrá de trabajar con productos orgánicos. Un buen manejo de malezas no significa necesario el uso de herbicidas, por lo que habrá de aplicarse los cultivos de cobertera para beneficiar el manejo de plagas y enfermedades. Evitar insecticidas de amplio espectro a fin de conservar enemigos naturales, como es el caso de avispas y otros insectos contrarios a las plagas que afectan al maracuyá. Realizar aplicaciones de insecticidas de manera focalizada y no en todo el cultivo, para evitar así la eliminación de insectos favorables.

Recoger botones y frutos caídos, compostearlos, o quemarlos para evitar proliferación de las plagas y enfermedades. Se requiere de una adecuada organización como, crear una Asociación Productora de Maracuya, y sentar las bases para afiliarse como sistema producto Maracuyá para poder así recibir apoyos, capacitación y asesoría técnica, del gobierno estatal, nacional, y otras Instituciones de educación superior e investigación. También se recomienda, no bajar la guardia con relación a la gestión de proyectos productivos por parte de dependencias gubernamentales. Buscar asesoría profesional, pues de no hacerlo se puede reincidir en errores técnicos que a la postre se reflejan con pérdida económica, algunos errores más comunes son: la inadecuada poda, la inadecuada densidad de plantas por hectárea, el control de maleza y el inapropiado control de plagas. Es recomendable elegir buena madera para la espaldera utilizando maderas de corazón. Así también reforzar el emparrillado con alambres galvanizados de calibre 12, alambre de púas reforzado y rafia reforzada con ultra sol.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alvarez H., Pionce J., Castro, J.V.W., y Sotomayor, A. (2018). Densidades poblacionales y fertilización nitrogenada en maracuyá. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Programa de Fruticultura. Quito, Ecuador.
- Amaya R.J.E. Cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg). Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo, Perú, 2010.
- Angulo C. R. Maracuyá (*Passiflora edulis*, variedad *flavicarpa*). Universidad Nacional de Colombia, Bayer CropScience S. A. Disponible en: <https://www.cropscience.bayer.co/~media/Bayer%20CropScience/Peruvia/n/Country-Colombia-Internet/Pdf/Cartilla-MARACUYA.ashx>. Última consulta; octubre de 2019.
- Barrera S.O.D., Calyecac C.G.H., Castrejón G.V.R., y Cuevas S.J.A. 2016. Control biológico de la chinche pata de hoja, plaga del piñón de cerro en condiciones de laboratorio. Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.7 no.8 Texcoco nov./dic. 2016.
- Cabrera C. J. (2019). Proyecto: RTA 2007-00107. Evaluación de cultivares de parchita en las Islas Canarias Departamento Fruticultura Tropical Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. (ICIA). Disponible en: [https://www.icia.es/icia/download/noticias/Parchita\\_ICIA.pdf](https://www.icia.es/icia/download/noticias/Parchita_ICIA.pdf). Última consulta; octubre de 2019.
- Carvalho, A.J.C., Martins D.P., Monnerat P.H., y Bernardo S. (2000). Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro amarelo. I. Produtividade e qualidade dos frutos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.6, p.1101- 8, jun.
- Castro M. J.J., Paredes R.C., Muñoz A. D., y Amaya R.J.E. 2009. Cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). Gerencia Regional Agraria La Libertad. Trujillo, Perú. 2009-2010.
- como-plantar.com . 2018. Como sembrar maracuya – Plantacion, cuidados y cosecha. Disponible en: <https://como-plantar.com/maracuya/>. Última consulta, octubre de 2018.
- como-plantar.com. 2019. Cómo sembrar maracuyá – Plantación, polinización, poda y cuidados. Disponible en: <https://como-plantar.com/maracuya/> Última consulta, octubre de 2019.
- Dorado G. D., Tafur H.H., y Ríos R. L. 2013. Rendimiento y calidad de la fruta del maracuyá amarillo (*passiflora edulis* fo. *flavicarpa* o. *deg.*) en respuesta a la combinación del riego y la fertilización. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, núm. 12, enero-diciembre, 2013, pp. 109-117. Universidad del Valle. Cali, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231130851013>

- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Koppen de la República mexicana. Ofset Larios S.A4a. edición. México. D.F. 217 p.
- García T. M.A. 2002. Guía Técnica Cultivo de Maracuyá Amarillo. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador. <http://www.herbotecnia.com.ar/aut-passiflora.html>. Última consulta; octubre de 2019.
- mag.go.cr. (2018). MARACUYA *Passiflora edulis* Passifloraceae. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658maracuya.pdf>. Última consulta, octubre de 2018.
- Malpartida-Zevallos J., Narrea-Cango M. y Dale-Larraburre W. 2013. Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología Aplicada versión impresa* ISSN 1726-2216. Ecol. apl. vol.12 no.2 Lima ago./dic. 2013.
- Monomeros.com. 2018. Vademécum nutrmon. Clima medio. Monómeros Colombo Venezolanos S. A. Disponible en: [http://www.monomeros.com/descargas/vadem\\_climamedio\\_WEB.pdf](http://www.monomeros.com/descargas/vadem_climamedio_WEB.pdf). Última consulta, octubre de 2018.
- Mora C.D.P. (2011). El cultivo de Maracuyá *Passiflora edulis* en temporada invernal. Línea Agrícola Instituto Agropecuario Colombiano (ICA). Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/a814b577-c0c0-4369-8ecd-4f01f971cf99/El-cultivo-de-maracuya-en-temporada-invernal.aspx>
- Ocampo J., Romero A., Muriel J., González C., Palma S., Laguna T., Molina J., Telleria J. Mora E. R.K. (2015). Estudio sobre análisis agro-climático para el establecimiento del cultivo de maracuyá en Nicaragua (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* degener. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/284178159\\_estudio\\_sobre\\_Analisis\\_agro\\_climatico\\_para\\_el\\_establecimiento\\_del\\_cultivo\\_de\\_maracuya\\_en\\_Nicaragua\\_Passiflora\\_edulis\\_f\\_flavicarpa\\_Degener/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/284178159_estudio_sobre_Analisis_agro_climatico_para_el_establecimiento_del_cultivo_de_maracuya_en_Nicaragua_Passiflora_edulis_f_flavicarpa_Degener/citation/download)
- Ojer M., Reginato G., Vallejos F., y Boulet A. (2019). Capítulo 8 • Poda de formación y producción. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120295/poda.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Última consulta, octubre de 2019.
- Paredes R.S. (2000). Evaluación participativa de praderas mejoradas en pastoreo racional. E: Investigación Validación de praderas mixtas (Gramíneas – Leguminosas para transferencia tecnológica en el trópico subhúmedo. Tesis de doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Univeresidad Nacional Autónoma de México.

Pérez S.O.B. (2017). Producción de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en el departamento de Matagalpa por medio del proyecto “Mejoramiento de Medios de Vida a través del desarrollo de la Cadena de Valor de la maracuyá” de Caritas Diocesana. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Trabajo de Graduación. Managua, Nicaragua. Abril 2017.

# PROCESO DE EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA DEL ÁCIDO *P*-CUMÁRICO DE LA PULPA DE CAFÉ UTILIZANDO EL DISEÑO DE MEZCLAS

MARÍA TERESA TORRES MANCERA<sup>1</sup>, ROGEL FERNANDO RETES MANTILLA<sup>2</sup>, OCTAVIO TREJO CHAVERO<sup>3</sup>

## RESUMEN

México es un importante productor a nivel mundial de café. Los residuos como la pulpa de café pueden ser tratados mediante procesos biotecnológicos, para evitar problemas ambientales y obtener compuestos de alto valor agregado, contribuyendo a mejorar la situación socio-económicos de este sector agroindustrial. En la presente investigación se estudió la extracción enzimática del ácido *p*-cumárico de la pulpa de café mediante la metodología del diseño de mezclas. Este ácido es de la familia de los ácidos hidroxicinámicos que presenta interés para la industria por sus propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y antioxidantes. Se utilizaron tres enzimas comerciales pectinasa, xilanasa y celulasa las cuales se ensayaron a partir del diseño experimental diseño de mezclas a diferentes concentraciones (0 a 200 U) por triplicado. La extracción enzimática se realizó a 40°C por 8 h y 100 rpm. Los extractos se analizaron por HPLC. Los resultados mostraron que conforme aumenta la presencia de pectinasa y celulasa y disminuye la xilanasa se ve afectada de manera positiva la extracción del ácido *p*-cumárico. Los intervalos donde se presentó la zona de máxima extracción de ácido *p*-cumárico para las 3 enzimas fueron:  $0 \leq \text{xilanasa} \leq 60$ ,  $120 \leq \text{pectinasa} \leq 200$ ,  $20 \leq \text{celulasa} \leq 80$ .

**PALABRAS CLAVE:** Ácido *p*-cumárico, diseño de mezclas, extracción enzimática

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. teresa@tesco.edu.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. retes@tesco.edu.mx

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. octavio@tesco.edu.mx



## INTRODUCCIÓN

### Pulpa de café y ácido *p*-cumárico

México es considerado el 8° productor del mundo de café produce entre 35 y 79 millones de toneladas al año de café cereza (INEGI, 2015). La pulpa de café es un desecho que se produce durante el despulpado de la cereza de café, representa un 40% del peso en base fresca (Belitz y Grosh, 1997) y un 26% en base seca (Urbaneja *et al.*, 1996). La disposición inadecuada de este residuo representa un problema importante de contaminación (Pandey *et al.*, 2000). Es así como el aprovechamiento de la pulpa y otros subproductos resulta una prioridad para países productores de café por razones económicas, ecológicas y sociales.

La composición química de la pulpa de café varía de acuerdo a varios factores como la variedad del cultivo, la composición del suelo de cultivo, la etapa de madurez del fruto, las prácticas y tratamientos aplicados (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición química de la pulpa de café en base seca

	Cantidad	Referencia
Fibra	30-40%	Adams y Ghaly, 2007
Azúcares	14.4-27%	Adams y Ghaly, 2007; Antier y col., 1993
Fructosa	10-15%	Antier y col., 1993
Sacarosa	2.8-3.2%	Antier y col., 1993
Galactosa	1.9-2.4%	Antier y col., 1993
Pectinas	6.5–12.4 %	Bressani y Braham, 1980; Antier y col., 1993
Lignina	12.2-21.5%	Bressani y Braham, 1980; Molina y col., 1990
Celulosa	17.7-25.3%	Bressani y Braham, 1980; Molina y col., 1990; Peñaloza y col., 1985
Hemicelulosa	2.3 3.2%	Bressani y Braham, 1980; Molina y col., 1990
Ácido clorogénico	3600-7000 mg/kg	Labat y col., 2000; Torres-Mancera y col., 2011
Ácido cafeico	1660-3100 mg/kg	Benoit y col., 2006; Labat y col., 2000; Torres-Mancera y col., 2011
Ácido ferúlico	100-240 mg/kg	Benoit y col., 2006; Roussos y col., 1995; Torres-Mancera y col., 2011
Ácido <i>p</i> -cumárico	80 mg/kg	Benoit y col., 2006; Torres-Mancera y col., 2011

Entre los compuestos fenólicos que representan mayor interés para la industria farmacéutica y cosmética debido a sus propiedades anti-cancerígenas, anti-inflamatorias y anti-oxidantes están los ácidos hidroxicinámicos (Kroon & Williamson, 1999), entre los más comunes están el ácido ferúlico (4-hidroxi-3-metoxicinámico), ácido caféico (3,4-dihidroxicinámico), ácido *p*-cumárico (4-hidroxicinámico) y ácido sinápico (4-hidroxi-3,5-dimetoxicinámico). El ácido

hidroxicinámico de interés para este trabajo es el ácido *p*-cumárico el cual llega a inhibir el crecimiento de los microorganismos del rumen (Fazary *et al*, 2007), por lo que resulta importante retirarlo de la pulpa de café para que se pueda usar como alimento debido a su contenido de proteína. El ácido *p*-cumárico se encuentra principalmente en la espinaca (200 mg/Kg) y en menor proporción en el salvado de la cebada (30 mg/Kg), es comúnmente usado en los filtros solares por ello su importancia en la industria cosmetológica (Yong, 2019). Una función de los ácidos hidroxicinámicos en las plantas incluye la protección contra la radiación ultravioleta, la invasión de agentes patógenos y el control de la extensibilidad de la pared celular (Sancho *et al.*, 2001; Larrosa *et al.*, 2008; Song & Boo, 2012). El ácido *p*-cumárico es clasificado como un compuesto polifenólico que se encuentra presente en las aguas residuales de la elaboración del aceite de oliva y el destilado de vinos, creando serios problemas de contaminación en el mar mediterráneo. Considerando la abundancia de estos compuestos es posible utilizarlos como sustratos para la producción de antioxidantes y precursores de aromas denominados “naturales” como es el caso de la vainillina (Estrada-Alvarado *et al.*, 2001).

#### Diseño de mezclas

Los diseños de mezclas se emplean para determinar si el uso de las combinaciones de extractos producirá mejores resultados que el uso de los extractos monovarietales. Una propiedad importante es la cuantificación del cambio de la variable respuesta permitiendo evaluar su variación al cambiar las proporciones de los factores individuales, en este caso de las enzimas pectinasa, xilanasa y celulasa. El diseño simplex centroide con *p* componentes consiste de  $2^p-1$  corridas en todas las mezclas primarias, binarias y terciarias. El diseño centroide es calculado mediante la fórmula (Montgomery, 2006):

$$x_1 = \frac{1}{p}, x_2 = \frac{1}{p}, \dots, x_p = \frac{1}{p}$$

En los diseños de mezclas, los factores son los ingredientes o componentes de una mezcla y por consiguiente sus niveles no son independientes:

$$0 \leq x_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$x_1 + x_2 + \dots + x_p = 1 \text{ (es decir, 100\%)}$$

Cada componente está sujeto a límites inferiores y superiores:

$$L_j \leq x_i \leq U_j$$

Lo cual se interpreta como  $L_j = 0\%$  y  $U_j = 100\%$  o más restrictivo según se requiera. En los diseños simplex centroide las corridas ocurren en la frontera de la región a estudiar y sólo una corrida se realiza con la combinación de los 3 factores (punto central), por lo que es deseable siempre agregar puntos adicionales en el interior de la región a estudiar, donde las mezclas estarán formadas con la totalidad de los componentes ( $p$ ) (Montgomery, 2006).

Los modelos de ajuste en el diseño de mezclas son:

Modelo lineal:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Modelo cuadrático

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{1,2} X_1 X_2 + \beta_{1,3} X_1 X_3 + \beta_{2,3} X_2 X_3$$

Modelo cúbico especial

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{1,2} X_1 X_2 + \beta_{1,3} X_1 X_3 + \beta_{2,3} X_2 X_3 + \beta_{1,2,3} X_1 X_2 X_3$$

Modelo cúbico

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{1,2} X_1 X_2 + \beta_{1,3} X_1 X_3 + \beta_{2,3} X_2 X_3 + \beta_{1,2,3} X_1 X_2 X_3 + \delta_{1,2} X_1 X_2 (X_1 - X_2) + \delta_{1,3} X_1 X_3 (X_1 - X_3) + \delta_{2,3} X_2 X_3 (X_2 - X_3)$$

Donde:  $\beta_{1\dots 3}$ ,  $\delta_{1\dots 3}$ , son los coeficientes de la ecuación;  $X_{1\dots 3}$ , son cada uno de los factores del diseño de mezclas (Soto-Cruz *et al.*, 1999; Montgomery, 2006).

## MÉTODOS

### Origen y tratamiento de la pulpa de café

La pulpa de café se obtuvo del “Beneficio de Café Finos” localizado en Coatepec Veracruz, perteneciente a la empresa Agroindustrias Unidas de México S.A. de C.V., grupo que está incorporado al Congreso Regulador del Café en el Estado de Veracruz. Se colectó directamente del despulpador del beneficio húmedo del procesamiento de la cereza de café de la variedad *Coffea arabica*. La pulpa de café colectada presentó entre un 82% y 90% de humedad para su conservación se secó al sol y a 60°C por 48 h hasta tener una humedad del 3%.

Se limpió manualmente de basuras como hojas, granos de café, ramas, tegumento etc. La pulpa de café se molió con una licuadora y tamizó a través de las mallas 12, 16 y 20 obteniendo tamaños de partícula de 1.68, 1.19 y 0.8 mm, respectivamente. Posteriormente las fracciones se almacenaron por separado en un lugar seco y en la obscuridad hasta su uso.

#### Extracción enzimática del ácido clorogénico: diseño de mezclas

Se estudio el efecto de las enzimas pectinasa, xilanasa y celulasa en la extracción del ácido *p*-cumárico en la pulpa de café seca. Se evaluaron valores de actividad enzimática de 0 a 200 U para las actividades pectinasa, xilanasa y celulasa. Los ensayos se hicieron por triplicado. Las mezclas tenían 5 g de pulpa de café seca (malla 100), 15 ml de agua y 5 ml de amortiguador de fosfatos 100mM pH 5 con la mezcla de enzimas. La extracción enzimática del ácido *p*-cumárico se realizó a 40°C por 8 h y 100 rpm. Al finalizar el periodo de reacción se congelaron los ensayos por 4 horas para luego ser filtrados y realizar 2 lavados con 4 ml de acetato de etilo para extraer el ácido *p*-cumárico liberado.

#### Cromatografía de alta resolución: HPLC

El equipo de HPLC que se utilizó fue un Shimadzu Liquid Chromatograph LC20A (quaternary pump), el cual cuenta con un detector de arreglo de diodos SPD M20A. El tamaño de la muestra que se inyectó a ambos equipos fue de 20  $\mu$ L, la separación se realizó en una columna VARIAN Polaris 5 Amide C18 de 200  $\times$  4.6 mm.

Los estándares y las muestras se corrieron a un flujo de 1 ml/min y una temperatura de 35°C. Las fases móviles fueron A: 1% de ácido acético en agua (v:v) y B: metanol. Las muestras se corrieron de manera isocrática por 60 min en una relación A:B 84:16 (v:v). De manera simultánea se monitorearon los picos a las longitudes de onda 290 y 320 nm.

## RESULTADOS

#### Concentración de ácido *p*-cumárico en la pulpa de café

En el trabajo experimental desarrollado se determinó la cantidad de ácido *p*-cumárico y otros ácidos hidroxicinámicos esterificados a la pared celular de la pulpa de café (Tabla 2).

Tabla 2. Concentración de ácido p-cumárico y otros ácidos hidroxicinámicos

	<b>ACI (mg/kg)</b>	<b>AC (mg/kg)</b>	<b>AF (mg/kg)</b>	<b>ApC (mg/kg)</b>
<b>Totales<sup>a</sup></b>	3097 ± 3.5	1985 ± 3.6	113 ± 4.7	81 ± 6.0
<b>Esterificados<sup>b</sup></b>	2382.8 ± 4.5	1873.1 ± 4.5	83 ± 5.8	78.7 ± 5.9
<b>Libres<sup>c</sup></b>	714.2 ± 4.7	111.9 ± 4.9	30 ± 7.0	-

<sup>a</sup> Hidrólisis alcalina NaOH 2 M, 2 h, 50 °C, 100 rpm

<sup>b</sup> Diferencia entre los fenoles totales y los fenoles libres

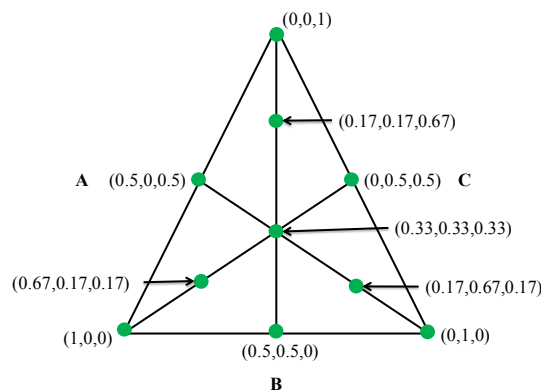
<sup>c</sup> Extracción metanol al 80%, 30 min, 40°C, 100 rpm

La cantidad de ácido p-cumárico se encuentra dentro del rango de los valores reportados para los ácidos hidroxicinámicos de 80 mg de ácido p-cumárico /kg de pulpa de café (Benoit y col., 2006; Roussos y col., 1995; Ruiz-Sánchez, 2002). Cabe destacar que la mayor parte de ácido p-cumárico (97.2%) se encuentra esterificado en la pared celular de la pulpa de café.

Extracción de ácido p-cumárico por diseño de mezclas

El diseño de mezclas es una herramienta de los diseños experimentales que se utilizó para determinar cuál era el efecto de las actividades enzimáticas despolimerizantes (pectinasa, xilanas y celulasa) sobre la extracción del ácido p-cumárico esterificado a la pared celular de la pulpa de café. Los ensayos se realizaron con concentraciones de 0 U/g de pulpa de café a 200 U/g de pulpa de café de cada una de las enzimas (pectinasa, xilanas y celulasa). El diseño de mezclas se construyó con el programa STATISTICA versión 14, se realizó un diseño simplex centroide con puntos adicionales en el interior como se muestra en la Figura 1

Figura 1. Diseño simplex centroide con puntos adicionales en el interior. A: APec, B: AXil y C: ACel



La variable de respuesta que se midió fue la concentración ácido *p*-cumárico extraído por cada una de las mezclas ensayadas. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de cada una de las mezclas de extractos enzimáticos ensayadas por triplicado.

Tabla 3. Extracción enzimática del ACI y AH en el diseño de mezclas

APec	AXil	ACel	ApC (mg/kg)
1	0	0	48.0 ± 0.2
0	1	0	33.6 ± 0.1
0	0	1	48.0 ± 0.1
0.5	0.5	0	24.0 ± 0.2
0.5	0	0.5	38.4 ± 0.1
0	0.5	0.5	19.2 ± 0.3
0.67	0.17	0.17	62.4 ± 0.1
0.17	0.67	0.17	14.4 ± 0.0
0.17	0.17	0.67	19.2 ± 0.1
0.33	0.33	0.33	57.6 ± 0.1
0	0	0	0.0

Ensayos por triplicado; 0: 0 U de enzima; 1: 200 U de enzima

En la Tabla 3 se observa que los mayores rendimientos de extracción del ácido *p*-cumárico esterificado se obtienen en extractos que presentan actividad pectinasa y celulasa ya sea de forma individual o en mezcla.

A continuación, se muestra el análisis estadístico realizado para el diseño de mezclas que constó de 3 etapas:

- a) Verificar que al menos 2 de las mezclas probadas presentaron diferencias significativas.
- b) Determinar el modelo que mejor se ajustó al comportamiento de la variable respuesta.
- c) Determinar cuáles fueron las mejores condiciones que maximizaron la variable respuesta.

Para la extracción enzimática del ácido *p*-cumárico el modelo que mejor se ajustó a los datos experimentales fue el modelo cúbico, con una F de 45.2, un nivel de significancia  $\alpha < 0.001$  y una  $R^2$  de 0.918.

$$Y = 0.9A + 0.7B + 0.9C - 1.5AB - 0.9AC - 1.9BC + 15.6ABC + 3.7AB(A-B) + 6.5AC(A-C)$$

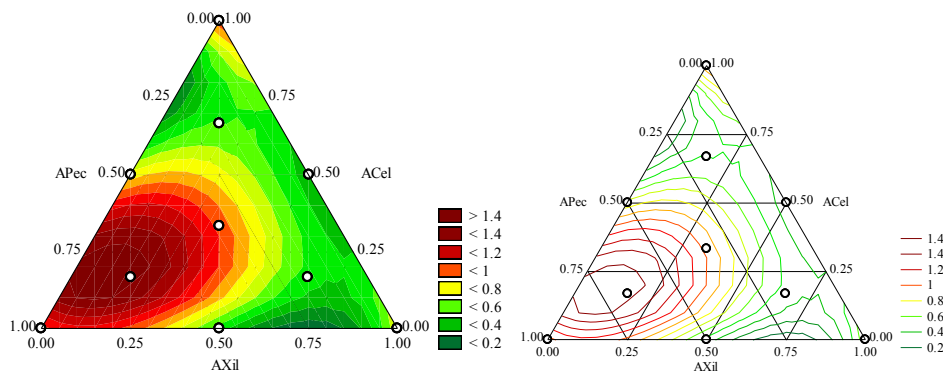
Donde: A: pectinasa; B: xilanasa; C: celulasa

Los coeficientes de regresión de la pectinasa y celulasa nos muestran que estas dos actividades tienen un efecto positivo importante en la extracción del ácido p-cumárico en comparación con la xilanasa. La mezcla de dos actividades enzimáticas despolimerizantes presenta un efecto negativo en la extracción del ácido p-cumárico, no así para la mezcla de las 3 actividades enzimáticas despolimerizantes, la cual presenta un efecto positivo.

En las Figuras 2 y 3 se presentan las curvas de nivel ajustadas y diagramas de Pareto del diseño simplex centroide para la extracción de ácido p-cumárico. Los círculos blancos en las figuras representan cada una de las mezclas ensayadas en el diseño. La intensidad de la variable respuesta está representada por colores que fueron de verde a rojo, donde el rojo representó la máxima intensidad.

Se observa que conforme aumenta la presencia de la pectinasa y disminuye la presencia de la xilanasa hasta un valor de 0.3 mientras aumenta la presencia de la celulasa se ve afectada de manera positiva la extracción del ácido p-cumárico esterificado a la pared celular de la pulpa de café. Los intervalos donde se presenta la zona de máxima extracción de ácido p-cumárico esterificado para las 3 enzimas son:  $0 \leq AXil \leq 0.3$ ,  $0.6 \leq APec \leq 1$ ,  $0.1 \leq ACel \leq 0.4$ .

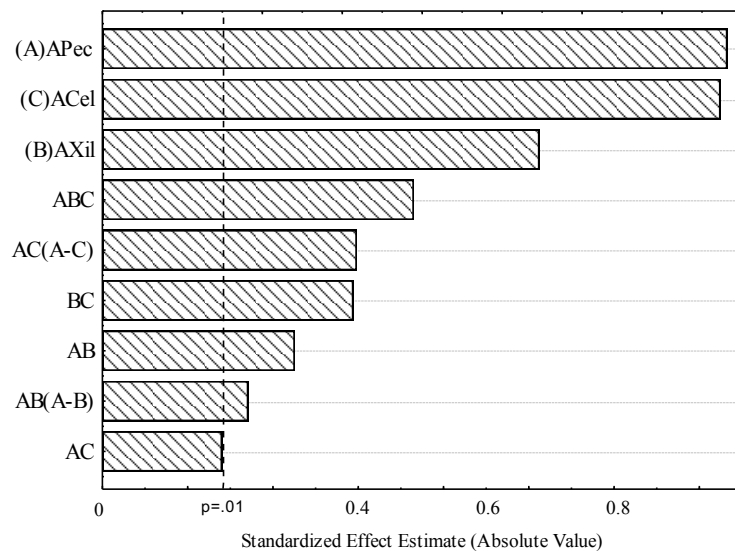
Figura 2. Curvas de nivel para la extracción enzimática del ácido p-cumárico



En la Figura 3 se presenta el diagrama de Pareto de los efectos de las enzimas comerciales pectinasa, xilanasa y celulasa sobre la extracción enzimática del ácido p-cumárico. Se observa con un nivel de significancia  $p = 0.01$  que la celulasa y pectinasa representaron el efecto más importante en la extracción enzimática del ácido p-cumárico. Seguido de la xilanasa y la mezcla de las 3 enzimas comerciales.

Pan et al. (1998) determinó que el ácido *p*-cumárico se encuentra en mayor proporción esterificado a la lignina, la cual es un polímero formado por varios núcleos aromáticos del tipo fenilpropano. La lignina junto con la celulosa proporciona la rigidez a la pared celular de las plantas. Por lo que la celulosa es importante debido a que degrada la celulosa presente en la pared celular de la pulpa de café, provocando que enzimas que se encuentran en la pectinasa comercial puedan liberar el ácido *p*-cumárico. Sin embargo, la lignina es de difícil degradación debido a que presenta gran resistencia tanto al ataque de sustancias químicas como a la acción de microorganismos (Martín, 1980). Esto explicaría porque el ácido *p*-cumárico es difícil de extraer de la pared celular de las plantas.

Figura 3. Diagrama de Pareto de los efectos de cada una de las enzimas ensayadas sobre la extracción de ácido *p*-cumárico



### CONCLUSIONES

El diseño de mezclas resultó una técnica relevante para definir cuál era el efecto de las enzimas despolimerizantes en la extracción del ácido *p*-cumárico. Los resultados mostraron que conforme aumenta la presencia de pectinasa y celulasa y disminuye la xilanasa se ve afectada de manera positiva la extracción del ácido *p*-cumárico. Los intervalos donde se presentó la zona de máxima extracción de ácido *p*-cumárico para las 3 enzimas fueron:  $0 \leq \text{xilanasa} \leq 60$ ,  $120 \leq \text{pectinasa} \leq 200$ ,  $20 \leq \text{celulasa} \leq 80$  Unidades.



**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Adams M., Ghaly A.E. (2007). Maximizing sustainability of the Costa Rica coffee industry. *J. Celanor Prod.* 15:1716-1729.
- Antier P., Minjares A.S., Roussos M., Viniegra G.G. (1993). Pectinase-hiperproducing mutants of *Aspergillus niger* C28B25. For solid-state fermentation of coffee pulp. *Enzyme Microb. Technol.* 15:254-260.
- Belitz y Grosh (1997). *Química de los Alimentos. Café, té y cacao.* 2a ed., España. pp 1011-1021.
- Benoit I., Navarro D., Marnet N., Rakotomanomana N., Lesage-Meessen L., Sigoillot J. C., Asther M., Asther M. (2006). Feruloyl esterases as a tool for the release of phenolic compound from agro-industrial by-products. *Carbohydr. Res.* 341:1820-1827.
- Bressani, R., Braham, J. (1980). Utilization of coffee pulp as animal feed. In: *Association Scientifique International du Café. ASIC, Ninth Colloquium on Coffee, London.* pp. 303-323.
- Fazary A.E., Ju Y.H. (2007). Feruloyl esterases as biotechnological tools: current and future perspectives. *Acta Biochim. et Biophys. Sinica.* 39:811-828.
- Kroon P.A., Williamson G. (1999). Hydroxycinnamates in plants and food; current and future perspectives. *J. Sci. Food Agric.* 79:355-361.
- Labat M., Augur C., Rio B., Perraud-Gaime I., Sayadi S. (2000). Biotechnological potentialities of coffee and similar with olive, two models of agroindustrial products rich in polyphenolic compounds. *Coffee Biotechnol. Qual.* pp 517-531.
- Larrosa, M.; Lodovici, M.; Morbidelli, L.; Dolara, (2008). P. Hydrocaffeic and p-coumaric acids, natural phenolic compounds, inhibit UV-B damage in WKD human conjunctival cells in vitro and rabbit eye in vivo. *Free Radic. Res.* 42: 903-910.
- Martín A. (1980). Descomposición de la lignin. En: *Introducción a la microbiología del suelo.* Editorial Calypso. México D.F. pp:190-195.
- Molina M., Lechuga O.R., Bressani R. (1990). Valor nutritivo de la pulpa de café sometida a fermentación sólida usando *Aspergillus niger* en pollos y cerdos. *Agron. Mesoam.* 1:79-82.
- Montgomery D.C. (2006). *Diseños factoriales fraccionados de dos niveles. Diseño y análisis de experimentos.* 2ª Ed. Limusa Wiley, México. pp 337-346.
- Pan G.X., Bolton J.L., Leary G.J. (1998). Determination of ferulic and p-coumaric acids in wheat straw and the amount released by mild acid and alkaline peroxide treatment. *J. Agric. Food Chem.* 46:5283-5288.
- Pandey A., Selvakumar P., Soccol C., Nigam P. (1999). Solid state fermentation for the production of industrial enzymes. *Curr. Sci.* 77:149-162.

- Peñaloza W., Molina R.M., Gómez- Brenes R., Brezan R. (1985). Solid-State Fermentation and Alternative to Improve the Nutritive Value of Coffee Pulp. *Appl. Environ. Microbiol.* 49:388-393.
- Roussos S., Aquíhuatl M de A., Trejo-Hernández M. del R., Perraus G.I., Favela E., Ramakrishna M., Raimbault M., Viniegra G.G. (1995). Biotechnological management of coffee pulp-isolation, screening characterization, selection of caffeine-degrading fungi and natural microflora present in coffee pulp and husk. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 42:746-762.
- Ruiz Sánchez Patricia (2002). Producción de cafeoil, feruoiyl p-cumaroil esterases por *Aspergillus awamori* NRRL 3112 a partir de diferentes fuentes de carbono. Tesis de maestría en Biotecnología, UAM-Iztapalapa. México DF.
- Sancho A.I., Bartolomé B., Gómez-Cordovés C., Williamson G., Faulds C.B. (2001). Release of ferulic acid from cereal residues by barley enzymatic extracts. *J. Cereal Sci.* 34: 173-179.
- Song, K.; Boo, Y.C. (2012). UVB shielding Effects of para-Coumaric acid. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea*, 38: 263–273.
- Torres-Mancera Ma.T., Córdova-López J., Rodríguez-Serrano G., Roussos S., Ramírez-Coronel A., Favela-Torres E., Saucedo-Castañeda G (2011). Enzymatic extraction of hydroxycinnamic acids from coffee pulp. *Food Technol. Biotechnol.* 49:369-373.
- Urbaneja G., Ferrer R.J., Páez G., Arenas de Moreno L., Colina G., Sandoval L. (1996). Hidrólisis ácida y caracterización de carbohidratos de la pulpa de café. *Rev. Fac. Agron.* 14:265-275.
- Yong Ch. B. (2019). p-Coumaric Acid as An Active Ingredient in Cosmetics: A Review Focusing on its Antimelanogenic Effects. *Antioxidants.* 8, 275: 1-16

# APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA EL DIAGNÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE VARIABLES QUE IMPACTAN EN EL ATERRONAMIENTO DEL AZÚCAR

SILVERIO ÁNGEL MEDRANO<sup>1</sup>, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA<sup>2</sup>, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁSQUEZ<sup>3</sup>,  
LILIANA FUENTES ROSAS<sup>4</sup>

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en un ingenio azucarero del centro del estado de Veracruz, que comparte el problema de aterronamiento del azúcar con otros ingenios del perímetro; el aterronamiento de cristales provoca efectos negativos de calidad y tiene como consecuencia costos adicionales para des-apelmazar; diferentes estudios y aportaciones de expertos, consideran que existen gradientes de temperatura que crean zonas de mayor humedad relativa, originando puentes líquidos que desencadenan el aterronamiento. El objetivo fue generar acciones para mejorar el comportamiento de las variables temperatura y humedad del azúcar final, con respecto a su parámetro operativo; se utilizaron herramientas para control estadístico de calidad y procesos de manera secuenciada; los resultados no muestran comportamiento estadístico, sin embargo, las variables se ajustan más a su parámetro, consecuentemente el área de comercialización, durante la zafra 2017, disminuyó las reclamaciones y devoluciones aproximadamente al 50%, evitando el re-envase y los costos que ésta actividad genera.

Palabras clave: Aterronamiento, control estadístico, Secado, Azúcar

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.  
angel\_silver89@hotmail.com.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

**ABSTRACT**

This investigation was conducted in a sugar refinery at the centre of the Veracruz state, which shares the problem of the disorder of sugar with other sugar refinery in the perimeter; the crystal disorder causes quality negative effects and has as a result additional costs for uncover; different studies and expert inputs, consider that there are temperature gradients that create areas of relative humidity, originating liquid bridges that trigger the disorder. The aim was to generate actions to improve the behaviour of the variable temperature and humidity of the final sugar, with respect to its operational parameter; tools for statistical control of quality and processes were used sequentially; the results show non - statistical behaviour, however, the variables are more in line with the parameter, consequently the marketing area, during the 2017 Zafra, decreased the claims and returns to around 50%, avoiding the re - packaging and the costs that the activity generates.

Keywords: spreading, statistical control, drying, Sugar

**INTRODUCCIÓN**

Es conocido para quienes laboran en el sector industrial, que para lograr productos de calidad, es necesario ejercer controles durante el proceso, principalmente en las variables que impactan en las características de calidad de los productos y que son establecidas por los clientes como una condición de compra. En éste trabajo se buscó controlar las variables de temperatura y humedad del azúcar al final del proceso de secado, a fin de que se contribuya a eliminar el problema de aterronamiento que se ha convertido en la principal causa de re-trabajos o en el peor de los casos de devolución del producto.

El aterronamiento de cristales conduce a una gran cantidad de efectos negativos sobre la calidad del azúcar, que llevan un costo adicional para restaurarla a su estado original antes del apelmazamiento. Se produce a menudo después de la etapa de secado, por ejemplo, durante el transporte o almacenamiento y también por un deficiente proceso de secado. Resulta un gran problema, por los retrabajos que se deben realizar para recuperar la fluidez del producto.

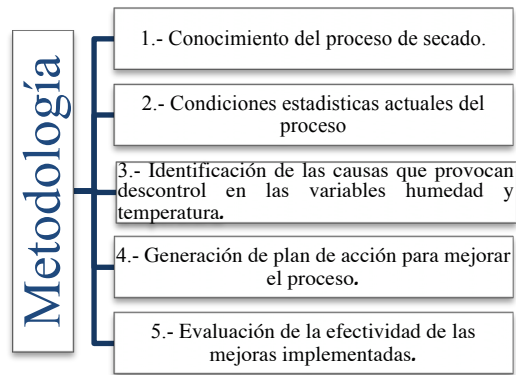
Generalmente, el apelmazamiento de cristales se produce durante la adsorción y desorción de la humedad y el proceso de compactación resulta en diversas condiciones de humedad y temperatura. (M. Chen, 2017), así mismo, el apelmazamiento de azúcar se produce cuando la temperatura del azúcar envasado es más caliente que la temperatura del ambiente donde se almacena, existen gradientes de temperatura y posteriormente crean zonas de mayor humedad relativa creando puentes líquidos que desencadenan el aterronamiento (Bagster, 1970), según SW Billings, (2005) el azúcar debe ser envasado con contenidos de humedad y temperatura lo suficientemente bajos de modo que el movimiento de la humedad inducida por cambios de temperatura no creara apelmazamiento.

Si bien existen diferentes investigaciones que demuestran cómo afecta la temperatura y la humedad en el azúcar al final del proceso de secado, parece no haberse realizado ningún estudio detallado que incluya el análisis e implementación de mejoras. Esta investigación tiene como objetivo realizar un análisis estadístico inicial de las variables de estudio, localizar áreas de oportunidad de mejora, proponer acciones y evaluar el impacto de tales acciones, lo anterior para que el equipo de secado alcance los parámetros de operación deseables en las variables temperatura y humedad del azúcar al final del proceso, como medida preventiva del aterronamiento resultante en el posterior proceso de almacenamiento. Se utilizarán las herramientas para el control estadístico del proceso para el control y análisis del problema formulado.

## **METODOLOGÍA**

El proceso utilizado para llevar a cabo la identificación de oportunidades de mejora, su seguimiento y evaluación, se muestran en la Figura 1.

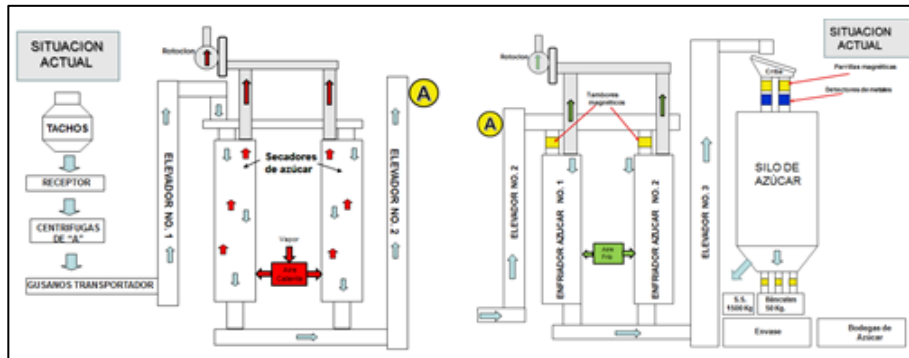
Figura 1. Metodología utilizada en la investigación.



### 1. Conocimiento del proceso de secado

El modelo del secador utilizado en el estudio comprende dos secciones principales: la primera sección es la que recibe el producto proveniente de las centrifugas, que contiene una humedad variable de (0.09-1%), al ingresar en la primera sección del secador, el azúcar entra en contacto con aire caliente, que varía de (80-100°C) en un sistema a contra-corriente y al salir de esta sección, el azúcar contiene una humedad del (0.05-0.06%), al entrar nuevamente a los enfriadores el azúcar entra en contacto con aire a contra-corriente con temperaturas de (30-40°C) con una humedad relativa máxima de 45%, este aire es extraído del ambiente y filtrado previamente. Las condiciones teóricas del producto al final del proceso de secado son de (<04%) humedad y temperaturas de (35-40°C). El equipo está compuesto de un sistema interno de platos que suavizan la caída de los cristales haciendo que el azúcar se distribuya en caída en todo el cuerpo del tambor ralentizando su paso para un mejor secado y enfriado. Unos dispositivos llamados roto-clones se encargan de extraer el aire inyectado en cada sección del secador, el aire extraído es acompañado de polvillo generado por la fractura de cristales y es recolectado por el lavado del aire con agua caliente y retornado al proceso. La configuración del equipo se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Configuración del equipo de secado

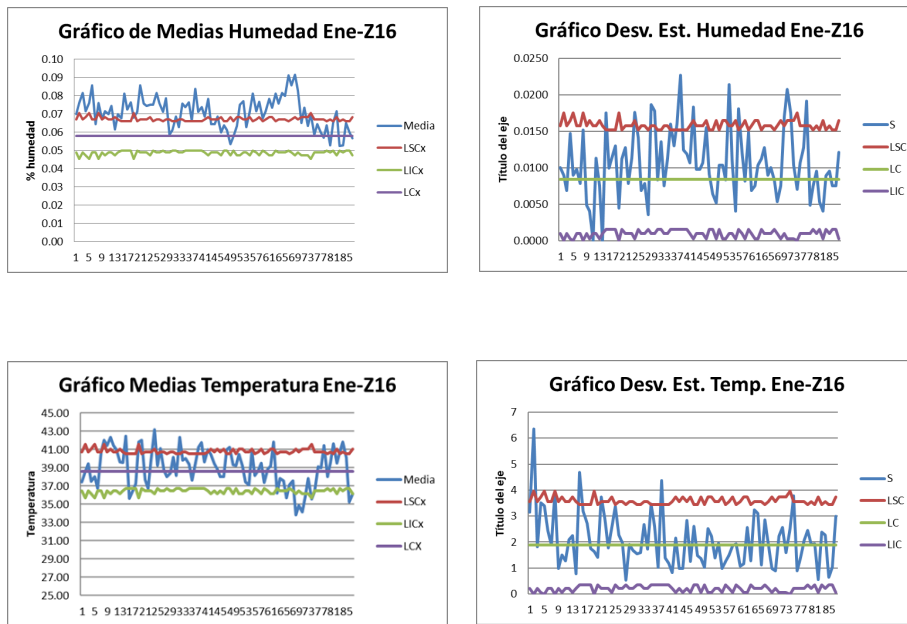


2. Condiciones estadísticas actuales del proceso

Se realizó un análisis estadístico del proceso de las variables de humedad y temperatura, que controlan el proceso de secado y que su control influye fuertemente en la prevención del aterronamiento del azúcar envasado, la finalidad es evaluar el comportamiento estadístico inicial de dichas variables con respecto a sus parámetros de operación. Los datos utilizados fueron obtenidos de una base de datos llamada ConLab utilizado por el departamento de laboratorio de fábrica y corresponden al periodo de zafra 2016.

Tabla 1. Gráficos X-S humedad y temperatura zafra 2016

Gráficos X-S humedad y temperatura zafra 2016

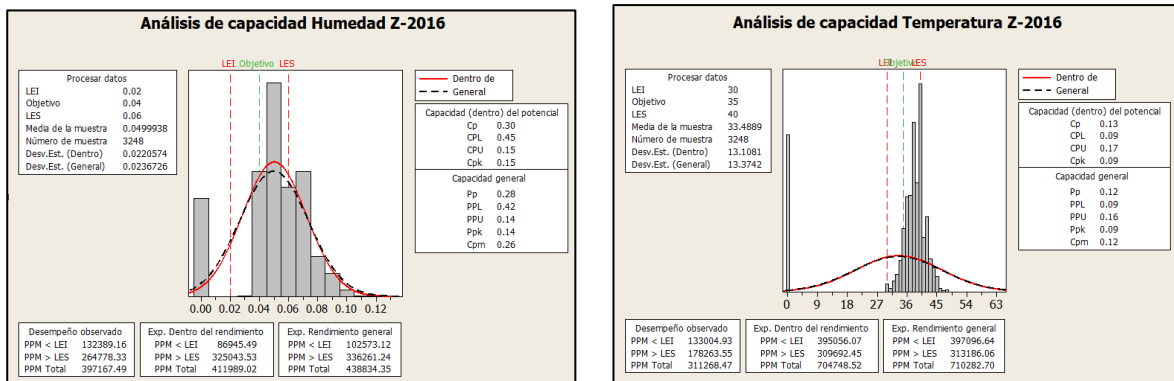


En la Tabla 1 se muestra la gráfica de medias y desviaciones estándar para la variable humedad, se eligió éste tipo de gráficas porque al agrupar los datos en subgrupos obtenemos grupos que no cuentan con el mismo número de muestras. Es evidente que la variable analizada no muestra un control estadístico, ya que el comportamiento del proceso supera los límites de control obtenidos; así mismo, la gráfica de desviaciones estándar, manifiesta puntos que superan el límite de control superior calculado, lo que indica que la variable no está estadísticamente controlada.

En la misma Tabla 1 se observan las gráficas para la variable temperatura, que a pesar de comportarse estadísticamente menos variable que la humedad, tampoco manifiesta tener un control estadístico, ya que en ambas gráficas (de medias y desviaciones estándar) muestran causas asignables para el proceso.

Se consideró importante evaluar la capacidad el proceso (Cp), misma que indica cómo se comportan las variables con respecto a su parámetro de operación. En la Tabla 2 se muestra el análisis de capacidad de la zafra 2016 de las variables temperatura y humedad, se observa en ambos casos que la dispersión del proceso es mayor que la dispersión de especificación, por lo que requieren de modificaciones para alcanzar por lo menos un nivel de tres sigma (un nivel tres sigma indica que se está cumpliendo al con la variación permitida) y reducir la cantidad de azúcar fuera de especificaciones y consecuentemente el aterronamiento en el azúcar.

Tabla 2. Análisis de capacidad de las variables humedad y temperatura Z-2016 y comentarios





Se observa que el comportamiento de la variable humedad, supera su especificación máxima, que es de 0.06%, manejando datos con porcentajes de humedad superiores al 1%; el límite inferior no es el problema en éste caso, a pesar de que se maneja una especificación del 0.02%, entre menor sea la humedad, mejor es el proceso, posiblemente es un dato atípico. Lo anteriormente explicado origina que no se tenga un proceso hábil, ni siquiera para tres niveles de sigma, es decir, ni siquiera capaz de cumplir con la especificación permitida.

Se observa que el comportamiento de la variable temperatura, supera la especificación máxima, que es del 40°C, presentando valores que superan los 45°C, así mismo, la temperatura de cero grados que muestra el islote solitario por el lado inferior, se asume sea un dato atípico, y la barra que sale del límite inferior de 30°C, también está superando la especificación. Por lo tanto, no es un proceso hábil, ni siquiera para tres niveles de sigma, es decir, ni siquiera capaz de cumplir con la especificación permitida.

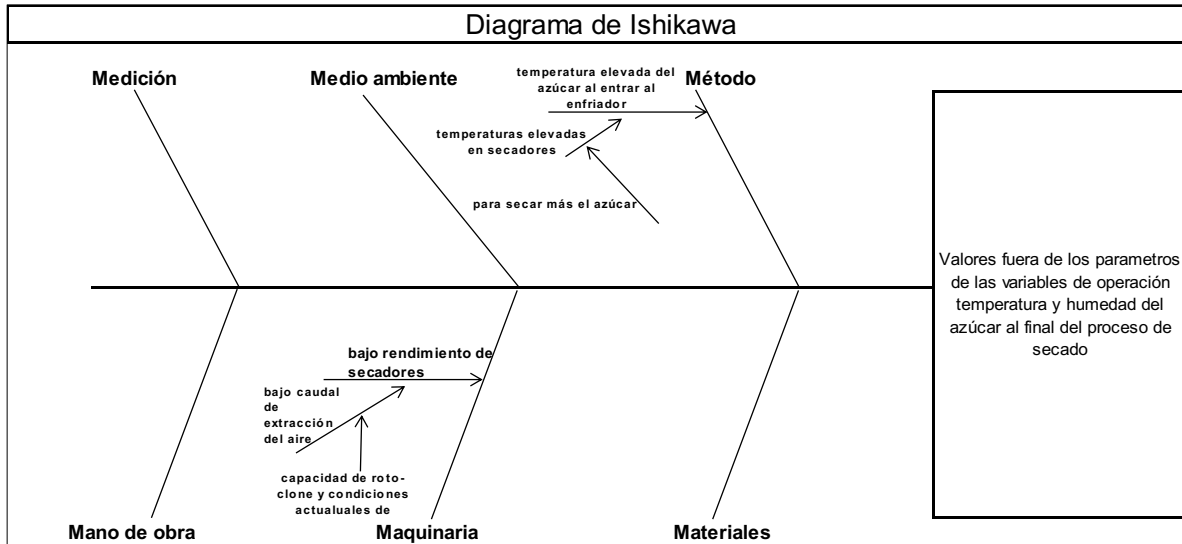
### 3. Identificación de las causas que provocan descontrol en las variables humedad y temperatura

Una vez analizado estadísticamente el proceso se procedió a realizar un diagrama Ishikawa con el fin de identificar la causa raíz que origina el problema del descontrol de las variables de temperatura y humedad, esta herramienta tiene como fin permitir la organización de grandes cantidades de información y es ampliamente utilizada en el análisis de casos, ya que permite apreciar con claridad las relaciones entre una situación o problema y las posibles causas que puedan estar contribuyendo para que esto ocurra, aumentando la probabilidad de identificar las causas principales. (Romero Bermúdez & Díaz Camacho, 2010).

Se realizaron reuniones con el personal involucrado en el proceso de secado y se generó el diagrama de causa-efecto que se muestra en la Figura 3. Se observa que una de las causas se centra en la rama de maquinaria y corresponde a la falta de capacidad del equipo encargado de la extracción del aire en los secadores, la otra causa aparece en la rama de método, esta tiene relación con la temperatura porque los trabajadores operan los secadores a temperaturas muy elevadas, mayores a

90°C, como consecuencia al momento de que el producto pasa al enfriador lleva una temperatura alta que difícilmente se logra bajar en el enfriador.

Figura 3. Diagrama Ishikawa (identificación de la causa raíz)



#### 4. Generación de plan de acción para mejorar el proceso

Derivado de las causas que los expertos en el área consideran son las que provocan las variaciones y el incumplimiento de parámetros de operación, se generaron acciones para mejorar el proceso. Nuevamente con la participación del jefe y supervisores del departamento de elaboración del ingenio, se realiza el plan de acción (ver Tabla 3) utilizando la herramienta 5W+1H. Esta herramienta es una metodología de análisis empresarial que consiste en responder seis preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW) (Trías, González, Fajardo & Flores, 2009) utilizada como una herramienta de análisis que apoya la identificación de los factores y condiciones que provocan problemas en los procesos de trabajo.

Tabla 3. Plan de acción de mejoras al proceso de secado

¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?	¿Por qué? / ¿Para qué?
Aumentar el caudal de aire de secado	Mini negocio Elaboración	Periodo de reparación 2016-2017	Secadores	Aumentando la rotación del rotoclon 25%	Para obtener la humedad requerida del azúcar <=6%
Disminución de la temperatura de operación del aire caliente en secadores	Mini negocio Elaboración	Zafra 2017	Secadores	Realizando análisis de capacidad del equipo	Para que los enfriadores logren bajar la temperatura <40°C

La primera acción de acuerdo al plan de mejora consistió en incrementar al 25%, el caudal de extracción del equipo roto-clone, para ello se modificó la instalación actual del equipo y se determinó aumentar su velocidad.

La segunda acción, consistió en operar los secadores a temperaturas menores de las habitadas (80°C-100°C), proponiendo que fueran de 70°C a 75°C, con ésta acción se espera mejorar el rendimiento de los enfriadores y lograr alcanzar la temperatura por especificación (30-40°C).

**RESULTADOS**

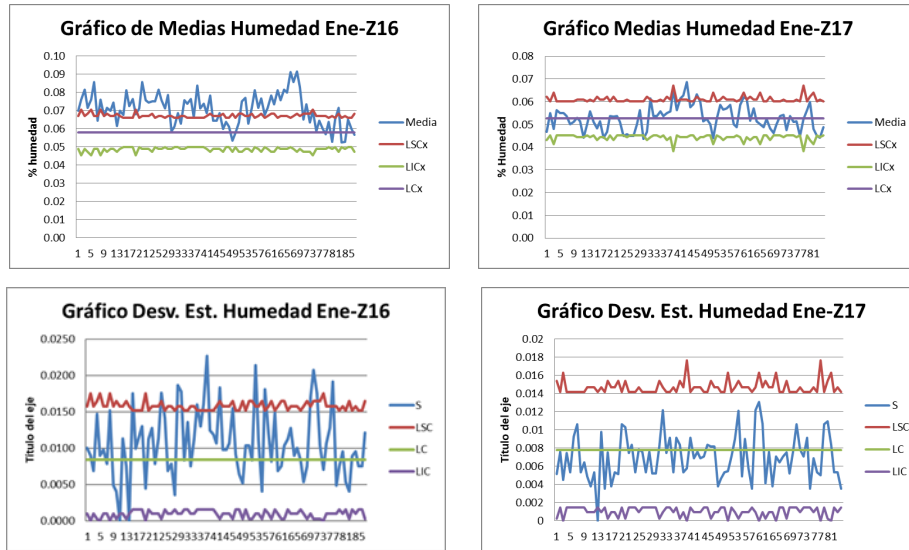
Comparativo de resultados en la humedad del azúcar

Una vez realizadas las modificaciones durante la reparación 2016 se recolectaron nuevos datos correspondientes a la zafra 2017, igual que para el análisis inicial, se consideró el mes de enero, en ésta ocasión fueron 87 datos con subgrupos de tamaño variable y se realizaron los gráficos correspondientes para la evaluación de las mejoras implementadas, en la Tabla 3 se muestran los resultados generados.

Tabla 3. Comparativo gráficos X-S humedad zafras 2016 y 2017

Gráficos X-S 2016

Gráficos X-S 2017



COMENTARIOS

En el gráfico de la zafra 2016 se observa que la humedad alcanzó hasta 0.09% mientras que en el 2017 el máximo fue de 0.07%, lo que indica que hay una mejora del 0.02% de humedad en el proceso de secado de la última zafra.

La desviación estándar se muestra con mucha menor variabilidad en la nueva zafra 2017, únicamente se aprecia una causa asignable, mientras que en la zafra 2016 el descontrol estadístico es demasiado evidente; es decir, se logró reducir la variabilidad

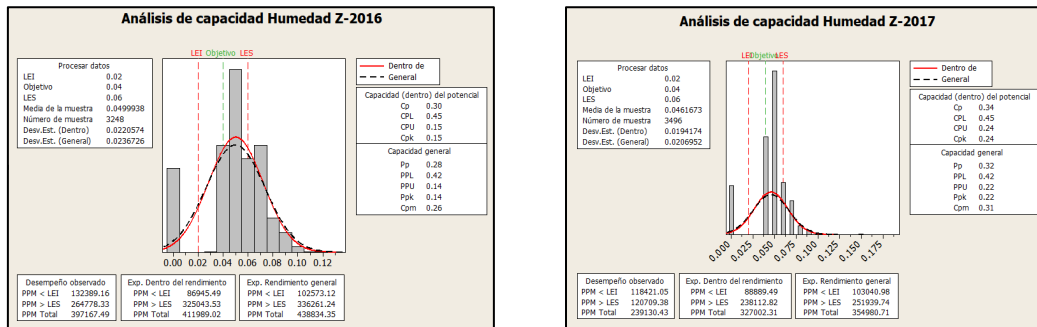
Como se puede observar en la Tabla 3 la humedad alcanzo un máximo de 0.07% durante el mes de enero 2017 comparado con enero 2016 con un máximo de 0.09%, se observó mejoría en la reducción de la humedad, pero no se logró controlar el proceso, sin embargo, también se logró reducir la desviación estándar, lo que significa que más valores están cerca de la media.

Las especificaciones del azúcar al final del proceso de secado en cuanto a la humedad marcan que debe de mantenerse en valores específicos de entre 0.02% y 0.06% esto para evitar que la humedad contenida en los cristales junto con la gradiente de temperatura desencadene el fenómeno del aterronamiento, a

continuación, se presenta el comparativo del análisis de capacidad del proceso de la humedad.

La Tabla 4 muestra los cambios en el proceso después de las acciones correctivas, en los histogramas se puede observar que la media y la desviación estándar se redujeron de manera mínima, por lo que la variable de humedad continúa sin cumplir la especificación.

Tabla 4. Comparativo análisis de capacidad humedad 2016 y 2017



Media:0.049

Desviación estándar:0.0236

Cpk:0.15

Media:0.046

Desviación estándar:0.0206

Cpk:0.24

Comparativo de resultados en la temperatura del azúcar

La temperatura del azúcar al final del proceso de secado debe mantener parámetros con valores menores a 40°C y superiores a los 30°C, el control del proceso de secado con respecto a la temperatura del producto es indispensable para la prevención del aterramiento del azúcar presentado en durante el almacenamiento del producto, a continuación, se revisa la efectividad de las mejoras realizadas en el proceso durante el periodo de reparación 2016.

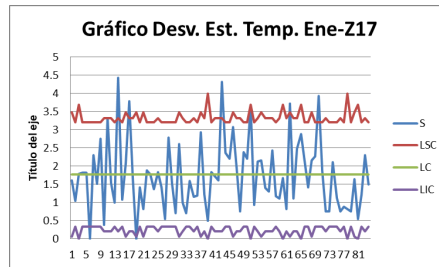
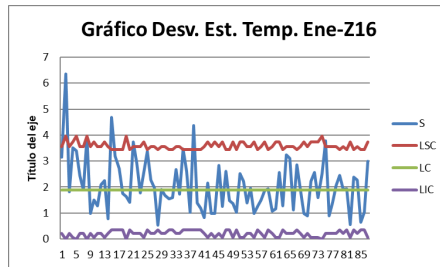
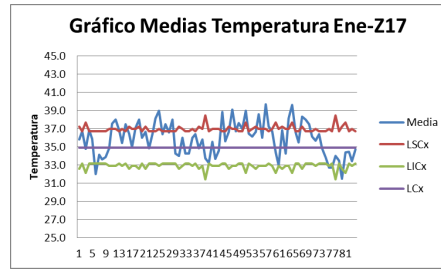
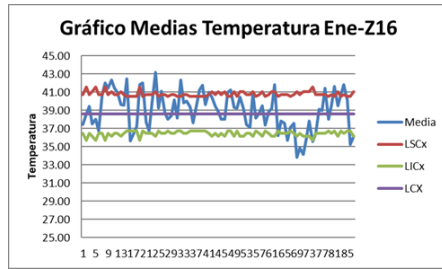
En la Tabla número 5 se muestran los gráficos X-S de las zafras 2016 y 2017 en ellos se pueden observar que el proceso de la temperatura sigue sin control estadístico después de las mejoras realizadas, sin embargo se observa una disminución de la media del proceso de 39°C a 35°C en la zafra 2017, así mismo las medias de los grupos se mantuvieron debajo de los 39°C cuando en la zafra 2016 la mayoría de los datos supero los 39°C.

Para los gráficos S se observa menos variabilidad, pero no hay control estadístico.

Tabla 5. Comparativo gráficos X-S temperatura zafras 2016 & 2017

Gráficos X-S 2016

Gráficos X-S 2017



Los valores máximos alcanzados en la zafra 2016 son de hasta los 43°C mientras que en 2017 su máximo fue de 39°C, se observa una disminución de 4°C, ambos procesos no están controlados ya que presentan causas asignables

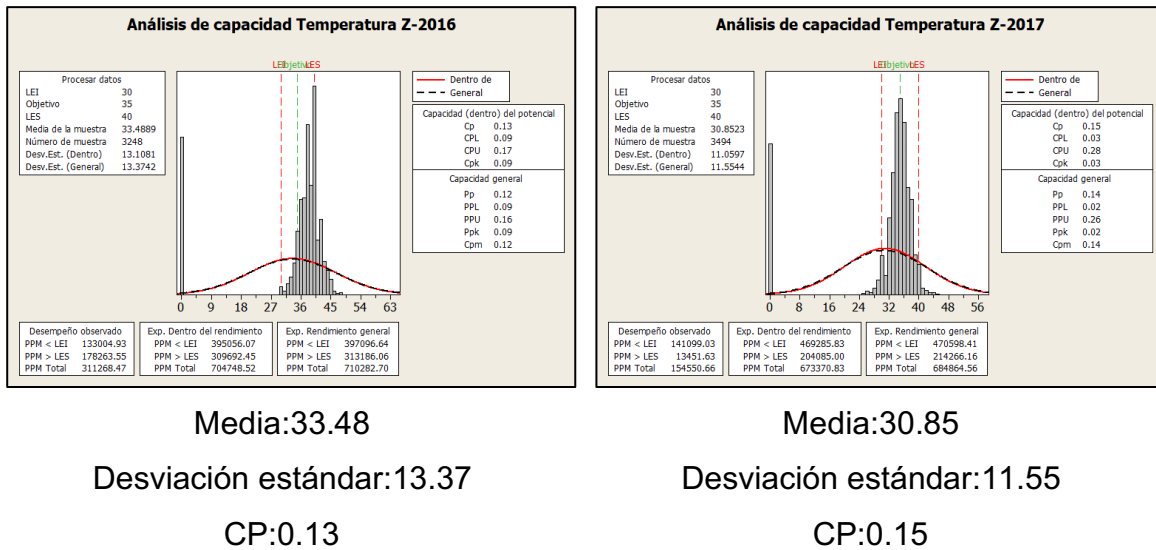
La desviación estándar para el mes de enero 2017 demuestra que el proceso no está bajo control estadístico

En el caso de la variable temperatura que se ilustra en la Tabla comparativa 5, se observa que en la zafra posterior a las mejoras implementadas, los valores obtenidos de la temperatura fueron en su mayoría menores al límite superior de 40°C, la media del proceso tuvo una reducción de 2.63°C, también se puede observar que la desviación estándar del proceso se redujo 1.82 pasando de 13.37 a 11.55.

Se lograron obtener mejores resultados en la dispersión del proceso con respecto a las especificaciones, la variable muestra un proceso más centrado, sin embargo, aún no es posible lograr el cumplimiento total de la especificación.

Claramente se observa que el proceso mostró mejoría, durante la zafra 2017 se obtuvo menos cantidad de azúcar no conforme.

Tabla 5. Comparativo análisis de capacidad temperatura 2016 & 2017



**CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos del estudio comparativo entre las zafras 2016 y 2017 una vez implementadas las acciones, mostraron una ligera mejoría con respecto a la disminución de los valores calculados como medias en la temperatura y la humedad, por consiguiente, los parámetros de operación interpuestos por los gráficos de control se movieron de la misma manera, sin embargo, las variables no fueron controladas y se alcanzaron valores que superaron los límites de control en los gráficos X-S, quedando demostrado que la mejoras no obtuvieron los resultados esperados.

Puede concluirse que las modificaciones realizadas en los equipos y en su operación, dieron solución de manera parcial al aterronamiento del azúcar durante la zafra 2017, sin embargo, el reacondicionamiento del azúcar durante esta zafra fue necesario y se continuo con la práctica para la entrega a un cliente en especial (Bimbo) mientras que el resto podía consumir el azúcar en las condiciones que se encontraba almacenada (Coca-Cola), presentando aterronamiento pero sin impedir el flujo en la descarga del súper saco, como se había presentado en la zafra 2016 motivo por el cual fue necesario reacondicionar el azúcar a través del re-envase.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ortiz, Tobón, Alvarado, Torres, Báez (2008) “Disminución de Pérdidas de Sacarosa en la Elaboración de Meladura en un Ingenio Azucarero” Revista de la Ingeniería Industrial 47-69.
- Ortiz, Tobón, Mejía, Gómez, Alvarado (2010) “Análisis del flujo de vapor en el área de calderas de un Ingenio Azucarero mediante cartas de control” Revista de la Ingeniería Industrial 45-65.
- Hernández, Gutiérrez, Rodríguez, Maribel, Fernández, Dolores (2014) “Influencia de la permeabilidad del envase en la calidad del azúcar” ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de azúcar 22-25.
- Castrillón, Pabón, Reif-Acherman (2011) “Influencia de las condiciones del secado en el aterronamiento y la compactación del azúcar almacenado” Ingeniería y Competitividad 22-25
- Lu, Yi, Gray, Thomas, Schmit (2017) “Impacto de la composición de cristal de sacarosa y la química en su comportamiento térmico” Journal of Food Engineering 193-208
- Durán (2014) “ Desarrollo de una tecnica langriana para el dimensionamiento y análisis parametrico de secadores rotativos” Escuela superior politecnica del litoral 266
- Billings, Bronlund, Paterson (2005) “Effects of capillary condensation on the caking of bulk sucrose” Journal of Food Engineering 11-222



# DISPOSITIVO SUMERGIBLE PARA LA RECEPCIÓN DEL SONIDO

LUIS ANTONIO PEÑA DORANTES<sup>1</sup>, IRMA ANGÉLICA GARCÍA GONZÁLEZ<sup>2</sup>, FABIOLA LANGO REYNOSO<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los arrecifes de coral abarcan el 1% de la superficie del planeta, albergan ecosistemas complejos, diversos y productivos, que son fuente para la actividad pesquera, la cual produce el 25% de la extracción mundial, así como la economía por el turismo que tiene este ecosistema (Zamudio et al.,2015). Siendo su función la protección de las costas en los casos como: erosión, oleaje y destrucción por tormentas y ciclones. Esto ha provocado que se revisen los esquemas para mantenerlos y reproducirlos. Una de las causas que se tiene identificadas por Stephen Simpson es la alteración que se provoca por el ruido cuando las larvas de coral están en proceso de reproducción. El incremento en el flujo de embarcaciones altera este proceso, de tal manera que se generó un prototipo que se conforma por un sensor piezoeléctrico captador del ruido, que amplifica y procesa a base de un microcontrolador, visualizando la intensidad en dB, con un rango de escucha de 0 a 10 KHz, detectando niveles de intensidad desde 65 a 115 dB, las pruebas de laboratorio probaron que el dispositivo cumple con los rangos especificados, por lo que se perfila para situarlo en el medio, ésta pendiente la inmersión a 10 metros. Palabras clave: Acústica, arrecife de coral, hidrófono.

## INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas más complejos e importantes del planeta, su función primordial es proteger de las tormentas y huracanes reduciendo el impacto en las costas, también salvaguardan las playas de la erosión generada

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río. m19990506@bdelrio.tecnm.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río.

por las olas. En ellos habitan una gran variedad de especies marinas, siendo una fuente importante para las actividades pesqueras y el turismo.

A pesar de la normatividad existente que regula el impacto ambiental hacia los arrecifes de coral, no ha sido posible relacionar de forma precisa la contaminación acústica como un factor que genere una alteración en su propagación. En la Universidad de Bristol se realizó un experimento donde prueban que las larvas del coral escuchan el sonido producido por las especies que habitan en el arrecife como guía para regresar. Sin embargo, la creciente demanda de embarcaciones que circundan la zona el causal del incremento del ruido dando como resultado una problemática, ya que no se sabe si estos sonidos impidan que la larva pueda volver al arrecife.

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), es uno de los sistemas arrecifales que ha sido afectado por las actividades antropogénicas, motivo por el cual se han establecido normas con el objetivo de prevenir más daño. Este arrecife se encuentra ubicado en uno de los puertos más grandes del país, lo cual provoca un incremento en la cantidad de buques que entran y salen del puerto; en el 2018 el número de embarcaciones era de 1980 buques, para el 2017 el registro aumento hasta 2074, siendo bueno para la economía del puerto, pero generando un problema ambiental con respecto a la contaminación acústica submarina, ya que los buques son la principal fuente de este tipo de daño.

Para dar respuesta a este problema se diseñará un dispositivo sumergible que permite la recepción del sonido, el cual durante la primera fase se construirá como un prototipo que pueda medir las perturbaciones que se generan bajo el agua.

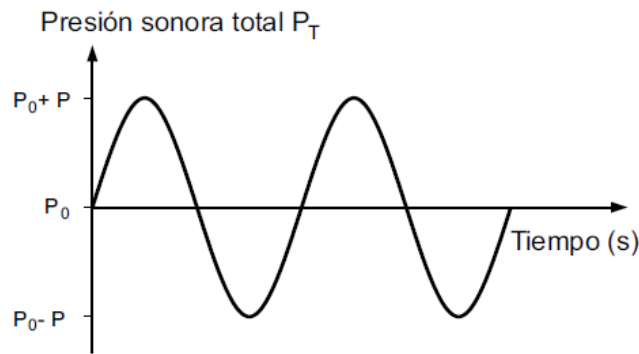
## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para demostrar el comportamiento de las larvas de coral ante el sonido se realizó un experimento en el cual se colocaron larvas dentro de tubos plexiglás transparente, con una cámara y unos altavoces que reproducen los sonidos del arrecife, ahí se observa como las larvas se dirigen hacia el sonido; en un momento de la prueba se bajó el altavoz 0.5m y las larvas empezaron a descender hacia el altavoz, finalmente cuando se apagan los altavoces las larvas se empiezan a

dispersar (Mark, Kristen, Chantal, Ivan, & Stephen, 2010). Estos desarrollos muestran como las alteraciones sonoras realizadas en el entorno, alteran el eslabón inicial del sistema arrecifal, impidiendo la reproducción, que a la larga trastorna este ecosistema de manera drástica.

Para la solventación de esta situación, es importante relacionar como interactúan los componentes físicos dentro del sistema, uno de ellos es la presión sonora  $P_T$  representa la diferencia de la presión producida por el sonido  $P$  y la presión atmosférica  $P_0$  en el tiempo (Carrión, 1998). Como se observa en la figura 1, esta toma valores tanto positivos como negativos.

*Figura 1. Presión sonora total  $P_T$  en función del tiempo en un punto cualquiera del espacio (Carrión, 1998)*

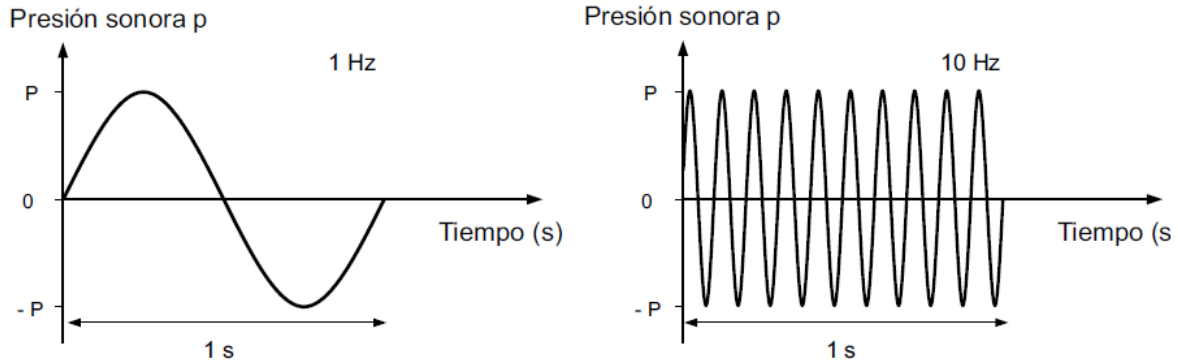


Para calcular el Nivel de Presión Sonora (NPS) se utiliza la ecuación 1 (Miyara,2006)

$$NPS = 20 \log_{10} \frac{P}{P_{ref}} \quad (1)$$

Donde el número de oscilaciones define la frecuencia ( $f$ ) de la presión sonora ( $p$ ) o la cantidad de perturbaciones por segundo, su unidad de medida es el Hertz (Hz). La frecuencia del sonido coincide con las vibraciones mecánicas producidas, como se observa en la figura 2.

Figura 2. Comparación de una onda de 1 Hz y 10 Hz (Carrión, 1998)

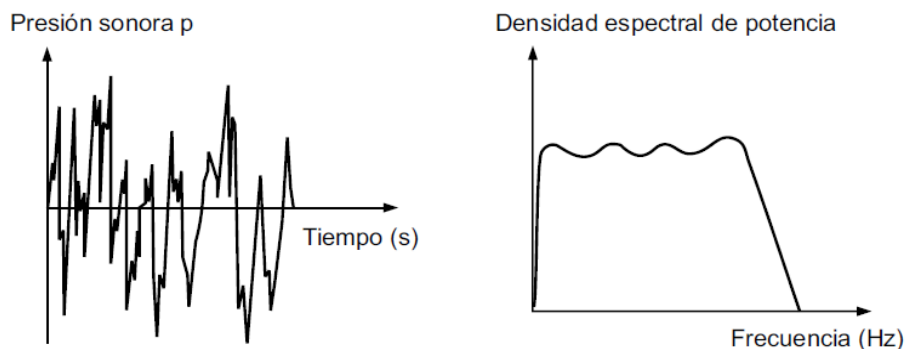


La frecuencia no genera un problema mientras su intensidad sea baja ya que ambas están ligadas, siendo la intensidad la que define si un sonido provoca un daño o no. En este punto es trascendente indicar que las larvas de coral poseen un rango de audición que va de 0.1 Hz hasta 10 KHz, sin embargo, la intensidad en este rango de frecuencia provoca alteraciones en su ciclo.

En la naturaleza el sonido no es generado por una sola fuente ni a una sola frecuencia, se tienen diferentes tipos de sonido. Los tonos puros están conformados solo por una frecuencia ( $f_0$ ), siendo el más simple el que se encuentra en la naturaleza.

El ruido está formado por múltiples frecuencias con valores impredecibles. En estos casos, además de utilizar el espectro de frecuencia se maneja la densidad espectral de potencia, es decir, de la potencia sonora por unidad de frecuencia (figura 3), (Carrión, 1998).

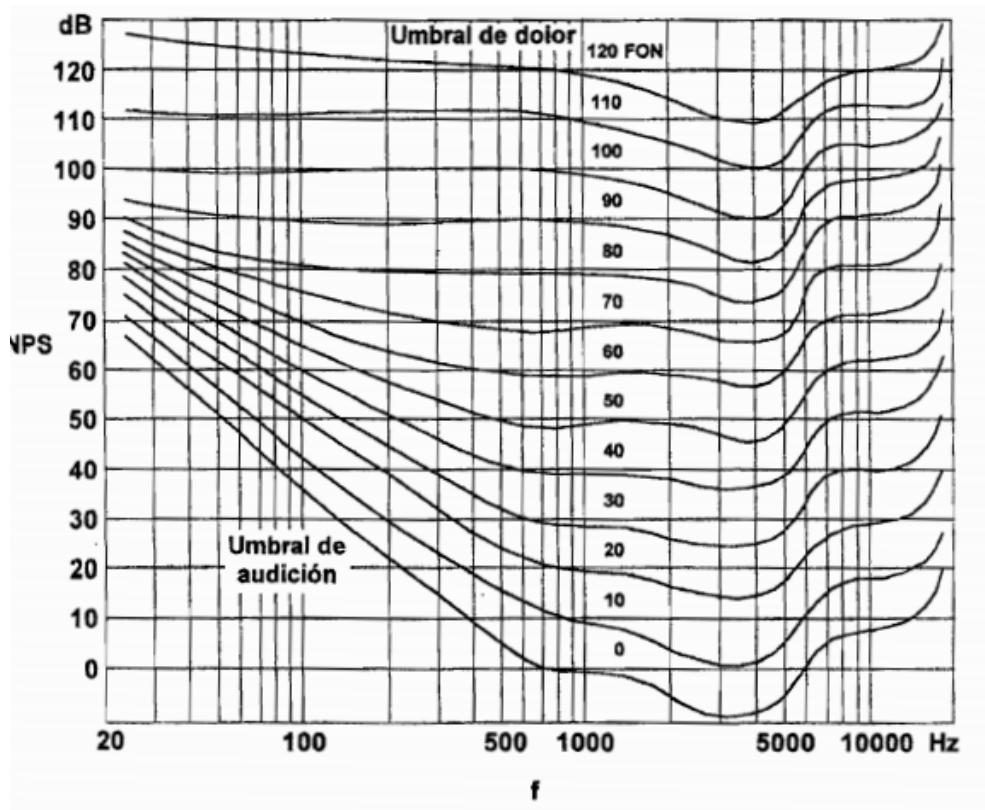
Figura 3. Sonido aleatorio (ruido) y su densidad de potencia espectral (Carrión, 1998)



Estas evaluaciones permitirán identificar que las pruebas a realizar con el dispositivo no sufrirán alteración si el proceso se realiza en agua dulce y la temperatura tampoco es un factor determinante por las dimensiones del área experimental, que se efectúan a escala, ya que la distancia que recorren las larvas puede extenderse hasta cientos de kilómetros y sobrevivir hasta 90 días dependiendo de la especie, para este proceso se generará un tono puro, que tenga frecuencias constantes y solo se observará la variación en la intensidad.

Por lo anterior, se utilizará una frecuencia de 4 KHz para calibrar el dispositivo evitando la saturación de las lecturas del sensor al momento de amplificar, como se observa en la figura 4, la cual es la curva de Fletcher y Munson, que indica un cambio de percepción de intensidad dependiendo la frecuencia.

Figura 4. Curva de Fletcher y Munson (Miyara, 2006)



Para identificar y medir los sonidos se realiza un sistemas de adquisición de información, consiste en un esquema desarrollado para llevar a cabo un objetivo determinado: tratamiento de señal mediante una serie de operaciones específicas destinadas para la transformación (Creus, 1997). La creación de este sistema

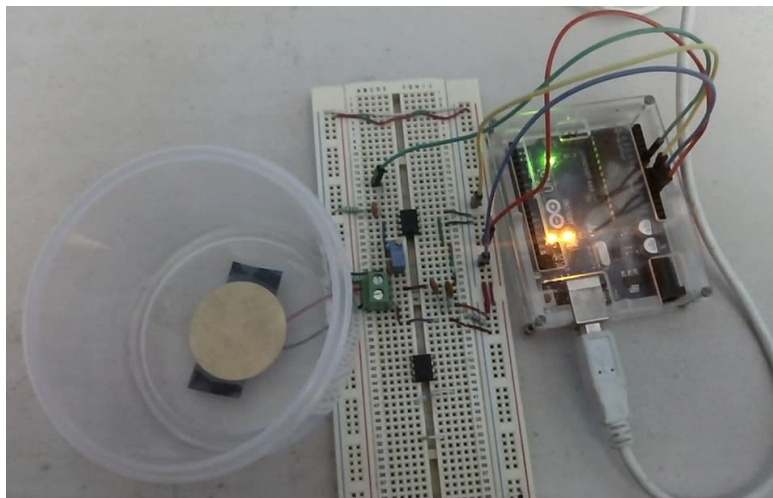
permite resolver esta problemática mediante la implementación de un instrumento indicador, en el cual se observará la variable a medir.

El sistema se segmenta de manera genérica en tres pasos: adquisición de la señal de entrada, la caracterización de la señal que incluye; a) el transductor b) la amplificación y c) el procesamiento análogo-digital, por último, la visualización de la señal en la computadora personal. En el primer paso se genera una señal acústica con una intensidad variable y una frecuencia constante la cual es recibida por el sensor; en el segundo paso, se utiliza un transductor el cual convierte la señal física del sonido con una frecuencia de 0 a 10 Khz, siendo ésta el rango de escucha de la larva de coral a una señal eléctrica que se mide en mV, a continuación la señal es amplificada a V, ya que el rango eléctrico es muy bajo para ser detectado por el ADC del micro controlador, mismo que realiza la conversión análoga a digital; en el tercer y último paso la señal digital ya puede ser visualizada en una computadora personal.

## RESULTADOS

En la imagen 5, se observa el dispositivo conectado, para probarlo en conjunto, el sensor utilizado es un transductor piezoeléctrico, el cual pasa a una amplificación mediante el LM386 procesado por un microcontrolador ATMEGA el cual procesa la señal visualizada en una computadora personal.

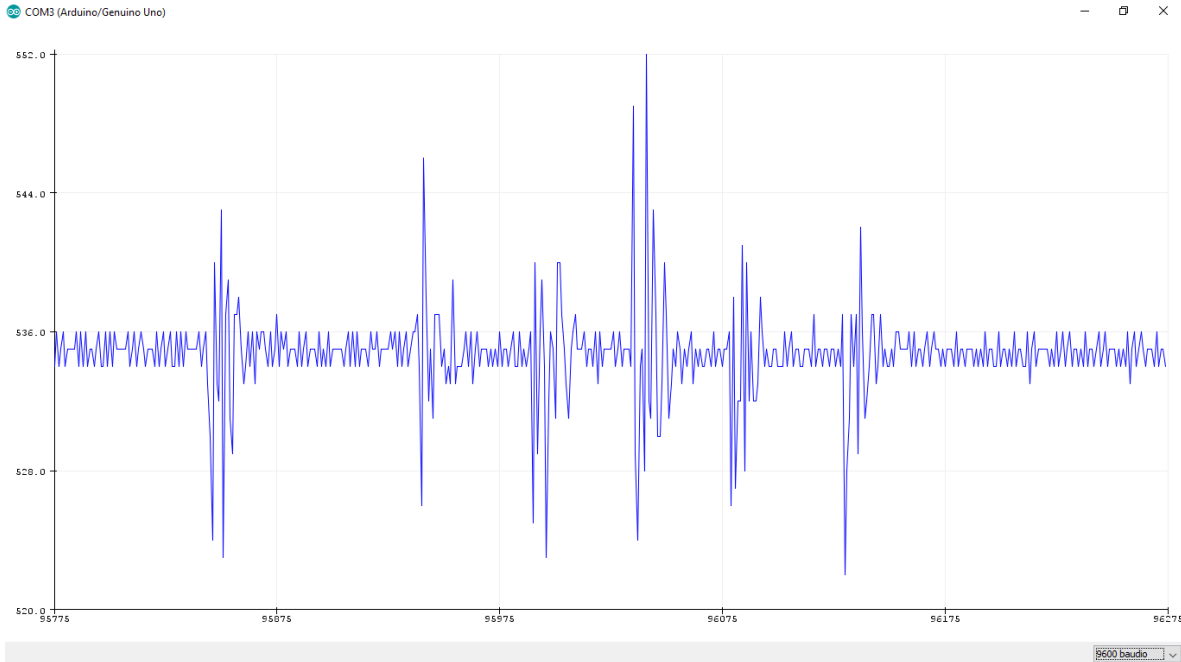
Figura 5. Prueba de sensor piezoeléctrico realizada en laboratorio.



Al aplicar una ganancia de 20 mediante la amplificación, el sensor piezoeléctrico detecta perturbaciones generadas por el ruido.

De las pruebas generadas en el laboratorio, se observa en la figura 6 la señal resultante al generar un aplauso.

Figura 6. Resultados del sensor piezoeléctrico con ruido.



Para poder medir el sonido en decibelios se adquirió un sonómetro para poder realizar una comparación con los datos obtenidos del microprocesador, el modelo del instrumento el UT353.

Una vez que se conecta el circuito y se coloca el zumbador en el otro lado de la tapa, para generar un sonido constante que tenga una intensidad y una frecuencia se utiliza un generador.

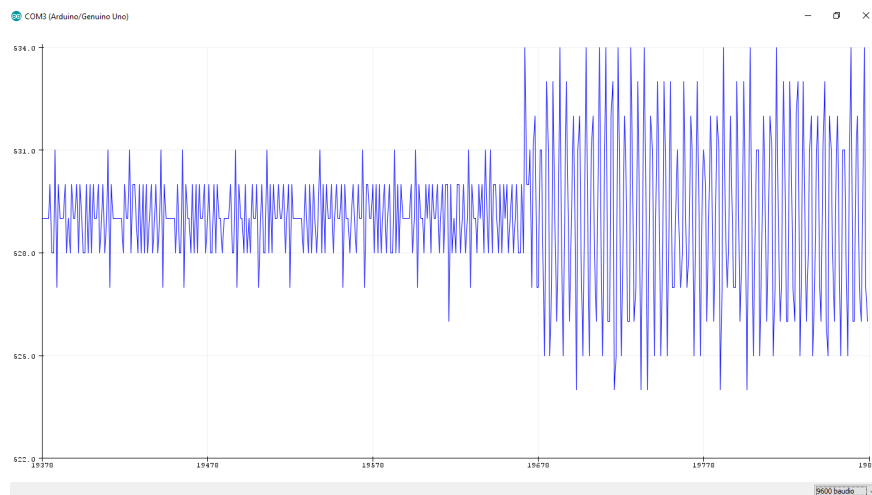
A una frecuencia de 4 KHz, con este parámetro se puede evaluar la intensidad, manipulando con la salida del generador de señales, se inicia con el valor mínimo. Para observar que intensidad generada se utiliza el sonómetro, colocándolo de la misma manera que como se coloca el sensor piezoeléctrico sobre el recipiente como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Lectura del sonómetro con la intensidad más pequeña del generador de frecuencia



El resultado de la lectura del sonómetro es de 85 dB aproximadamente, con este valor se realiza una comparación con los resultados obtenidos en el microprocesador, en la figura 8 se observa el cambio en las lecturas al momento que empezó a producir ruido el generador de frecuencias.

Figura 8. Incremento de intensidad al momento de encender el generador de frecuencia.

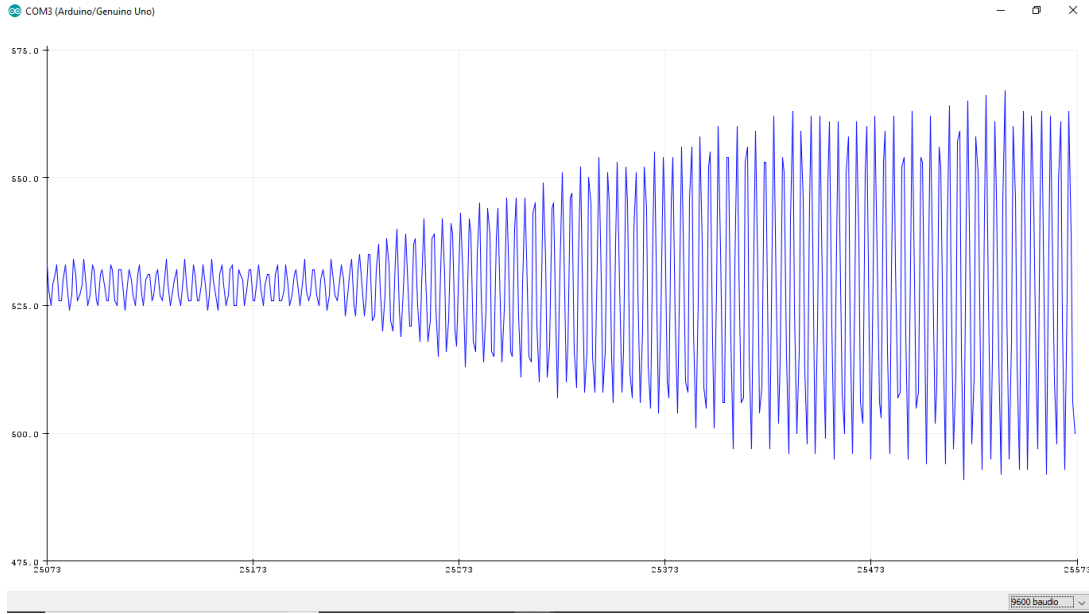




Al aumentar la intensidad al máximo el generador de frecuencia y manteniendo la frecuencia a 4 KHz. La intensidad pasa de 85 dB a 105 dB.

Observando en la figura 9 como incrementa la intensidad en el serial plotter.

Figura 9. Incremento de intensidad al aumentar al máximo el output level del generador de frecuencia.



Los valores que se obtuvieron del microprocesador fueron 560 y 85 dB en la menor intensidad, mientras que en la mayor intensidad fueron 746 y 105 dB, teniendo en cuenta que 528 es la media se realizan las siguientes operaciones:

$$560 - 528 = 32 \quad (2)$$

$$746 - 528 = 218 \quad (3)$$

Con los resultados de la operación número 2 y la 3, se obtienen los valores de 32 para 85 dB y 218 para 105 dB, ahora se utiliza la ecuación para medir los decibeles la cual se muestra a continuación:

$$dB = 20 \log_{10} \left( \frac{V}{V_{ref}} \right) \quad (4)$$

En la ecuación 4 “V” significa voltaje, pero para la programación entre más operaciones el procesó de lecturas se vuelve más lento y es más fácil que se generen errores, para evitar esto se tomaron los valores que utilizan por defecto que es de 0 a 1023, utilizando la ecuación de dB se necesita una constante la cual es Vref y para poder calcularla se despeja la ecuación 4:

$$V_{ref} = \frac{V}{10^{\left(\frac{dB}{20}\right)}} \quad (5)$$

Al resolver la ecuación 5 se obtiene la constante necesaria para poder medir en decibeles:

$$V_{ref} = \frac{32}{10^{\left(\frac{85}{20}\right)}} = 1.79949 \times 10^{-3} \quad (6)$$

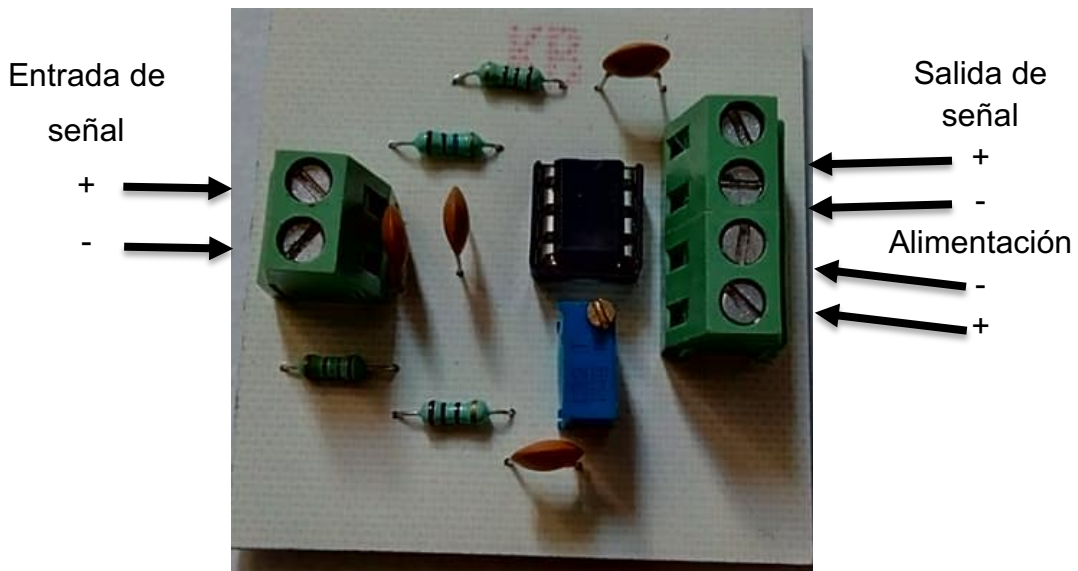
$$V_{ref} = \frac{218}{10^{\left(\frac{105}{20}\right)}} = 1.2259 \times 10^{-3} \quad (7)$$

Sacando la media de ambos resultados se obtiene  $1.512695 \times 10^{-3}$ , se redondea a 2 decimales evitando problemas en la programación, el resultado empleado en el programa:

$$V_{ref} = 1.51 \times 10^{-3} \quad (8)$$

Para pasar a la siguiente etapa, sumergirlo se procede a pasarlo a una placa de circuito impreso de 5 cm x 5cm (Figura 10).

Figura 10. Circuito amplificador en placa de circuito impreso

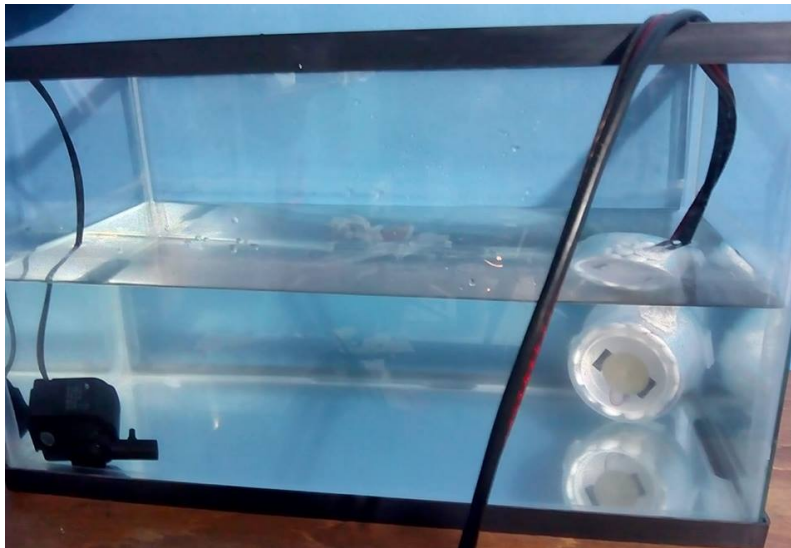


En las pruebas de sumersión se utilizó una pecera de 50 de largo. 25 de ancho y 30 de altura; se introdujo 16 cm de agua.

Para poder simular una perturbación debajo del agua y poder observar cómo reacciona el sensor a esto, se utilizó una bomba de 110 v- 60 Hz a 6W, con una capacidad de 300 L/h.

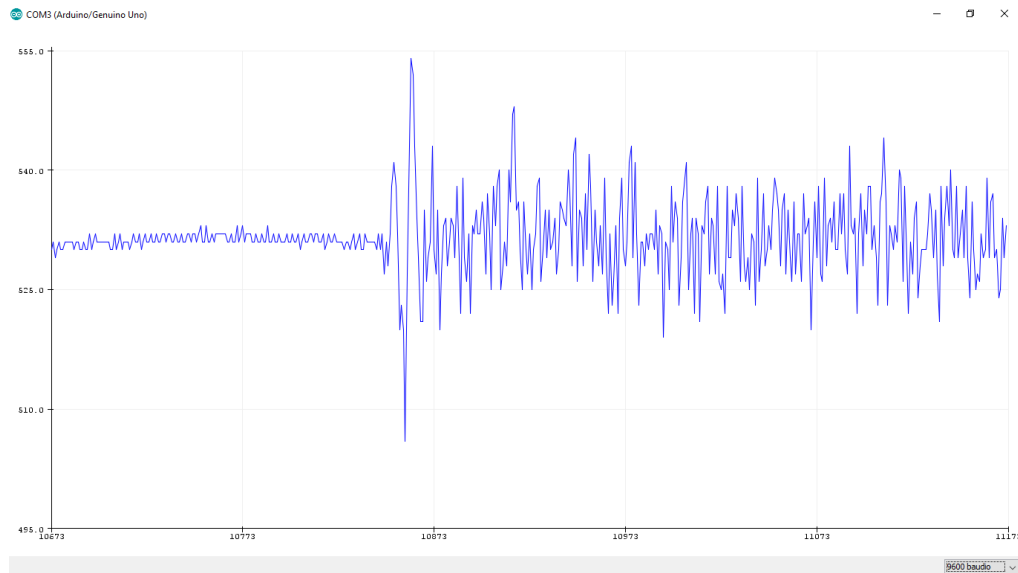
Una vez teniendo Armado el dispositivo se introduce a la pecera al igual que le el motor como se muestra en la (figura 11).

Figura 11. Prueba de sumersión del dispositivo



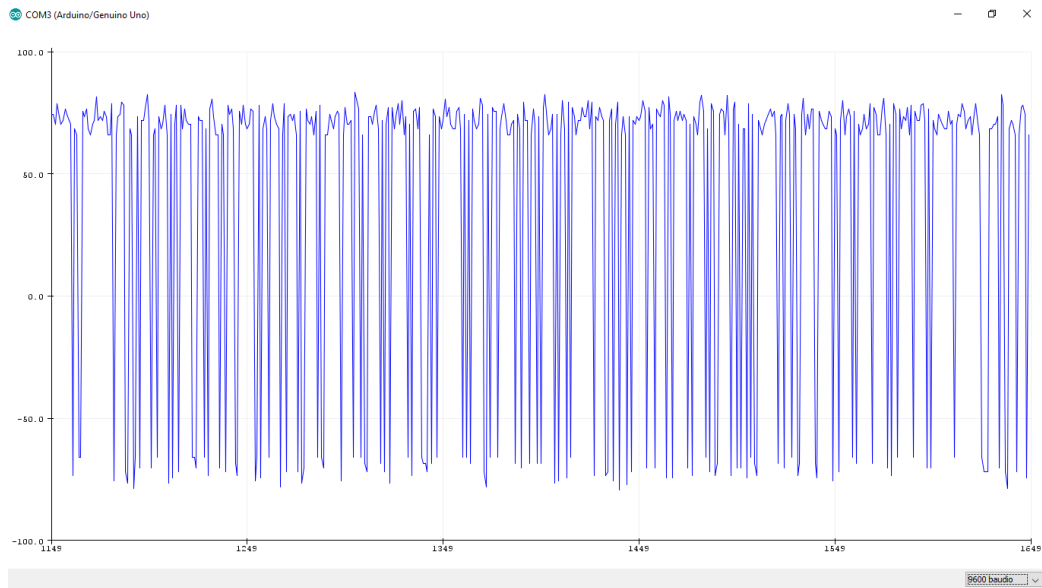
Al usar el programa de ajustes y calibración se observa en la figura 12 el cambio al momento de encender el motor.

Figura 12. Cambio de intensidad al momento de encender el motor



Posteriormente se carga el programa de dB y se obtiene que el motor tiene una intensidad de  $\pm 75$  db con una fluctuación  $\pm 3$  dB como se observa en la figura 13.

Figura 13. Resultado de la prueba de sumersión en dB



## CONCLUSIONES

Con el desarrollo del prototipo se realizó un dispositivo capaz de detectar las perturbaciones generadas por el sonido debajo del agua y enviarlas esta información a un ordenador portátil utilizando como microcontrolador ATMEGA 328. Con esta primera fase se logró desarrollar un prototipo que detecta la intensidad del sonido en dB.

## RECONOCIMIENTO

Agradeciendo el desarrollo para la obtención de grado de licenciatura de la carrera ingeniería en mecatrónica, a través del proyecto en colaboración con el CA "Ciencias Acuícolas y Pesqueras" del ITBoca vinculado con el CA "Ingeniería e innovación sustentable" del ITSX.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Carrión, I. A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Creus, S. A. (1997). *Instrumentación Industrial*. Santafé de Bogotá: ALFAOMEGA.
- Mark, J. A., Kristen, L. M., Chantal, M. H., Ivan, N., & Stephen, D. (2010). Coral Larvae Move toward Reef Sounds. *OPEN ACCESS*, 1-4.
- Miyara, F. (2006). *Acústica y sistemas de sonido*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- MPSecoes. (26 de Noviembre de 2014). *MPSecoes*. Obtenido de MPSecoes: <http://www.equipodeproteccionindividual.com/proteccion-auditiva-frente-a-ruidos/?fbclid=IwAR0cbQLnYptQZWSd3NXU-rKg8iWC9EEb0ejyLW6KVbRCdqxNscNxOBdwtnM>
- Plitt, L. (20 de Mayo de 2010). Obtenido de BBC Mundo: [http://www.bbc.com/mundo/ciencia\\_tecnologia/2010/05/100520\\_coral\\_sonidos\\_lp.shtml](http://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/05/100520_coral_sonidos_lp.shtml)
- Turrucó, G. D., & González, S. A. (2010). Estado actual de los corales. En R. Durán García, & M. E. Méndez González, *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (pág. 496). Mérida: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Zamudio, A. R., Casteñeda, C. M., Lango, R. F., Galaviz, V. I., & Amaro, E. I. (2015). Caracterización del Sedimento Marino del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Ecología y Medio Ambiente-La labor investigadora e innovadora en México*, 85-86.

---

# OFICI HOME SERVICES: WEB PARA LA PUBLICACIÓN DE SERVICIOS Y OFICIOS

MARTHA MARTÍNEZ MORENO<sup>1</sup>, MARÍA ELENA MACEDA RODRÍGUEZ<sup>2</sup>, VILMA ZORINA CAMACHO CÁGAL<sup>3</sup>,  
EDUARDO GALINDO MARTÍNEZ<sup>4</sup>, DYLAN RAMÍREZ AGUILAR<sup>5</sup>

## RESUMEN

El futuro de la economía en México consiste en crear proyectos en materia de desarrollo tecnológico e innovación y a promover su vinculación con los sectores de actividad económica. En la actualidad existen pocas herramientas tecnológicas que nos ayuden a mejorar en el sector laboral.

Uno de los principales objetivos de Ofici Home Services es apoyar a las personas que trabajan de forma independiente ofreciéndoles un acercamiento a las nuevas tecnologías en el sector laboral, creando una alternativa a los medios de difusión tradicionales.

Ofici Home Services es una plataforma Web que sirve como un enlace entre clientes y prestadores de servicios u oficios y permite activar la economía con la prestación y contratación de estos servicios, diseñando un espacio personalizado, mostrando sus trabajos o servicios realizados, así como recibir evaluaciones por parte de los clientes, generando un ambiente de confianza en los contratistas.

**PALABRAS CLAVES:** Servicios para el hogar, prestador de servicios, reactivación económica, plataforma web.

## ABSTRACT

The future of the economy in Mexico is to create projects in the field of technological development and innovation and to promote its link with the sectors of economic

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz. martham.mm@veracruz.tecnm.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz. memr1405@gmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz. vilmacamacho07@gmail.com

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz. eduardgm11@gmail.com

<sup>5</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz. dylangears@live.es

activity. At present there are few technological tools that help us improve in the labor sector.

One of the main objectives of Ofici Home Services is to support people who work independently by offering them an approach to new technologies in the labor sector, creating an alternative to traditional media.

Ofici Home Services is a Web platform that serves as a link between clients and service providers or trades and allows to activate the economy with the provision and contracting of these services, designing a personalized space, showing their work or services performed, as well as receiving evaluations by customers, creating an environment of trust in contractors.

**KEYWORDS:** Home services, service provider, economic recovery, web platform.

## **INTRODUCCIÓN**

La construcción de cualquier tecnología surge de una idea basada en cubrir alguna necesidad o deseo. Piet Pietrobelliand Soete (2011) declaró que, debido a la globalización y al liberalismo comercial, la ventaja de la difusión de tecnología internacional solo se puede presentar con esfuerzos paralelos de innovación local y la presencia de estructuras modernas de investigación y desarrollo conducentes en los sistemas de innovación.

La tecnología es la habilidad para crear una forma reproducible capaz de generar bienes, procesos o servicios nuevos y mejorados a distintas adaptaciones a las necesidades de los consumidores o usuarios. Al analizar la sociedad moderna podemos decir que la innovación tecnológica ha transformado nuestras sociedades de una forma muy profunda. La innovación está impulsada por las mega tendencias que se observan en las ciencias, la tecnología y la sociedad.

El enfoque típico de la innovación tecnológica consiste en la creación de tecnologías innovadoras que hagan posible la realización de aspectos totalmente nuevos.

El desarrollo de la tecnología tiene consecuencias importantes para la innovación de las empresas y a todos los niveles: producto, proceso, administración y estrategia (Ahmed, Shepherd, Ramos G, & Ramos G, 2012).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La innovación tecnológica mexicana tiene un futuro incierto. Reyes (2018). Las compañías día a día cuentan con más competencia, por lo que es imprescindible para ellas lograr la mayor cantidad de ventajas en mercados muy competitivos. Por ende, el desarrollo de software debe estar en capacidad de explotar estas ventajas (Barrios, 2015).

Al momento de la construcción de una innovación es necesario tener en cuenta cómo se va a organizar adecuadamente los recursos, materiales y personal para realizar ciertas tareas que ayuden a la realización del proyecto, a esto se le llama Gestión de la innovación y tecnología.

Según Juan Ignacio Ustaran Cervantes, Director General Corporativo Grupo Analítico ABC, menciona que la gestión de la innovación y tecnología es “El proceso orientado a organizar y dirigir los recursos disponibles, tanto humanos como técnicos y económicos, con el objetivo de aumentar la creación de nuevos conocimientos, generar ideas que permitan nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los existentes, y transferir esas mismas ideas a las fases de fabricación y comercialización”.

En programación, es un set de funciones o código genérico que realiza tareas comunes y frecuentes en todo tipo de aplicaciones (creación de objetos, conexión a base de datos, etc.). Esto brinda una base sólida sobre la cual desarrollar aplicaciones concretas y permite obviar los componentes más triviales y genéricos del desarrollo y abre camino a que diseñadores y programadores puedan pasar más tiempo identificando requerimientos de software.

El servicio Web podría definirse como un amplio sistema multimedia de acceso a información heterogénea distribuida por toda la red en forma de documentos hipertextuales (Cobo, Gómez, Pérez, & Rocha, 2005).

Todos los servicios que se ofrecen en internet, entre ellos el servicio Web se basan en la denominada relación cliente/servidor, considerando la conexión de dos tipos de equipos de cómputo (servidor: ofrece los servicios al resto de equipos conectados y el cliente: equipos de usuarios individuales que se conectan a la red solicitando servicios).



Para desarrollar la innovación tecnológica a través de un servicio web debes de tener en cuenta distintas herramientas.

La ingeniería Web (IWeb) es el proceso con el que se crean WebApps de alta calidad. La IWeb no es un clon perfecto de la ingeniería de software, pero toma prestados muchos conceptos y principios fundamentales de ella.

#### ARQUITECTURA WEB:

##### 1.- Framework Web

Los Web Framework pretenden facilitar el desarrollo de Aplicaciones web (Sitios web, intranets, etc).

En general, con el término framework, nos estamos refiriendo a una estructura software compuesta de componentes personalizables e intercambiables para el desarrollo de una aplicación. En otras palabras, un framework se puede considerar como una aplicación genérica incompleta y configurable a la que podemos añadirle las últimas piezas para construir una aplicación concreta.

Los objetivos principales que persigue un framework son: acelerar el proceso de desarrollo, reutilizar código ya existente y promover buenas prácticas de desarrollo como el uso de patrones. Un framework Web, por tanto, podemos definirlo como un conjunto de componentes (por ejemplo clases en java y descriptores y archivos de configuración en XML) que componen un diseño reutilizable que facilita y agiliza el desarrollo de sistemas Web.

##### 2.- Struts

Struts ofrece su propio componente controlador y proporciona integración con otras tecnologías para implementar el modelo, mediante tecnologías de acceso a datos como JDBC o Hibernate, y la vista, mediante JSP, Velocity o XSLT. Struts ofrece un sistema de tuberías que permite la comunicación entre el modelo que contiene los datos y las vistas que ofrecen estos datos a los usuarios y reciben sus órdenes. (Javier J. Gutiérrez)

Para complementar la arquitectura escogida y enfrentar diferentes problemas de seguridad, facilidad de acceso y desempeño, se definieron los siguientes componentes:

- Controlador: Se encarga de procesar las solicitudes que se realizan desde la interfaz gráfica y las re-direcciona a los procesos especializados que devuelven su respuesta mediante el mismo controlador.
- Gestor de Seguridad: Encargado de validar los permisos del usuario en sesión para realizar la autenticación y autorización del mismo, este componente es accedido por el controlador en el momento de requerir una acción determinada así se logra en el momento que la sesión del usuario tenga cualquier cambio, que este se vea reflejado al usuario.
- Gestor de formularios: Realiza todo el trabajo relacionado con la carga, validación y operaciones CRUD sobre los formularios, de esta manera se desacopla la operación central del Framework de lo relacionado con acceso a datos y gestión de seguridad.
- Gestor de acceso a datos: Este componente se encarga de realizar el acceso a las Bases de datos que se hayan configurado, así se centraliza el acceso y se permite el uso de diferentes tipos de base de datos. Este componente se implementará para cumplir el rol de capa de abstracción de datos.

### 3.-Apache

Servidor de red para el protocolo http. Una vez se inicializa crea unos subprocesos para poder gestionar las solicitudes. Apache se encarga de resolver las peticiones de páginas de Internet de los clientes utilizando el protocolo de Internet http. Es la herramienta libre más utilizada como servidor Web a nivel mundial, y es confiable para dar al Framework disponibilidad 7/24.

### 4.- PHP

Actualmente, PHP es conocido por su simplicidad y es ampliamente usado en este campo del desarrollo de software web. También es común el uso de otros lenguajes “de scripting” o interpretados como Perl, Asp ó JSP que permiten mayor facilidad de uso y flexibilidad en el rápido desarrollo de aplicaciones, pero al mismo tiempo tienden a producir código de difícil sostenimiento y poco eficiente. En este ámbito, los patrones de diseño más utilizados son aquellos que se centran en separar la presentación (páginas HTML, CSS) de la lógica o backend.

### 5.- MySql

Para el desarrollo y pruebas se utiliza este DBMS en su versión community; este motor de base de datos permite cargar la información teniendo siempre como objetivo las pruebas del Framework en un ambiente cercano al de producción.

### Usos y beneficios de la plataforma

Los prestadores de servicios u oficios, como técnicos en reparación de aires acondicionados, carpinteros, albañiles, niñeras, enfermeras entre otros, que requieran dar a conocer sus servicios podrán suscribirse al portal Web, podrá publicitar fotografías de sus trabajos realizados o cartas de recomendación para la mejor contratación de sus servicios.

### Impacto del usuario

Para el prestador de servicios: poder generar mayores ingresos y gastando menos que a través de los medios impresos o redes sociales, dando mayor oportunidad a ser contratados. Para el contratante: confiabilidad, conocer los trabajos o recomendaciones y poder evaluar al prestador de servicios.

### Estructura de la Plataforma Web

El contenido Web de Ofici Home Services está disponible en el link:

<https://www.ofici.ml/>

debe registrarse como usuario antes de usar la plataforma. En la figura 1 se percibe la vista principal de la página.

Figura 1. Vista Principal



La figura 2 nos da información general de la plataforma.

Figura 2. Información General



La figura 3 nos indica que se usará la geolocalización como herramienta de búsqueda una vez que se incorporen otras entidades para la prestación de servicios.

Figura 3. Herramienta de Geolocalización



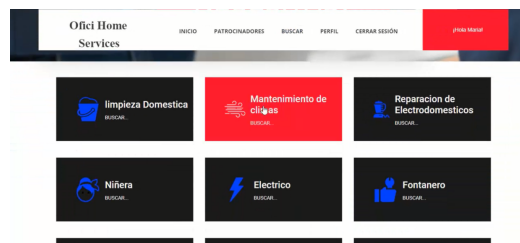
En la figura 4 está la sección de registro de usuario donde se dan de alta prestadores de servicios, solicitantes y patrocinadores.

Figura 4. Crea una cuenta



Ingresa los datos esenciales para el registro adecuado a OFICI y podrás buscar o publicar un servicio u oficio, en la figura 5 se solicita o busca un servicio.

Figura 5. Busca un servicio.



Encuentra distintos servicios en la plataforma web (Limpieza Domestica, Niñeras, Fontanería, Eléctricos, etc.).

Al realizar la búsqueda de un servicio u oficio, aparece la publicidad de los patrocinadores afiliados a la plataforma según el segmento de búsqueda. Y del prestador de servicios que se eligió en la búsqueda. Observe la figura 6.

Figura 6. Información del prestador del servicio



En esta sección encontraras el nombre del establecimiento o de la persona que presta el servicio solicitado, la dirección, números telefónicos, etc.

Para publicar un oficio o servicio, en la sección de publicar se captura la información relevante al servicio que desea prestar y los datos del contacto y una descripción del servicio. Vea figura 7.

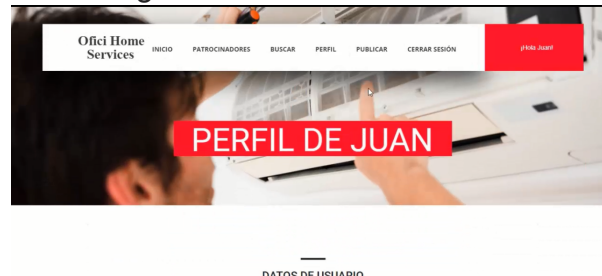
Figura 7.- Publica un servicio.



Ingresa información fundamental para que los usuarios puedan visualizar el servicio que gustes ofrecer.

Además, puedes visualizar el perfil como usuario, vea figura 8. Y los servicios publicados

Figura 8.- Visualiza tu Perfil.



Como patrocinador y sustento de la plataforma podrás registrarte y colocar las promociones de la semana, ver figura 9.

Figura 9. Patrocinadores



En esta sección puedes unirte al grupo de patrocinadores de OFICI. Observa la figura 10.

Figura 10. Publicidad en banner de los patrocinadores



En cada sección de servicio aparecerán patrocinadores relacionados con el sector al que está dirigido.

## CONCLUSIONES

Ofici Home Services irá mejorando a través de actualizaciones y mantenimiento, priorizando siempre las opiniones de los clientes, la plataforma no tendrá un gran impacto si los clientes no se sienten cómodos con la forma de operar del sitio web, es por eso que uno de los puntos claves de este proyecto será la geolocalización y con esto se priorizará la rapidez en el servicio. En la actualidad es muy difícil encontrar alguna empresa o proyecto que se preocupe por la innovación en el sector laboral, el verdadero propósito de Ofici Home Services son las personas, aquellas que laboran de forma independiente y cuyos recursos destinados para la promoción de los trabajos que ofrecen son limitados. La mayoría de las empresas de publicidad no son conscientes de la necesidad de las personas, ya que los gastos para promocionarse son excesivos para un trabajador independiente, teniendo la opción de buscar sus propios medios de difusión, pero estos no tendrán un gran alcance como si lo hiciera una empresa especializada en este ramo.

Ofici Home Services ayudará a estas personas a que su trabajo tenga un mayor alcance de publicidad a un costo mínimo.

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Larman, Craig, UML y patrones – Análisis y diseño orientado a objetos. (2da Edición) Pág. 503.

Javier J. Gutiérrez, ¿Qué es un framework? Pág- 1-4.

Martínez Villalobos, Gustavo; Camacho Sánchez, Germán Darío; Biancha Gutiérrez, Daniel Alberto, Abril, 2010, Diseño De Framework Web Para El Desarrollo Dinámico De Aplicaciones. Pág 2-6. Scientia Et Technica, vol. XVI, núm. 44, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Pressman, Roger, Ingeniería de Software – Un enfoque practico. (6ta Edición) Pág. 511.

Rebeca San José Cabezudo, Ana María Gutiérrez Arranz, Jesús Gutiérrez Cillán, Determinantes De La Eficacia Publicitaria Del Sitio Web. Una Aplicación Del Elm. Pág 5-23. Universidad De Valladolid.

# JLEFO: JAVA LENGUAJES FORMALES, HERRAMIENTA PARA EL APRENDIZAJE DE LENGUAJES Y AUTÓMATAS

OFELIA GUTIÉRREZ GIRALDI<sup>1</sup>, MARTHA MARTÍNEZ MORENO<sup>2</sup>, LIZBETH SÁNCHEZ FERRER<sup>3</sup>, JOSE CARLOS XOLIO XOLIO<sup>4</sup>, MARGARITO HERNÁNDEZ GARCÍA<sup>5</sup>, ALEXIS SALAZAR VIVEROS<sup>6</sup>

## RESUMEN

La teoría de Lenguajes Formales y Autómatas es parte de la formación académica de un ingeniero en Sistemas Computacionales. En la materia de Lenguajes y Autómatas I (especializada en esta área) que se imparte en el ITVer, los estudiantes presentan dificultades para plantear la solución de problemas relacionados con el tema, es por ello que se pensó en el desarrollo de un software para la solución de estructuras con Autómatas Finitos y Expresiones Regulares y generar así un aprendizaje significativo.

A pesar de que existen otros softwares similares, destacando JFLAP, ninguno se adecúa a las necesidades de los estudiantes.

En su implementación se utilizaron metodologías de desarrollo ágil y de programación: Extreme Programming y MVC respectivamente y como lenguaje de programación Java. El resultado fue una herramienta de aspecto minimalista, simple, eficiente y de gran utilidad a través de la visualización de datos importantes para el estudiante, aportando más información que sustenta su aprendizaje.

**PALABRAS CLAVE:** Autómatas Finitos, Expresiones Regulares, Extreme Programming, Java, Lenguajes Formales, MVC.

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. ofeliagg@hotmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. martha.mm@veracruz.tecnm.mx

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. lizsf@itver.edu.mx

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. jocaxoxo@gmail.com

<sup>5</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. margarito.h.g@hotmail.com

<sup>6</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. alsavi96@gmail.com



**ABSTRACT**

The theory of formal languages and automata is part of the academic training of a computer systems engineer. In the subject of Languages and Automata I (specialized in this area) that is taught in the ITVer, the students present difficulties to raise the solution of problems related to the subject, so they thought about the development of software for the solution of structures with Finite automata and regular expressions and thus generate meaningful learning.

Although there is other similar software, highlighting JFLAP, none adapts to the needs of the students.

In its implementation, agile development and programming methodologies were used: Extreme Programming and MVC respectively and as a Java programming language. The result was a minimalist, simple, efficient and very useful tool through the visualization of important data for the student, providing more information to support their learning.

**KEYWORDS:** Extreme Programming, Finite Automaton, Formal Languages, Java, MVC, Regular Expressions.

**INTRODUCCIÓN**

En el ITVER (Instituto Tecnológico de Veracruz) se imparte la materia de Lenguajes y Automatas I como parte de la retícula de la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales. Dado el grado de dificultad de la misma, los estudiantes presentan problemas para plantear soluciones a través de la aplicación de estructuras matemáticas que resuelvan los ejercicios relacionados con autómatas finitos deterministas y expresiones regulares; los problemas principales son el rastreo de cadenas, diagramas incompletos y comprensión del flujo del diagrama. Después de un análisis de distintas herramientas existentes se encontró que ninguno cubre las necesidades actuales de los estudiantes y por estas razones se decidió desarrollar una herramienta propia para la materia. La herramienta se desarrolló bajo el lenguaje Java y la construcción del proyecto mediante la metodología de desarrollo ágil Extreme Programming y la metodología de desarrollo

software MVC (Modelo Vista Controlador) aportando resultados deseados y una estructura interna sólida para posteriores integraciones.

JLEFO cuenta con una interfaz atractiva al estudiante e incluye los siguientes tres módulos:

- AFD (Autómatas Finitos Deterministas)
- AFND (Autómatas Finitos No Deterministas)
- e.r.'s (Expresiones Regulares)

Como resultado se obtuvo una herramienta funcional, que muestra los datos necesarios comprendidos en el margen de conocimientos impartidos en la materia; así, a través de pruebas de conocimientos sin la herramienta y con su utilización, se obtuvo un porcentaje incremental en los índices de aprovechamiento reflejándose en un aprendizaje significativo en los estudiantes.

### **METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para el desarrollo y gestión del proyecto fue XP (Extreme Programming) considerada de desarrollo ágil.

XP es una de las llamadas metodologías ágiles de desarrollo de software más exitosas de los tiempos recientes. Está diseñada para entregar el software que los clientes necesitan en el momento en que lo requieren. XP alienta a los desarrolladores a responder a los requerimientos cambiantes de los clientes, aún en fases tardías del ciclo de vida del desarrollo. [1]

Esta metodología se compone por cuatro fases:

**Planificación:** Fase inicial de la metodología XP, donde se establece una comunicación continua entre el equipo de desarrollo y el cliente para obtener principalmente los requisitos del sistema. Además, permite establecer el alcance del proyecto y fechas de entrega del sistema, tomando en cuenta la prioridad y tiempo estimado para el desarrollo de cada historia de usuario. [2]

**Diseño:** Fase en la cual se crean estándares y patrones para realizar la codificación, de esta forma se obtiene un código más eficiente, con calidad y comprensión para todos los involucrados en el desarrollo.

**Desarrollo:** En esta fase se lleva a cabo toda la codificación del sistema siguiendo los estándares y patrones definidos en la fase dos, por lo cual los programadores ejecutan las Historias de Usuario mediante tareas de ingeniería hasta cumplir con cada una de ellas.

**Pruebas:** Última fase y piedra angular de la metodología XP, en ella se le da seguimiento al desarrollo del sistema mediante la implementación de pruebas unitarias, garantizando el menor número posible de errores al finalizar la construcción del proyecto.

Utilizar XP brindó al desarrollo la capacidad de minimizar los errores a través de la programación por pares, cumplir con las metas u objetivos del proyecto más relevantes, reducir los tiempos de programación, producir versiones funcionales y adaptación rápida a los cambios surgidos durante el desarrollo.

Como parte del desarrollo del software, se utilizó el patrón de diseño de software MVC (Modelo Vista Controlador) que es un estilo de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de control en tres componentes distintos.

El Modelo que contiene una representación de los datos que maneja el sistema, la lógica de negocio y los mecanismos de persistencia.

La Vista o interfaz de usuario, que compone la información que se envía al cliente y los mecanismos de interacción con éste.

El Controlador, que actúa como intermediario entre el Modelo y la Vista, gestionando el flujo de información entre ellos y las transformaciones para adaptar los datos a las necesidades de cada uno.

Utilizar el patrón MVC produjo una estructura sólida y orden lógico en el código, además de combinar su utilidad con el lenguaje de programación utilizado (Java).

**Producción del ejecutable**

De acuerdo a la metodología XP, en cada meta alcanzada se realizaron pruebas de funcionalidad, siendo necesaria la producción de un ejecutable para aplicarlas a la herramienta. Para lo anterior se utilizaron aplicaciones como Netbeans, Launch4j, Inno Setup Compiler.

Utilizando como entorno de desarrollo la aplicación de Netbeans se generó un archivo JAR, posteriormente a través de Launch4j se convirtió a un archivo EXE y se indicó la versión del JRE necesaria para su ejecución, una vez obtenido el archivo EXE con la ayuda de Inno Setup Compiler se realizó el instalador a través de un script para generar un ejecutable de la aplicación que se pudiera lanzar en el sistema operativo Windows.

## DESARROLLO

La primera parte del desarrollo consistió en diseñar las interfaces de la herramienta de una manera que el usuario no perdiera de vista ninguna de las opciones disponibles, bajo el típico modelo de un programa con una barra de menú, barra de herramientas, menús de opciones y un área de canvas. Ese concepto de interfaz fue programado y añadido a un nuevo paquete del proyecto denominado "Vista" haciendo alusión a MVC.

Posteriormente se definen los modelos como lo dicta MVC, siendo los datos propios de la herramienta que se ponen a disposición del usuario, definidos por estados y transiciones propios de un diagrama AFD y AFND. En este punto se crea el paquete "Modelo" que almacén ó dichas clases.

Para completar el patrón de diseño MVC se definieron los controladores, encargados de todas las operaciones de la herramienta. Un controlador corresponde a cada una de las interfaces creadas, dando lugar a la creación del paquete "Control".

### Análisis de cadenas

La función principal de la herramienta es el rastreo de las cadenas aceptadas por las estructuras definidas por el usuario; la teoría que sustenta este análisis es la Tabla de Transiciones la cual es representada por una matriz que describe las transiciones de los estados con los elementos del conjunto del alfabeto, incluyendo los que tienen como elemento de transición épsilon, además de indicar los estados finales o estados de aceptación del diagrama. La lectura de este tipo de tabla depende de la cadena de entrada y la función de transición dada por el diagrama, por ejemplo, si tenemos una cadena binaria "101" que corresponde al alfabeto  $\Sigma =$

{1,0} en un diagrama de transiciones con la siguiente tabla de transiciones. **Tabla 1.**

Tabla 1. Ejemplo de tabla de transiciones.

Q	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	F
q0	q1	q1	-
q1	q0	q1	F

Para saber si la cadena es aceptada o rechazada el recorrido comienza por el primer estado de transición “q0”, se toma el primer carácter de la cadena “101” y a través de la función de transición se verifica a qué estado se debe realizar la transición con ese “1”, para este ejemplo la transición es hacia “q1”, ahora el nuevo estado para consumir otro elemento de la cadena es “q1”; este proceso es repetitivo hasta consumir toda la cadena y determinar si el estado donde finalizó la cadena es un estado final, en el ejemplo expuesto la cadena es aceptada por el estado final “q1”. Este proceso se programó en una clase controladora del módulo AFD y es de suma importancia para los demás módulos.

#### Módulo AFD

Este módulo está orientado a la solución de Autómatas Finitos Deterministas, en este se puede crear desde cero un diagrama de transiciones y editarlo las veces que el usuario lo considere necesario. Una vez terminado el diagrama el usuario puede testear el diagrama; para este proceso se utilizó el método de análisis de cadenas antes descrito, además de complementarlo con un archivo de texto plano donde se almacenaron cadenas binarias de un carácter hasta nueve caracteres, estas sirven como cadenas de prueba que el usuario no se preocupa por generar manualmente. Como resultado de este proceso se muestran las cadenas que fueron aceptadas y rechazadas por el diagrama de transiciones.

Además, al obtener las cadenas aceptadas y rechazadas por el diagrama, el usuario puede seleccionar una cadena y visualizar en el diagrama como, carácter a carácter, el autómata consume cada uno de ellos. Para lograr esto se implementó el algoritmo Backtracking utilizado en el rastreo de AFND que se describe en la sección siguiente.

Este módulo brinda una opción de conversión del diagrama actual a una e.r. equivalente a través de la implementación del método algebraico de Brzozowski, el

cual plantea que a través de la solución de un sistema de ecuaciones lineales obtenidas a partir del diagrama podemos obtener una ER.

Este método toma un único enfoque para generar una expresión regular. Plantea un sistema de ecuaciones (expresiones regulares) para cada estado en un AFD. Se resuelven las ecuaciones para  $R_a$  donde  $R_a$  es la expresión regular asociada con el estado inicial  $q_n$ . Para cada estado  $q_n$  en un AFD la ecuación para  $R_1$  es la unión de los términos. El sistema de ecuaciones toma la siguiente forma. **Figura 1.**

Figura 1: Formulación del sistema de ecuaciones del método algebraico de Brzozowski.

$$\begin{aligned} R_1 &= a_1R_1 + a_2R_2 + \dots \\ R_2 &= a_1R_1 + a_2R_2 + a_3R_3 + \dots \\ R_m &= a_1R_1 + a_2R_2 + \dots + \dots \varepsilon \end{aligned}$$

$\varepsilon$  es añadido si  $R_m$  es un estado final o de aceptación.

El sistema puede ser resuelto por sustitución directa, excepto cuando la misma incógnita aparece a la derecha, izquierda o ambos lados de la ecuación. Esta situación ocurre cuando existe un ciclo hacia el mismo estado  $q_n$ . El teorema de Arden es la llave para resolver esta situación. El teorema es el siguiente: “Dada una ecuación de la forma  $X = AX + B$ , la ecuación tiene una única solución  $X = A^*B$ ”.

Se utiliza el teorema para aislar  $R_a$  del lado izquierdo y así sucesivamente, sustituyendo  $R_a$  dentro de otra ecuación. Este proceso se repite hasta que se encuentra  $R_m$  sin incógnitas en ambos lados de la ecuación. [5]

Este método se programó dentro del paquete “funciones” para aislar procesos específicos de funciones recurrentes o comunes.

#### Módulo AFND

Este módulo está dedicado a la solución y análisis de Autómatas Finitos No Deterministas. El funcionamiento de un AFND es muy similar al de un AFD. Sin embargo, mientras en un AFD sólo existe una posible acción para cada símbolo del alfabeto de entrada, en los AFND hay que considerar todos los casos en cada estado, ya que permiten cero, una o más transiciones de salida de un estado para el mismo símbolo del alfabeto de entrada.

Debido a que en programación tiene gran dificultad el manejo del indeterminismo de estas estructuras, para poder realizar el proceso de análisis de cadenas la herramienta internamente realiza una conversión a AFD; para dicha conversión se utiliza el método de construcción de tabla de subconjuntos que se observa en la Tabla 2. Considerando que, en la tabla de transiciones de un AFND, cada entrada es un conjunto de estados y que en la tabla de transiciones de un AFD, cada entrada es tan solo un estado, se comenzó por:

1. Construir la Tabla de Subconjuntos en base a la Tabla de Transiciones que consta de tres columnas, donde cada una está etiquetada la primera con Q que son los estados, las otras dos con un símbolo del alfabeto de entrada y cada fila se etiqueta con un conjunto de estados.
2. La primera fila se etiqueta con  $\{q_0\}$ , estado inicial, y en cada entrada de la tabla  $[q_0, S_i]$  se almacena  $f(q_0, S_i) = \{q_0, q_1, \dots, q_n\} = P$  que son los subconjuntos de estados.
3. Se etiqueta cada fila con cada uno de los conjuntos P que no tengan asociada una fila en la tabla (es decir, con cada uno de los conjuntos P que aparezcan por primera vez en la tabla) y se completa cada una de estas filas con el correspondiente  $f(P, S_i)$ .
4. El paso 3 se realiza hasta que no haya en la tabla conjuntos P sin filas asociadas.
5. Por último, se asocia a cada conjunto P que aparezca en la tabla un estado en el nuevo AFD y aquellos que tengan entre sus componentes algún estado final del AFND se considerarán estados finales en él AFD. [6]

Tabla 2. Tabla de subconjuntos.

Q	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	F
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$	-
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_2\}$	-
$\{q_0, q_2\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$	F

Al realizar este procedimiento se tiene la funcionalidad en la herramienta de poder obtener la conversión de un AFND a su equivalente AFD.

Una funcionalidad más con la que cuenta este módulo es la de poder visualizar el rastreo de cadenas sobre el diagrama; para lograr dicho propósito fue necesario la implementación del algoritmo Backtracking (o búsqueda con retroceso) que es una técnica de recursión intensiva para resolver problemas por etapas, que utiliza como

árbol de decisiones la propia organización de la recursión. Cuando se “avanza” de etapa se realiza una llamada recursiva y cuando se “retrocede” lo que se hace es terminar el correspondiente proceso recursivo, con lo que efectivamente se vuelve al estado anterior por la pila de entornos creada en la recursión. Como el árbol de decisiones no es una estructura almacenada en memoria, se dice que el Backtracking utiliza un árbol implícito y que habitualmente se denomina árbol de expansión o espacio de búsqueda.

Se implementó para realizar el rastreo de una cadena sobre el diagrama del autómatas construyendo posibles soluciones candidatas de manera sistemática desde el estado inicial hasta un estado de aceptación o no aceptación indicando una vez que se tienen todas las posibles soluciones se puede realizar el rastreo en el diagrama cambiando de color los elementos estados y transiciones de acuerdo a la simbología establecida como se muestra en la **figura 2**.

Figura 2. Simbología de rastreo



### Módulo e.r.'s

Este módulo se enfoca en la solución de expresiones regulares, es decir, el usuario puede ingresar la expresión regular que desee bajo el lenguaje definido de 0, 1 o ambos y decidir si quiere analizar la expresión o simplemente convertir la e.r.'s a un AFD equivalente. Si el usuario decide realizar la conversión se proporciona una opción de guardado para que posteriormente pueda abrir ese archivo en el módulo de AFD.

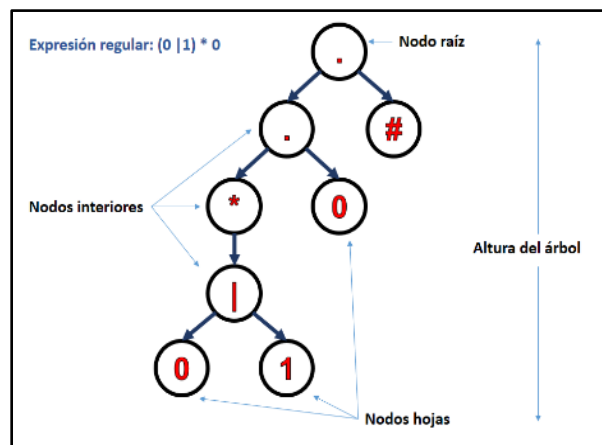
Para analizar qué cadenas acepta o rechaza la e.r. ingresada el módulo utiliza el método de análisis de cadenas pero primero es necesario convertir la e.r. a un AFD equivalente, debido a que no existe una manera directa de obtener una tabla de transiciones a partir de una expresión regular, por lo tanto para lograr el análisis se realiza la conversión de la e.r. a un AFD equivalente internamente, es decir, se reemplaza el análisis de la expresión regular por el análisis del AFD que resulta de la conversión.



Para construir un AFD directamente a partir de una expresión regular existen varios métodos, unos más complejos que otros, pero para este caso se optó por el método de construcción de árboles sintácticos y método de subconjuntos respectivamente. Estos métodos requieren que la expresión regular sea extendida, es decir, que al final de la expresión se añada un símbolo que indique el final, el símbolo utilizado es "#". Un árbol sintáctico se constituye por nodos hojas que corresponden a los operandos (símbolos del alfabeto) y los nodos interiores corresponden a los operadores. A un nodo interior se le llama nodo-concat, nodo-o o nodo-asterisco si se etiqueta mediante el operador de concatenación (punto), el operador de unión "|", o el operador "\*", respectivamente. [7]

En la figura 3 se describe los elementos de un árbol sintáctico.

Figura 3. Elementos que conforman el árbol sintáctico



Para llevar a cabo la conversión primero se construye el árbol sintáctico y después calcula las cuatro funciones: anulable, primera pos, última pos y siguiente pos, el cálculo de estas funciones se realiza de manera recursiva directa sobre la altura del árbol.

Después de que se realiza todo el cálculo de las funciones anteriores se procede a construir la tabla de transición resultante que es la que se utiliza para analizar qué cadenas acepta o rechaza la expresión regular.

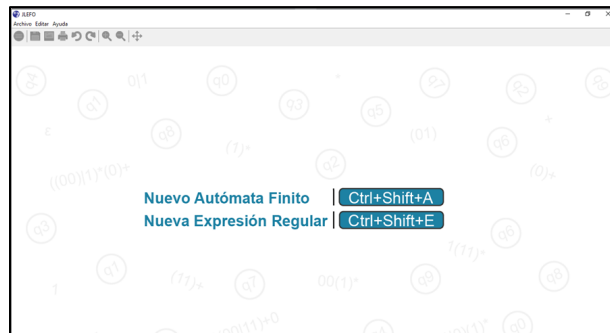
## RESULTADOS

El desarrollo de este proyecto dio como resultado una herramienta (JLEFO) orientada a la solución de autómatas finitos deterministas, autómatas finitos no

deterministas y expresiones regulares, disponible para el sistema operativo Windows bajo el JRE 8.0.2 de Java, su interfaz es simple e intuitiva, fácil de usar. Esta herramienta está dirigida a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ITVER).

En la **figura 4** se muestra la interfaz principal de la herramienta.

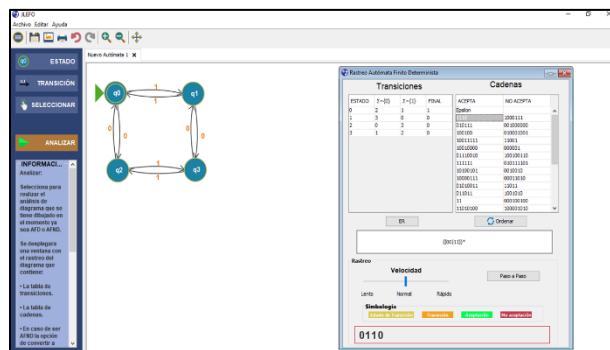
Figura 4. Interfaz principal de JLEFO



La herramienta cuenta con tres módulos: AFD, AFND y e.r.'s.

En el módulo AFD el usuario puede diagramar un AFD y analizarlo, en el análisis se muestra la tabla de transición correspondiente al AFD diagramado, así como las cadenas aceptadas y rechazadas, además, puede visualizar como es consumida o rechazada las cadenas gráficamente por último puede convertir su AFD a una e.r. equivalente. En la figura 5 se muestra la interfaz del módulo.

Figura 5. Interfaz del módulo AFD.



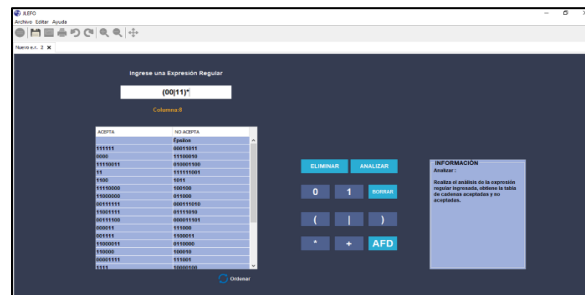
En el módulo AFND es similar al primer módulo descrito, a diferencia que en la venta de resultados nos indica el tipo de autómata y la conversión que se puede realizar es la de un AFND a un AFD equivalente, lo anterior se puede observar en la figura 6.

Figura 6. Interfaz de rastreo del módulo AFND.



En el módulo e.r.'s el usuario puede crear una expresión regular y analizarla, para esta estructura solo se muestran las cadenas aceptadas y rechazadas, por último, el usuario puede convertir la expresión regular a un AFD equivalente, la interfaz de este módulo se observa en la figura 7.

Figura 7. Interfaz del módulo e.r.'s.



Funciones:

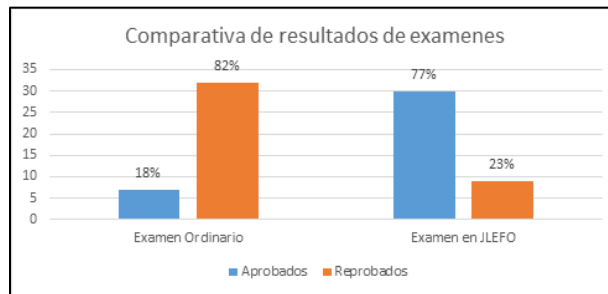
- Construcción de diagramas de tipo AFD
- Construcción de diagramas de tipo AFND
- Construcción de e.r.'s
- Conversión de AFD - e.r.'s
- Conversión de AFND - AFD
- Conversión de e.r.'s - AFD
- Rastreo de cadenas automático para diagramas AFD y AFND
- Rastreo de cadenas visual para diagramas AFD y AFND
- Rastreo de cadenas automático para e.r.'s

**CONCLUSIONES**

Para recabar información del impacto de JLEFO en la materia Lenguajes y Automatas I del periodo enero - junio 2019, especialmente en relación con las estructuras que se plantean en la herramienta, se proporcionó el ejecutable de la aplicación a 39 estudiantes, con el fin de que lo utilizarán en la resolución de ejercicios, además de familiarizarse con la herramienta, el formato de la representación del resultado de análisis de las estructuras y con las demás funcionalidades.

Durante el curso una vez vistas las unidades correspondientes a autómatas finitos y expresiones regulares se aplicó un examen ordinario tradicional con resolución de ejercicios de AFD y e.r.'s en papel. Posteriormente se calificaron obteniendo así un 18% de aprobados, lo cual reflejó un índice muy bajo de aprobación. Paso siguiente se procedió a preparar una serie de ejercicios que conformaron un nuevo examen en el cual se evaluó el mismo tipo de estructuras AFD y e.r.'s, pero esta vez se resolvieron utilizando la herramienta JLEFO. Los resultados obtenidos fueron favorables, el índice de aprobación fue de un 77%. Comparando los resultados se obtuvo la siguiente información que se muestra en la figura 8.

Figura 8: Comparativa de resultados de evaluaciones con y sin la herramienta JLEFO.



En base a todo lo anterior se concluye que el desarrollo de la aplicación JLEFO resultó un éxito en cuanto a funcionalidad y objetivos que se buscaban cumplir. Las ventajas de la herramienta y que se logran a través de la interfaz más agradable visualmente y fácil de entender, le permite al estudiante realizar el rastreo automático de cadenas, presentando la tabla de transiciones y la de cadenas, teniendo una reducción del tiempo que le toma realizarlo manualmente, además de tener un rango más amplio de cadenas y de longitud variable permitiendo que la

interpretación del lenguaje que aceptaba su estructura fuera más fácil que hacerlo con sus rastreos manuales. Para los gustos visuales que tienen los estudiantes se proporcionó un rastreo de determinada cadena en el módulo AFD/AFND, esto también ayudó a comprender cómo funciona un diagrama de transiciones al leer una cadena y también para los que no es de su agrado solo observar la tabla de cadenas.

Finalmente, uno de los puntos fuertes y de gran interés fueron las conversiones entre estructuras, siguiendo el siguiente orden:

- AFD - e.r.
- AFND - AFD
- e.r. - AFD

A través de la repetición de esta acción de conversión permitió al alumno entender cómo generar e.r's simplificadas y eficientes.

Por el lado de construcción del diagrama, muchas veces los estudiantes no completan su diagrama y aunque no es explícito que la aplicación refleje a través de un cuadro de diálogo el tipo de estructura que se haya dibujado, al generar un análisis en la ventana de rastreo el título indica el tipo de estructura al que se le realiza, dado que AFD y AFND pueden ser diagramados en el mismo espacio de trabajo, pero este título ayudó a remediar esta habitual equivocación.

Por último, esta herramienta fue registrada ante INDAUTOR (Instituto Nacional del Derecho de Autor) por la propiedad intelectual con número de registro 03-201 9-0621 09365000-01.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Extreme Programming: A gentle introduction. (n.d.). Recuperado el 6 de septiembre de 2019 de <http://www.extremeprogramming.org/>
- Meléndez, S., et. al (2015). Metodología ágil de desarrollo de software programación extrema. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Modelo Vista controlador (MVC). (n.d.). Recuperado 6 de septiembre 2019 de <https://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>
- Chhabra, T. (2012). Conversion of deterministic finite automata to regular expression. Thapar University, Patiala.
- Neumann, C. (2005). Converting Deterministic Finite Automata to Regular Expressions. Recuperado de [https://liacs.leidenuniv.nl/~bonsanguemm/FI2/DFA\\_to\\_RE.pdf](https://liacs.leidenuniv.nl/~bonsanguemm/FI2/DFA_to_RE.pdf)
- Ruiz L., Edgar, Raffo L., Eduardo, (2003). Conversión de un AFN a un AFD. Industrial Data. ISSN 1560-9146.
- Aho, Alfred V. (2008). Compiladores principios, técnicas y herramientas (2da ed.). México, PEARSON EDUCACIÓN.

# DISEÑO DEL CONTROL PARA UN SISTEMA DE IMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE UN DISPOSITIVO TIFLOTÉCNICO.

ALDO HERNÁNDEZ LUNA<sup>1</sup>, MANUEL CRUZ LUNA<sup>2</sup>, EDGAR JESÚS CRUZ SOLÍS<sup>3</sup>, JULIO CESAR MARTÍNEZ HERNÁNDEZ<sup>4</sup>

## RESUMEN

La presente investigación muestra el diseño del control de un sistema tiflotécnico especialmente concebido para impresión y tracción, basado en el diseño ergonómico y manufactura de los componentes. Para ejecutar los movimientos relacionados en los ejes X, Y y Z del sistema de coordenadas se genera un algoritmo de control grabado en un microcontrolador Broadcom BCM2836 embebido en la plataforma RaspBerry, comunicándose de manera serial a una tarjeta programable en Arduino Mega para el control de los actuadores, los cuales son dos motores paso a paso bipolares 28BYJ-48 y NEMA 17 para el desplazamiento en X y Y respectivamente, así como un solenoide para el eje Z. Esto permite la ejecución adecuada de la impresión en braille.

Palabras clave: Tiflotécnico, Microcontrolador, Microprocesador, Impresión

## ABSTRACT

This research shows the control design of a typhotech system specially designed for printing and traction, based on the ergonomic design and manufacturing of the components. To execute the related movements in the X, Y and Z axes of the coordinate system, a control algorithm is recorded in a Broadcom BCM2836 microcontroller embedded in the RaspBerry platform, communicating serially to a

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. aldo.hdz@huauchinango.tecnm.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. mcruzl@hotmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. edgar.itsh@gmail.com

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. jc.martinez@huauchinango.tecnm.mx

programmable card in Arduino Mega for the control of the actuators, which are two bipolar stepper motors 28BYJ-48 and NEMA 17 for displacement in X and Y respectively, as well as a solenoid for the Z axis. This allows proper execution of braille printing.

Key words: Typhotech, Microcontroller, Microprocessor, Printing

## **INTRODUCCIÓN**

El ser humano requiere de la comunicación con sus semejantes para llevar a cabo una gran cantidad de actividades, desde una plática de convivencia hasta la transferencia de conocimientos entre generaciones.

El proceso de comunicaciones se puede dar de dos formas diferentes, una cuando el emisor y el receptor se encuentran en espacios contiguos en el mismo tiempo, teniendo comunicaciones interactivas, donde el intercambio de información fluye en ambos sentidos de manera simultánea. La otra forma de comunicación se da cuando el emisor y el receptor se encuentran en lugares o tiempos diferentes, lo que no permite tener una interacción tan rápida como la anterior. Para este último proceso se tuvieron que inventar algunas formas de preservar la información para que posteriormente sea recuperada por quienes estén interesados en adquirirla.

La forma más común es la escritura, debido al tiempo que permanece la información sin que sufra alteraciones; la única característica que debe tener la persona que va a recuperar la información, es que debe tener desarrollado el sentido de la vista para poder leer la información que se encuentra impresa o representada en formatos digitales a través de pantallas o algún otro componente. A este sistema se le conoce como letra en tinta.

Los ojos proporcionan el sentido de la vista, ésta resulta ser una de las facultades más importantes para el ser humano, debido a que le permite relacionarse con su medio ambiente, reconocer los objetos que lo rodean en lo que respecta a movilidad, forma, tamaño, color y luminosidad, y tener acceso a la información de su entorno. Cuando se carece de esta facultad de forma total o parcial, es decir, cuando las personas son ciegas o presentan alguna discapacidad visual, deben recurrir a medios alternativos propios, tales como la agudización del resto de sus sentidos, o



bien, contar con mecanismos tecnológicos o científicos de apoyo para percibir la realidad.

Durante centenares de años no hubo un sistema de lectura y escritura apropiado para ser empleado en la educación de las personas ciegas y muchos pensaban que estos no eran educables. El camino hacia la alfabetización de los ciegos puede decirse que empezó en 1786 en París y que la primera piedra la puso Valentín Haüy, un filántropo francés que sintió el impulso de liberar de la mendicidad a los muchos marginados ciegos que se ganaban la vida pidiendo limosna o mal tocando música por las calles de la capital francesa, a finales del siglo XVIII.

El método de Valentín Haüy hacía posible la lectura, pero en ningún caso la escritura por parte de los ciegos. Un avance cualitativamente importante fue la propuesta de Charles Barbier, un militar que había inventado un modo de escritura y lectura basado en puntos y rayas en relieve con el fin de que los soldados pudiesen descifrar por la noche consignas secretas, el nuevo método se llamaba sonografía y se basaba en diversas combinaciones de puntos y rayas formando signos que representaban los diferentes sonidos del lenguaje, no las letras del alfabeto. Louis Braille, sobresaliente en inquietudes y capacidad de trabajo, decidió abordar la tarea de simplificar el método sonográfico de Barbier y completarlo en los aspectos que resultarían imprescindibles para disponer de un auténtico alfabeto.

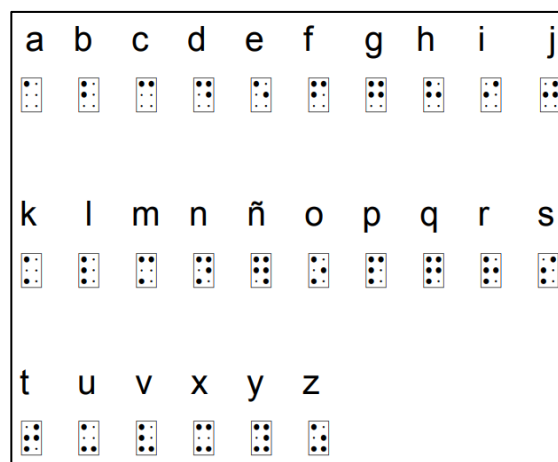
Para el caso de las personas invidentes, se requiere de un sistema de escritura en el que no se necesite de la vista para poder tener acceso a la información; este sistema, que se encuentra difundido a nivel mundial se conoce como Braille, debido a su inventor Louis Braille. El Sistema Braille es un código táctil de lecto-escritura, basada en una matriz de seis puntos dispuestos en dos columnas paralelas de tres puntos cada una, los cuales, escritos en relieve y combinados entre sí, forman todas las letras del alfabeto, signos de puntuación y números. Los seis puntos se marcan sobre las hojas de papel, generando unas protuberancias en la ubicación de cada punto. La forma de lectura es por medio del tacto, donde las personas pasan las yemas de los dedos sobre las protuberancias en las hojas, identifican la posición de cada una de ellas y van generando las letras, palabras, números y signos correspondientes al texto que se encuentra impreso.

Las nuevas tecnologías complementadas con el sistema Braille, permiten que las personas invidentes puedan ser usuarias, como todos los ciudadanos, de los más avanzados sistemas digitales de comunicación como modelo inclusivo; capaz de atender las demandas y necesidades de las personas, independientemente de sus características individuales. En este contexto, una impresora Braille es un dispositivo electrónico que permite imprimir textos e imágenes simples empleando puntos percutidos en papel, las mismas que son enviadas desde un ordenador personal.

Para la impresión de caracteres Braille al igual que las impresoras convencionales requiere de un mecanismo de impresión, en este caso se utilizan punzones, los mismos que al ser lanzados con fuerza contra el papel, marcan la hoja, sobresaliendo los puntos por la cara contraria a la percutida. La fuerza requerida debe ser la suficiente para que el relieve pueda ser perceptible por la persona no vidente, pero no puede ser excesiva, ya que se puede perforar el papel.

Con referencia a lo anterior, este proyecto de investigación tiene como objetivo el diseño del control para un sistema de impresión y tracción de un dispositivo tiflotécnico, con la finalidad de acercar este tipo de tecnología a poblaciones de escasos recursos, con el uso de materiales y tecnologías de fácil acceso, si bien existen dispositivos tiflotécnicos actualmente en el mercado, pero con un alto costo, por tal motivo siguen siendo tecnologías de difícil acceso para la población con discapacidad visual y sus familias.

Figura 1. Alfabeto braille formato



Fuente: <https://www.once.es/servicios-sociales/braille>

## **METODOLOGÍA**

### **Materiales.**

Se utilizaron: Raspberry Pi 3 Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz, Arduino ATmega2560 has 256 KB, Driver motor a pasos 28BYJ-48, Driver motor a pasos Driver DRV8255, Motor paso a paso bipolar 28BYJ-48, Motor paso a paso bipolar NEMA 17 y Solenoide 5V.

### **Diseño de sistema estructural.**

Para el desarrollo de los diseños del sistema de tracción e impresión, se utilizó el software SolidWorks para el diseño CAD de las piezas, el proceso de diseño para cada sistema se dio de la siguiente manera:

### **Sistema de tracción.**

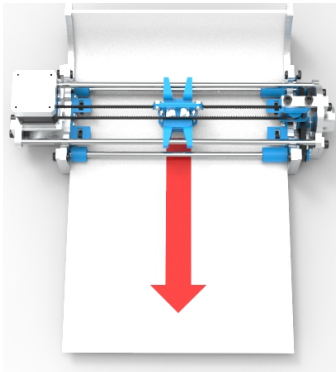
Para el diseño de éste se partieron de criterios muy puntuales como las dimensiones de la hoja en la que normalmente las personas trabajan el sistema Braille, el mecanismo de funcionamiento de la tracción de hoja en la que se tomó como aliada a la gravedad, la estructura de acoplamiento y la configuración mecánica del funcionamiento.

En dicho sistema, un factor clave para el diseño es la función que éste cumple a lo largo de todo el proceso, que consiste en que al entrar en contacto con la hoja este la sujete y la succione al interior del dispositivo para que se pueda escribir sobre ella y posteriormente salga con lo digitado, teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente se estructura como primera medida un chasis con un área determinada para la integración de los demás componentes, seguido de dos estructuras laterales para el chasis, para garantizar que la hoja actúe tomando como aliada a la gravedad se diseña una rampa, la cual consta de tres bases, dos laterales y una con cierta longitud de arco para el movimiento de la hoja, entendiendo así que ésta última no abarcará área del chasis, sino que tendrá área independiente, pero sujeta con esta misma.

En el área del chasis se integraran dos pares de rodillos unidos por un eje que están apoyadas en las bases laterales con el objetivo de succionar la hoja al momento de entrar en contacto con ella, ubicándose éstos mismos en los límites frontales y traseros, cabe decir que la sincronía de estos resulta muy importante por lo que se

diseña una banda que los una y a su vez esta misma estará en contacto con dos engranes, éstos últimos a un motor que será el responsable del movimiento, en este mismo sentido y para tener una mayor certeza de que la hoja permanecerá en reposo mientras el dispositivo esté escribiendo sobre ella, se diseñan unos micro rodillos los cuales serán responsables de esta función, éstos se componen de una base estructural y un eje de resorte para ejercer la presión necesaria sobre la hoja, su ubicación es al lado de la bases laterales, puesto que están empotrados y con esta ubicación estratégica abarcan una menor área. En la figura 2, se puede observar el diseño del sistema de tracción realizado.

Figura 2. Estructura del sistema de tracción



**Fuente:** Elaboración propia.

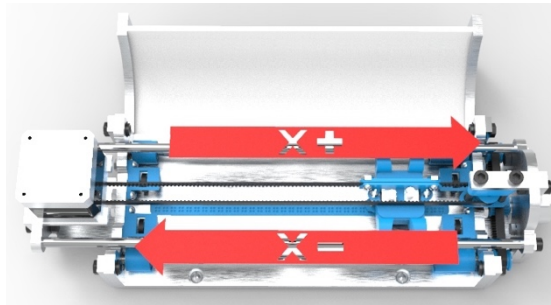
Sistema de impresión.

La primera parte constituye al diseño del recorrido que va a realizar los punzones para escribir sobre la hoja, esta parte la conforman 3 estructuras, las primeras son las dos bases laterales de soporte, en la que cada una se encuentran después de la bases laterales del chasis del sistema de tracción, puntualizando que en la parte derecha de la estructura se encuentra un motor de 5 V y un eje fijo que conecta a la banda de hule y que en la parte izquierda se encuentra conformada por dos bases con un ángulo de  $90^\circ$  que apoya un motor, sobre el eje de éste motor se encuentra sujeta el otro extremo de la banda de hule, provocando así el movimiento y por último la tercera estructura que la conforman los dos apoyadores que se encuentran en las bases mencionadas anteriormente y sobre éstos están dos tubos de soporte que serán la pieza clave para que se puedan desplazar los solenoides con los punzones.

La segunda parte la conforma la estructura del soporte de los punzones, que se compone por la parte que se apoya en los tubos de soporte que contiene los solenoides, es importante mencionar que en esta segunda parte la estructura se mueve en respuesta al contacto por la banda de hule que se describe en la primera parte y que su movimiento solo se da en el eje de las X.

La tercera parte se integra por dos punzones que se encuentran acoplados a los solenoides que son los responsables de proporcionarles el movimiento a los punzones, haciendo que éstos últimos se muevan en el eje Z, cabe decir que aunque se muevan a lo largo del eje de la Z, éstos de cierta forma u otra también lo hacen sobre el eje de las X, puesto que como se encuentran de forma implícita adscrito al sistema de estructura, ésta les proporcionará el componente restante para trabajar sobre el plano XZ. Luego de diseñar los componentes de cada uno de los sistemas descritos anteriormente, se procede a la integración de éstos mismos, lo cual se puede observar en la figura 3.

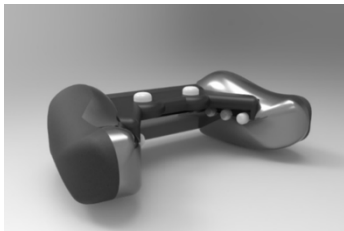
Figura 3. Estructura del sistema de impresión.



Control manual para el ingreso de información.

Se diseña de igual manera un control manual ergonómico con 6 botones pulsadores, estos representan los 6 puntos correspondientes a un cuadratín del sistema de escritura braille, ver figura 3. La información obtenida del control se envía directamente a terminales de entrada digitales de la tarjeta Raspberry para obtener la combinación binaria requerida para el procesamiento.

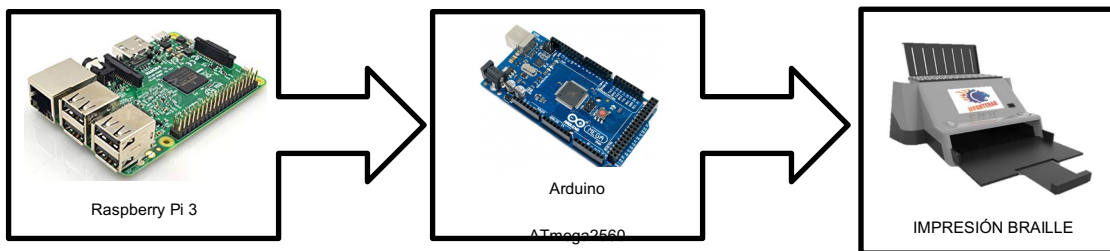
Figura 4. Diseño ergonómico del control



Sistema de Control.

El sistema de control se basa en una tarjeta Raspberry Pi 3 Broadcom BCM2837B0 para interactuar con el sistema de impresión. La tarjeta de control envía la información a la tarjeta de entadas/salidas, quién se encarga de recibir los datos y ejecutar acciones que permitan el movimiento de los motores paso a paso y del sistema percutor para obtener una salida en formato Braille, ver figura 5.

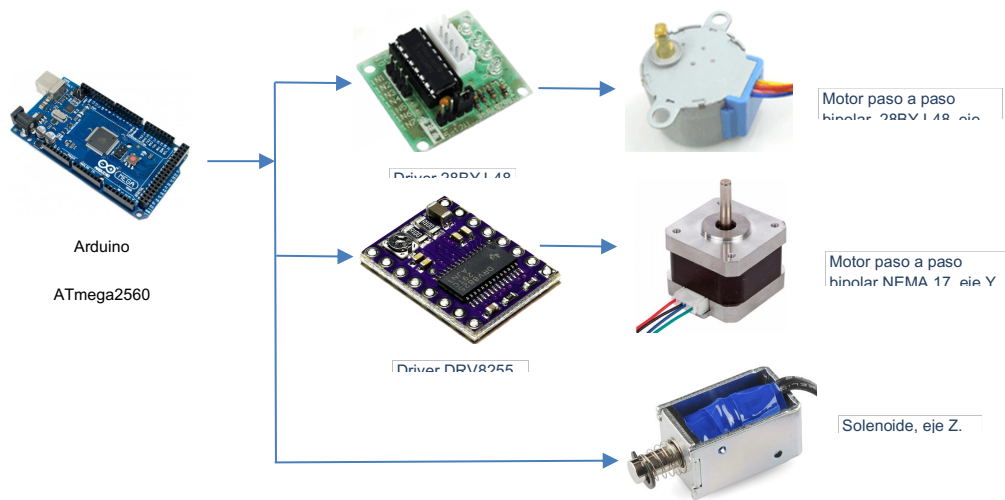
Figura 5. Esquema general de control de impresión Braille



Debido al número de entradas y salidas, se utilizará el modelo Arduino ATmega2560, la misma que permite integrar la electrónica, principalmente para insertar Drivers para el control de motores a pasos que son parte del diseño de la Impresora Braille.

Los motores paso a paso suelen tener un tamaño de paso de 1.8 ° o 200 pasos por revolución, esto se refiere a pasos completos. Se utiliza dos controladores primero el 28BYJ-48 para el motor paso a paso bipolar que controla el desplazamiento en el eje X, y el 28BYJ-48DRV8825 para el motor NEMA 17 que controla el desplazamiento en el eje Y. Los puntos marcados sobre el papel se realizarán a través de un solenoide, este realizara el desplazamiento sobre el eje Z, ver figura 6.

Figura 6. Esquema para el control de motores y solenoide.



Fuente: Elaboración propia.

Los datos recibidos del computador, se manipulan mediante la creación de un programa, este programa contiene un conjunto de definiciones, clases y funciones que juntas permiten procesar la información recibida y ejecutar los comandos necesarios para mover los motores a determinadas posiciones, así como activar el percutor o punzón de impresión de caracteres Braille.

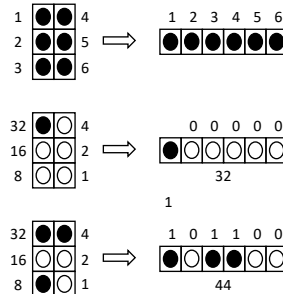
Algoritmo de programación.

Para la conversión de sistema Braille a Letra en tinta se requiere de la identificación de cada uno de los puntos que forman cada uno de los caracteres, ya sea por los que se encuentran marcados en la hoja por medio de un sistema de lectura con sensores, o bien, a través de un sistema de botones donde la persona vaya escribiendo en tiempo real cada uno de los caracteres que necesite para su documento.

Debido a que se tienen únicamente 6 puntos por carácter y dos estados, nos da un total de 26, es decir, 64 combinaciones diferentes. Como se muestra en la figura 6, a cada uno de los puntos se le asigna una posición dentro de los dígitos binarios de un byte y se almacena dentro de la secuencia de texto, posteriormente se verifica si es un carácter complementario o de un símbolo, si es un carácter significativo se almacena en el texto convertido, de lo contrario se espera al siguiente carácter para ser mostrado tomando como referencia la combinación de ambos símbolos. Tomando el valor final del carácter a utilizar, se hace la búsqueda dentro de la tabla

de equivalencias (Tabla 1) para identificar el símbolo que se va a almacenar dentro del texto traducido.

Figura 7. Conversión de Braille a bytes



Se deben de almacenar las dos secuencias de caracteres identificados, por una parte, los que se van leyendo del documento en Braille y por otra parte los que se van generando como resultado de la traducción en sistema Letra en tinta.

Tabla 1. Equivalencias entre letras y valores de bytes en Braille.

Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor
a	32	l	56	v	57
b	48	m	44	w	23
c	36	n	46	x	45
d	38	ñ	55	y	47
e	34	o	42	z	43
f	52	p	60	á	59
g	54	q	62	é	29
h	50	r	58	í	12
i	20	s	28	ó	13
j	22	t	30	ú	31
k	40	u	41	ü	51

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar al conversión de Letra en tinta hacia Braille, se va a tomar cada uno de los caracteres que se encuentran en el documento, si se trata de una letra minúscula, se busca su equivalencia en bytes directamente en la tabla de Equivalencias y se almacena en el texto convertido; si se trata de una letra mayúscula, se lee el siguiente carácter del texto, si es también una mayúscula, significa que toda la palabra es en mayúsculas y se coloca el carácter complementario dos veces, continuando con cada una de las letras de la palabra, convirtiéndolas en minúsculas y buscando su equivalencia en bytes dentro de la tabla correspondiente; si el segundo carácter se encuentra en minúscula, significa que nada más la inicial de la palabra es en mayúscula y se coloca un solo carácter

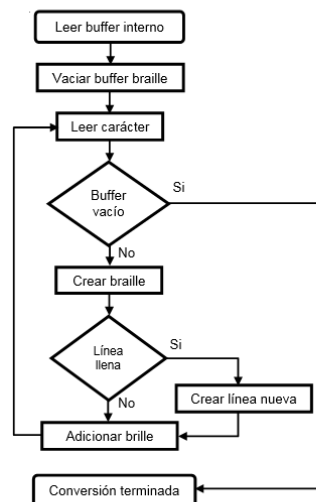


complementario de mayúsculas, se convierte la primera letra en minúscula y se busca su equivalencia en bytes dentro de la tabla correspondiente, las demás letras de la palabra se buscarán de manera directa en la tabla de equivalencias.

En caso de que se trate de números, se coloca inicialmente el carácter complementario para números y cada uno de los dígitos se busca dentro de la tabla de equivalencias para obtener el valor en byte que le corresponde. En caso de que sean caracteres adicionales, se busca su valor en bytes directamente en la tabla de equivalencias.

La cadena de bytes que se obtenga como resultado de la conversión de Letra en tinta a Braille, se utilizará para mostrar la información en algún sistema que tenga la capacidad de manipular elementos físicos, donde las personas invidentes puedan percibir por medio del tacto las protuberancias que requieren para identificar textos, puedan leerlo y logren su comprensión sin ningún problema. El ingreso del texto para la impresión se realizará por medio de un control manual con botones que representan a cada uno de los 6 puntos de un cuadratín, este se conecta directamente a terminales de entrada digitales de la tarjeta Raspberry. Cuando los datos son cargados se procesan y se generan comandos a la tarjeta de control para impresión en Braille, así mismo se establece la comunicación serie con Arduino y comienza el envío de comandos. El proceso de envío y conversión braille se representa a través del diagrama de flujo mostrado en la figura 8.

Figura 8. Diagrama de flujo envío y conversión Braille



Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS

Las señales provenientes del control manual se envían de manera digital hacia la Raspberry, la cual se almacena en memoria y se envía de manera serial a la tarjeta arduino para realizar los desplazamientos correspondientes en los ejes X, Y y Z.

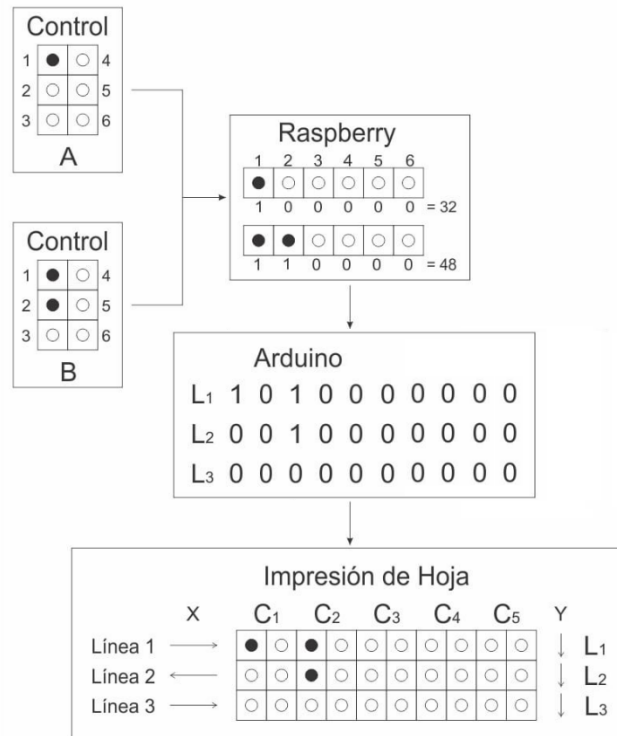
En la figura 9 se observa el proceso resultante al implementar el sistema de control para la impresión braille. Para la impresión se consideran 5 cuadratines con 6 puntos cada uno resultando una matriz de 30 puntos, en esta se visualiza la escritura indicada con el control manual.

En la figura 9, se puede observar que, al digitar un carácter en el control manual, este es recibido por la tarjeta Raspberry como un código binario, al oprimir únicamente el botón 1 del control se está enviando la letra A al control central (Raspberry) la cual visualiza el número binario 100000 este lo convierte a número decimal, 32 para el caso mencionado.

En caso de digitar otro carácter se realiza un proceso similar, por ejemplo, la letra B equivale a 110000 en binario este a su vez se convierte en 48 en decimal. Con los números en decimal el control central los convierte en 3 números binarios con 10 bits cada uno y son enviados a la tarjeta de entradas/salidas (Arduino) para indicar la secuencia de impresión y hacer actuar a los dos motores a pasos (ejes X y Y) y solenoide (eje Z). Los tres números binarios corresponde a la matriz formada por los 5 cuadratines.

El sistema de tracción succiona la hoja colocándola en posición para imprimir la línea 1 de izquierda a derecha, al terminar la hoja se desplaza a una segunda posición y de manera inversa, de derecha a izquierda, imprime la línea 2, se desplaza la hoja a una tercera posición y se imprime la línea 3 de izquierda a derecha. Finalmente, el sistema de tracción expulsa la hoja.

Figura 9. Proceso del sistema de impresión braille.



**Fuente:** Elaboración propia.

**CONCLUSIONES**

Este algoritmo de control propuesto para la conversión entre textos e impresión es de gran ayuda para las personas invidentes, debido a que los acerca a los documentos y la información que puede estar disponible en cualquier documento de texto. Además de que les permite expresar sus ideas, sentimientos, emociones y conocimientos sobre algún tema en particular y les da la posibilidad de convertir sus textos a un sistema que pueda ser utilizado por la mayoría de personas en cualquier dispositivo electrónico con la capacidad de manipulación de archivos de texto; logrando con esto que todas las personas tengan acceso a la información que se encuentra almacenada de manera digital, sin importar si pueden hacer uso o no de su sentido de la vista.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ato Brito, C. Chinchá Lleclish, J. M. (2015). Diseño de un sistema automático de impresión de caracteres de código braille basado en comparación y utilizando un actuador electromagnético, (tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima Perú.
- Cabero Almenara J. (2010). Los retos de la integración de las Tics en los procesos educativos. Límites y posibilidades. *Perspectiva Educativa*, número 49, 32-61.
- Collado, S. 2017. Tiflotecnología (consulta agosto 2019). Disponible en: <https://web.ua.es/es/cae/documentos/noticias/2017/tiflotecnologia-para-deficit-visual-once-juan-antonio-gimenez-sonia-collado.pdf>
- Doménech, X. 2010. Historia de la Tiflotecnología en España (consulta agosto 2019). Disponible en: <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/tiflotecnologia.htm>
- Fernández Martínez, Raquel Estefanía, Llamuca Torres, Paola Maribel (2015). Diseño y construcción de material tiflotécnico que facilite la impresión de información en sistema braille a niños de la Unidad Educativa Especializada de no videntes de Cotopaxi. Carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Extensión Latacunga.
- Hernández Suarez, C., Pedraza Martínez, L., & López Sarmiento, D. (2011). Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes. *Revista de Salud Pública*, 13(5), 865-873.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). La discapacidad en México, datos al 2014 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI.
- Loza Peñaloza, Oscar Patricio (2006). Sistema electrónico braille para la ayuda en el aprendizaje de personas no videntes *Universitas, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, núm. 7, pp. 209-225.
- Robles I.L. (2012). El sistema braille. México, Editorial Trillas.
- Simón Rueda Cecilia, Ochaíta Esperanza, Huertas Martínez Juan Antonio. (1995). El sistema Braille bases para su enseñanza-aprendizaje. *CL & E: Comunicación, lenguaje y educación*, 28, 91-102.
- Villalobos-Piña, Francisco Javier, & Esparza-González, Mario Salvador, & Muñoz-Correa, Juan José (2018). Diseño de Impresora Braille a Partir de Impresora de Matriz de Puntos. *Revista Conciencia Tecnológica*, núm. 56.

# COMUNICACIONES LOCALES ENTRE DISPOSITIVOS DE DIVERSAS ARQUITECTURAS

MANUEL CRUZ LUNA<sup>1</sup>, HUGO HERNÁNDEZ CABRERA<sup>2</sup>, ELIA MARGARITA VIVEROS RUIZ<sup>3</sup>

## RESUMEN

La comunicación es un proceso esencial que tiene el ser humano para compartir ideas y conocimientos, recientemente se ha tenido un gran auge en las redes sociales donde las personas pueden compartir una gran cantidad de información, principalmente para diversión y para sentirse parte de una sociedad a nivel mundial. Un aspecto que no se ha trabajado relacionado con las comunicaciones utilizando dispositivos móviles es el uso de redes locales para enviar y recibir información, debido a que la corta distancia hace más fácil y efectiva la comunicación verbal de manera personal. Esta investigación está enfocada a las comunicaciones que pueden tener los dispositivos móviles entre ellos en caso de que las personas estén imposibilitadas para comunicarse entre sí, básicamente en un desastre natural o alguna otra situación de riesgo. Los dispositivos necesitarán de una red en malla para compartir su información con otros dispositivos cercanos y se pueda tener un alcance mayor al alcance de una sola red en estrella, logrando que los dispositivos identifiquen a otros que se encuentren alejados teniendo dos o más equipos de forma intermedia, simulando saltos de información para detectar equipos distantes o a mayores profundidades.

Palabras Clave: Comunicaciones locales, Dispositivos móviles, Raspberry

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango.  
manuelcl@huauchinango.tecnm.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango..  
hugohcabrera@huauchinango.tecnm.mx

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango.  
elia.margarita@huauchinango.tecnm.mx

## **INTRODUCCIÓN**

En algunas situaciones particulares, como por ejemplo desastres naturales, no se tiene el equipo necesario para generar una red con conectividad de tipo infraestructura, que además tenga acceso a internet para enviar y recibir información, principalmente por la falta de suministro eléctrico en la zona afectada. Esto genera la necesidad de crear redes de comunicaciones locales donde se tenga un equipo que tenga la capacidad de ser desplazado por el área afectada, que funcione como servidor de comunicaciones, que almacene la información de los clientes y posteriormente vaciarla a un servidor con mayor almacenamiento para identificar la posible ubicación de cada uno de dichos clientes. Otra situación que se identifica es que la red puede no tener cobertura o suficiente potencia para alcanzar a todos los equipos que se encuentren en la zona, esto principalmente por los objetos que generan interferencia, lo que se busca es que todos los equipos que se vayan conectando a la red local, puedan generar una nueva red local y convertirse en servidores de comunicaciones para realizar búsqueda de otros equipos a mayor profundidad, después de un determinado tiempo vuelvan a darse de alta como clientes en la red inicial y realicen un vaciado de información de los demás equipos que se hayan encontrado.

## **MARCO REFERENCIAL**

Normalmente dentro del desarrollo de software, los programas que se realizan son de flujo único, es decir, las tareas que se ejecutan lo hacen de una en una y la siguiente tarea no comienza hasta que la anterior haya terminado.

Este modo de funcionamiento puede resultar ser adecuado en gran parte de las aplicaciones que se desarrollan, sin embargo, en algunos casos resulta útil, e incluso necesario, que dos o más tareas se ejecuten en paralelo [1]. Por ejemplo, en el proyecto que se desarrolla debemos programar algunos métodos de respuesta a eventos de conectividad, comenzando con el dron que sobrevuela la zona donde ocurrió el percance ejecutando el proceso de lanzar la señal para que los dispositivos puedan conectarse a él, al mismo tiempo deseamos que los mismos dispositivos aparte de buscar el dispositivo al que se conectaran, emitan la señal de

su propia red para que si algún dispositivo se encuentra en el rango lo identifique y puedan conectarse.

En equipos monoprocesador la ejecución en paralelo, más conocida como ejecución en modo multitarea, significa que no es necesario que una tarea termine para que otra se pueda ejecutar, pudiendo la máquina virtual de java (JVM) repartir el tiempo de uso de la CPU entre las tareas que tiene que ejecutar, siguiendo algún criterio definido por la propia implementación de la JVM [1] (Martin Sierra, 2008).

La programación multitarea o también conocida como programación multihilo utiliza hilos para el control y ejecución de los procesos o tareas que estén involucrados durante la ejecución del programa. Podemos decir que un hilo es un flujo de ejecución de código y, mediante el uso de hilos, podemos hacer que nuestros programas aparentemente realicen varias tareas al mismo tiempo.

Java es un lenguaje de programación que soporta hilos, cuando iniciamos un programa en java, éste tiene un hilo: el hilo principal. Podemos interactuar con el hilo principal de diversas formas, por ejemplo, obteniendo o asignando su nombre, determinándolo y mucho más. Sin embargo, podemos también iniciar otros hilos.

Para la conectividad entre dispositivos en el proyecto, tomamos como base la arquitectura cliente-servidor, la cual es un modelo de la aplicación distribuida en el que las tareas se reparten entre proveedores de recursos o servicios, llamados servidores y los solicitantes, llamados clientes, con esto entendemos que el cliente hace la solicitud de algún servicio al servidor y el servidor es un programa que recibe solicitudes, realiza el servicio requerido y devuelve los resultados en forma de una respuesta.

Hoy en día este modelo computacional es tan utilizado que a menudo es el único modelo con el que la mayoría de los ingenieros de software están familiarizados. El API de sockets hizo que el modelo cliente-servidor fuera fácil de implementar, porque el programador podría usar pequeñas cantidades de llamadas del sistema y agregarlas a un código existente y así aprovechar otros recursos computacionales. Un socket es un punto de acceso a los servicios de comunicación en el ámbito de transporte. Cada socket tiene asociada una dirección que lo identifica, conociendo

esta última, se puede establecer una comunicación con un socket para que actúe como extremo de un canal bidireccional. [3] (Perramon Tornil, 2012)

La popularidad de la API es el resultado de su simpleza, pero esta popularidad también provocó que se limitara el desarrollo de alternativas o APIs mejoradas que pudieran ayudar al desarrollador otros tipos de programas distribuidos.

La adaptabilidad de la implementación y uso de sockets a través de la programación multihilo nos hace determinar su utilización en el proyecto, dado que se enviarán N cantidades de solicitudes y a su vez se recibirán N cantidades de peticiones y deberán ser atendidas de manera transparente y práctica.

## **DESARROLLO**

El sistema iniciará con la generación de una red local y la ejecución de un programa Servidor dentro de un equipo Raspberry, el cual será trasladado sobre la zona afectada para que haga la detección inicial de equipos que se encuentren dentro del alcance. Para esto se desarrollará un sistema Servidor que recibirá la información de los clientes y la almacenará de manera interna en una base de datos. Los posibles datos que se podrán compartir serán:

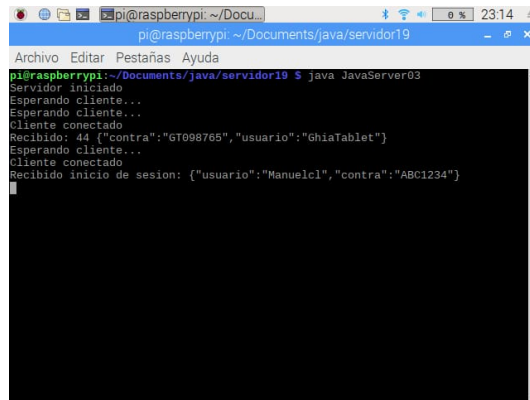
- Nombre completo
- Número de teléfono
- Correo electrónico
- IMEI del celular
- Nombre de contacto
- Número de teléfono
- Correo electrónico
- Información adicional (Enfermedades, condiciones especiales, etc.)

Por motivos de seguridad, esta información no se obtendrá de manera directa del dispositivo móvil del cliente, sino que el usuario de cada dispositivo decidirá y dará de alta en su programa los datos que desee compartir. La figura 1 muestra un prototipo de servidor de comunicaciones en una Raspberry, donde se reciben como ejemplo nombre de usuario y contraseña utilizando formato JSON, para facilitar la



recuperación de la información en cada una de las propiedades de la clase correspondiente.

Figura 1. Prototipo de servidor en Raspberry



```
pi@raspberrypi:~/Documents/java/servidor19 $ java JavaServer03
Servidor iniciado
Esperando cliente...
Esperando cliente...
Cliente conectado
Recibido: 44 ("contra":"GT098765", "usuario":"GhiaTablet")
Esperando cliente...
Cliente conectado
Recibido inicio de sesion: ("usuario":"Manuelcl", "contra":"ABC1234")
```

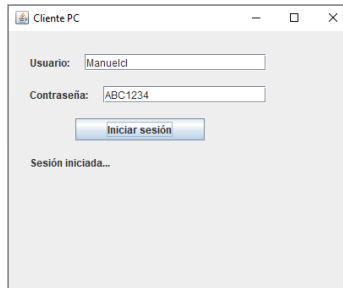
Los dispositivos móviles clientes estarán a la espera de la detección de la red que tiene valores preestablecidos, una vez detectada, se dará inicio al proceso de conexión hacia el servidor, enviando únicamente los datos que ha capturado el usuario. La información que recibe el servidor de todos los clientes se distribuye para todos ellos, con la finalidad de que se pueda identificar la totalidad de equipos dentro de la red; esto será de utilidad en el caso de que a algún equipo se le agote la batería, los demás equipos tengan otras alternativas para que puedan continuar sus comunicaciones hacia otros equipos. Dando como resultado una red en árbol y su posible conversión en una malla.

Para el desarrollo de este prototipo se utilizaron herramientas como sockets, que nos permiten llevar a cabo las comunicaciones entre dispositivos dentro de una red local, además de utilizar diversos procesos (hilos o threads) para darle al servidor la capacidad de comunicarse de manera independiente con cada uno de los clientes sin que se vea afectado ninguno de los procesos del sistema de comunicación.

Por otra parte, los clientes también tendrán un programa que de manera inicial realizará la búsqueda de las redes que ya se tienen predeterminadas para el sistema, en cuanto se detecte la red, se realiza la conexión con el servidor, envían los datos que tengan configurados y esperan la recepción de los datos de los demás clientes; cuando se conecten al sistema por primera vez, recibirán únicamente la información de los clientes que se conectaron a su mismo servidor, quienes serán sus hermanos en la analogía de árboles de comunicaciones. La figura 2 muestra un

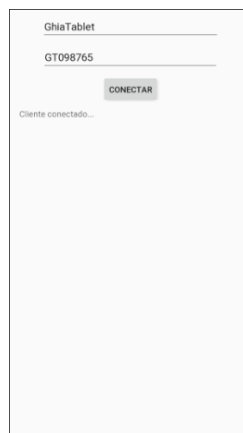
prototipo de software desarrollado para PC, que tendrá un botón para iniciar sesión, enviando los datos de usuario y contraseña al servidor.

Figura 2. Aplicación cliente para PC



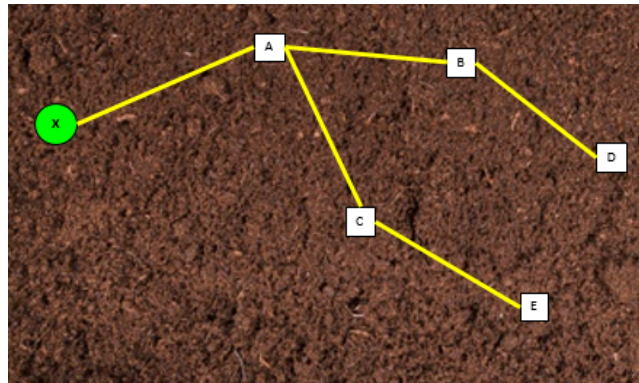
Otro tipo de cliente que se tiene es de un dispositivo móvil, pudiendo ser una Tablet o un Celular, siendo este último el más frecuente. Este dispositivo tendrá también su aplicación que funcionará de la misma manera que el cliente para PC. La figura 3 muestra la ventana de la aplicación para el cliente con sistema operativo Android.

Figura 3. Aplicación cliente para dispositivo móvil



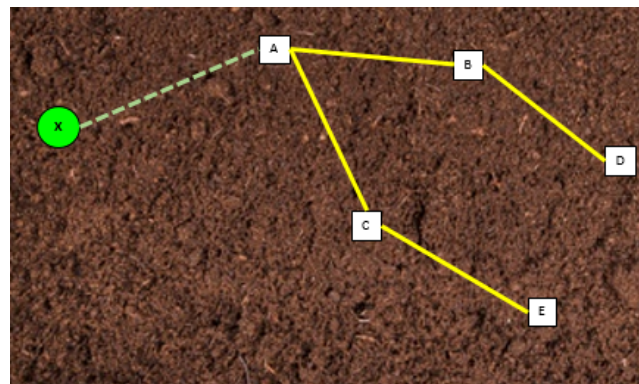
La figura 4 muestra un ejemplo de la ubicación de los diversos dispositivos móviles que se van a localizar utilizando el sistema de comunicaciones, el dispositivo marcado con la letra "X" es la Raspberry, cuya función como servidor será desencadenar el proceso de comunicaciones hacia todo el sistema; las líneas de color amarillo indican los equipos que serán visibles entre ellos al generar los servidores de comunicaciones.

Figura 4. Ubicación de dispositivos.



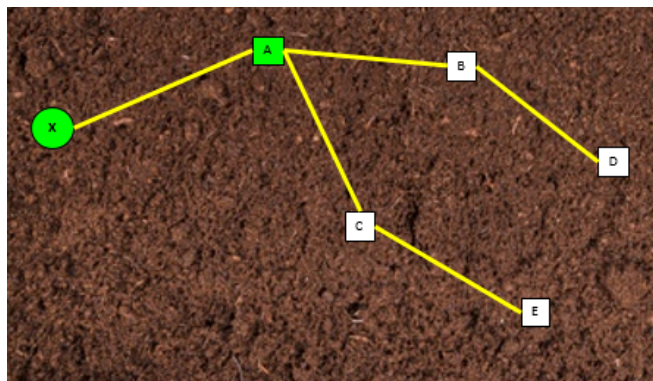
En primera instancia, el equipo “X” se acerca al equipo “A”, quien lo detecta e inicia el proceso como se muestra en la figura 5, en este momento “X” conoce a “A” como su vecino y “A” conoce a “X” como su vecino.

Figura 5. Conexión inicial



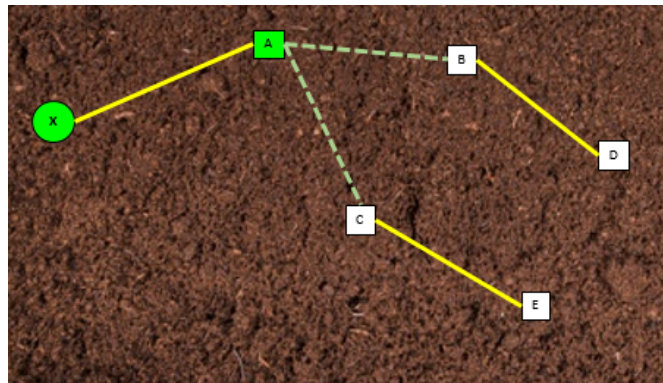
En el siguiente paso, el equipo “A” se desconecta de “X” y cambia su estado de cliente a servidor como se muestra en la figura 6, mientras el equipo “X” permanece en su lugar para esperar otras conexiones y las siguientes del mismo equipo “A”.

Figura 6. Cambio de estado de cliente a servidor



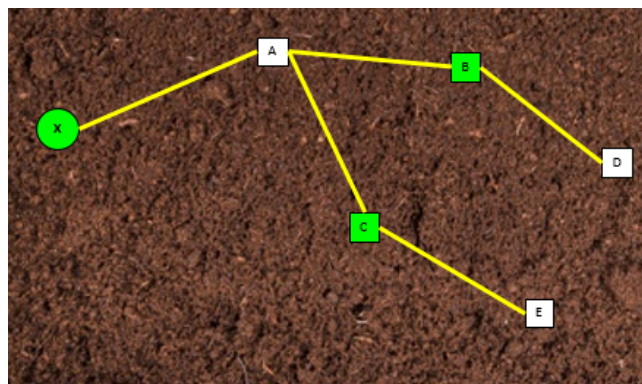
A continuación, los equipos “B” y “C” detectan a la red generada por el equipo “A” y su función de servidor, por lo que se conectan hacia él, como se muestra en la figura 7, y le envían sus datos correspondientes, además de recibir los que ya tiene el equipo “A” almacenados en sus comunicaciones previas. Esto da como resultado que los equipos empiecen a generar sus tablas de equipos, identificando a que distancia (saltos) se encuentran y cuales son los equipos intermedios.

Figura 7. Conexiones secundarias



En la siguiente fase del proceso, el equipo “A” vuelve a cambiar su estado a cliente, los equipos “B” y “C” cambian su estado ahora a servidor como se muestra en la figura 8, este cambio de estado permite que el alcance de la red se extienda al cambiar la ubicación de los servidores.

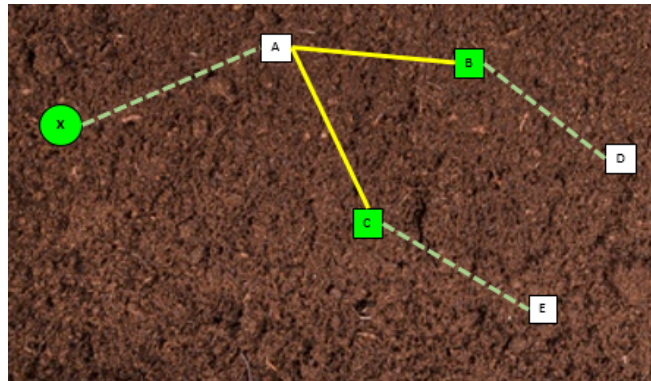
Figura 8. Cambios de estado entre clientes y servidores



Con el cambio que se ha realizado, ahora el equipo “A” vuelve a conectarse al equipo “X”, al que le envía la información de los equipos que descubrió en fases anteriores del proceso de comunicación; además los equipos “D” y “E” se conectan a “B” y “C” respectivamente, como se muestra en la figura 9, donde hacen el

intercambio de su información y de los datos pertenecientes a los equipos identificados anteriormente.

Figura 9. Conexiones de siguiente nivel.



**RESULTADOS**

Este proceso de intercambio de estados de cliente a servidor en todos los equipos y dispositivos permite que cada vez se vaya alcanzando mayor profundidad en la generación de la red, hasta que se haya logrado la convergencia; la tabla 1 muestra la información que tendrá cada equipo al llegar a este punto.

Tabla 1. Identificación de equipos en la red

Equipo	Rutas identificadas	Equipo	Rutas identificadas
X	A A, B A, C A, B, D A, B, E	A	X B C B, D C, E
B	A D A, X A, C A, C, E	C	A E A, X A, B A, B, D
D	B B, A B, A, X B, A, C B, A, C, E	E	C C, A C, A, X C, A, B C, A, B, D

Al conocer estas rutas, se puede enviar información entre todos los dispositivos hasta llegar a su destino, desde un extremo a otro de la red sin ninguna complicación. Lo único que se tendría que esperar es que se hagan todos los cambios necesarios en los estados de los equipos para que la información vaya viajando por la red.

## **CONCLUSIONES**

Los dispositivos móviles cuentan con accesorios y herramientas que se utilizan para actividades que se realizan de manera cotidiana y en muchos casos se piensa que es su única función, sin saber que agregando las aplicaciones adecuadas se puede modificar su forma tradicional de uso para que se conviertan en grandes herramientas que ayudan incluso a salvar vidas, siempre y cuando estén preparados y programados de manera oportuna para manipular la información de manera correcta. En este caso se modificó el uso de las redes de área amplia y el acceso a Internet, hacia redes locales, aprovechando además las capacidades de procesamiento y almacenamiento de información con que cuenta los equipos de nuevas generaciones para que ofrezcan servicios y sean consumidos por ellos mismos para lograr los objetivos propuestos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Martin Sierra, A. J. (2008). Programador Certificado JAVA 2 Curso práctico (Segunda ed.). (S. d. Alfaomega Grupo Editor, Ed.) México: Ra-Ma. Recuperado el 01 de octubre de 2019
- Holzner, S. (2019). La biblia de java 2. Anaya Multimedia.
- Perramon Tornil, X. (2012). Programación de sockets. España: UOC.
- Augusto Sznajdleder, P. (2016). El gran libro de Java a Fondo: Curso de Programación. Malaga, España: Marcombo.
- <http://di002.edv.uniovi.es/~lourdes/publicaciones/bt99.pdf>
- Amaro Soriano, J. E. (2012). El gran libro de programación avanzada con Android. Barcelona, España: Alfaomega.
- Halfacree, G. (30 de Octubre de 2019). Raspberry Pi. Obtenido de [https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/Beginners\\_Guide\\_v1.pdf](https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/Beginners_Guide_v1.pdf)
- Monk, S. (2016). Raspberry Pi Cookbook: Software and Hardware Problems and Solutions. Estados Unidos de America: O'Reilly Media Inc.
- Pérochon, S., & Hébuterne, S. (s.f.). Android: Guía de desarrollo de aplicaciones para Smartphones y Tabletas.
- Tomás Gironés, J. (2012). El gran libro de android (2da. ed.). Barcelona, España: Alfaomega.

# ANÁLISIS DE LOS ALGORITMOS BACKPROPAGATION PARA EL DISEÑO DE NEURONAS ARTIFICIALES CON CAPACIDAD DE APRENDIZAJE PARA RESOLVER PROBLEMAS DEL ENTORNO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES.

GIL SANTANA ESPARZA<sup>1</sup>, YARESSI RODRÍGUEZ DEL ÁNGEL<sup>2</sup>, JACKELIN YAÑEZ HERNÁNDEZ<sup>3</sup>

## RESUMEN

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. [gilsantanae@gmail.com](mailto:gilsantanae@gmail.com)

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pánuco.  
[yaressi.rodriguez97@gmail.com](mailto:yaressi.rodriguez97@gmail.com)

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. [stella328mbdwm@gmail.com](mailto:stella328mbdwm@gmail.com)

La inteligencia artificial trabaja ramas que investigan, analizan e intentan describir aspectos de la inteligencia humana, pero a través de una computadora. Uno de los aspectos a estudiar es la capacidad que tiene el cerebro humano para asociar hechos derivados de la experiencia. En ese sentido, una de las ramas de la inteligencia artificial que se ha retomado en los últimos años para el aprendizaje y procesamiento automático es el área de las neuronas artificiales, todo ello derivado del análisis del funcionamiento del sistema nervioso central, intentando reproducir esta característica del cerebro humano de utilizar la experiencia acumulada.

Lo anterior presenta la oportunidad de explorar nuevas formas de resolver situaciones cotidianas del ser humano con técnicas diferentes, como las presentadas por la inteligencia artificial. En este sentido el presente proyecto tiene como finalidad investigar y analizar los algoritmos y técnicas de Backpropagation acompañada de funciones matemáticas bajo técnicas de Inteligencia Artificial para diseñar la arquitectura de una red neuronal artificial que tenga capacidad de aprendizaje para dar solución a problemáticas del entorno desde la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco.

Palabras clave: Backpropagation. Neurona Artificial. Aprendizaje, Automático.

#### **ABSTRACT**

Artificial intelligence works branches that investigate, analyze and attempt to describe aspects of human intelligence but through a computer. One of the aspects to study is the ability of the human brain to associate facts derived from experience. In that sense, one of the branches of artificial intelligence that has been retaken in recent years for learning and automatic processing is the area of artificial neurons, all derived from the analysis of the functioning of the central nervous system, trying to reproduce this characteristic of the human brain to use the accumulated experience.

The above presents the opportunity to explore new ways of solving everyday situations of the human being with different techniques, such as those presented by artificial intelligence. In this sense, the purpose of this project is to investigate and



analyze the algorithms and techniques of Backpropagation accompanied by mathematical functions under Artificial Intelligence techniques to design the architecture of an artificial neural network that has the ability to learn to solve environmental problems from the Computer Systems Engineering degree from the Instituto Tecnológico Superior de Pánuco.

Keywords: Backpropagation, Artificial Neuron, Machine Learning

## **INTRODUCCIÓN**

Desde la existencia del ser humano las redes neuronales biológicas se han encontrado presentes en el cerebro de cada uno de nosotros, gracias a ellas se nos permite desarrollar la capacidad de aprendizaje autónomo que adquirimos con el paso del tiempo, desde los recuerdos hasta el poder realizar una operación matemática, todo se encuentra conectado entre sí.

Con el paso de los años la tecnología ha ido desarrollando una forma de poder emular el comportamiento de estas neuronas, fue en 1950 cuando Alan Turing publicó su artículo donde argumentaba que si una maquina puede actuar como un humano se considera inteligente, por eso es que la implementación de las redes neuronales artificiales (RNA), ayudan al desarrollo del aprendizaje en las máquinas para así considerarlas inteligentes, gracias a que, se encargan de emular el comportamiento del cerebro humano en el almacenamiento de información y resolución de problemas de manera autónoma.

Los estudios desarrollados en torno a las RNA, están motivadas en modelar la forma de procesamiento de la información en sistemas nerviosos biológicos. Por eso el desarrollar una red neuronal artificial es un gran aporte en el avance de la inteligencia artificial, el poder hacer que una maquina trabaje y aprenda por si sola tal y como lo hace un ser humano, ayuda a la reducción de tiempo a la hora de programarlas.

## **MARCO TEÓRICO**

Las raíces de la inteligencia artificial se hallan en la historia misma de la humanidad, y no sólo en su historia, también en los mitos y leyendas de muchas culturas. Si bien

estas culturas no hablaban como tal de computadoras pensantes, sí se ha observado que se mencionan inteligencias artificiales o creadas por humanos. Es decir, que la idea de inteligencias creadas artificialmente siempre ha despertado interés en la raza humana (Landa, 2007). En ese sentido, la inteligencia artificial se inspira en la biología humana para resolver tareas que requieren habilidades humanas reproduciéndolas a través de computadoras, tal es el caso de las neuronas artificiales.

Inteligencia.

Ardila (2011) menciona que la inteligencia son las características que asociamos con la capacidad de solucionar problemas, de razonar, de adaptarse al ambiente, lo cual ha sido altamente valorado a lo largo de la historia.

Inteligencia es un conjunto de habilidades cognitivas y conductuales que permite la adaptación eficiente al ambiente físico y social. Incluye la capacidad de resolver problemas, planear, pensar de manera abstracta, comprender ideas complejas, aprender de la experiencia. No se identifica con conocimientos específicos ni con habilidades específicas, sino que se trata de habilidad cognitiva general, de la cual forman parte las capacidades específicas.

Inteligencia Artificial

Una identidad inteligente, ya sea humana o computacional, debe responder a las situaciones de manera muy flexible y darle sentido a mensajes ambiguos o contradictorios. El aprendizaje automático es también condición necesaria para que un ente artificial pueda ser considerado inteligente. Si una máquina no es capaz de aprender cosas nuevas, difícilmente será capaz de adaptarse al medio, condición exigible a cualquier ser dotado de inteligencia (Santana, Barrera y Torres, 2016).

Neurona Biológica

Una neurona biológica es una célula especializada en procesar información. Está compuesta por el cuerpo de la célula (soma) y dos tipos de ramificaciones: el axón y las dendritas. La neurona recibe las señales (impulsos) de otras neuronas a través de sus dendritas y transmite señales generadas por el cuerpo de la célula a través del axón.

Una de las características de la neurona es la capacidad que tiene de comunicarse. Las dendritas y el cuerpo celular son las que reciben señales de entrada, el cuerpo celular se encarga de combinarlas e integrarlas para después emitir las señales de salida. El axón se encarga de transmitir dichas señales a los terminales axónicos, los cuales se encargan de distribuir la información.

Además, se sabe que las señales se pueden recibir de dos formas: eléctricas y químicas. La señal generada por la neurona y transportada a lo largo del axón es un impulso eléctrico, mientras que la señal que se transmite entre los terminales axónicos de una neurona y las dendritas de la otra es de origen químico (Ponce, 2010).

Con esto el autor nos da entender que existen 4 partes fundamentales en la que se divide una neurona biológica, las dendritas que son las encargadas de recibir los estímulos, sabemos que los estímulos pueden estar representados de 2 formas, de manera física y de manera biológica, de manera física son los cambios de temperatura, de luz, de presión, de gravedad o los cambios eléctricos, un claro ejemplo es la luz porque se responde ante un estímulo que ves y esto se percibe mediante la vista, por otro lado los estímulos biológicos son cambios de estado o de una actividad de una célula u organismo, por ejemplo los alimentos o líquidos que ingerimos ya que todo esto entra dentro de nuestro organismo.

Perceptrón.

Un perceptrón consiste en un conjunto de neuronas formales de McCulloch y Pitts que comparten las mismas entradas y que no están conectadas entre sí. Cuyas conexiones deben ser ajustadas mediante los pesos de forma que minimicen el valor del error.

Red neuronal artificial (RNA)

Las RNA se definen como sistemas de mapeos no lineales cuya estructura se basa en principios observados en los sistemas de humanos y animales (Ponce, 2010).

Las neuronas artificiales simples fueron introducidas por McCulloch y Pitts en 1943.

Una red neuronal se caracteriza por los siguientes elementos:

1. Un conjunto de unidades de procesamiento o neuronas.

2. Un estado de activación para cada unidad, equivalente a la salida de la unidad. Conexiones entre las unidades, generalmente definidas por un peso que determina el efecto de una señal de entrada en la unidad.
3. Una regla de propagación, que determina la entrada efectiva de una unidad a partir de las entradas externas.
4. Una función de activación que actualiza el nuevo nivel de activación basándose en la entrada efectiva y la activación anterior.
5. Una entrada externa que corresponde a un término determinado como bias para cada unidad.
6. Un método para reunir la información, correspondiente a la regla del aprendizaje
7. Un ambiente en el que el sistema va a operar, con señales de entrada e incluso señales de error.

En muchas redes las unidades de proceso tienen respuesta de la forma:

$$y = f\left(\sum_k \omega_k x_k\right)$$

donde:

$x_k$  : señales de salida de otros nodos o entradas externa.

$\omega_k$ : pesos de las ligas de conexión.

$f(\cdot)$ : función no lineal simple.

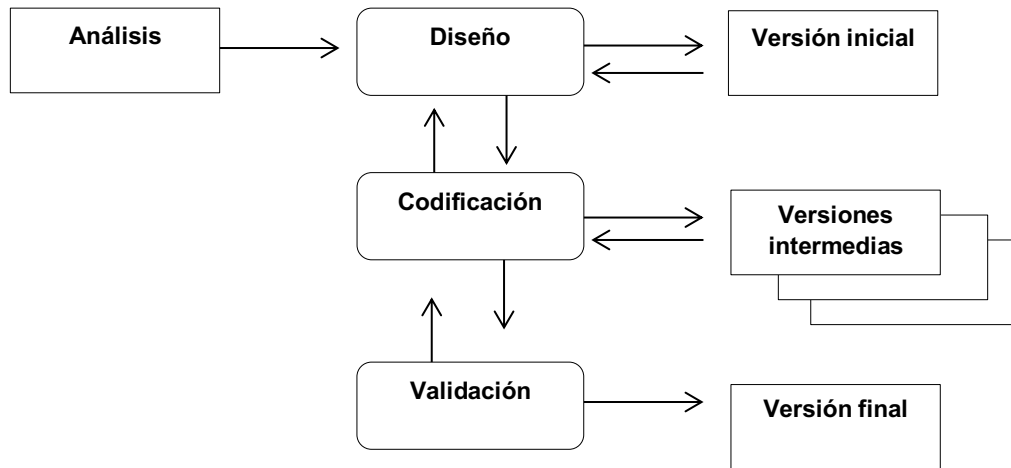
## **METODOLOGÍA**

La metodología a seguir en este proyecto se basará en una investigación documental apuntando hacia la innovación tecnológica mediante la contribución de la documentación de las teorías investigadas y su aplicación en un algoritmo resultante de la investigación.

En la investigación documental se revisarán las teorías existentes sobre las técnicas para el diseño de neuronas artificiales aplicando paradigmas de Inteligencia Artificial, así como también las técnicas para el diseño de algoritmos Backpropagation.

Para el desarrollo del proyecto se plantea una metodología evolutiva que contemple las fases que se muestran en la Figura 1:

Figura 1. Etapas de la metodología desarrollo evolutivo para el proyecto.



Fuente: Diseño propio.

### Fase de Análisis

Como primera etapa se analizará el dominio del problema decidiendo a qué clase pertenece.

- Origen de los datos:
- ✓ ¿Qué datos son de importancia para la situación del problema definido?
- ✓ ¿Qué variables son relevantes?
- ✓ ¿De dónde pueden obtenerse los datos?
- Preparación y codificación de los datos:
- ✓ ¿Cómo preparar y codificar los datos?

### Fase de Diseño.

- Topología de la red:
- ✓ Tipo de red.
- ✓ Cantidad de capas ocultas y Cantidad de neuronas.
- ✓ Cantidad de neuronas en la capa de salida.
- ✓ Tipos de neuronas.

### Fase de Codificación.

Codificar la topología y el aprendizaje.

- Regla de aprendizaje elegida.
- Proceso de aprendizaje elegido.
- Cantidad de ciclos de aprendizaje.

- 
- Criterios de Inicialización de los pesos.
  - Funciones matemáticas a aplicar.  
Fase de Validación.
  - Aplicación de pruebas de funcionamiento y calidad.

### **DESARROLLO**

En el presente trabajo, se ha analizado el backtracking como método para que la red neuronal multicapa aprenda a través de la asociación que existe entre las entradas y las acciones correspondientes para conseguir la salida esperada, esto a través de la organización en las capas intermedias. La importancia radica en la capacidad de auto adaptar los pesos de las neuronas de las capas intermedias para aprender la relación que existe entre un conjunto de patrones dados como ejemplo y las salidas esperadas. A través de esto, se aplica la misma relación a nuevos datos de entrada, que incluso pueden ser incompletos, para obtener una salida favorable en los casos de que la nueva entrada sea parecida a las presentadas durante el aprendizaje.

Para la implementación del algoritmo con la técnica Backtracking se definieron funciones recursivas, en las cuales se asignan valores o pesos a las respectivas entradas, haciendo los cálculos para todos los valores y manteniendo aquellas soluciones que han tenido éxito.

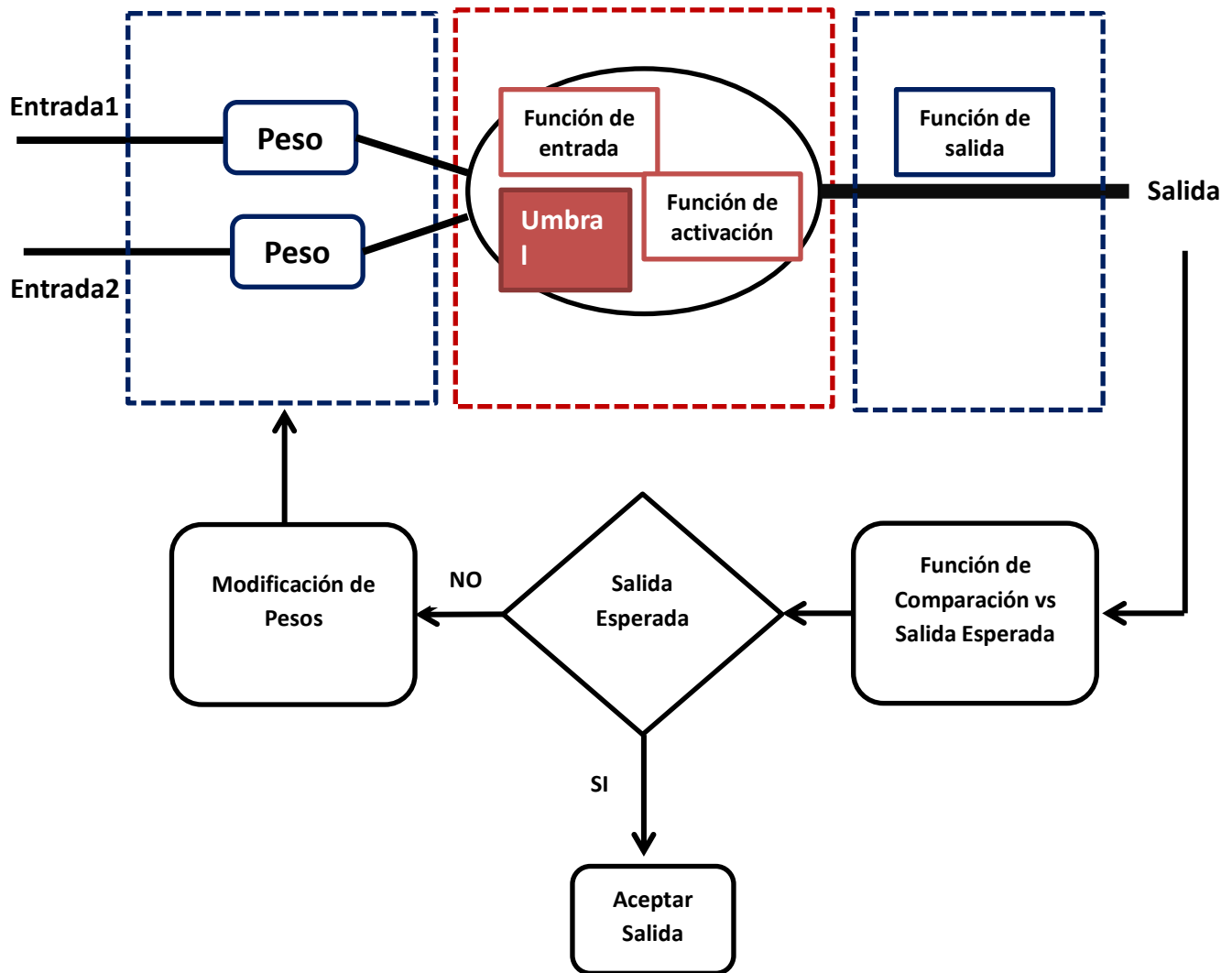
Los ejemplos para los valores de aprendizaje poseen las siguientes características:

- Significativos. Es decir, el número de ejemplos debe ser suficiente. Es importante considerarlo ya que de lo contrario la red no adaptará los pesos de forma eficaz.
- Representativos. Es decir, todos los elementos del espacio de estados deben estar suficientemente representados en el grupo de datos de aprendizaje.

El aprendizaje en la red neuronal ha consistido en la determinación de los valores precisos de los pesos para todas las conexiones, que den como resultado la resolución eficiente del problema planteado.

Para escoger los pesos en las conexiones de la red, se eligió el aprendizaje supervisado. Este aprendizaje se basó en la comparación directa de la salida de la red con la salida esperada. Esto se ha logrado a través de reforzamiento del aprendizaje, en la cual la retroalimentación se basó a través de la diferencia de salida obtenida con la salida esperada. Se aplicó el Aprendizaje por Retro propagación de Error (Back-Propagation), en el cual se presentó a la red neuronal un conjunto de pares de datos, que representan la entrada y la salida esperada para dicha entrada. Este conjunto de pares de datos se denomina conjunto de entrenamiento. La intención es minimizar el error entre la salida actual y la salida esperada.

Figura 2: Reforzamiento de aprendizaje.

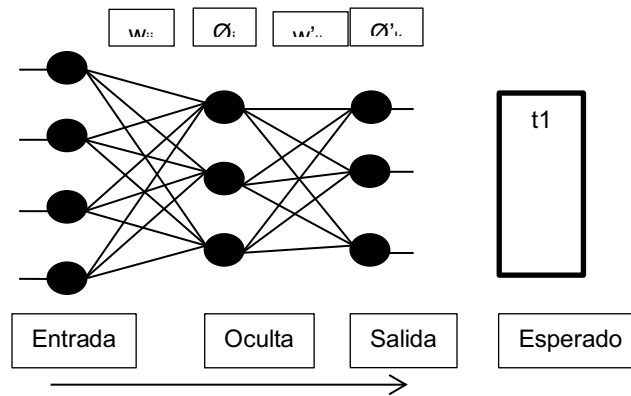


Fuente: Diseño propio.

El presente documento lo que pretende es el análisis del algoritmo BackPropagation (BP), para lo cual se diseñó la siguiente arquitectura de red neuronal, para entender y aplicar el algoritmo mencionado:



Figura 3. Arquitectura unidireccional con tres capas



Fuente: Diseño propio

Donde  $x_i$  corresponde a las entradas de la red,  $y_j$  corresponde a las salidas de la capa oculta, y  $z_k$  corresponde a las salidas de la capa final;  $t_k$  corresponde a las salidas esperadas. Por otro lado,  $w_{ij}$  son los pesos de la capa oculta y  $\emptyset_j$  sus umbrales;  $w'_{jk}$  los pesos de la capa de salida y  $\emptyset'_k$  sus umbrales.

Para el caso de prueba del algoritmo BP se ha planteado la problemática de decidir si el usuario debe comer determinado alimento con base en ciertas características nutricionales: Proteínas, Grasas, Carbohidratos, Sodio. Para ello, en la capa de entrada se definieron cuatro datos de entrada, para lo cual se definió una neurona para cada uno de ellos. En la capa de salida se determinaron tres neuronas para tres posibles salidas: Comer todo, Comer Poco, No comer. La neurona que obtenga el valor de salida más alto sería la solución sugerida de la red neuronal. Para evitar el problema de tener valores en rangos diferentes, se utilizó la técnica de escalamiento para ajustar cada valor de entrada en el rango de 0.0 y 1.0, como valores mínimo y máximo respectivamente.

Para emular la acción de la neurona biológica de inhibir o excitar las entradas recibidas y efectuar un cambio en ellas, en la red de neuronas artificiales se ha asignado un peso ( $w$ ) a cada conexión de entrada para realizar la misma acción de cambio. En este caso, como se trata de analizar el algoritmo BP, el peso asignado para ajustar los pesos de cada entrada, se ha utilizado también para llevar a cabo la acción de aprendizaje en la red de neuronas artificiales. De tal manera que, cada vez que las neuronas artificiales van aprendiendo los pesos asociados a cada una de ellas se van modificando.

El proceso de entrenamiento general para ajustar los pesos y obtener la salida deseada es el siguiente:

- Ajustar el valor de los pesos  $w_1, \dots, w_n$  y el valor del umbral  $\emptyset$  de forma aleatoria.
- Aplicar las entradas  $x_1, \dots, x_n$  a la red.
- Calcular la salida  $z$ .
- Comparar el resultado obtenido con el deseado. La diferencia existente se denomina error.
- Modificar el valor de los pesos  $w_1, \dots, w_n$  y el valor del umbral  $\emptyset$  con base al error obtenido.
- Repetir el proceso hasta que el error esté dentro del rango de aceptación (en este caso  $e < 0.01$ ).

En este caso, también se agregó un factor de aprendizaje ( $\lambda$ ) que indica con qué velocidad está aprendiendo la red, y considerando que un valor muy alto puede hacer que no se ajusten correctamente los pesos, y que un valor muy bajo puede hacer que la convergencia sea muy lenta, se le ha asignado un valor de 0.2 (García, 2013).

En el algoritmo BP se han aplicado dos fases. En la primera fase se actualizan todos los valores en cada neurona de la red, iniciando por las neuronas de entrada. Para aplicar el algoritmo BP en el proceso de aprendizaje se necesita transmitir el cálculo de error de una capa a otra, pero para ello se requiere aplicar una función derivable. En este caso, usamos la función de activación sigmoide:

$$\text{Sigmoide}(z) = 1 / (1 + e^{-z})$$

De tal manera que las neuronas de la red se activarán con la función:

$$z = \text{Sigmoide}(\sum x_i w_i)$$

En la segunda fase, se calcula el error obtenido en la salida y se propaga hacia atrás para actualizar los pesos de las conexiones con base al error. Entonces, primero se calcula el rango de error y luego se modifican los pesos. Para calcular el error en la capa de salida, se resta el valor calculado del valor esperado.

$$e = (t - z)$$

A partir de este error se calcula el incremento corrector necesario a aplicar en los pesos de las conexiones de esta capa. Este incremento se calcula multiplicando la diferencia obtenida por la derivada de la función de activación, de la siguiente manera:

$$\Delta e_{\text{salida } i} = (e) (d\text{sigmoide}(x_{\text{salida } i}))$$

Donde  $d\text{sigmoide}$  es la derivada de la función sigmoide utilizada. La derivada indica el ritmo de crecimiento de la función sigmoide para el valor dado, y por lo tanto la variación que hay que hacer en ese punto para realizar el ajuste de pesos.

A continuación se requiere propagar el error hacia las capas ocultas, calculando el error con la siguiente fórmula:

$$e = (\sum \Delta e_{\text{salida } j}) (w_{i,j})$$

De tal manera que se suman los incrementos calculados desde las neuronas de salida y se multiplican por los pesos de las conexiones.

Después, con el error calculado previamente, se obtiene el incremento de ajuste para la capa oculta:

$$\Delta e_{\text{oculta } i} = (e) (d\text{sigmoide}(x_{\text{oculta } i}))$$

Para el ajuste de pesos se calcula el cambio que hay que hacer en ellos y se ajustan los pesos. Para cada par  $i,j$  de neuronas se calcula el peso de su conexión de la siguiente manera:

$$\text{cambio} = (\Delta n_i) (x_{n_j})$$

$$w_{i,j} = w_{i,j} + ((\lambda) (\text{cambio}))$$

Donde  $n$  es el número de la capa (ya sea de salida u oculta) y  $\lambda$  el factor de aprendizaje.

Para codificar el algoritmo Backtracking se usó una adaptación del algoritmo presentado por García (2013).

Funcion Backtracking (Etapai) devuelve: boolean

Inicio

Éxito=falso;

IniciarOpciones (i, GrupoOpciones o);

---

```
Repetir
SeleccionarNuevaOpcion (o, Opcion n);
Si (Aceptable(n))
Entonces
AnotarOpcion (i, n);
Si SolucionCompleta (i)
Entonces
Éxito = verdadero;
Sino
Éxito = Backtracking (i+1);
Si Éxito = false
Entonces
CancelamosAnotacion(i, n);
Finsi
Finsi
Finsi
Hasta (éxito = verdadero) o (NoQuedanOpciones(o));
Retorna Éxito;
Fin.
```

Trabajos futuros.

El caso práctico del algoritmo Backtracking se está desarrollando con la problemática mencionada de nutrición, el alcance de este documento ha sido el análisis de la propagación del error para el aprendizaje en la red neuronal. Por lo tanto, queda como trabajo futuro presentar los resultados finales al término del proyecto de desarrollo del software.

## CONCLUSIONES

Es importante reconocer que el algoritmo BackPropagation es un método que presenta muchas generalidades, lo cual presenta ventajas y desventajas. La gran ventaja, es su aplicación a multitud de problemas diferentes ya que proporciona normalmente, buenas soluciones con poco tiempo de desarrollo. La desventaja, por

---

llamarla de algún modo, es el tiempo de convergencia. También se puede presentar el problema de sobreajuste o sobre aprendizaje, debido a la capacidad de generalización de la red a partir de los ejemplos que se le han presentado.

Sin embargo, hay que considerar que el algoritmo BackPropagation no requiere tanto esfuerzo computacional.

Finalmente se puede decir que las redes neuronales con capacidad de aprendizaje tienen un gran potencial para una gran cantidad de aplicaciones por lo que se convierte en un campo de investigación muy prometedor.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ardila, R. (2011). *Inteligencia. ¿Qué sabemos y qué nos falta por investigar?* Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 35 (134). 97-103.
- García, A. (2013). *Inteligencia Artificial. Fundamentos, práctica y aplicaciones*. Primera edición. México, D.F., México: Alfaomega.
- Gutmans, A. (2005). *PHP 5 Power Programming*. Primera edición. Indianapolis, E.U.: Prentice Hall.
- Hofstadter, D. (2008). *Yo soy un extraño bucle*. Primera edición. España: Tusquets editores
- Landa, N. (2007). *Inteligencia Artificial*. Primera edición. Buenos Aires, Argentina: Gradi.
- Martín del Brío, B. y Sanz, A. (2007). *Redes neuronales y sistemas borrosos*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Martinsanz, G. (2006). *Inteligencia Artificial e Ingeniería del conocimiento*. España: Alfaomega.
- Ponce, P. (2010). *Inteligencia Artificial*. México, D.F.: AlfaOmega.
- Rodriguez, Luis. (2010). *Diseño y desarrollo de una interfaz de sistema operativo mediante una entidad de inteligencia artificial con soporte para lenguaje natural*. Primera edición. Lulu Press Inc.
- Rusell S., Norving P. (2004). *Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno*. Segunda edición. Madrid, España: Pearson Educación
- Santana, G, Barrera, G., Torres, C. (2016). *Resultados del Análisis del procesamiento de lenguaje natural en la generación de agentes inteligentes conversacionales*. Consultado el: Septiembre 10, 2019, de Dialnet Consultado en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5434551>
- Viñuela P., Galván I. (2004). *Redes de neuronas artificiales. Un enfoque Práctico*. Madrid, España: Pearson Educación.

---

# GENERACIÓN AUTOMATIZADA DE UN CATÁLOGO HISTÓRICO DE SISMICIDAD LOCAL PARA EL OBSERVATORIO SISMOLÓGICO Y VULCANOLÓGICO DE VERACRUZ

JOSÉ DANIEL HERNÁNDEZ VENTURA<sup>1</sup>, VIRGINIA LAGUNÉS BARRADAS<sup>2</sup>, FRANCISCO CÓRDOBA MONTIEL<sup>3</sup>

## RESUMEN

El Observatorio Sismológico y Vulcanológico (OSV) dependiente del Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana (CCTUV), es el responsable de realizar el monitoreo y estudio sistemático de la sismicidad y el vulcanismo de Veracruz. Cada mes registra un promedio de 12 GB de mediciones de monitoreo sísmico provenientes de las estaciones localizadas en el territorio veracruzano. Este volumen de datos crece continuamente y no se encuentra organizado de forma que permita la consulta específica por evento o por estaciones.

El presente trabajo describe el proceso de creación e implementación de un sistema capaz de organizar y gestionar los datos sísmicos de las estaciones de monitoreo que conforman la red sismológica y vulcanológica veracruzana, para la generación de un catálogo de eventos sísmicos que facilite la consulta de eventos, los estudios en sismología, así como también la generación de información estadística institucional.

## INTRODUCCIÓN

El Observatorio Sismológico y Vulcanológico

En el estado de Veracruz existen 8 estaciones de monitoreo sísmico. De estas estaciones 6 están en co-pertenencia entre la Universidad Veracruzana (UV) y Protección Civil (PC) del gobierno del estado. Las dos estaciones restantes son

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. daniel.ventura@itsx.edu.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. viclag@gmail.com

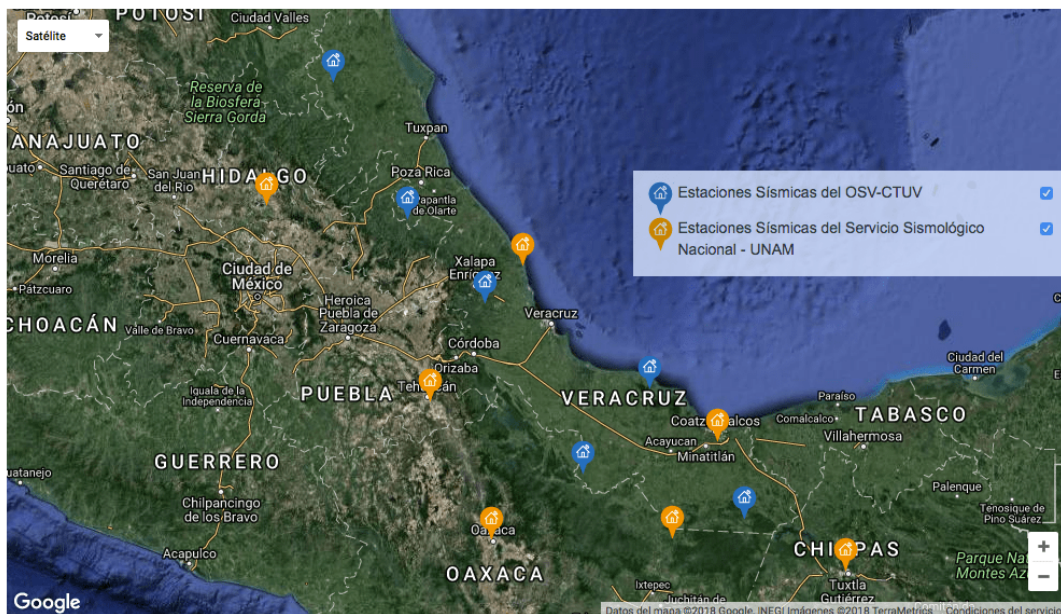
<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. fcordoba@uv.mx

propiedad del Sistema Sismológico Nacional (SSN) (Mora-Gonzalez, Cordoba-Montiel, & Mendoza-Carvajal, 2014). En la figura 1 se puede apreciar la ubicación geográfica de cada una de las estaciones.

El SSN envía al Observatorio Sismológico Vulcanológico (OSV), dependiente del Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana (CCTUV), los registros de las estaciones de monitoreo localizadas en territorio Veracruzano, y esta información se almacena en archivos codificados de forma especial.

En la figura 2 se muestra un diagrama a bloques del sistema de telemetría empleado en las estaciones de monitoreo que componen la red sísmica veracruzana. El servicio satelital es provisto por parte del SSN. La información que se recibe en el OSV es compartida vía internet por el SSN.

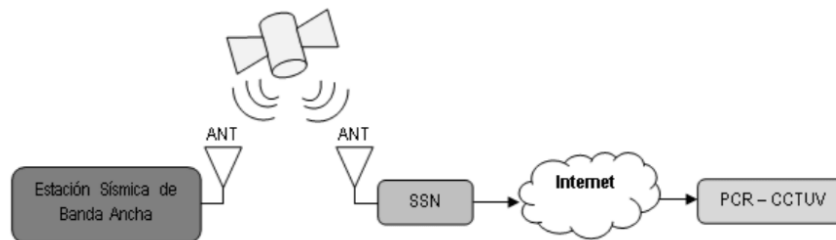
Fig. 1. Localización de las estaciones del OSV



Cada archivo binario se compone de los registros en bloques de 10 minutos. Estos archivos tienen una codificación particular, y sin ningún tipo de compresión, para que puedan ser accesibles por programas especializados de sismología como el Seismic Analysis Code Software (SAC) (Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS), n.d.).



Fig. 2. Diagrama a bloques del sistema de telemetría.



Hasta este punto, una vez que se reciben los registros del monitoreo de cada estación, éstos simplemente son almacenados y resguardados en discos duros. No existe en la actualidad ninguna continuidad con el tratamiento de la información recopilada.

Los datos sísmicos se emplean habitualmente para hacer estudios geológicos especializados como tomografía sísmica, cálculo de curva de dispersión, el estudio de cómo se mueven las ondas en la corteza, así como estudios de velocidad a profundidad. Estos datos pueden emplearse para realizar la caracterización geológica de zonas geográficas, efecto de sitio local, estudio de la ruptura, inversión topográfica, al igual que se emplean para estudiar la directividad, por mencionar solo algunas de sus posibles aplicaciones.

Además de las seis estaciones que están en copropiedad entre PC y la UV, el SSN entrega al OSV las lecturas de ocho estaciones de monitoreo sísmico que se encuentran en la vecindad geográfica del territorio veracruzano, dando un total de 14 estaciones de monitoreo cuyos datos son almacenados en medios magnéticos. En promedio, las mediciones realizadas durante un periodo de diez minutos equivalen a un archivo binario de 50KB. Este archivo está codificado en formato SAC y además de las lecturas realizadas a intervalos de 20 ms en cada uno de los ejes de los sensores, también almacenan datos de identificación de la estación y el canal del cual procede cada medición.

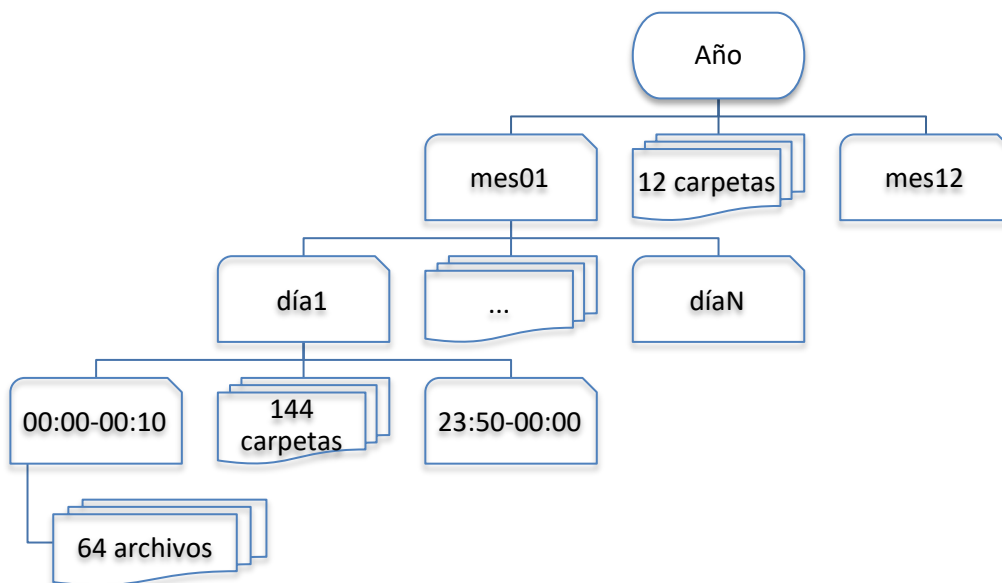
#### Registros sísmicos en el OSV

De este modo, por cada canal se generan seis archivos cada hora, mas cuatro archivos adicionales que utiliza EARTHWORM, el software encargado de recibir en las instalaciones del OSV las mediciones realizadas por las estaciones de monitoreo sísmico.

Los datos recibidos en el observatorio provenientes de las 14 estaciones se organizan en forma jerárquica siguiendo una estructura de carpetas como la que se muestra en la figura 3. El nodo raíz contiene las carpetas correspondientes a los años 2014 a 2019. Dentro de cada una de estas carpetas, se encuentran otras doce que corresponden a cada uno de los meses del año. De forma similar, en cada una de las carpetas del mes, se encuentran aquellas correspondientes a cada uno de los días de que consta cada mes. Como es de esperarse, el número de carpetas varía en función de la cantidad de días para cada mes. Finalmente, en cada carpeta diaria, habrá 144 carpetas que corresponden a cada uno de los intervalos de diez minutos durante las 24 horas de cada día.

Finalmente, de los 64 archivos que se guardan en cada una de las 144 carpetas generadas por día, 36 archivos corresponden a las lecturas de los seis canales de las estaciones del OSV, las estaciones sombreadas en la tabla 1; 24 archivos provienen de ocho estaciones que únicamente envían las lecturas del sismómetro, y cuatro son archivos generados por el EARTHWORM. Estos archivos son: *init*, *quickclock*, *repick* y *saclist*. Los tres primeros son archivos de control del software, y el archivo *saclist* es un archivo de texto plano que contiene los nombres de cada uno de los archivos en formato SAC de las mediciones sísmicas y/o de aceleración, efectuadas en cada canal de cada estación de monitoreo durante 10 minutos.

Fig. 3. Estructura de archivos del monitoreo sísmico en el OSV. Fuente propia.



Lamentablemente, al no contar hasta el momento con un mecanismo que permita al personal del OSV extraer de los archivos binarios los datos de interés, se debe recurrir a otras alternativas, tales como, esperar a que estos datos estén disponibles con proveedores externos y realizar la solicitud correspondiente, a pesar de que esa misma información ya está contenida en cada archivo que se recibe y se resguarda en el OSV.

Podemos afirmar que la problemática a la que nos enfrentamos consiste en poder generar un sistema de gestión de información sísmica a partir de los registros existentes de las estaciones de monitoreo sísmico localizadas en el estado de Veracruz, con el fin de organizarlos y presentarlos de tal forma, que facilite la realización de estudios geológicos especializados y permita localizar eventos sísmicos detectados por las estaciones de la red veracruzana.

Por otro lado, se han presentado fenómenos sísmicos en el pasado reciente que provocaron severos daños en poblaciones importantes del estado, como los ocurridos en 1920 o en 1973, por dar un par de ejemplos (Observatorio Sismológico Vulcanológico-Centro de Ciencias de la Tierra, s.f.), y que son tristemente célebres por ocupar el segundo y tercer lugar nacional respectivamente, en daños por un desastre natural de carácter sísmico.

#### El Sistema de Alerta Sísmica

Durante el periodo de 1991 a 2004 se encontró una gran cantidad de fallas en el sistema de alerta sísmica (SAS) y de falsas alarmas, según se reporta en (A. Iglesias, 2007). Los autores proponen una estrategia alternativa para detectar terremotos que puedan ocasionar daños severos a la Ciudad de México. Su propuesta se basa en calcular, a partir de 45 acelerogramas, una relación de atenuación para estimar el pico de aceleración esperado en la zona del lago de Texcoco en la Ciudad de México, además de emplear un filtro pasabanda. El esquema propuesto difiere del empleado en el SAS, en aquel entonces. En el esquema que se propone no realizan la estimación de la magnitud del terremoto, sino que relacionan las mediciones entre dos estaciones para correlacionar la aceleración que se registrará en la Ciudad de México, y en función de este valor generar las alertas. Por otro lado, también aseguran que se tendría una probabilidad

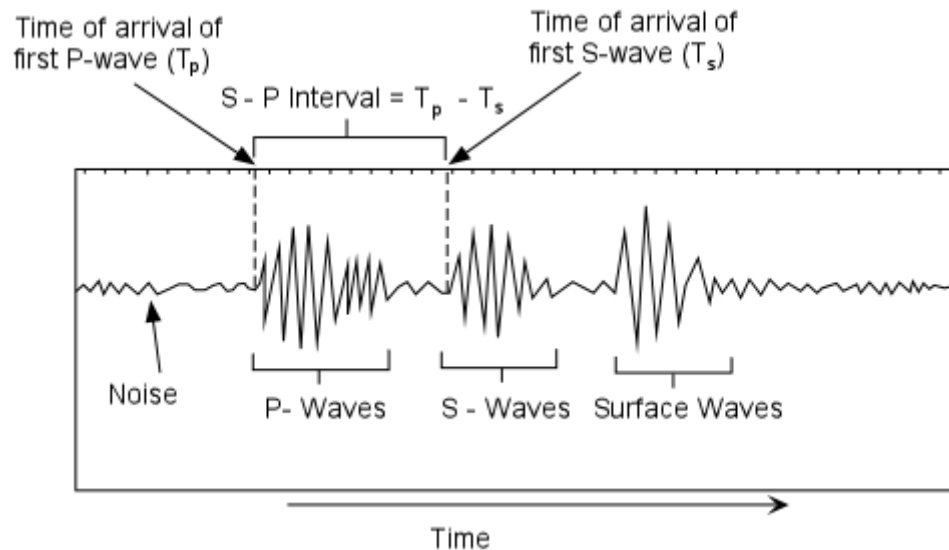
de 1% de fallas en el sistema propuesto. Concluyen que el algoritmo utilizado en ese entonces era ineficiente. Otra propuesta para mejorar el sistema de alertas es modificar la red de monitoreo para generar un semicírculo de 310 Km con estaciones espaciadas cada 40Km, y permitir de este modo una mejora sustancial en la detección de eventos sísmicos de diferentes orígenes.

El sistema de alertas tempranas le otorga a la Ciudad de México un margen de casi un segundo antes de la llegada de las primeras ondas de un sismo. Lamentablemente esta ventaja no la tienen ciudades ubicadas más cerca de los epicentros. El objetivo que propone alcanzar (Cuéllar, Suárez, & Espinosa-Aranda, An Earthquake Early Warning Algorithm Based on the P-Wave Energy Released in the  $t_s$ – $t_p$  Interval, 2018), es generar alertas tempranas para aquellas ciudades que se encuentran más cerca de los epicentros. Es destacar que se modificó el algoritmo original  $t_s$ - $t_p$ , para incluir el proceso de aprendizaje que permita iterativamente parametrizar la detección para el caso de México. Se probó la fiabilidad del algoritmo contra los registros existente de eventos sísmicos, encontrándose que este algoritmo hace uso de un esquema de aprendizaje máquina supervisado, para lograr la parametrización del valor de la aceleración y la aceleración acumulada, valores que se emplean para determinar si se está presentando un evento sísmico. El nuevo algoritmo entrega resultados en la mitad del tiempo que el algoritmo original. Finalmente, se espera poder utilizar el nuevo algoritmo en el sistema de alerta temprana y se presume que su eficacia aumentaría toda vez que la cantidad de datos disponible lo haga. Con los nuevos datos la máquina de aprendizaje se sintonizaría aún mejor, según afirman los autores del trabajo. En la

---

Fig. 4 se muestra una representación en el tiempo de la llegada de ondas P y S, concepto en el que se basa el algoritmo discutido en (Cuéllar, Suárez, & Espinosa-Aranda, An Earthquake Early Warning Algorithm Based on the P-Wave Energy Released in the  $t_s$ – $t_p$  Interval, 2018).

Fig. 4. Representación de ondas S y P durante un evento sísmico.



Como parte de la continuidad y seguimiento de los resultados obtenidos (Cuéllar, Suárez, & Espinosa-Aranda, An Earthquake Early Warning Algorithm Based on the P-Wave Energy Released in the  $t_s$ – $t_p$  Interval, 2018), ahora en (Cuéllar, Suárez, & Espinosa-Aranda, Performance Evaluation of the Earthquake Detection and Classification Algorithm  $2_{t_s-t_p}$  of the Seismic Alert System of Mexico (SASMEX), 2017) los autores se proponen evaluar el desempeño del algoritmo utilizado por el sistema de alerta temprana de la Ciudad de México (SASMEX). En este trabajo validan el funcionamiento del algoritmo contra registros históricos existente, estimando el desempeño del algoritmo para clasificar y generar alertas para eventos sísmicos cuya energía está comprendida entre 5.5 y 6.0, así como para aquellos eventos mayores a 6.0. Este rango de valores responde a las necesidades específicas de la Ciudad de México (CDMX), pues valores menores a 5.5 se considera que no impactarían de manera significativa ni ponen en riesgo a la población. En el estudio se describen dos algoritmos comúnmente usados para generar alertas, el  $2(t_s-t_p)$  y el H/V. También, el trabajo reporta los porcentajes de acierto mayores al 90%, para la mayoría de los eventos, y superiores al 80% para eventos de magnitudes mayores a 8.0 como los ocurridos en Chile y Tohoku. Finalmente, se concluye que el algoritmo utilizado por el SASMEX es confiable, a pesar de que las estaciones de monitoreo se encuentran sobre la zona de subducción y pueden demorar entre 3 y 4 segundos en determinar la diferencia  $t_s$ -

tp. Aun con esta situación adversa, se logra contar con tiempo suficiente para alertar a la población de CDMX. Por otro lado, aunque se registran más de 500 eventos de carácter sísmico por año, sólo se han generado unas pocas alertas.

#### Algoritmo de identificación de eventos Sísmicos

El algoritmo de detección y clasificación de grandes terremotos con los que ha operado SASMEX desde 1991 se conoce como el algoritmo  $2(t_s-t_p)$  (Cuéllar, Suárez, & Espinosa-Aranda, Performance Evaluation of the Earthquake Detection and Classification Algorithm  $2_tS-tP_$  of the Seismic Alert System of Mexico (SASMEX), 2017). Está estructurado en cuatro módulos:

1. Identificación de llegada de las fases P y S, que a su vez permite extraer el tiempo  $2(t_s-t_p)$ ;
2. Estimación de los parámetros que reflejan la energía sísmica alcanzada en el periodo  $2(t_s-t_p)$ ;
3. Clasificación del evento en rangos de magnitud basado en la energía sísmica estimada liberada; y
4. Los procesos de toma de decisión de emitir o no una alerta, ya sea preventiva o pública.

La identificación de las fases P y S se realiza utilizando el reconocimiento hecho por las estaciones del FS, las cuales identifican la llegada de las ondas P y S basándose en dos enfoques independientes: entrada cuadrada promedio (ASI, por sus siglas en inglés de Average Square Input) y vertical a horizontal (V / H).

ASI se basa en la suma de promedios cuadráticos de la magnitud de la aceleración obtenida de los registros de información (Espinosa-Aranda, 1995).

Por otro lado, V / H fue utilizado por el sistema de alerta de terremoto del tren japonés, Sistema de alarma urgente y detección de terremotos (Nakamura, 1996).

El ASI original empleado por SASMEX (Espinosa-Aranda et al., 1992) procesaba la suma de la amplitud cuadrática de los tres componentes de movimiento fuerte de un acelerómetro (longitudinal  $X_l$ , transversal  $X_t$  y vertical  $X_v$ ) a una frecuencia de muestreo de 50 Hz y con una resolución de 10 bits en una ventana de tiempo promedio de 32 muestras. Posteriormente, debido al aumento en la resolución de los instrumentos en las estaciones a 12 bits y de la frecuencia de muestreo a 100

Hz, la ventana de tiempo promedio se redujo a 16 muestras y se calcula por separado la amplitud cuadrática en los componentes horizontal y vertical (ecuaciones 1 y 2). Por lo tanto, el crecimiento promedio de la energía sísmica, expresado como la suma cuadrada de la amplitud de las ondas sísmicas, se estima en función del tiempo empleando:

$$ASIH_{16}(i) = \frac{1}{16} \sum_{i-15}^i [X_t^2(i) + X_h^2(i)] \quad (1)$$

$$ASIV_{16}(i) = \frac{1}{16} \sum_{i-15}^i X_v^2(i), \quad (2)$$

Donde  $i$  es la muestra actual y  $X_t$ ,  $X_h$  y  $X_v$  son las amplitudes de aceleración de los tres canales ortogonales: longitudinal, transversal y vertical, o expresado como los canales Norte, Este y Vertical, correspondientes.

El método  $V / H$ , definido por las ecuaciones (3 y 4) se usa en paralelo con ASI para confirmar la llegada de las ondas P y S. Las ecuaciones empleadas se muestran a continuación.

$$V(i) = V(i - 1) + X_v^2(i) \quad (3)$$

$$H(i) = H(i - 1) + X_t^2(i) + X_h^2(i). \quad (4)$$

Cuando la relación  $V / H > 1$ , la onda P es predominante, mientras que en el caso de  $V / H < 1$ , se infiere la presencia predominante de la onda S, así lo afirma (Nakamura, 1996).

Sin embargo, la identificación de las llegadas de las fases P y S rara vez es tan simple aplicando únicamente los criterios de Nakamura antes mencionados sobre la relación  $V/H$ . Tampoco la identificación de llegada de las fases P y S es tan estable como se puede suponer debido principalmente a las características particulares de cada terremoto y por el efecto del ruido sísmico local en el sitio.

Por lo tanto, siguiendo las conclusiones de Nakamura, al ponderar las amplitudes verticales y horizontales con coeficientes, a los que denomina  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$ , estas constantes de ponderación tomarán valores entre 0 y 1. Para determinar el valor numérico de tales coeficientes, es necesario hacerlo empíricamente para



cada estación de detección y después de un minucioso análisis de los acelerogramas registrados por cada una de las estaciones.

Como puede notarse, emplear V/H conlleva una complejidad y un trabajo de trasfondo mucho mayor, ya que implica caracterizar el efecto de sitio para cada una de las 14 estaciones que se reportan en el OSV, para las cuales, al momento de realizar el presente trabajo, no se cuenta con información que permita calcular los coeficientes requeridos por esta metodología de detección.

Por otro lado, ASI requiere tomar y operar sobre los tres ejes de los datos ortogonales, para hacer la estimación de energía sísmica, pero como se pudo apreciar en las ecuaciones 1 y 2, la componente vertical o Z se calcula por separado. Además de que para estaciones que realizan muestreos a 100Hz y con resoluciones mayores a 10 bits, es posible emplear menos de 32 muestra para obtener una adecuada estimación de la energía, según afirmación de (Cuéllar, Suárez, & Espinosa-Aranda, Performance Evaluation of the Earthquake Detection and Classification Algorithm 2\_tS-tP\_ of the Seismic Alert System of Mexico (SASMEX), 2017).

Otro factor que interesa tener en consideración es la estimación de la magnitud. Este cálculo se realiza a partir del momento  $i$ , cuando se detecta la onda P, el proceso inicia el cálculo de los dos parámetros utilizados para estimar el rango de magnitud del terremoto, “a” y “m”.

Para el propósito de calcular “a”, el algoritmo usa la suma de ASIV 16 y ASIH 16, que es la aceleración al cuadrado promedio acumulada sobre la ventana de tiempo de  $2(t_s - t_p)$ . Esta función está relacionada con la energía sísmica liberada y se calcula mediante la ecuación:

$$a = \log_{10} \left[ \sum_{i=t_p}^{2(t_s - t_p)} ASIV_{16}(i) + ASIH_{16}(i) \right]$$

El segundo parámetro es la derivada “m”, estimada desde el inicio de la detección de la onda P hasta el tiempo  $2(t_s - t_p)$ , y se mide en el instante  $i=2(t_s - t_p)$ .

$$m = \log_{10} [ASIV_{16}(2(t_s - t_p)) + ASIH_{16}(2(t_s - t_p))].$$

Todos estos cálculos son los empleados por el SASMEX para generar alertas a la población. Emplean el valor resultante de “a” y “m” para determinar si existe riesgo para los pobladores de CDMX. La activación de las alertas públicas o preventivas requiere estimaciones de la magnitud  $m$  en el instante  $2(t_s - t_p)$  en al menos dos estaciones de detección sísmica cercanas al epicentro. Este criterio evita las falsas alarmas causadas por posibles fallas en los componentes electrónicos o por ruido sísmico en alguna de las estaciones. El algoritmo tiene la ventaja adicional de requerir solo dos estaciones para detectar y clasificar los terremotos. La mayoría de los otros sistemas, a decir de los autores de (Cuéllar, Suárez, & Espinosa-Aranda, Performance Evaluation of the Earthquake Detection and Classification Algorithm  $2_{tS-tP}$  of the Seismic Alert System of Mexico (SASMEX), 2017), hacen uso de un mayor número de estaciones para evitar falsas alertas.

#### Implementación y pruebas del sistema

Nuestra propuesta ofrece la posibilidad de visualizar la totalidad de los registros para la fecha y hora seleccionada. Estos registros se despliegan en la parte inferior de la ventana, debajo de botones marcados como “Volver” y “Visualizar Registros Sísmicos”.

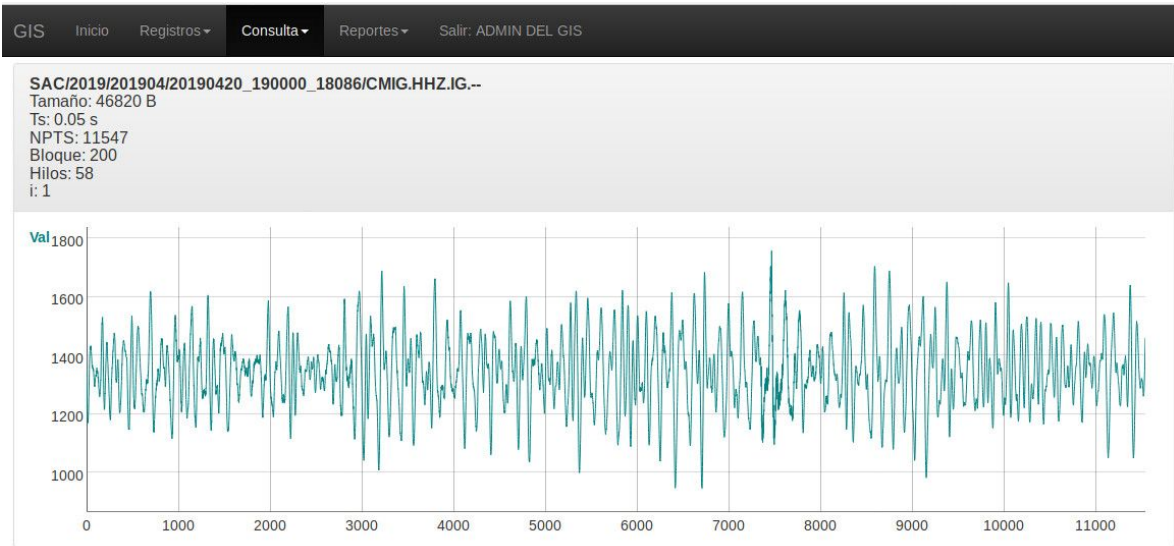
Durante el proceso de generación de los sismogramas, se realiza el análisis de los datos en busca de eventos sísmicos de interés. En caso de encontrarse un registro que contenga algún evento sísmico, este se resalta en color rojo en el encabezado del panel correspondiente.

En la

---

Fig. 5 se aprecia el sismograma la estación CMIG para el 20 de abril de 2019 en el periodo de las 19:00 a las 19:00 h. El encabezado del panel se muestra en el color gris porque el algoritmo de identificación no encontró eventos sísmicos en el registro en mención.

Fig. 5. Sismograma sin eventos sísmicos.



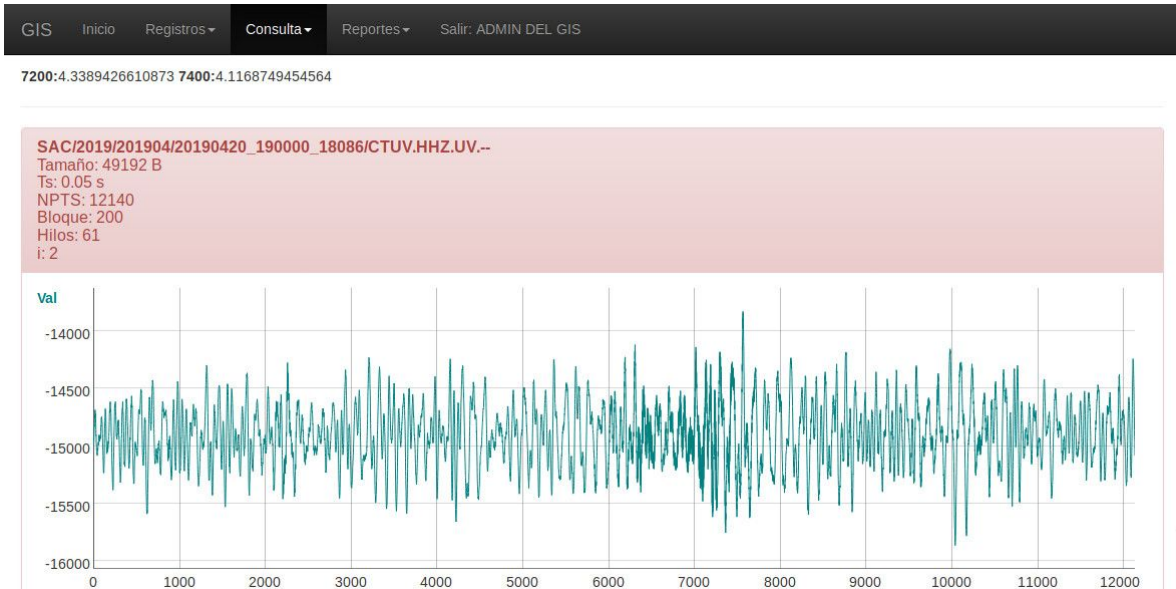
En esta misma

Fig. 5 se puede apreciar en el encabezado del panel del sismograma, la información general de los datos que se observan en la figura. Puede identificarse el tamaño en bytes del archivo, El periodo de muestreo para los datos, el número de punto o muestras registradas, el ancho de bloque o cantidad de muestras equivalentes a 20 segundos de muestreo. Los ejes de la gráfica corresponden al número de muestra, el eje horizontal, y a la magnitud del sismograma, en el eje vertical.

Por otro lado, en la Fig. 6, se muestra un sismograma en el que se ha identificado un evento sísmico. Puede notarse que el color del encabezado del panel ha cambiado y ahora se despliega en color rojo. Menos visibles son el par de valores arriba del panel, donde se ha resaltado en negritas el número de muestra final del bloque de 200 muestras en el que se identificó un evento. El encabezado del panel exhibe la misma información que el panel de la

Fig. 5, con la idéntica relación de ejes coordenados.

Fig. 6. Sismograma con eventos sísmicos



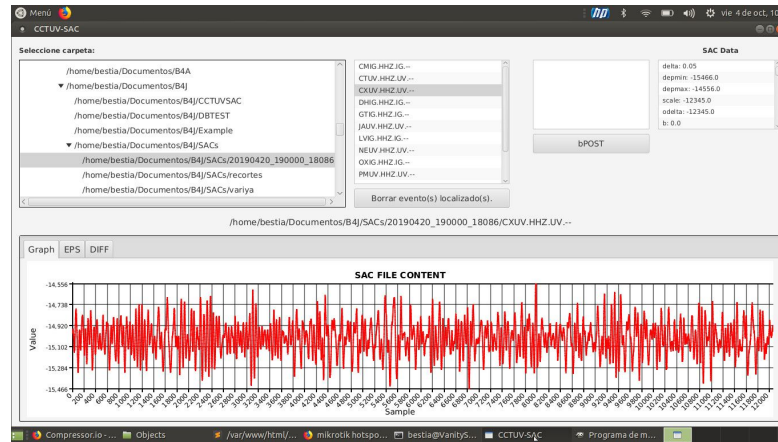
## CONCLUSIONES

Finalmente podemos afirmar que fue posible identificar, organizar y presentar eficientemente los eventos sísmicos de un período de tiempo específico a través del desarrollo de un gestor de información sísmica para el OSV, que contribuye a facilitar y simplificar las actividades sustantivas de los sismólogos y vulcanólogos del observatorio.

Lamentablemente, no fue posible ofrecer al encargado del OSV y a su equipo de trabajo las facilidades de consultar el catálogo de sismicidad local a través de internet. Esto debido principalmente a la nula respuesta del departamento responsable de la red institucional para hacer accesible el EWS. Desde otro punto de vista, esta situación favorece la seguridad informática al no exponer el sistema desarrollado a posibles ataques cibernéticos,

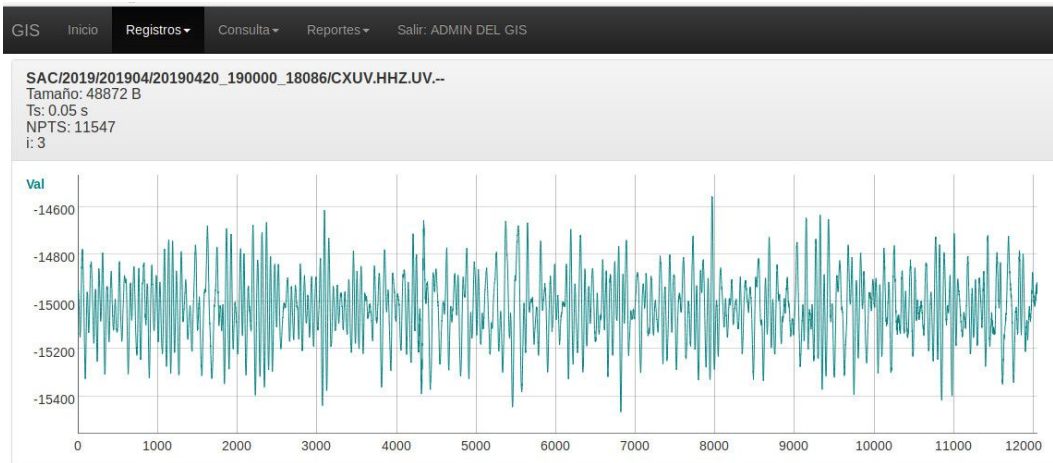
Tal como se describió, el proyecto finalmente generó dos alternativas de solución paralelas: la desarrollada en B4J, y el GIS desarrollado en web. En la Fig. 7 se observa la solución desarrollada en B4J.

Fig. 7. OSVSACReader



Por su parte, en la Fig. 8, se aprecia la solución GIS Web accesible a través del navegador web dentro de la intranet del OSV.

Fig. 8. GIS Web.



Ambas alternativas tienen ventajas y diferencias operativas entre sí, pero el desarrollo OSVSACReader no cuenta en estos momentos con la capacidad de realizar búsquedas de eventos sísmicos, que GIS Web subsana sin mayor complicación.

Consideramos que dos son las principales dificultades descubiertas durante el proceso de identificación de eventos sísmicos y la construcción del catálogo sísmico, la primera de ellas son los falsos positivos derivados de falla en los equipos de sismología, y la segunda la falta de registros sísmicos para ciertas fechas.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- A. Iglesias, S. K. (2007). The Seismic Alert System for Mexico City: An Evaluation of Its Performance and a Strategy for Its Improvement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97(5), 1718–1729. doi:10.1785/0120050202
- Cuéllar, A., Suárez, G., & Espinosa-Aranda, J. M. (7 de Marzo de 2017). Performance Evaluation of the Earthquake Detection and Classification Algorithm 2\_tS–tP\_ of the Seismic Alert System of Mexico (SASMEX). *Bulletin of the Seismological Society of America*, 107(3), 1451–1463. doi:10.1785/0120150330
- Cuéllar, A., Suárez, G., & Espinosa-Aranda, J. M. (1 de Febrero de 2018). An Earthquake Early Warning Algorithm Based on the P-Wave Energy Released in the ts–tp Interval. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108(1), 238-247. doi:10.1785/0120
- Espinosa-Aranda, J. M. (1995). Mexico City seismic alert system. *Seismol. Res. Lett.*, 66(6), 42-53.
- Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS). (n.d.). *The Seismic Analysis Code (SAC) software*. Retrieved junio 16, 2019, from <https://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/software/downloads/SAC/101-6a/>
- Mora-Gonzalez, I., Cordoba-Montiel, F., & Mendoza-Carvajal, A. d. (2014). *Red Sísmica de Veracruz: Red Veracruzana de Monitoreo Sísmico*. Xalapa: Gobierno del Estado de Veracruz.
- Nakamura, Y. (1996). Real-time information systems for seismic hazards mitigation UrEDAS, HERAS and PIC. *Quarterly Report-RTRI*,, 37, 112–127.
- Observatorio Sismológico Vulcanológico-Centro de Ciencias de la Tierra. (s.f.). *Sismicidad Histórica*. (Universidad Veracruzana) Recuperado el 16 de junio de 2019, de <https://www.uv.mx/osv/sismologia/sismicidad-historica/>



# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD DE ALERTAS DE EMERGENCIA MÓVILES (SAM)

DAVID GÓMEZ CÁRDENAS<sup>1</sup>, RICARDO GARCÍA CASTRO<sup>2</sup>, ROBERTO RUIZ CASTRO<sup>3</sup>

## RESUMEN

El trabajo expone el diseño y desarrollo de un sistema de comunicación y envío de alertas con ubicación GPS para dispositivos móviles (SAM), responde a la necesidad de seguridad que existe en nuestro estado y país. SAM constituye un sistema de mensajería privada que permite la comunicación y envío de alertas de emergencia con GPS entre usuarios, desarrollado para dispositivos con Android, constituye un sistema de recepción y envío de tres tipos de publicaciones: mensaje (prioridad baja), anuncio (prioridad media) y alerta con ubicación GPS (prioridad alta). Los mensajes permiten la comunicación con los integrantes del grupo de usuarios, los anuncios presentan una publicación que debe ser atendida, habitualmente es un aviso general como la fecha de algún evento importante para la comunidad de usuarios o un mensaje prioritario, las alertas con ubicación GPS son la parte medular de este proyecto ya que permiten al usuario publicar su ubicación en tiempo real con un ícono que indica la máxima prioridad, el objetivo es la solicitud de auxilio en caso de un incidente grave como robo, incendio o atención médica, permitiendo a los usuarios recibir la alerta, atiendan la solicitud y brinden auxilio a la persona que la publica.

Palabras clave: Sistema de alertas móviles, Android, GPS, Mobile-D

## INTRODUCCIÓN

Nadie puede negar que los dispositivos móviles forman parte de nuestra vida cotidiana y son cada vez más sofisticados, su gran poder de cómputo genera

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica  
ricardo.garcia.pd18@itszongolica.edu.mx

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.  
roberto\_isc@itszongolica.edu.mx

diversos campos de aplicación. La creciente demanda de sistemas software específicos para los dispositivos móviles ha generado nuevos desafíos para los desarrolladores.

El proyecto SAM responde y cumple con el objetivo de atender una necesidad expresada por los vecinos del fraccionamiento Villas de Orizaba, Ver. En el fraccionamiento, se detectó que la principal necesidad que expresaron los residentes es la carencia de un servicio de seguridad y alerta vecinal, mediante una serie de encuestas y juntas de trabajo colaborativo se llegó a la conclusión del diseño e implementación de un sistema de alertas de emergencias móvil, que permitiera la comunicación entre los usuarios además de la solicitud de auxilio en caso de un evento apremiante, tal como un robo, un incendio, una emergencia médica, entre otros.

En el mercado existen aplicaciones que permiten algunas de las funciones objetivo de este proyecto. Servicios de mensajería instantánea como WhatsApp, Telegram, Line, Hangouts, entre muchas otras, así como algunas aplicaciones que permiten compartir la ubicación del usuario. Facebook brinda este servicio o los mapas de Google permiten compartir la ubicación seleccionada, sin embargo, ninguna que integre los servicios de mensajería y envío de alertas con ubicación además de avisos destinados a la atención prioritaria de las mismas a modo de S.O.S.

El presente trabajo tiene como finalidad describir el proceso de diseño y desarrollo del Sistema de Alertas Móviles (SAM, por sus siglas en inglés), por tal motivo este documento se encuentra respaldado por la metodología de investigación descriptiva, la cual permite estudiar y describir un fenómeno observado, en este caso, cada una de las acciones ejecutadas para obtener la aplicación móvil del proyecto SAM.

Respecto a la implementación de la aplicación móvil, se indica que la metodología de desarrollo fue la metodología ágil llamada Mobile-D, misma que permite la división del proyecto en ciclos pequeños de desarrollo basándose en objetivos específicos para su posterior integración.

El proyecto SAM tiene su principal función en enviar una alerta con la ubicación exacta del usuario en tiempo real, permitiendo obtener apoyo de los otros usuarios

de la aplicación, los datos de ubicación se obtienen mediante el sistema GPS incorporado en los actuales teléfonos inteligentes, mediante una interfaz gráfica amigable es posible publicar una alerta que incluye los datos de ubicación que el usuario elija, es posible seleccionar la ubicación del usuario o mediante un simple click en el mapa cualquier ubicación deseada, la cual será enviada a todos los que integran el grupo, en este caso los habitantes del fraccionamiento Villas de Orizaba, Ver.

### **MARCO TEÓRICO**

Para este trabajo de investigación, se ocuparon las siguientes Tecnologías de Información.

#### **GPS**

El GPS funciona mediante una red de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) en órbita terrestre alta o HEO por sus siglas en inglés, esta órbita se encuentra a 20.200 km sobre la superficie terrestre. Para determinar una posición, el receptor localiza como mínimo tres satélites de la red automáticamente, de los que recibe señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato realiza una sincronización del reloj del Sistema de Posicionamiento y calcula el retraso de las señales; es decir, la distancia al satélite. Por "triangulación" los tres satélites calculan la posición en que el dispositivo GPS se localiza. La triangulación en el caso del Sistema de Posicionamiento Global se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que llevan a bordo cada uno de los satélites (Ahmed, 2006).

#### **GOOGLE MAPS**

Los mapas que brinda Google son una parte fundamental en el proyecto del sistema SAM ya que permiten la localización de las alarmas con ubicación GPS tanto para ser publicadas como mostradas a los usuarios de la aplicación móvil.

Google Maps es un servidor gratuito de aplicaciones de mapas disponible en la red, presenta imágenes mapas interactivos de todo el mundo, fotografías por satélite, fotografías tomadas en sitio, rutas y algunas otras herramientas. Google ofrece una versión para computadoras de escritorio llamada Google Earth (Svennerberg, 2010).

Google Maps fue presentado de forma oficial el 8 de febrero del 2005, la primera versión fue diseñada para la Web, para junio de 2005 la compañía liberó la primera API que permitía a los desarrolladores utilizar el servicio en sus propias aplicaciones, en 2007 se incorpora la función Street View, incorporando paulatinamente vistas de todas las ciudades del mundo, con el uso masivo del Smartphone Google decide incorporar su servicio para dispositivos móviles, promoviendo grandes avances y la generación de un sinnúmero de aplicaciones para estos dispositivos inteligentes.

## **BASE DE DATOS**

Este proyecto cuenta con una Base de Datos remota que permite el funcionamiento de la aplicación, la misma tiene dos funciones básicas, la primera es el ordenamiento y almacenaje de los datos y elementos funcionales correspondientes a dos tablas, una que corresponde a los usuarios y otra que corresponde a los mensajes publicados; la segunda es la implementación de un sistema interno de notificaciones propio de la aplicación, mediante la lectura de los mensajes publicados y los que son leídos por cada usuario.

Una base de datos es un conjunto de datos estructurados apropiadamente y relacionados entre sí (Reinosa, 2012).

Como sistema de administración de Base de Datos para el sistema SAM se utilizó MySQL ya que el servidor remoto utilizado (000webhost.com) permite la implementación de la Base de datos en este sistema (Gilfillan, 2003).

JAVA

El proyecto SAM se desarrolló en el lenguaje de programación Java ya que se implementó para dispositivos inteligentes basados en el Sistema Operativo Android. Java es un lenguaje de programación orientado a objetos que se popularizó a partir del lanzamiento de su primera versión comercial de amplia difusión, la JDK 1.0 en 1996.

El lenguaje Java representa una opción poderosa para el desarrollo de aplicaciones informáticas dirigidas al escritorio, a la Web o a dispositivos móviles. Actualmente es uno de los lenguajes más usados para la programación en todo el mundo (Bloch, 2018).

### PHP

Debido a que el proyecto SAM basa su funcionamiento en un servicio Web, es necesario contar con un lenguaje de programación que permita el desarrollo de los componentes del servicio remoto, en este caso para gestionar el manejo de los datos tanto de los usuarios como de los distintos mensajes y alertas que se registran y publican en la aplicación móvil, para estos fines se recurrió al uso de los lenguajes PHP y HTML que se describen a continuación.

PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular, especialmente adecuado para el desarrollo Web que puede ser incrustado en HTML (Nixon, 2015).

PHP es el lenguaje de lado servidor más utilizado en la Web. Surgido a mediados de los noventa (1994), permite embeber fragmentos de código dentro de una página HTML y realizar determinadas acciones de forma segura y eficiente, es decir, con PHP escribimos scripts dentro del código HTML, PHP puede emplearse en todos los sistemas operativos principales, incluyendo Linux, muchas variantes de Unix (incluyendo HP-UX, Solaris y OpenBSD), Microsoft Windows, Mac OS X, RISC OS, entre otros.

### HTML

Este lenguaje se utilizó para realizar pruebas en el servidor Web, verificando el correcto funcionamiento de cada uno de los archivos que conforman el controlador del servicio Web. HTML (HyperText Markup Language) es el lenguaje utilizado en Internet para definir las páginas del mismo (Nixon, 2015).

Los archivos de tipo HTML contienen texto puramente ASCII, pueden ser escritos con cualquier editor de texto, por ejemplo Notepad en Windows o vi en Unix. En cada archivo de texto se introducen ciertas marcas o caracteres llamados TAGs que sirven para el control (en esto, HTML se parece a los primeros procesadores de texto), que son interpretados por los navegadores, cuando un navegador lee un archivo ASCII con extensión \*.htm o \*.html interpreta estas TAGs y da formato al texto de acuerdo con la información que proporcionan.

## ANDROID

La tecnología móvil está cambiando la sociedad actual de una forma tan significativa como lo ha hecho la red Internet.

El proyecto SAM se diseñó e implementó para dispositivos basados en el Sistema Operativo Android debido al gran auge que tiene a nivel local y nacional, la presencia de por lo menos un dispositivo de este tipo en cada una de las viviendas del fraccionamiento Villas de Orizaba lo hizo ideal para la puesta en marcha del proyecto adaptado para este Sistema Operativo móvil.

Android fue desarrollado por Android Inc., esta empresa en 2005 fue adquirida por Google, aunque fue hasta el año 2008 que creció en popularidad gracias a la fusión al proyecto de Open Handset Alliance, un gran grupo de empresas formado de desarrollo tecnológico (software, hardware y telecomunicaciones), que promocionaron a gran escala el software libre (Tomás, 2018).

## METODOLOGÍA

### MOBILE-D

En ésta etapa del trabajo de investigación, para la realización del sistema SAM se seleccionó la metodología Mobile–D, la cual está basada en diversas tecnologías como Rational Unified Process, Extreme Programming y Crystal Mehodologies. La finalidad de Mobile–D es obtener de forma general ciclos de desarrollo rápidos para software en los dispositivos móviles.

Las ventajas de la metodología Mobile–D son las siguientes:

- Costo bajo al realizar un cambio en el proyecto.
- Entrega resultados de manera rápida.

- Asegura el software adecuado en el momento adecuado.

Mobile-D atiende a las necesidades de desarrollo de aplicaciones móviles en tiempos de entrega relativamente cortos, permite el trabajo con células de trabajo individuales o de pocos integrantes y la entrega del producto de forma eficaz y atendiendo a las necesidades del cliente, por lo que su aplicación se apega exactamente a las necesidades del proyecto SAM.

Un ciclo de proyecto con la metodología Mobile-D está compuesto por cinco fases (Amaya, 2013), mismas que se siguieron durante el proceso de desarrollo del proyecto SAM. La figura 1 muestra las fases de Mobile-D.

Figura 1. Fases de la metodología Mobile-D



Fuente: (Amaya, 2013)

#### 1. Exploración.

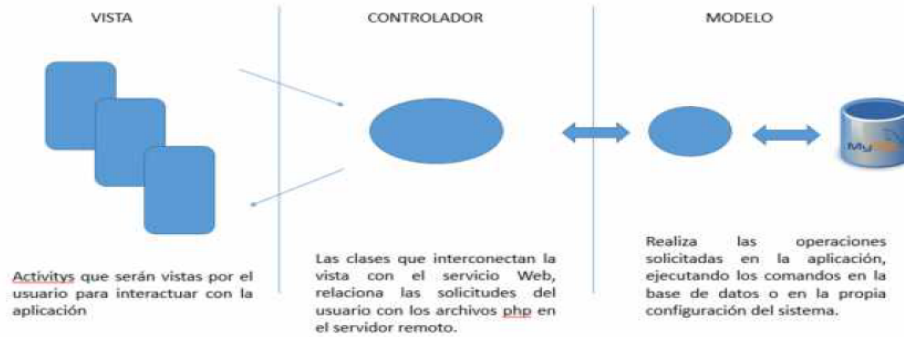
El equipo de desarrollo debe generar un plan y establecer las características y los conceptos básicos que están alrededor de todo el proyecto. Este proceso se realiza en tres etapas: Establecimiento de actores, definición del alcance y el establecimiento de proyectos. En esta fase inicial incluyen a los clientes que toman parte activa en el proceso de desarrollo, la planificación inicial del proyecto, los requisitos y el establecimiento de procesos. En el proyecto SAM los clientes finales son los residentes del Fraccionamiento Villas de Orizaba. Se coordinaron los trabajos de análisis, diseño e implementación de acuerdo a las necesidades expresadas por los propios vecinos. En esta misma fase, se especifican tanto el objetivo general y como los específicos del proyecto.

#### 2. Inicialización.

Los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios, en esta fase se planifica, luego se trabaja y se publica. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico como los recursos físicos, tecnológicos y de comunicaciones, incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo. Esta fase se divide en cuatro etapas: la puesta en marcha del proyecto,

la planificación inicial, el día de prueba y día de salida (opcional). En la figura 2 se presenta el Modelo-Vista-Controlador para el sistema SAM.

Figura 2. Modelo-Vista-Controlador para SAM



Fuente: Elaboración propia

### 3. Fase de Producto.

Se repite la programación (planificación, trabajo, liberación) se repite de manera iterativa hasta implementar todas las funcionalidades usando el desarrollo dirigido por pruebas para llevar a cabo toda la implementación. Primero, se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano. Las tareas se llevarán a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema (en caso de que estuvieran trabajando varios equipos de forma independiente) seguida de las pruebas de aceptación. La figura 3 presenta los ciclos de trabajo para el desarrollo del sistema móvil SAM.

Figura 3. Ciclos de trabajo para el desarrollo del sistema SAM



Fuente: Elaboración propia



#### 4. Estabilización.

En esta fase de la metodología, se llevan a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. Esta será la fase más importante en los proyectos multi-equipos con diferentes subsistemas desarrollados por equipos distintos. En esta fase, los desarrolladores realizarán tareas similares a las que debían desplegar en la fase de “producción”, aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integración del sistema. Adicionalmente se puede considerar en esta fase la producción de documentación.

#### 5. Pruebas.

En esta fase se prueba y repara el sistema, se pasa una fase de test hasta tener una versión estable según lo establecido anteriormente por el cliente, esto como meta para así lograr la disponibilidad de una versión estable y plenamente funcional del sistema. El producto terminado e integrado se prueba con los requisitos de cliente y se eliminan todos los defectos encontrados. Una vez finalizadas todas las fases se debería tener una buena producción de la aplicación la cual ya puede ser publicable y entregable al usuario final.

### **RESULTADOS**

El sistema de la aplicación móvil Android SAM, cumple con la característica del envío de mensajes en un grupo cerrado específicamente para la comunicación entre los vecinos del fraccionamiento.

La aplicación permite la publicación de alertas con la ubicación solicitada por el usuario para su posible auxilio por parte del resto de las personas que componen el grupo.

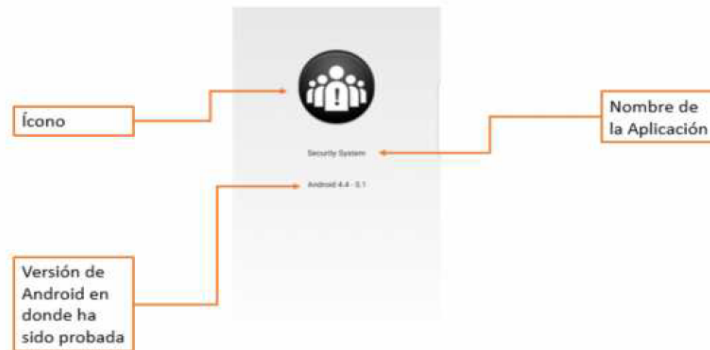
Es posible configurar un usuario para cada una de las personas que utilizarán la aplicación, mismo que permitirá publicar mensajes o alertas, así como identificar a la persona que realiza la publicación.

Se generó un servicio booteable para generar notificaciones al publicarse nuevos mensajes o alertas. La aplicación cuenta con la opción de configuración del manejo de los datos para permitir que el servicio de notificaciones consuma los mismos de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

La interfaz de la aplicación es de fácil uso y cumple con los requerimientos de funcionalidad de acuerdo a las expectativas iniciales.

A continuación se presentan las principales pantallas de la aplicación SAM. En la figura 4 se presenta la pantalla principal de la aplicación del sistema SAM.

Figura 4. Inicio de la aplicación SAM



Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se presenta el icono y nombre de la aplicación SAM, menú de opciones, usuarios de la aplicación, botón para envío de mensajes, botón para envío de alertas con ubicación GPS y área para mostrar los mensajes y las alertas publicadas.

Figura 5. Pantalla principal de SAM

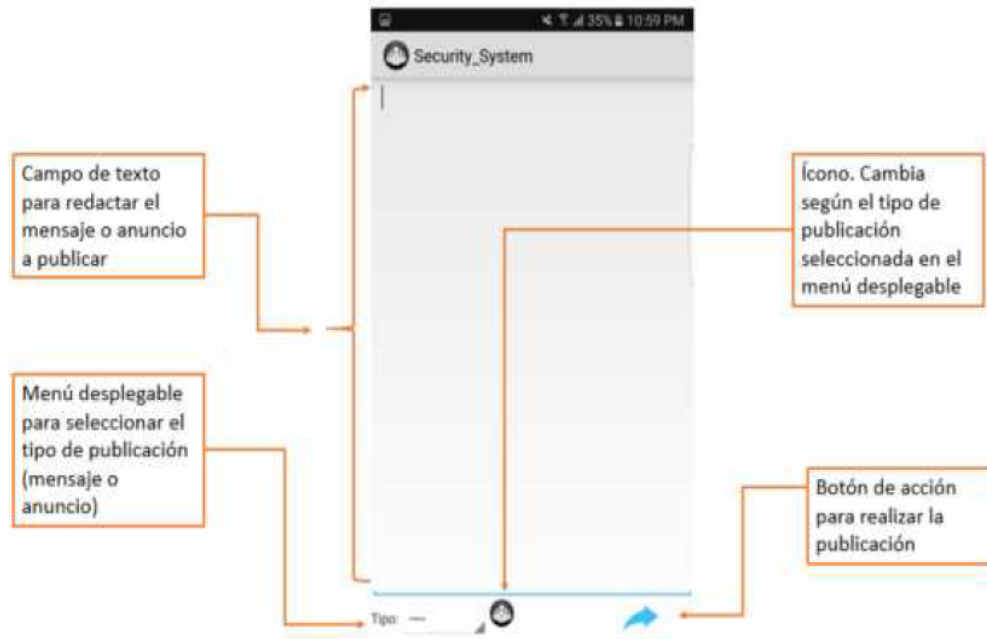


Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se presentan los componentes para el envío de mensajes en el sistema SAM:

- Campo de texto. Área destinada para introducir el texto que se publicará.
- Menú de selección de tipo. Menú desplegable para seleccionar el tipo de mensaje que se publicará (anuncio o mensaje).
- Botón. Botón de acción para realizar la publicación del mensaje o anuncio.

Figura 6. Pantalla para el envío de mensajes en SAM

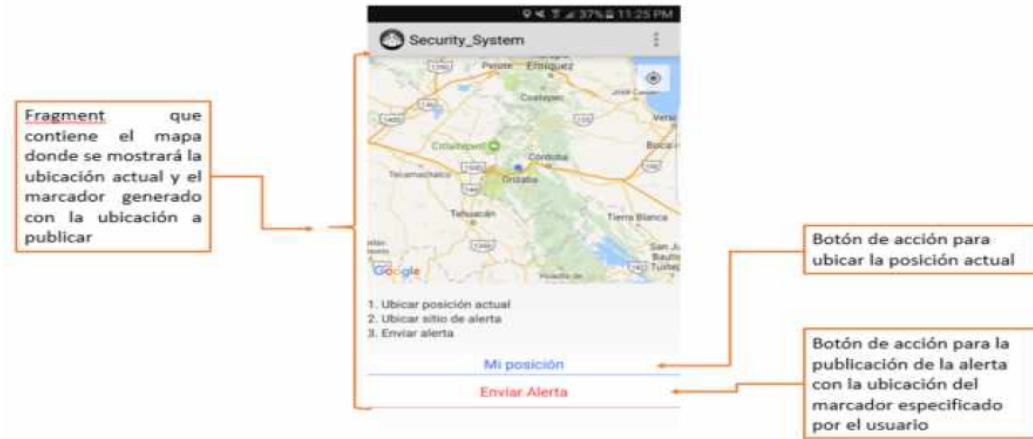


Fuente: Elaboración propia

La pantalla para el envío de alerta con ubicación GPS se presenta en la figura 7:

- Fragment. Contiene el mapa dónde se muestra el mapa y se selecciona la ubicación del marcador con la ubicación de la alerta que se publicará.
- Botón “Mi posición”. Botón de acción que permite ubicar la posición actual del usuario.
- Bóton “Enviar Alerta”. Botón de acción que permite la publicación de la alerta con la ubicación del marcador especificado por el usuario.

Figura 7. Pantalla para envío de alerta con ubicación GPS



Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se presenta la pantalla para la configuración de manejo de datos en el sistema SAM. En la pantalla se indica:

- Opciones de configuración. Opciones de manejo de datos para la generación de notificaciones:
  - Wifi – Datos
  - Sólo Wifi
  - No recibir notificaciones.
- Botón “Guardar configuración. Guarda la configuración seleccionada por el usuario.

Figura 8. Pantalla para la configuración de datos en el sistema SAM



Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

El poder de cómputo en los dispositivos móviles ha permitido generar nuevas posibilidades para los programadores de sistemas software.

En la actualidad el gran desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) continúan beneficiando a muchos sectores de la sociedad.

Con el presente trabajo de investigación, es importante destacar que el Sistema de Alertas Móviles (SAM), surgió a partir de las necesidades de los residentes del Fraccionamiento Villas de Orizaba, y respaldado mediante estudios en campo con cada una de las personas que conforman esta comunidad, demuestra la importancia de atender con la implementación de este tipo de sistemas, la necesidad primaria en nuestro estado y en general en nuestro país, de contar con servicios de vigilancia y atención de emergencias. El acoplarse a la metodología Mobile-D junto con las herramientas tecnológicas fueron importantes para que el sistema SAM finalizara de forma satisfactoria. El sistema de la aplicación SAM se terminó cumpliendo el objetivo y en base a los resultados obtenidos, implican que con la ayuda de las TIC se hace posible desarrollar proyectos integrales de vigilancia y alerta, permitiendo disponer de un servicio permanente y eficaz, que se puede extrapolar a otros fraccionamientos o comunidades, e incluso a distintas áreas urbanas, estados o países.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, E. (2006). Introduction to GPS. The Global Positioning System. USA: Artech House Publishers.
- Amaya, Y. (2013). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Bloch, A. (2018). Effective Java. Third Edition. USA: Addison-Wesley Professional.
- Gilfillan, I. (2003). La Biblia de MySQL. España: Anaya Multimedia.
- Nixon, R. (2015). Learning PHP, MySQL & JavaScript with jQuery, CSS & HTML5. USA: O'Reilly Media Inc.
- Reinosa, E. (2012). Bases de datos. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Svennerberg, G. (2010). Beginning Google Maps API 3. USA: Apress
- Tomás, J. (2018). El gran libro de Android. 6ª Edición. México: Alfaomega Grupo Editor.

# TECNOLOGÍAS APLICADAS AL DESARROLLO DE JOBS

ELIA MARGARITA VIVEROS RUIZ<sup>1</sup>, HUGO HERNÁNDEZ CABRERA<sup>2</sup>, MANUEL CRUZ LUNA<sup>3</sup>

## RESUMEN

La tecnología actual con usuarios más exigentes en cuanto a los productos de software nos proporciona la oportunidad de hacer uso de herramientas que nos permitan desarrollar aplicaciones más competitivas que cubran en mayor medida las expectativas de los clientes de hoy en día. El tema de bolsa de trabajo implica la vinculación del sector laboral, pero, no se ha abordado la vinculación del sector educativo directamente con el sector laboral, pues cada institución y/o empresa u organización genera sus estrategias para contratación de personal, incluso existen plataformas que gestionan esta práctica de publicación de vacantes y búsqueda de empleos. Este proyecto de Bolsa de trabajo JoBs demuestra que la implementación adecuada de las nuevas tecnologías se adapta a los proyectos apoyando la calidad de estos. Esta investigación está enfocada a verificar la sinergia de las tecnologías consideradas para el desarrollo de Frontend, Backend, el trabajo colaborativo y los sitios de hosting necesarios para el desarrollo del proyecto, también hará énfasis en la vinculación del sector educativo con el profesional/laboral, gestionando una alternativa en la búsqueda laboral para recién egresados de las Instituciones de Educación Superior.

Palabras Clave: Frontend, Backend, Tecnologías.

## INTERNET

¿Qué es Internet?

En un estudio reciente (De la Luz & Pavón, 2019) en entrevista con Tangible, el doctor en informática Javier Ortiz Hernández sostuvo que "la institución que ha utilizado el protocolo TCP / IP es la que podría alzar como la primera en usar una

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior De Huauchinango.  
elia.margarita@huauchinango.tecnm.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior De Huauchinango.  
hugohcabrera@huauchinango.tecnm.mx

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior De Huauchinango.  
manuelcl@huauchinango.tecnm.mx

red real de Internet". Según este experto en Internet de las cosas y la ciencia de datos, TCP / IP es un lenguaje básico con el que reconoce las computadoras entre sí, e implica dos nociones: "la parte TCP tiene que ver con la transferencia de datos y la parte IP asegura la integridad del contenido". El criterio del también profesor-investigador del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico no es arbitrario, sino que coincide con lo que el Consejo Federal de Redes (FNC, por sus siglas en inglés) llama Internet. Se trata de un sistema de información que está conectado a un nivel lógico por un único espacio global de direcciones basadas en el Protocolo de Internet (IP) o sus adiciones futuras; es capaz de controlar las comunicaciones usando el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) o sus extensiones futuras y otros protocolos compatibles con el IP; y proporciona, utiliza o hace accesible, ya sea de forma pública o privada, servicios de alto nivel que conforman capas superpuestas".

Internet actualmente utilizada para sin fines de funciones, correos electrónicos, mensajes en tiempo real a través de las redes sociales, envío y recepción de archivos, etc.; todo ello mediante sus protocolos y sus navegadores que hacen un fácil uso de esta gran red de redes. La tecnología Cliente- Servidor utilizado en internet nos permite solicitar información (cliente) y proveer la información solicitada (servidor), esta es una manera de interacción pues una de las partes "solicita el servicio" y la otra "proporciona el servicio". Cuando realizamos la navegación en internet son uno o varios servidores los que nos proveen de información solicitada, un servidor provee servicios (información) a miles de clientes siendo esta característica la que se requiere para el desarrollo de la bolsa de trabajo JoBs.

Migración a la Bolsa Digital en Internet.

El cambio tecnológico que acompaña al siglo XXI está sometido a grandes transformaciones sobre todo en cuanto a información se refiere pues los avances tecnológicos que vivimos actualmente llevan no solo a las empresas sino también a los usuarios y a los procesos sociales a llevar a cabo la "actualización".

Tal es el caso del tema de las bolsas de trabajo como proceso social y cuyo reto ha sido la modificación misma de su comportamiento en esta época, a diferencia de otras en donde se compraban los periódicos existentes y realizar la búsqueda en la



sección de vacantes o empleos, hoy en día existen diversas herramientas digitales para facilitar este proceso.

“Carrera (citado por Riquelme, et al, 2018, p. 1) nos dice que: La web será el único medio para buscar empleo: AI.MX “Esta mecánica vamos a verla reforzarse en los próximos años a tal punto que internet se va a convertir por necesidad en el único medio por el cual vas a poder entrar a una empresa”, dijo Sergio Carrera, vicepresidente de Investigación de la Asociación de Internet, durante la presentación del estudio.

De acuerdo con el Estudio sobre Búsqueda de Empleo por Internet en México 2018, realizado por la Asociación de Internet (AI.MX), en poco tiempo la red de redes será el único medio para buscar trabajo, debido a que las bolsas de trabajo en Internet, las aplicaciones y los sitios web de las empresas han sido los medios más frecuentes de búsqueda de empleo, incluso más que las recomendaciones personales a las que recurren solo el 29% de los encuestados.

Al respecto, Sergio Carrera, vicepresidente de Investigación de la Asociación de Internet, sostuvo que los incentivos y el plazo para que todos los procesos de reclutamiento sucedan a través de Internet dependerá en buena medida del cierre de la brecha digital en México, a lo que se sumará el tiempo que tarden las empresas y las bolsas de trabajo en adoptar formas más sencillas para postularse a las ofertas de empleo.

La Tecnología PHP aplicada.

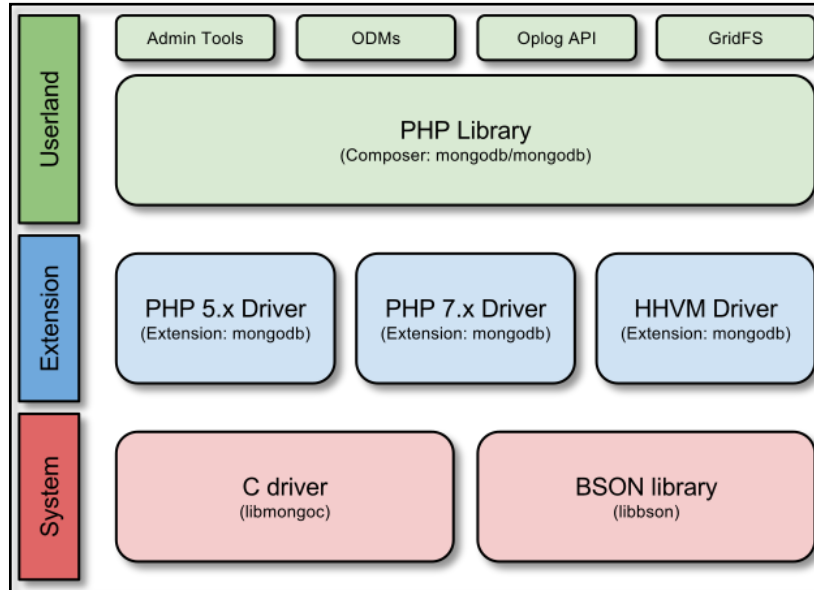
Para el desarrollo de la bolsa de trabajo JoBs se consideraron varios aspectos como es el lenguaje de programación para web.

PHP que nace como un lenguaje para hacer seguimiento de visitas de páginas personales, pero actualmente es uno de los lenguajes de scripts más populares (Cobo, 2005).

El lenguaje PHP (PHP Hypertext Pre-Processor) es uno de los más antiguos (creado en 1995) y utilizado en el diseño de páginas web que utilizan bases de datos. Se trata de un lenguaje interpretado en el lado del servidor que permite la creación de páginas web dinámicas que pueden estar dentro de páginas en HTML. Es uno de

los lenguajes de programación web más populares por su rapidez y la facilidad de desarrollo. (Pérez, J. L., 2015)

Figura 1 Vista de la arquitectura de PHP



En la figura 1 tenemos la vista de la arquitectura de PHP, la cual se compone de la siguiente manera:

En la parte alta se encuentra la biblioteca de PHP pura, la cual se distribuye como un paquete Composer. Esta biblioteca proporciona una API e implementa especificaciones comunes, para mejorar la consistencia de la API a través de todos los controladores mantenidos por MongoDB.

Por debajo encontramos los controladores de nivel más bajo, uno por plataforma. Estas extensiones formarán de forma efectiva el acople entre PHP y HHVM y nuestras bibliotecas del sistema. Estas extensiones expondrán una API pública idéntica para la funcionalidad más esencial y sensible al rendimiento como:

- Administración de conexiones.
- Codificación y decodificación de BSON.
- Serialización documentos de objetos (para soporte a bibliotecas ODM).
- Ejecución de comandos y escritura de operaciones.
- Manejo de consultas y cursores.

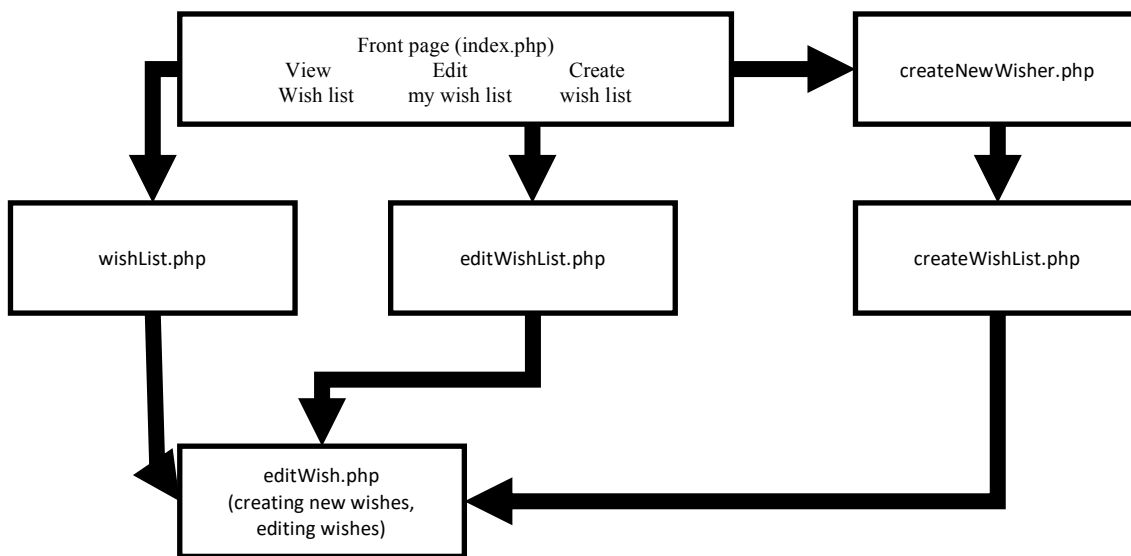
Según Bakken (1997), PHP puede hacer cualquier cosa que se pueda hacer con un script CGI, como procesar la información de formularios, generar páginas con

contenidos dinámicos, o mandar y recibir cookies. Y esto no es todo, se puede hacer mucho más.

Existen tres campos en los que scripts escritos en PHP son usados:

- Scripts en la parte del servidor. Este es el campo más tradicional y el principal campo de trabajo. Se necesitan tres cosas para que esto funcione. El procesador PHP (CGI o módulo), un servidor web y un navegador. Se necesita correr el servidor web con PHP instalado. El resultado del programa PHP se puede obtener a través del navegador, conectando con el servidor web. (Figura 2)
- Scripts en línea de comandos. Es posible crear un script PHP y correrlo sin ningún servidor web o navegador. Sólo es necesario el procesador PHP para usar lo de esta manera. Este tipo de uso es ideal para scripts ejecutados regularmente desde cron (en Unix o Linux) o el Planificador de tareas (en Windows). Estos scripts también pueden ser usados para tareas simples de procesamiento de texto.
- Escribir aplicaciones gráficas. PHP no es probablemente el mejor lenguaje para escribir aplicaciones gráficas, pero si se conoce bien PHP, y se utilizan algunas características avanzadas en programas clientes, es posible utilizar PHP-GTK para escribir dichos programas. Es también posible escribir aplicaciones independientes de una plataforma. PHP-GTK es una extensión de PHP, no disponible en la distribución principal.

Figura 2 Estructura de sitio web en PHP



---

Ventajas identificadas al utilizar PHP en el proyecto de desarrollo web JoBs:

- Es un lenguaje sencillo y fácil de estudiar y aprender.
- Una de sus características es la rapidez.
- Lo soportan la mayoría de las plataformas de alojamiento web.
- Tiene ciertas características de los lenguajes orientados a objetos como la utilización de clases y herencias.
- Puede mezclarse con código HTML, aunque esto dificulta su lectura.
- Puede manejar archivos y conectarse a distintas bases de datos (MySQL, Oracle, SQL Server, Informix, PostgreSQL, etcétera).
- El software que permite soportarlo en los servidores de hosting es libre y gratuito.
- Está en continuo desarrollo y soporta numerosas funcionalidades.
- Existe numerosa documentación sobre el lenguaje en Internet por lo que es relativamente sencillo resolver los problemas que nos puedan surgir durante el desarrollo de un sitio web.
- No requiere definición de tipos de variables aunque sus variables se pueden evaluar también por el tipo que estén manejando en tiempo de ejecución.

#### LA TECNOLOGIA APLICADA A LAS BOLSAS DE TRABAJO

Actualmente gracias a internet contamos algunas herramientas digitales presentes no solo en México, también presentes en otros países y que nos permiten realizar la búsqueda de empleo, dichas herramientas han hecho uso de las TIC's y/o nuevas tecnologías para la gestión de este proceso en cuanto a la búsqueda de empleo se habla, generando miles de ofertas de manera mensual en algunas de ellas según se ha observado al hacer uso de estas. Dichas herramientas disponibles son aplicaciones de tipo web que nos permiten realizar variadas y específicas búsquedas según la necesidad como son: Ofrecen capacitación a las empresas con el fin de poder generar sus vacantes y postulantes como apoyo para elaborar un currículum vitae; la mayoría de ellas permiten generar búsquedas de vacantes o empleos por estado, categorías o tipos de contratos. Otras como por ejemplo LinkedIn permite encontrar ofertas de empleo de cualquier tipo registradas en empresas destacadas así como personas de tu misma industria. En algunos casos entre los servicios que ofrecen podemos encontrar recomendaciones de trabajos,

así como las tendencias en la industria; si bien podemos mencionar más características en la búsqueda de empleos el salario también es ofrecida pues podemos ubicar vacantes a través de este ítem. Considerando sin dejar de lado el auge que han tenido las redes sociales podemos incluir las plataformas como Talenteca que hace un énfasis en el componente social ofreciendo búsquedas en redes sociales, como Facebook o Twitter, incluso en otras bolsas de trabajo.

Tomemos en cuenta que todas ellas hacen uso de parámetros de búsqueda específicas que nos ayudan en la consulta de información de este tema, todo ello claro con ayuda de la tecnología en cuanto a la estructuración de la información que está contenida en las bases de datos de todas estas herramientas.

### LA TECNOLOGÍA APLICADA A JOBS

Con todas las bases de las tic's aplicadas a las herramientas de bolsa de trabajo y gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías podemos operar los procesos en las empresas e instituciones de una forma rápida, pues, están no solo a nuestro alcance también a nuestro servicio. Durante el desarrollo de Jobs logramos que los procesos de generar y consultar vacantes, registro de los usuarios como egresados, empresas e instituciones de educación superior, las postulaciones de egresados, etc., sean más dinámicos y llevados a cabo desde internet como herramienta principal. El desarrollo de esta aplicación web permitirá tener un proceso más flexible y mucho más organizado pues viene a ser una propuesta de estructuración o bien reestructuración de la forma de seguimiento de egresados dentro de las instituciones de educación superior generando competitividad con respecto a las plataformas actualmente disponibles incluyendo el uso de las tendencias tanto de desarrollo como de usabilidad y experiencia de usuario actuales consideradas para el desarrollo del proyecto logando con ello cubrir la demanda de velocidad y preferencias en cuanto a respuesta de servicios se refiere.

Para el desarrollo del proyecto se hizo uso de PHP como el lenguaje base del lado del cliente, usado para mostrar información, HTML Lenguaje utilizado para el desarrollo de una página web, Las hojas de estilo utilizadas para dar vista, color, animación, etc., JavaScript encargado de proporcionar la funcionalidad y el consumo de servicios web del lado del cliente a su vez mostrar información,

Codeigniter Framework enfocado en la estructura MVC(Modelo Vista Controlador), Postman como administrador de API's que nos permite acceder a los WS a través de URL's y solicitudes HTTP, Fluent PDO utilizado como librería para construir de más rápida y eficiente consultas a la base de datos además de dar una capa extra de seguridad, Slim 3 Framework como apoyo para construir API's, utilizando a SLIM como un despachador de solicitudes HTTP de solicitudes y respuestas, MySQL como sistema gestor de base de datos de tipo relacional, MySQL Workbench herramienta visual para construir y diseñar la base de datos además de generar el script del mismo.

Jobs puede ser conceptualizada como una aplicación multiplataforma que puede funcionar en una tableta, un ordenador o un móvil; aunque funciona mejor por obvias razones de desarrollo en un ambiente web aunque en función de la capacidad del dispositivo en el que se encuentre su funcionamiento es mejor. Se muestran algunas interfaces del proyecto.

Figura 3. Pantalla inicia JoBs



Figura 4. Validación de egresados

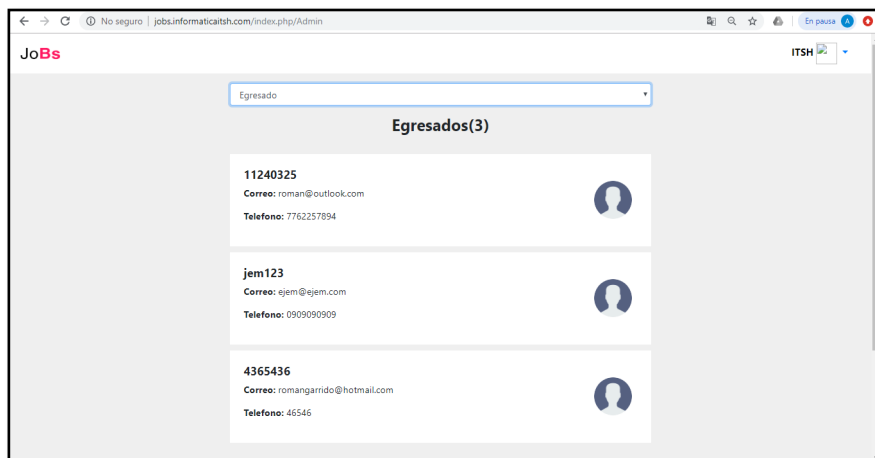


Figura 5. Validación de Instituciones

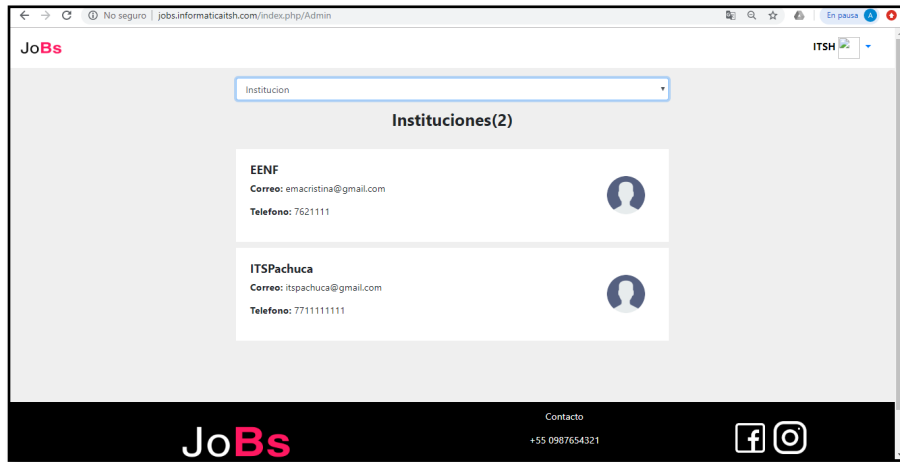


Figura 6. Validación egresado y asignación de contraseña

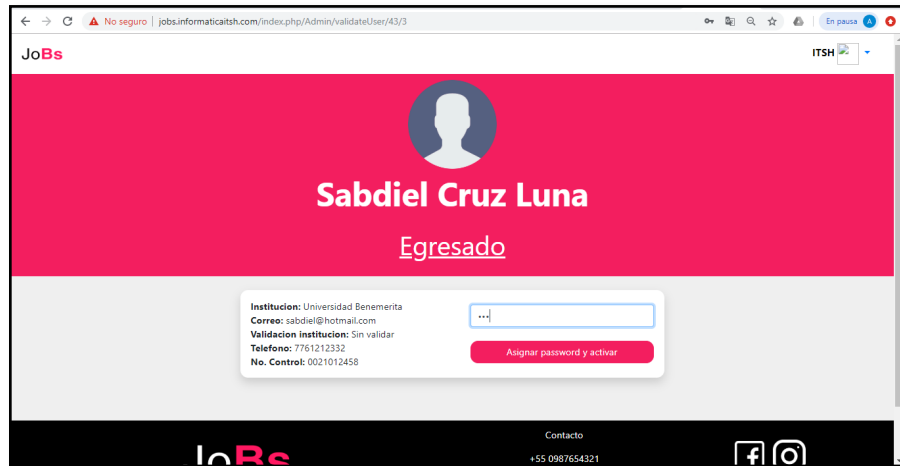
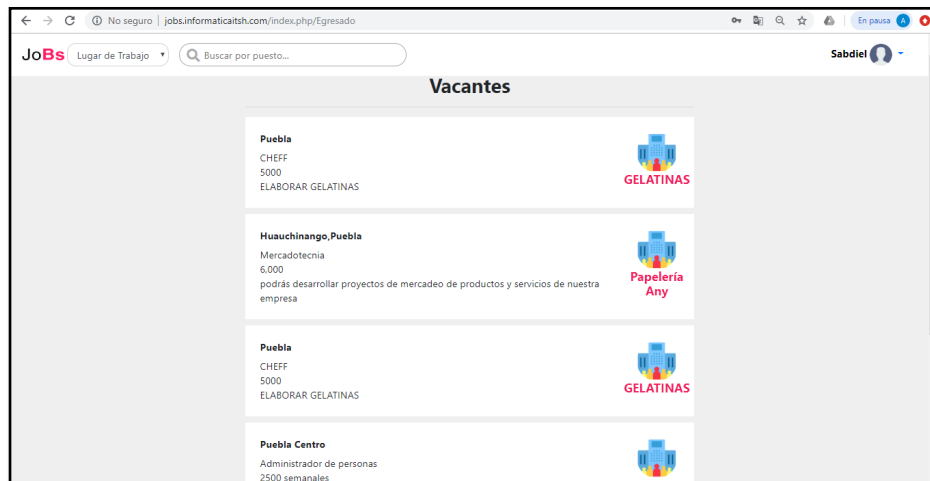


Figura 7. Consulta Vacantes



---

## **CONCLUSIONES**

El uso de la tecnología nos ha hecho conocer y palpar su capacidad de hacer el proceso de bolsa de trabajo más eficiente, estable y completo. El desarrollo de este proyecto en formato de aplicación web apoyado de las nuevas tecnologías utilizadas que nos permite visualizar a la bolsa de trabajo JoBs como una herramienta de confianza para el sector empresarial, así como al egresado mismo brindando confianza bidireccional donde se valida la existencia de la empresa y el egresado de la institución de educación superior proporcionando veracidad en la información; también vemos con mucho futuro en cuanto al seguimiento de egresados en las instituciones de educación superior pues proporcionará información estadística para ello. JoBs es un proyecto nuevo que promete brindar eficiencia para sus involucrados en cuanto a la gestión de sus procesos, haciendo uso y sacando todo el provecho de las tic's en beneficio de este tema.



**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- De la Luz, C., & Pavón, O. (2 agosto 2019). UNAM Vs. Tec: ¿Quién trajo primero Internet a México? El Universal, p. 1. Recuperado de <https://www.tangible-eluniversal.com.mx/unam-vs-tec-quien-trajo-primero-internet-mexico>
- Riquelme, R. (2018). La web será el único medio para buscar empleo: AI.MX. El Economista. Recuperado de: <https://www.economista.com.mx/tecnologia/La-web-sera-el-unico-medio-para-buscar-empleo-AI.MX--20181003-0086.html>
- Cobo, Á. (2005).
- PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web. Ediciones Díaz de Santos.
- Sitio Oficial. (n.d.). PHP. Sitio Oficial. From <http://php.net/manual/es/intro-whatcando.php>
- PHP INFO-IUTEPI. (2017). Retrieved 2017 from <https://sites.google.com/site/phpinfoiutepi/caracteristicas-de-php-1>
- Perez, J. L. (2015). Registro y registradores de dominios. From <http://www.registrodominiosinternet.es/2013/08/lenguajes-programacion-web-ventajas.html>
- Almagro, C. U. (2012). CCM. Retrieved 2017 from Lenguajes de Programación: <http://es.ccm.net/contents/304-lenguajes-de-programacion>
- Estudio: Búsqueda de Empleo por Internet AIMX 2018 disponible en: <https://www.asociaciondeinternet.mx/es/component/remository/Busqueda-de-Empleo-por-Internet/Busqueda-de-Empleo-por-Internet-AIMX-2018/lang,es-es/?Itemid=>

---

# EL USO DE LA TECNOLOGÍA PARA LA DIFUSIÓN DEL EMPRENDIMIENTO SOCIAL ATRAVÉS DE UNA PÁGINA WEB

CÉSAR AUGUSTO SEVERINO PARRA<sup>1</sup>, VERÓNICA USCANGA HERNÁNDEZ<sup>2</sup>, ZANDRA ELIZABETH FRANCO  
CRUZ<sup>3</sup>, EVELIN SALGADO MORALES<sup>4</sup>, FRANCISCO JAVIER PANTOJA ZAMUDIO<sup>5</sup>

## RESUMEN

La crisis de valores que ha afectado a nuestro país los últimos años, contrasta mucho con la construcción de una sociedad más justa y solidaria en la que quisiéramos vivir, la labor del docente universitario va más allá de enseñar contenidos temáticos que colaboren a la formación académica de sus estudiantes, se dice que el mundo no está mal por la maldad de los malos sino por la pasividad de los buenos, es por eso de suma importancia que los docentes del ITBOCA y de la UV deben asumir el compromiso social y contribuir a la formación integral de los alumnos fomentando en ellos el espíritu del emprendimiento social. Por eso nos dimos a la tarea de crear una red de docentes comprometidos con la realización de actividades que generen un bien común en su entorno y de esta forma poder crear en el estudiantado la cultura del servicio y del bien común en pro de nuestro Veracruz. Como herramienta de difusión y fomento de las actividades arriba mencionadas se creó la página web [www.profesalrescate.com](http://www.profesalrescate.com).

**PALABRAS CLAVES:** Emprendimiento social, altruismo, bien común, profes

## ABSTRACT

The crisis of values that has affected our country in recent years, contrastsssharply with the construction of a morejust and supportive society in which wewould like to

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Boca del Río. [rditboca@hotmail.com](mailto:rditboca@hotmail.com).

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Boca del Río.  
[veronicauscanga@bdelrio.tecnm.mx](mailto:veronicauscanga@bdelrio.tecnm.mx).

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Boca del Río. [zandrafranco@bdelrio.tecnm.mx](mailto:zandrafranco@bdelrio.tecnm.mx)

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Boca del Río. [evelynsalgado@bdelrio.tecnm.mx](mailto:evelynsalgado@bdelrio.tecnm.mx).

<sup>5</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Boca del Río.

live, the work of university teachers goes beyond teaching thematic content that contribute to the academic training of their students, it is said that the world is not bad by the evil of the bad but by the passivity of the good, that is why it is very important that ITBOCA teachers must assume our social commitment and contribute to the comprehensive education of students by encouraging in them the spirit of social entrepreneurship. That is why we set ourselves the task of creating a network of teachers committed to carrying out activities that generate a common good in their environment and thus be able to create in the student body the culture of service and the common good for our Veracruz. As a tool for the dissemination of the mentioned activities we created the website [www.profesalrescate](http://www.profesalrescate).

**KEY WORDS:** Social entrepreneurship, altruism, common good, teachers.

## **INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas ha existido una crisis económica y de valores en México y en el mundo, hacen falta profesionistas que decidan emprender sus ideas de negocios y generar el empleo que necesitamos, y que sean generados desde un enfoque humanista, por esta razón es importante que los emprendedores vean el mundo desde la perspectiva social.

El presente trabajo de investigación trata sobre el uso de la tecnología para la difusión del emprendimiento social a través de una página WEB y los resultados que esto genera.

A pesar del trabajo los últimos años de las organizaciones sin fines de lucro y el de los gobiernos en sus tres esferas, aún la sociedad no encuentra resultados a los diferentes problemas sociales que le afectan, a pesar de que tenemos una sociedad que analiza el fenómeno y algunos hacen algo al respecto, la problemática social va en aumento día a día.

El espíritu emprendedor ya no puede seguir percibiéndose como una opción de unos cuantos, es y será en el futuro la mejor de las oportunidades de acceder al empleo, y el instrumento de dinamización económica, creación de empleo y desarrollo de una sociedad, si a esto le sumamos la importancia que tiene emprender socialmente, tenemos que coincidir que el desarrollo de las ciudades e

incluso de los países puede pasar por este tema. Es necesario la difusión y el fomento del emprendimiento social para que cada vez sean más las personas que desarrollen sus ideas de negocios que además generen un impacto favorable para la sociedad.

Con frecuencia escuchamos que el emprendedor nace pero no se hace. La realidad ha de situarse entre éstos dos extremos: algo de innato, pero también algo de instrucción. A continuación se adjuntan los nueve valores indispensables del espíritu emprendedor. Es importante destacar que introducir el espíritu emprendedor en nuestro sistema educativo supone promover todas aquellas capacidades o aptitudes que harán de los alumnos personas emprendedoras.

Creatividad, entendida como la facilidad para imaginar nuevas ideas y proyectos, proponer soluciones originales.

Autonomía para planificar y organizar el trabajo sin necesidad de pautas previas y saber tomar elecciones adecuadas.

Confianza en uno mismo al percibirse de forma positiva y apostar por las propias aptitudes. Tenacidad dando prueba de la constancia en aquello que se emprende e inscribiendo las propias acciones en la idea de perseverancia y de llegada a término.

Sentido de responsabilidad, en el sentido de cumplir las obligaciones contraídas consigo mismo y los demás.

Capacidad para asumir riesgo, predisposición a actuar con decisión ante situaciones que requieren cierto arrojo por la dificultad y el coste personal y económico que entrañan.

Liderazgo, que implique a los demás en tus propuestas, influya en otros y pueda sacar lo mejor de sus cualidades personales, conocimientos y habilidades.

Pero como ya se dijo anteriormente, estos valores se tienen que enseñar por parte de los maestros quienes debemos asumir nuestro compromiso con los alumnos y con la sociedad para colaborar en la formación integral de nuestros estudiantes, no basta solo con enseñar el contenido temático, es indispensable desarrollar en nuestros muchachos otros valores pues sin duda alguna a este país no le es suficiente con la formación de nuevos licenciados, ingenieros, médicos, arquitectos,

profesores, etc, sino que a este país le hace falta que los maestros colaboremos con la formación de mejores seres humanos.

## ESTADO DE LA CUESTIÓN

Cuando hablamos del concepto emprendimiento social nos estamos refiriendo a aquellas iniciativas que, más allá de obtener resultados económicos y de posicionarse en el mercado, buscan generar un beneficio social que repercuta en una mejora de la sociedad. Según Wikipedia, los proyectos de emprendimiento social persiguen un triple resultado: social, medioambiental y financiero y ponen en contacto a empresas, administraciones y emprendedores.

El emprendimiento social ha ido ganando relevancia durante los últimos treinta años como estrategia innovadora para resolver problemas sociales a los ojos de académicos, gobernantes y sociedad general (2011; Defourny y Nyssens, 2010; Hoogendoorn, 2010; Nicholls, 2006; Weerawardena y Mort, 2006).

Según David Bornstein en su libro “Como cambiar el mundo” (2005), los emprendedores sociales representan para el cambio social lo que los emprendedores de negocios para la economía.

Ginés de Haro, uno de los referentes en el terreno del emprendimiento social en España, define a la empresa social como “Aquella que basa su éxito en el equilibrio entre las dimensiones social, ambiental y económica. Esto condiciona todas las decisiones que se toman, donde lo importante ahora es aumentar el impacto social, sin olvidar que hay que tener un flujo constante económico.

El emprendimiento social no busca de manera prioritaria obtener beneficios, sino satisfacer las demandas y necesidades de una parte de la población.

Uno de los grandes objetivos de cualquier proyecto de emprendimiento social es llegar al máximo número de personas, para poder lograr esto es de suma importancia hacer uso de las Tecnologías de información y comunicación, esto es posible gracias al impacto de herramientas como las redes sociales, medios de comunicación digitales, páginas webs entre otras herramientas. El boca a boca y el conocimiento de los proyectos sociales emprendedores se amplifican y es mucho más rápido con el uso de la tecnología.

Definimos tecnología como “los procesos a través de los cuales una organización transforma el trabajo, capital, materiales e información en productos y servicios de mayor valor” (Christensen, 2013, p. xiii). Definimos nuevas tecnologías como tecnologías de menor edad y definimos innovación tecnológica como la evolución o cambio de la tecnología hacia nuevas tecnologías (Christensen, 2013, p. xiii).

El carácter global de las nuevas tecnologías permite la comunicación y el trabajo en red desde cualquier lugar del mundo. Las TIC impulsan una comunicación directa y global que tiene un beneficio directo sobre cualquier proyecto emprendedor y que es especialmente relevante en el terreno del emprendimiento social.

Actualmente existen muchas plataformas alrededor del mundo que impulsan el emprendimiento social. Algunas iniciativas que utilizan las TIC's para el fomento del emprendimiento social son las siguientes:

Disjob

HelpUp

La colmena dice que si

Ciclogreen

Personas que....

Apadrina un olivo

Enviroo

Beprevent

Fundación innoves

Social foundation Nest

El emprendimiento social en México ha tenido un enorme crecimiento en los últimos años, tal vez las generaciones actuales tienen mayor conciencia sobre lo que sucede a su alrededor, o quizá existe una urgencia a la que nos han orillado algunos problemas de la sociedad. O tal vez sea una combinación de ambas, pero esto sin duda alguna ha hecho que sobretodo los jóvenes estudiantes de los diferentes niveles educativos deseen enfrentar aquellos problemas que generan un impacto social de manera negativa. Sin embargo y pese al crecimiento del interés por realizar emprendimiento social, aún falta demasiado por hacer, se tienen que redoblar los esfuerzos de las personas interesadas y comprometer a un mayor

número de estudiantes que estén próximos a egresar con una carrera profesional a realizar actividades que independientemente de generarles un ingreso económico también genere beneficios a nuestra sociedad, especialmente en aquellos sectores más vulnerables de nuestro País.

#### Principales empresas sociales en México

Aprovechando la tecnología y la innovación, los emprendedores sociales están diseñando nuevas maneras de resolver los grandes problemas sociales.

Las empresas deben claro que, desde su fundación, la utilidad debe de tener una armonía con el impacto. Juan del Cerro en su libro “El emprendimiento social en México” (2015), nos dice que algunas de las que han sido las más relevantes en los últimos años son las siguientes:

- Iluméxico. Esta empresa diseñó una solución para llevar electricidad a comunidades en extrema pobreza, con un modelo de financiamiento que empodera a la comunidad.
- Échale a tu casa. Creó un modelo de auto-construcción que permite a familias sin hogar acceder a una vivienda digna.
- Finae. Ofrece acceso a créditos educativos a estudiantes de escasos recursos que de otra manera no tendrían acceso a educación superior.
- Sala Uno. Clínicas enfocadas en salud visual, ofrecen servicios a muy bajo costo para personas que requieren tratamientos oculares, como cirugías de cataratas.
- My Coffee Box. Por medio de un modelo de suscripción, conectó a campesinos productores de café de Chiapas con los consumidores finales, permitiéndoles recibir ingresos más justos por un producto de calidad.
- Cúrsa.me. Red social que permite conectar a alumnos con maestros, directivos y padres de familia en escuelas públicas, aumentando la calidad educativa.
- Incluyeme.com. Recién llegada a México, creó una bolsa de trabajo para personas con discapacidad, permitiéndoles acceder a trabajos dignos en todo tipo de empresa.

Tito Gálvez, asesor independiente de negocios en la era millennial. indicó que las plataformas digitales se han hecho vitales para emprender un negocio, dado que eliminan las fronteras y son herramientas que permiten diversificar. Desde su punto

de vista, el tema del emprendedurismo es fundamental, toda vez que la economía de un país crece dependiendo de la cantidad, pero sobre todo de la calidad de emprendedores que se tengan.

Tito Gálves comentó que en México se tiene registro de más de 4.1 millones de microempresas que aportan 41.8 por ciento del empleo total. Las pequeñas suman 174 mil 800 y representan 15.3 por ciento; por su parte, las medianas llegan a 34 mil 960 y generan 15.9 por ciento de las plazas. Al respecto, el asesor de negocios expresó que el tema del emprendimiento ha ido al alza por un tema de moda y también porque los medios de publicidad ayudan a fomentarlo, ejemplo de lo anterior es el programa Shark Tank, que ofrece inversión para proyectos de emprendedores. “A diferencia de hace 15 años, ahora es más fácil emprender porque la tecnología facilita la parte de capital inicial, ya que se puede vender desde un grupo por internet o en redes sociales”, sostuvo.

Organizaciones orientadas a establecer alianzas.

Los retos que afrontan los emprendedores, en especial los emprendedores sociales, son la mayoría de las veces demasiado importantes como para que una organización en solitario pueda movilizar y operar los recursos suficientes como para resolverlos. De ahí que las organizaciones conformadas por emprendedores sociales que usan nuevas tecnologías deban estar no sólo abiertas al establecimiento de alianzas sino activamente orientadas a establecer alianzas en las que cada socio pueda aportar lo que mejor sabe hacer (Nohria et al., 2003). De hecho, en muchas ocasiones es precisamente el establecimiento de estas alianzas lo que permite a los emprendedores sociales el acceso a la tecnología que necesitan para poner en práctica las soluciones que diseñan. Debido a las limitaciones de acceso a recursos que suelen experimentar, para los emprendedores sociales es muy importante la construcción de una amplia red de contactos que les apoyen y poder comunicar de forma eficaz su impacto. Ambos elementos, clave en la estrategia de la empresa social, se ven facilitados por el uso de nuevas tecnologías (Austin, Stevenson, et al., 2006).

De aquí surge la idea de realizar una red de profesionales al servicio de la educación de los distintos niveles académicos que les permita coadyuvar de manera eficiente



y proactiva para que sumando esfuerzos y voluntades realicen actividades que fomenten el emprendimiento social y difundan a través de una página WEB todo lo realizado, actividad que servirá para nutrir cada vez más la red con profesores comprometidos con construir una sociedad más justa desde la trinchera que les corresponda.

Para Lira, A. et. al,(2007) un proyecto de intervención es aquel que desarrolla acciones sociales, individuales o grupales, buscando cambios en una determinada realidad que involucra y afecta a un grupo social determinado. Su intención debe ser generar un cambio positivo en el contexto donde se lleve a cabo. Justamente eso es lo que representa este proyecto, una muy atinada intervención de los estudiantes a través de la participación activa en la resolución de problemas de tipo social.

### **OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

Dar a conocer las acciones que realiza la Red de Profes al Rescate haciendo uso de las Tecnologías de Información y Comunicación para la difusión del emprendimiento social por medio de la página WEB [www.profesalrescate.com](http://www.profesalrescate.com) y evaluar si el documentar estas actividades contribuyen al fomento del emprendimiento social entre los estudiantes de los diferentes niveles educativos.

### **MÉTODO**

#### **HIPÓTESIS 1**

La documentación de actividades de emprendimiento social a través de una página WEB para su difusión, contribuye al fomento del espíritu del emprendedor social entre el estudiantado.

#### **HIPÓTESIS 2**

Los estudiantes que participan con los maestros de la red de profes al rescate en actividades de emprendimiento social aún después de terminar sus clases continúan realizando actividades que tienen un impacto social.

#### **MUESTRA**

Se documentaron en la página WEB [www.profesalrescate.com](http://www.profesalrescate.com) 39 actividades de emprendimiento social realizadas por 11 maestros de la Red Profes al Rescate en la que participaron aproximadamente 2200 estudiantes de distintos niveles educativos y centros de trabajo.

### **METODOLOGÍA**

Es una investigación de carácter empírico descriptivo porque se pretende recoger información sobre las variables que participan en el problema sujeto a estudio como es el incremento de la realización de actividades de emprendimiento social a través del fomento del mismo utilizando las TIC's.

### **PROCEDIMIENTO**

Se creó una red de 11 maestros de diversos niveles educativos en la zona conurbada Veracruz, Boca del Río, para realizar con sus grupos de estudiantes actividades de emprendimiento social. Con estos grupos colaborativos se realizaron 39 actividades mismas que se documentaron en la página WEB [www.profesalrescate.com](http://www.profesalrescate.com), en cada una de las actividades realizadas se generaba la difusión necesaria en las escuelas participantes. La cantidad de estudiantes que participaron en las diferentes actividades realizadas fue de 2200 alumnos aproximadamente.

Posteriormente se aplicó un instrumento a una muestra de 220 estudiantes para conocer cuál era su intención de seguir realizando emprendimiento social e incluso documentándolo en la página WEB creada para tal efecto.

### **RESULTADOS**

El realizar actividades altruistas que generaran un impacto positivo en la sociedad con los estudiantes fue considerado un primer paso para que los estudiantes que participaron realizaran por primera vez emprendimiento social, fue de mucho provecho para las personas de la sociedad que recibieron los beneficios de estas actividades, de igual forma generó una cultura del servicio entre los estudiantes participantes ya que el 85% de ellos comentó que una vez que le gustaría seguir

realizando esa clase de acciones, el 40% comentaron que una vez que egresen de sus estudios universitarios les gustaría trabajar en proyectos de impacto social, el 19.8% comento que le gustaría fundar una empresa social y contribuir con esto a tener una sociedad más justa en donde se respeten las diferencias entre las personas especialmente a los más vulnerables.

El que se utilizarán las TICs para el emprendimiento social también fue considerado muy importante, ya que la difusión de cada una de las actividades en la página WEB contribuyo a que las actividades hechas fueran conocidas no solo por las personas de la sociedad que se vieron beneficiadas por las mismas y por los estudiantes y maestros que participaron en la realización de dichas actividades, sino también por muchas personas más quienes a partir de la creación de la página WEB en Marzo del 2017 pudieran entrar a conocer las actividades realizadas y se sumen con sus comentarios de aprobación y sus likes.

### EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS



Docente y alumnos organizadores del Jovestima tu Desarrollo 2



Posada en Casa-Hogar



Recolectando víveres



Taller de Tecnologías Domesticas



Docente y alumnos organizadores del evento "EMPRENDIENDO ALTRUISMO"



Maestros entregando víveres en el Hospital Regional



Campaña: Cuidando al medio ambiente



Conferencia: Prevención de violencia de género



Estudiantes regalando comida



Feria de productos



Talleres de la sociedad para la sociedad



Little Geniuses



Cultura para todos



Proyectando una sonrisa



La feria de la felicidad

## DISCUSIÓN

El emprendimiento social como lo señala Bacq y Janssen (2011), se ha convertido en una práctica más recurrente entre las personas, y esto ha ayudado a que cobre relevancia como estrategia innovadora para resolver problemas sociales que tanto afectan a los ciudadanos en nuestra sociedad, sobre todo a aquellas clases menesterosas, a los ojos de académicos, gobernantes y sociedad general.

Por otro lado, como lo señala David Bornstein (2005), los emprendedores sociales representan esos agentes de cambios que pueden construir una sociedad más justa y con un compromiso social. La difusión del emprendimiento social ayuda a comprender la importancia que tiene para una empresa la generación de un impacto social y no solamente económico. (Ginés de Haro).

**CONCLUSIONES**

Los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes que participaron en la realización de actividades de fomento al emprendimiento social nos exhortan a seguir realizando esta clase de esfuerzos en beneficios de los más necesitados y a difundirlo para su propagación. Todos los días en las noticias nos enteramos de noticias que lamentamos, en ocasiones llegan a ser desoladoras y nos desmotivan, el difundir las buenas acciones nos debe servir como un bálsamo de aire fresco que nos muestre que así como existen las malas acciones, también existen aquellas que alimentan el alma y fortalece el espíritu además nos enseñan a ser mejores seres humanos.

Los resultados ya comentados anteriormente en este trabajo nos motivan, pues los participantes en estas actividades de emprendimiento social fortalecieron algunas competencias como el espíritu de servicio, el compromiso social, la planeación y organización de actividades altruistas, entre otras.

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Juan, Del Cerro. (2013). ¿Qué es el emprendimiento social.

Fernando, Trias de Bes. (2010). El libro negro del emprendedor.

Pilar, Aguado. (2008). La guía del emprendedor.

Diego, García Gonzalez. (2009). Artículo sobre perfil del emprendedor.

Página WEB [www.profesalrescate.com](http://www.profesalrescate.com)

Reboratti, C. y Castro, H. (1999). Estado de la cuestión y análisis crítico de textos

Nuria García. (2015). Revista Compromiso Empresarial. Artículo: La tecnología como soporte indispensable para el emprendedor social.

Concepción, Galdón. (2017). El papel de las nuevas tecnologías en el emprendimiento social.

---

# ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y ESTUDIO COMPARATIVO TECNOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE UN AUXILIAR AUDITIVO PARA POBLACIÓN ECONÓMICA- SOCIAL VULNERABLE

FRANCISCO BENITO MORALES GARCÍA<sup>1</sup>, JANETH RAMOS LÓPEZ<sup>2</sup>, FERNANDO GONZÁLEZ RIVAS<sup>3</sup>, LISSETH  
RIVERA AGUIRRE<sup>4</sup>, JUAN JOSÉ HERNÁNDEZ CARMONA<sup>5</sup>

## RESUMEN

El trabajo ha constituido la principal actividad del ser humano para poder tener una vida digna, aunque para las personas con discapacidades se torna un poco más complicado ya que no a todos se les da oportunidades de trabajo puesto que son limitadas las actividades en las cuales se pueden desempeñar y a pesar de que reciben el apoyo de diversas instituciones gubernamentales la segregación para este tipo de personas sigue existiendo, además aun cuando logran obtener un empleo no tiene las mismas oportunidades de ascender que una persona sin discapacidad. Gracias al INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) se ha logrado observar cómo ha aumentado la población con discapacidad auditiva en los últimos años, y al ver este aumento se han determinado diferentes formas de ayuda a esas personas ya que tan solo del 2010 al 2014 se duplicaron las personas con discapacidad auditiva.

En la actualidad existen diversas escuelas encargadas de darles educación a este tipo de personas, ya que un niño con discapacidad no podría asistir a una escuela convencional puesto que no es la misma educación ni atención la que se les debe brindar.

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

<sup>5</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

**ABSTRAC**

Wage labor has been the main way for the people to have the means for a better life, but for people with disabilities its a bit more complicated since there are not enough jobs in which they can work, and even though they receive the support from various official institutions, discrimination is still an issue and even if they manage to get a job they won't get the same opportunities. The INEGI (the National Institute of Statistics and Geography) has allowed to observe how the population with hearing impairment has increased in recent years, even doubling only from 2010 to 2014, prompting actions to help this persons to have better opportunities.

There are several schools that provides education to people with hearing impairment, since a child with this disability requires special attention and education in order to give them better chances of learning.

**INTRODUCCIÓN**

El presente escrito muestra los resultados de un estudio demográfico acerca de las personas con discapacidad auditiva llevado a cabo en el país de México, con las diferentes causas que propiciaron la misma pérdida auditiva, además todos estos resultados se encuentran contenidos en la base de datos del Sistema del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) y puede servir para orientar políticas en salud y crear conciencia sobre la realidad de las personas que viven con esta discapacidad.

Además, para tratar la discapacidad auditiva surgen dispositivos que aumentan las ondas sonoras para que así la persona con sordera pueda combatir dicha discapacidad y tener una vida normal, estos dispositivos son llamados auxiliares auditivos los cuales pueden ser adquiridos de distintas maneras:

- Por fundaciones independientes (para gente de escasos recursos)
- Por fundaciones gubernamentales (para gente de escasos recursos)
- Comprados en diferentes establecimientos o por medio de páginas web.



## ANTECEDENTES

A medida que el ser humano fue evolucionando, también lo fue su necesidad de comunicación sin necesidad de mantener contacto visual entre los hablantes y fue así como comenzó el uso de la voz.

Durante siglos los sordos fueron tratados como tarados o infrahumanos, prohibiéndose en la antigüedad por ejemplo el casamiento entre sordos para evitar la constitución de una variedad sorda de la raza humana, o la política de exterminación de sordos bajo el régimen nazi o las prácticas de esterilización de mujeres sordas. En la actualidad las cosas han cambiado gracias a normas regidas por diversas instituciones, pero para ello se tuvo que pasar demasiado tiempo en el que las personas con discapacidad auditiva sufrieron como nos marca lo siguiente: “En la antigüedad en Atenas, Roma y Esparta a los niños que nacían deformes se les llevaba a un lugar secreto donde se les ahogaba o dejaba morir, eso les pasaba a los sordos, se les dejaba caer de los precipicios. En la Edad Media, a pesar de podían ser asimilados a la figura del “loco del pueblo “, su integración estaba asegurada por la adopción de sordos bajo el techo de ciertas congregaciones religiosas que tenían voto de silencio. Pero aún en esa fecha eran considerados como monstruos.” (APASU, s.f., pág. 1) Al igual también existieron personas que fueron muy relevantes para que las personas con sordera pudiesen tener una vida un poco mas digna o al menos poder comunicarse con demás personas de su igual condición o normales como no lo indica lo siguiente; “En el año 1755 el Abbe Charles de L’Epée en Paris, Francia, tiene un encuentro fortuito con dos gemelas sordas mudas que se comunicaban entre sí por gestos, y se dio cuenta que esos gestos eran un código con un significado lo que despertó su interés y su deseo de profundizar en el tema de los sordos. Se sabía ya que Wallis en Inglaterra educaba a los sordos dándole importancia a las señas, esto lo lleva a fundar la primera escuela pública para personas sordas. El decía “El interés por la religión y la humanidad me inspiran por una clase verdaderamente infeliz de hombres semejantes a nosotros, pero reducidos en cierta medida a la condición de animales hasta tanto no trabajemos para retirarlos de las tinieblas en las que están sepultados, me impone la obligación de salir a su auxilio en lo que me sea posible.

Los medios usados por el Abbe de L'Epeé marcaron un momento decisivo para la educación de los sordos ya que fundó las bases de la educación bilingüe dándole gran importancia al francés escrito, su método iba del escrito al oral y no viceversa como era la costumbre en ese momento. En ese momento se pensaba que sólo podían tener y sentir fe los oyentes, el Abbe se consagrara a desmentirlo y demostrar que a través de la escritura los sordos pueden también acceder a la fe. Es la primera vez que los sordos son educados en forma colectiva, usando su lengua natural, considerando a los sordos como seres capaces e inteligentes, favoreciendo el reagrupamiento y a través de ello la expansión de la lengua y la cultura sorda, tuvo un papel preponderante en el cambio en la relación entre sordos y oyentes.” (APASU, s.f., pág. 1)

En México las cosas no han sido diferentes al resto del mundo puesto que también han pasado por distintas dificultades como lo es el racismo, maltratos entre otros y desde el punto de vista de la educación tuvieron que pasar por distintas etapas como no lo marca el siguiente autor: “Después de la lucha de independencia se inicia la secularización de la instrucción pública y los establecimientos de beneficencia que dirigía el clero pasan a las manos del estado liberal mexicano. En febrero de 1861, Benito Juárez (1806-1872) decreta que se establezca inmediatamente en la capital de la república una escuela para sordomudos y tan luego como las circunstancias lo permitieran establecer escuelas de la misma clase en los demás puntos del país que se creyera conveniente. Esto representó el primer proyecto de una escuela específica para los sordos auspiciada por el gobierno, Sin embargo, las intenciones de Juárez se vieron truncadas por la inestabilidad política del país, el afán de dominio de Napoleón III y sus ambiciones imperialistas, dieron lugar a la intervención francesa, estableciendo como emperador del país el príncipe austriaco Maximiliano de Habsburgo (1832- 1867) quien recibió el apoyo de algunos conservadores nacionales. A pesar de no contar con un dominio absoluto del país, el establecimiento del imperio obligó a Juárez a dejar la capital de la república para salvar su vida. La política impuesta por Maximiliano en muy diversos campos de la función pública coincidió notablemente con las medidas dispuestas por el gobierno de Juárez: por ejemplo, el emperador justificó plenamente las leyes de reforma

como una necesidad indiscutible para lograr el desarrollo y progreso del país y reglamentó lo relativo a educación mediante la Ley de Instrucción Pública en 1865.” (Segura Malpica, s.f., pág. 1)

Gracias a lo establecido por Benito Juárez la evolución de la educación ha sido constante por lo tanto en la actualidad existen diversas escuelas que son especializadas en educar a gente con discapacidad auditiva en todos los grados de estudio y con ello las personas sordas lograran superarse además de poder tener una vida y un trabajo digno.

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

Durante la preparación de este estudio explicativo, técnico y de compilación, se utilizaron diferentes herramientas de análisis y fuentes bibliográficas, para la recopilación de información, uno de los instrumentos en los que fueron basados los resultados fue en los datos estadísticos del INEGI del año 2010 y 2014 en donde se reporta en su informe que el 33.5% de la población de México padece de discapacidad auditiva, del cual este porcentaje se divide en: 35.4% hombres y 31.8% mujeres, la entidad federativa con mayor porcentaje de personas con discapacidad auditiva se encuentra México con 14.6%, seguido de Jalisco con 8.1% y en tercer lugar Veracruz con un 7.5%.

Para tal efecto y para sensibilizar a las organizaciones sobre la importancia de la pérdida auditiva en la población, y que tan indispensable es la audición para cualquier ser humano, para que este pueda desarrollarse de una manera íntegra en la sociedad.

Se realizó una una investigación documental sobre pérdida auditiva y estudios aplicados, se aplicaron herramientas de recolección de información, al igual que también se investigó sobre diferentes tipos de auxiliares auditivos considerando sus características, sus especificaciones, su diseño y su precio en el mercado, y se elaboró una tabla realizando una comparativa entre 20 auxiliares auditivos de diferentes marcas.

La información obtenida se analizó cualitativamente empleando técnicas de análisis de las fuentes documentales, observación documental, presentación resumida, resumen analítico y análisis crítico.

**RESULTADOS**

Estudios realizados en países de Europa y Latinoamérica, se fundamentan en la recolección de datos por medio de estadísticas, realizando censos como lo hace el INEGI en el país de México, en lo cual el análisis se enmarco en la modalidad descriptiva de carácter documental y de campo. La población estudiada la conforman hombres y mujeres de México, dividiéndose por edades en: niños, jóvenes, adultos y adultos mayores, presentándose un índice más alto de pérdida auditiva en adultos mayores.

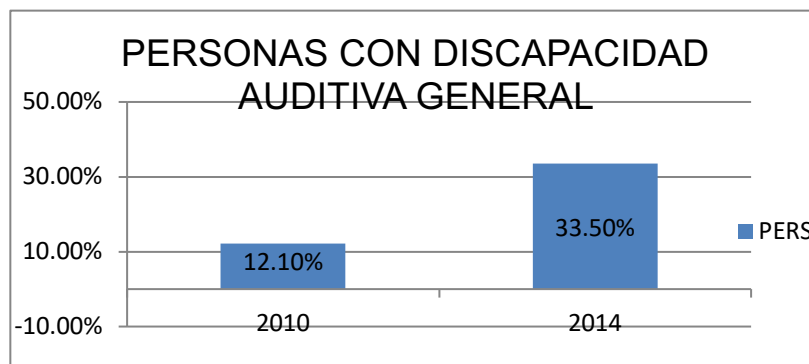
Herramientas para la recolección de datos y análisis.

Para llevar a cabo este proyecto, y verificar su viabilidad y validez, se utilizaron herramientas de calidad las cuales se describirán:

La primera herramienta fue la recolección de datos de manera documental, en diferentes artículos oficiales publicados donde se habla sobre la discapacidad auditiva y métodos para contrarrestarla, formas para hacer que dichas personas puedan integrarse en la sociedad y también datos obtenidos por el INEGI sobre las personas con sordera en México, posteriormente se realizaron graficas con la información recolectada para así obtener resultados de esta investigación, al igual se hizo una tabla con distintos auxiliares

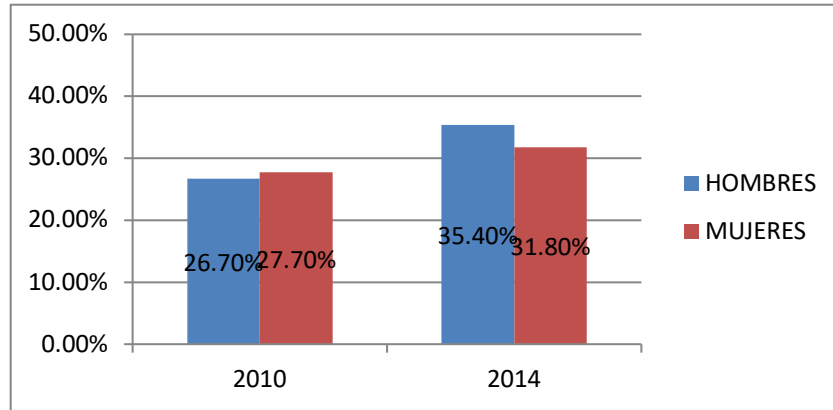
mostrarán a continuación:

Fig. 1. Fuente: (INEGI, 2010, pág. 44) y (INEGI, 2014, pág. 28)



En la gráfica se puede apreciar que del 100% de personas que tienen una discapacidad en el país el 12.10% tenían discapacidad auditiva en el año 2010 y en el 2014 el número haciende a 33.5% de la población total con discapacidad.

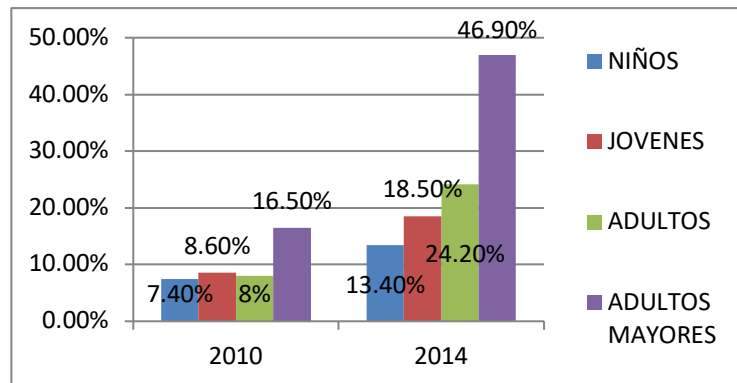
Fig. 2. Fuente: (INEGI, 2010, pág. 44) y (INEGI, 2014, pág. 29)



### PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA DE ACUERDO CON EL TIPO DE SEXO

Esta gráfica indica cómo se divide el 100% de personas con discapacidad auditiva entre hombres y mujeres.

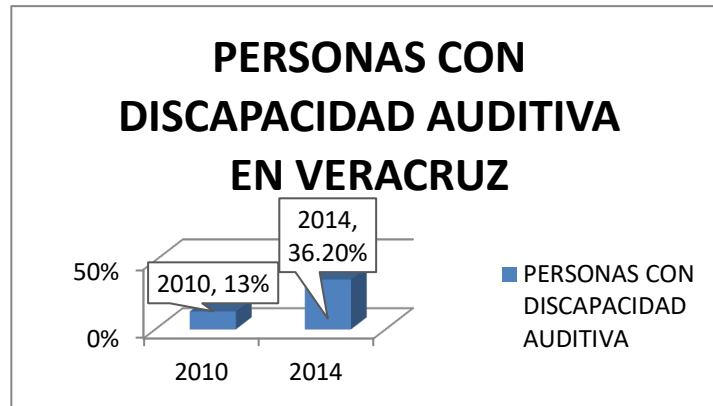
Fig. 3. Fuente: (INEGI, 2010, pág. 45) y (INEGI, 2014, pág. 31)



### PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA DE ACUERDO CON SU EDAD

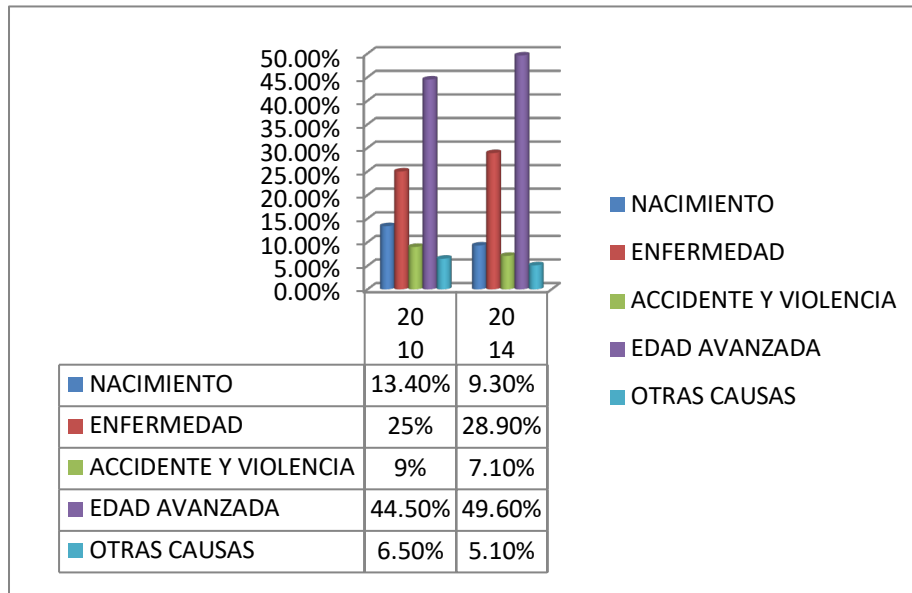
La gráfica nos representa como se divide la población total de discapacitados auditivos por edades.

Fig. 4. Fuente: (INEGI, 2010, pág. 46) y (INEGI, 2014, pág. 33)



La gráfica indica el aumento de personas con discapacidad auditiva en el estado de Veracruz.

Fig. 5. Fuente: (INEGI, 2010, pág. 47) y (INEGI, 2014, pág. 34)



**CAUSAS DE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA**

La gráfica nos muestra las principales causas de sordera en el país de la población total de México.

**CONCLUSIONES**

En base a los resultados obtenidos durante la investigación, cabe resaltar que año con año las personas con discapacidad auditiva aumenta, el principal motivo por el cual se presenta dicha discapacidad es por edad avanzada, y que los organismos que se encargan de dar apoyo a estas personas son pocos ya que aún no se crea

---

conciencia sobre lo importante que es la audición para que las personas puedan llevar una vida integra, al igual concientizar a la población, ya que existe mucha ignorancia sobre esta discapacidad y que el tratarla no es tan difícil, ya que existen los auxiliares auditivos los cuales son una alternativa para mejorar la audición perdida en dichas personas, aunque en la mayoría de las ocasiones las personas no conocen dichos aparatos, y mucho menos sus características para elegir el adecuado dependiendo del grado de pérdida de audición.

En cuestión de la calidad de vida de las personas con discapacidad auditiva sus derechos se encuentran protegidos por diversas instituciones gubernamentales tanto internacionales como nacionales pero el problema que en cuestión social esos derechos no se respetan puesto que aún existe demasiada discriminación como lo es laboral, verbal entre otros. La educación para una gente sorda es demasiada costosa y es por eso por lo que no todos pueden acceder a la misma, dado esto aún existe mucha ignorancia para ellos y aun que pudiesen lograr estudiar en una escuela pública la atención no es la misma ya que la educación va dirigida a personas sin discapacidades puesto que los maestros no tienen la suficiente preparación para atender a gente sorda.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- (México), I. N. (2014). INEGI. Recuperado el 2014, de <http://internet.contenidos.inegi.org.mx>
- INEGI. (2010). Recuperado el 2010, de [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/discapacidad/702825051785.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/discapacidad/702825051785.pdf)
- INEGI. (2014). Recuperado el 2014, de [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825090203.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825090203.pdf)
- Programa de Aparatos Auditivos Gratuitos, Denominado Escucha. (2018). Obtenido de [file:///C:/Users/d138p/Downloads/vista\\_preliminar%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/d138p/Downloads/vista_preliminar%20(1).pdf)
- PROGRAMA DE DONACIÓN DE AUXILIARES AUDITIVOS A PERSONAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS. (2019). Obtenido de <https://tabasco.gob.mx/tramite/donacion-de-auxiliares-auditivos>
- Solicitud de prótesis externa, ortesis o ayuda técnica. (2019). Obtenido de <http://www.imss.gob.mx/tramites/imss03017>
- ASENJO ANGULO, M. D. (2010). EL ALUMNO CON DISCAPACIDAD AUDITIVA. EDIUNNOVA, 2-3.
- ASENJO ANGULO, M. D. (2010). EL ALUMNO CON DISCAPACIDAD AUDITIVA. Eduinnova, 9.
- Huerta Solano, C. I., & Varela Barraza, J. A. (26 de noviembre de 2018). No a la discapacidad: la Sordera como minoría lingüística y cultural. Revista Nacional e Internacional de Educación Inclusiva, 80.
- Muyor Rodríguez, J. (2012). La (con)cienencia del Trabajo Social en la discapacidad: Facultad de Trabajo Social de la Universidad de Almería, 32.
- Programa de donación de aparatos auditivos. (s.f.). Obtenido de [http://www.yucatan.gob.mx/servicios/ver\\_tramite.php?id=1110](http://www.yucatan.gob.mx/servicios/ver_tramite.php?id=1110)
- Rodríguez Ruiz, J. (noviembre de 2015). Rendimiento académico del alumnado con discapacidad auditiva que cursa educación secundaria obligatoria



# KIT EDUCATIVO PARA LA DETECCIÓN DE BACTERIAS PATÓGENAS EN ALIMENTOS

JACEL ADAME GARCÍA<sup>1</sup>, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ<sup>2</sup>, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS<sup>3</sup>, ADRIANA ELENA RIVERA MEZA<sup>4</sup>

## RESUMEN

Es necesario que para la formación integral de los estudiantes se lleven a cabo prácticas de laboratorio que les permitan abordar temas de la vida cotidiana como lo es la inocuidad alimentaria, sin embargo la mayoría de las instituciones no cuentan con los insumos necesarios, y los docentes se ven en la necesidad de no abordar los temas, por lo que el ofrecerles un producto con ventajas competitivas, como un producto asequible, de fácil adquisición, sencillo y que además cuente con todos los insumos requeridos para la detección de la presencia de patógenos en alimentos, resulta atractivo para los profesores que tienen la necesidad de realizar prácticas. Con base en lo anterior se desarrolló este kit educativo donde se brindan los materiales y reactivos necesarios para detectar bacterias patógenas en alimentos, además de extraer su ADN de una forma rápida y sencilla, todo esto lo podrán realizar los estudiantes en sus propias instalaciones. Este kit educativo está diseñado especialmente para instituciones educativas de nivel medio superior como bachilleratos, telebachilleratos, CBTis, CBTas, preparatorias oficiales, entre otros.

Palabras clave: Prácticas, Laboratorio, Educación, Medio Superior

El desarrollo de las prácticas es un aspecto clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por la fundamentación teórica que aporta a los estudiantes, como el desarrollo de habilidades y destrezas, promoción de capacidades de razonamiento, pensamiento crítico y creativo para las cuales el trabajo experimental es fundamental (López-Rua y Tamayo-Alzate, 2012). Realizar

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico de Ursulo Galvan. dra.adame.garcia@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico de Ursulo Galvan. jazzjvn@hotmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico de Ursulo Galvan. jose.antonio.itug@gmail.com

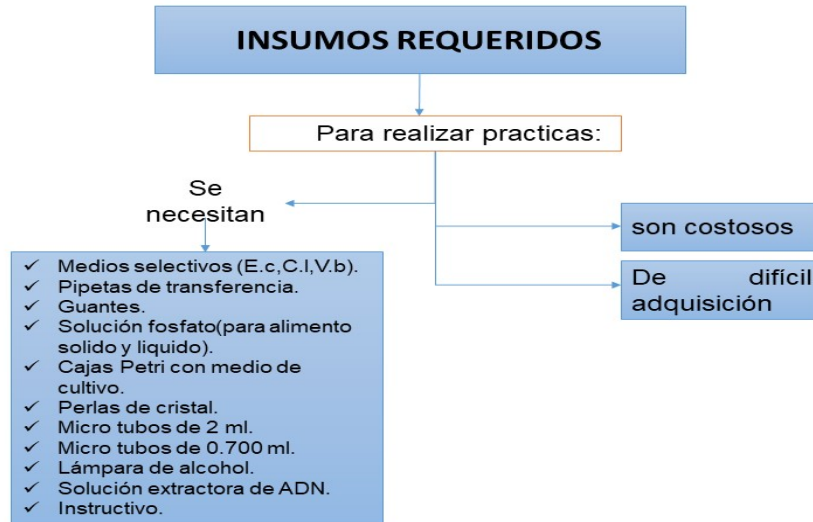
<sup>4</sup> Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico de Ursulo Galvan. mcadriana.rivera@gmail.com

prácticas permite que los estudiantes puedan entender que acceder a la ciencia no es imposible. El trabajo en el laboratorio favorece y promueve el aprendizaje de las ciencias, promueve los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales (Osorio, 2004). La ciencia requiere de la práctica para entender su complejidad e importancia, pero para lograrlo se requiere contar con los materiales necesarios o indispensables, lamentablemente esto no sucede en numerosas escuelas, lo que provoca que las ciencias y su estudio continúen rezagadas, una de las causas es la falta de presupuesto para poder comprar todo lo necesario. Esto provoca que los estudiantes solo busquen acreditar la materia sin entenderla (El Crisol, 2017). Por lo que resulta necesario proporcionar los insumos a través de un kit de costo asequible para que pueda ser adquirido por las instituciones y que puedan desarrollar las prácticas en sus instalaciones.

En las escuelas de nivel medio superior como en todos los niveles, es necesario que los jóvenes realicen prácticas de laboratorio que complementen su formación, estas actividades requieren materiales y reactivos para poder desarrollarse. Sin embargo, los insumos requeridos para realizar las prácticas son costosos y en muchos de los casos de difícil acceso. Con base en lo anterior se desarrolló este kit educativo donde se brindan los materiales y reactivos para detectar bacterias patógenas en alimentos, además de extraer su ADN de una forma rápida y sencilla, todo esto lo podrán realizar los estudiantes en sus propias instalaciones.

Es necesario que para la formación integral de los estudiantes se lleven a cabo prácticas de laboratorio que les permitan abordar temas de la vida cotidiana como lo es la inocuidad alimentaria, sin embargo la mayoría de las instituciones no cuentan con los insumos necesarios, y los docentes se ven en la necesidad de no abordar los temas, por lo que el ofrecerles un producto con ventajas competitivas, como un producto asequible, de fácil adquisición, sencillo y que además cuente con todos los insumos requeridos (Figura 1) para la detección de la presencia de patógenos en alimentos, resulta atractivo para los profesores que tienen la necesidad de abordarlos.

Figura 1. Insumos requeridos para realizar la práctica de detección de patógenos en alimentos.



BioDetec se encuentra en un nivel 5 de maduración según la metodología “Technology Readiness Level”. El kit se validó en condiciones existentes dentro de un entorno real, actualmente es utilizado por estudiantes de nivel medio superior y superior. El proceso ya fue probado técnica y económicamente. Se realizó el registro de propiedad industrial.

Se tienen plenamente identificadas y consideradas las normas, previsiones legales y de medio ambiente del sector como la NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos.

BioDetec está diseñado especialmente para Instituciones educativas de nivel medio superior como bachilleratos, telebachilleratos, CBTis, CBTas, preparatorias oficiales, entre otros. De acuerdo a datos de la Secretaría de Educación Pública (2017) las instituciones de nivel medio superior y superior de acuerdo a la estadística del sistema educativo en México cuentan con 642,383 y 433,580 estudiantes del sistema escolarizado respectivamente. La encuesta de mercado reflejó buena aceptación del producto, por parte de los maestros y estudiantes que utilizaron el kit educativo.

La difusión de la información acerca de la existencia de BioDetec se realiza por medio de redes sociales (Facebook, Instagram, e-mail), página web, línea telefónica (Figura 2), visitas a escuelas, participación en expoferias y ferias científicas, la cual han permitido extender el mercado meta y poder distribuir el kit.

Figura 2. Datos de contacto para adquirir BioDetec



Se realizó la matriz FODA para analizar cada uno de los factores que influyen en el posicionamiento dentro del mercado, como estrategia tenemos la distribución del kit a través de las coordinaciones regionales y estatales de educación media superior (Figura 3). Se cuenta con socios claves como Grupo Fentanes, Uniparts, BioRad, Proveedor Diagnostica, Multicajas, Procesa que garantizan no solo la calidad sino también la disponibilidad de los insumos necesarios para la producción del kit.

Figura 3. Análisis FODA

<p><b>FORTALEZAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es económico</li> <li>• Ayuda a reducir el tiempo de las prácticas.</li> <li>• Cuenta con sustancias que no son toxicas para la salud</li> <li>• Es eficaz con los resultados obtenidos.</li> <li>• Aprendes y desarrollas nuevos conocimientos que te sirven.</li> </ul>	<p><b>OPORTUNIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenemos la oportunidad de darnos a conocer por medio de la SEP, SEV, y con el TecNM, y así nos compren el kit en las universidades.</li> <li>• Brindamos la oportunidad que los alumnos de las universidades aprendan y desarrollen más eficientemente sus prácticas de laboratorio.</li> </ul>
<p><b>DEBILIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de reconocimiento debido que es una marca nueva</li> <li>• Falta de interés de las instituciones y docentes de nivel medio superior.</li> </ul>	<p><b>AMENAZAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que nuestro kit sea atractivo para los estudiantes</li> <li>• Otra cuestión seria que tengamos una fuerte demanda dl producto y no contemos con el recurso suficiente para satisfacer a todos nuestros clientes.</li> <li>• Desastre natural</li> </ul>

Para definir el precio de venta se identificaron los costos fijos (alquiler, luz, gasolina, impuestos, sueldos) con un total de \$15,950.00 mensuales y los costos variables unitarios (solución fosfato, guantes de nitrilo, tubos de 15 ml y 50 ml, pipetas de transferencia, cajas Petri, medios selectivos, lámparas de alcohol, campanas de Durham, perlas de cristal, microtubos de 2.0 ml y 0.7 ml, solución extractora de ADN, cajas de cartón, etiquetas) de \$107.00 con un punto de equilibrio de 172 unidades del kit básico para la detección de bacterias, a un precio de \$200.

Al vender 400 unidades al mes se tendrán ventas por \$80,000.00, costos totales de \$58,750.00 y una utilidad de \$21,250.00. En la corrida financiera se tiene una inversión inicial de \$802,400.00 (la cual se recuperará en el cuarto año), una VAN de \$356,690.91, con una TIR de 25.03% y un costo beneficio de 1.09.

BioDetec reúne características, condiciones técnicas, operativas, financieras y de mercado que aseguran el cumplimiento de metas y objetivos. El producto y su estructura responden a una estrategia que busca crear contextos nuevos e interesantes en la educación media superior y superior

Además, se realizó una búsqueda de los registros de marca, en la base de datos del IMPI, por nombre y búsqueda fonética, no se encontró alguna registrada con el nombre de BioDetec. Por lo que la estrategia de propiedad intelectual que se sigue es el registro de Marca Mixta en la clase NIZA #41, donde se protegerá la marca y el logotipo (Figura 4) para desarrollar eventos educativos para la formación práctica de ciencia y tecnología. Actualmente se tiene la solicitud de registro de Marca Mixta (Denominación y Logotipo) ante el IMPI, con fecha de 08 de agosto del 2019. La solicitud ya está en el sistema del IMPI (Figura 5).

Figura 4. Logotipo de BioDetec.



Figura 5. Solicitud de registro de marca mixta en la página del IMPI.



El Tecnológico Nacional de México en su campus Úrsulo Galván, desarrollaron este kit para la Detección de Bacterias Patógenas en Alimentos y se grabó un video promocional en el Telebachillerato de La Gloria municipio de Úrsulo Galván, Veracruz. El cual fue presentado en el canal de los Tebas a nivel estatal.

El Tecnológico Nacional de México tiene por objeto formar profesionales e investigadores aptos para la aplicación y generación de conocimientos que permitan la solución de problemas a través de actitudes emprendedoras, de innovación y creatividad para incorporar ciencia y tecnología que contribuyan al desarrollo nacional y regional.

¿Cuántos alumnos participan? ¿Qué tiempo les llevó la realización del proyecto? El Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván tiene como objetivo propiciar la vinculación con los diferentes sectores de la sociedad para satisfacer las necesidades del entorno a través de proyectos de innovación tecnológica, es en este sentido que un grupo de cinco estudiantes y tres docentes adscritos al Tecnológico de Úrsulo

Galván, durante un año de trabajo colaborativo, desarrollaron BioDetec: un kit educativo para detectar de manera simple, rápida y a bajo costo la presencia de bacterias patógenas en los alimentos, además de extraer el ADN de cepas desarrolladas.

¿Cuál es el fin del proyecto? Este kit surge para atender las necesidades que se presentan en las escuelas de nivel medio superior en las que es necesario que los jóvenes realicen prácticas de laboratorio que complementen su formación, sin embargo, estas actividades requieren materiales y reactivos para poder desarrollarse los cuales son costosos y en muchos de los casos de difícil acceso.

¿Cómo beneficia este kit a los jóvenes del telebachillerato? Este kit es una parte de las acciones que se requieren para la formación integral de los estudiantes al realizar prácticas de laboratorio que les permitan abordar temas de la vida cotidiana como lo es la inocuidad alimentaria, sin embargo al no contar con los insumos necesarios, los docentes se ven en la necesidad de no abordar los temas, por lo que el ofrecerles un producto con ventajas competitivas como un producto asequible, de fácil adquisición, sencillo y que además cuente con todos los insumos requeridos para la detección de la presencia de patógenos en alimentos, resulta atractivo para los profesores que tienen la necesidad de abordarlos. Con este kit podrán desarrollar la práctica de forma rápida y sencilla, y todo esto lo podrán realizar los estudiantes en sus propias instalaciones.

¿Cuál es el proceso siguiente del video? El video es parte de la difusión de la información acerca de la existencia de BioDetec para que los Telebachilleratos de otras regiones conozcan de su existencia y el Tecnológico Nacional de México a través de su Campus Úrsulo Galván, pueda distribuir el kit hasta sus instalaciones o bien que los estudiantes de los Telebachilleratos asistan a nuestras instalaciones y lleven a cabo la práctica, además de que conozcan que tenemos otros kits ya desarrollados como el de la extracción de su propio ADN. La difusión de este kit también se realiza por medio de redes sociales (Facebook, Instagram, e-mail), página web, línea telefónica, visitas a escuelas, participación en expoferias y ferias científicas, la cual han permitido extender el mercado meta y poder distribuir el kit.

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- López Rúa, A. M., & Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. 8(1):145-166.
- Osorio, Y. W. (2004). El experimento como indicador de aprendizaje. *Boletín PPDQ*, No. 43, pp. 7-10.
- El Crisol. (2017). Los materiales de laboratorio como herramienta para lograr que la enseñanza de las ciencias se más efectiva. Ciudad de México: (<https://elcrisol.com.mx>).
- Secretaría de Educación Pública. (2017). Estadística del Sistema Educativo Veracruz, Ciclo Escolar 2016-2017



# ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA

GUSTAVO SOLANO SILVA<sup>1</sup>, ARLENY LOBOS PÉREZ<sup>2</sup>, MARÍA DE LOURDES LÓPEZ CRUZ<sup>3</sup>

## RESUMEN

En la actualidad la demanda en el consumo de agua purificada en el Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, representa un gasto de administración anual considerable debido al crecimiento de la comunidad tecnológica a 6722 alumnos durante el semestre agosto–diciembre 2018. Factor determinante para la búsqueda de alternativas de inversión y evitar el impacto económico a la institución. El trabajo de investigación muestra la descripción y análisis de alternativas de inversión para poner en servicio la planta purificadora de agua del ITESCO.

Se determinó la capacidad real de producción, análisis financiero considerando inversión inicial, punto de equilibrio, periodo de devolución, VPN y TIR., así mismo se realizó revisión del estado actual de la planta para determinar la inversión inicial para su funcionamiento.

La investigación, ha dado como resultado que la inversión en el mantenimiento inicial, si es rentable de acuerdo a los indicadores financieros, siendo el margen de utilidad estimado bastante considerable, lo que traerá consigo que la institución pueda producir su propia agua purificada.

Con los resultados obtenidos, también cabe la posibilidad de vender agua purificada en las colonias aledañas a la institución a precios accesibles y poder recuperar la inversión inicial en menor tiempo.

Palabras clave: ITESCO, Planta purificadora, Análisis financiero, Tasa interna de retorno, Valor presente neto

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional De México/ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.  
guss\_solano@hotmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional De México/ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional De México/ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

**ABSTRACT**

At present, the demand in the consumption of purified water in the Higher Technological Institute of Coatzacoalcos represents a considerable annual administration expense due to the growth of the technological community to 6722 students during the semester August – December 2018. Determining factor for the search for investment alternatives and avoid the economic impact to the institution.

The research work shows the description and analysis of investment alternatives for commissioning the ITESCO water purification plant.

The actual production capacity, financial analysis considering initial investment, breakeven point, payback period, NPV and IRR were determined, as well as a review of the current state of the plant to determine the initial investment for its operation.

The investigation has resulted in the investment in the initial maintenance, if it is profitable according to the financial indicators, the estimated useful margin being quite considerable, which will result in the institution being able to produce its own purified water.

With the results obtained, it is also possible to sell purified water in the surrounding colonies to the institution at affordable prices and to recover the initial investment in less time.

Keywords: ITESCO, Purifying plant, Financial analysis, Internal rate of return, Net present value.

**INTRODUCCIÓN**

Uno de los recursos ambientales que presenta tantos usos es el agua. En una planta de alimentos se emplea en la producción, en la formulación, en el transporte de vegetales, en la generación de vapor, en los servicios (baños, regaderas, riego, etcétera), en los sistemas de enfriamiento, en el lavado de equipo y maquinaria, etcétera. Su extracción se vuelve cada día más complicada y costosa, sobre todo en países como México, en donde cada día las fuentes principales de abastecimiento están más contaminadas y existe la necesidad de contar con el vital líquido en este caso para consumo directo teniendo la seguridad de que es agua totalmente libre de contaminantes.

Por estas razones, es de suma importancia implementar programas de ahorro, así como de optimización de procesos y de reutilización para disminuir el consumo y evitar desperdicios innecesarios.

Actualmente en México y sobre todo en la región de Coahuila de Zaragoza, Ver. han surgido diversas empresas que se dedican al tratamiento, purificación y venta de agua en garrafones de 20 L. a precios muy variados representando un costo elevado para la economía de las familias porteñas un caso muy particular en este caso es el consumo de agua que se tiene en el Instituto Tecnológico Superior de Coahuila de Zaragoza, quien provee del vital líquido a los alumnos por ser una institución pública. La institución cuenta con una planta purificadora de agua que se quiere poner en funcionamiento para abastecimiento y autoconsumo y con posibilidades de venta a colonos cercanos a la institución, para ello fue necesario determinar las condiciones actuales de la planta mediante la realización de un check list, asimismo, se dan a conocer los costos de insumos requeridos.

Para conocer que tan rentable puede ser su operación, fue necesario determinar la capacidad de diseño nominal y la capacidad de diseño efectiva (capacidad real), a partir de ahí y considerando los costos fijos y variables que representa su puesta en marcha, se realiza un análisis de las alternativas de inversión para demostrar que tan eficiente puede ser la planta purificadora de agua considerando la información obtenida del análisis Costo – Beneficio.

Fue necesario determinar los gastos la inversión inicial, indicadores financieros VAN, TIR, índice de rentabilidad, período de recuperación de la inversión, punto de equilibrio y matriz de sensibilidad utilizando el VAN. Los cuales indican la rentabilidad que tiene la planta purificadora, es importante también considerar algunas limitaciones que se tendrían como el desgaste del equipo y depreciación por tiempo de operación.

En este trabajo de tesis también se incluyen los tipos de análisis microbiológicos y fisicoquímicos que deben realizarse, así como su periodicidad de acuerdo a la norma NOM-201- SSA1-2015.

## **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de este proyecto se realizará la aplicación de la metodología para la determinación de un análisis de Costo – Beneficio, con la información obtenida se podrá aplicar en el presente trabajo y determinar la factibilidad de poner en operación la planta purificadora. Concluido lo anterior, se procederá a realizar la investigación de campo para determinar las características de operación y funcionamiento de la planta purificadora y determinar la capacidad de producción instalada.

Finalmente, se determinará y demostrará llevando a cabo el análisis de costos fijos, variables e inversión inicial, así mismo determinación del punto de equilibrio, el periodo de devolución, valor presente neto y la tasa interna de retorno, para analizar qué tan eficiente y rentable económicamente puede ser el poner en operación la planta purificadora para obtener agua para autoconsumo en el ITESCO y para venta al público en general, principalmente en las colonias que se encuentran aledañas a la institución.

Origen del agua: Se trabajará con agua potable que suministra la comisión municipal de agua y saneamiento dependiente del H. ayuntamiento a la ciudad, el agua que llega a la institución, será descargada a los tanques de almacenamiento del laboratorio de Ingeniería Bioquímica por medio la toma de agua.

La metodología de este trabajo de investigación se compone de los siguientes pasos:

- 1.- Análisis de la situación actual de la planta purificadora de agua del ITESCO para definición del proceso de producción.
- 2.- Estudio técnico para determinar la capacidad instalada de la planta purificadora.
- 3.- Análisis financiero y de inversión que permita determinar la factibilidad de operación de la planta purificadora.
- 4.- Realizar análisis microbiológico para determinar la seguridad en el proceso de purificación y calidad del agua de acuerdo con lo que exigen las NOM.
- 5.- Realizar análisis fisicoquímicos para determinar la seguridad en el proceso de purificación y calidad del agua de acuerdo con lo que exigen las NOM.

Debido a un análisis y a la revisión del estado del arte se definieron estas etapas para el logro del objetivo por lo que a continuación se describe en que consiste cada una de ellas.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la situación actual de la planta purificadora de agua del ITESCO para definición del proceso de producción.

Para realizar esta actividad, fue necesario realizar un check list, el cual permitió revisar y conocer el estado actual en el que se encuentra la planta, para la verificación de todos los equipos y componentes que forman parte del proceso de purificación del agua. La información se muestra en la tabla 1 y 2.

Tabla 1. Check list realizado de las características del estado y características de los accesorios de la planta purificadora de agua del ITESCO.

Equipo	Condiciones actuales	Estado físico	Funciona
Filtro carbón activado	Requiere recambio de carbón activado	Buenas condiciones	si
Filtro lecho profundo	Requiere recambio de cartucho de arena	Buenas condiciones	si
Filtro de resina catiónica	Requiere recambio de resina	Buenas condiciones	si
Filtro pulidor	Requiere cambio de cartucho	Buenas condiciones	si
Lampara UV	Requiere lampara nueva	fundida	no
Llenadora de garrafrones	Requiere limpieza/mantenimiento	Buenas condiciones	si
Equipo de Osmosis inversa	Membrana en buen estado	Buenas condiciones	si
Cisternas de 1,000 l para desinfección con cloro	Requiere limpieza	Buenas condiciones	si
Cisternas de 1,000 l para almacenamiento de agua purificada	Requiere limpieza	Buenas condiciones	si
Lavadora de garrafrones	No se cuenta con ella	no aplica	No aplica
Electro Bomba	Buen estado	Buenas condiciones	si

Fuente: Elaboración propia.

En esta actividad realizada, para conocer el estado actual de la planta purificadora, se encontró que la lámpara de luz UV no funciona, por lo cual se requiere su reemplazo ya que este paso en el proceso de purificación es considerado importante porque ayuda a eliminar cualquier microorganismo patógeno que pase por esta frecuencia dada de luz, la luz UV suele funcionar donde el cloro no lo hace.


Es necesario que se invierta en la lámpara de luz ultravioleta para completar el proceso y asegurar la purificación del agua.









Otro problema encontrado de acuerdo al check list realizado, fue que no se cuenta con el equipo lavador de garrafones, este si es considerado importante ya que es donde se inicia el proceso y aseguramiento de la limpieza del garrafón que contendrá el agua purificada.

Se cotizará los costos con diversos proveedores para adquirir este equipo.

En el caso de los filtros, estos se encuentran en buen estado y solo requieren limpieza o retro lavados, los cuales se programan después de ciertas horas de trabajo por el equipo. En la tabla 7, se hace una descripción de los equipos que conforman la planta purificadora de agua, así como los costos estimados de cada uno al día 29 de octubre del 2018.

Tabla 2. Partes que conforman la planta y que intervienen en el proceso de purificación del agua.

<p>Filtro de lecho profundo (Anexo 1)</p>		<p>\$ 8,932.00</p>
<p>Filtro de resina catiónica</p>		<p>\$ 9,290.00</p>

<p>Filtro pulidor</p>		<p>\$ 1,420.00</p>
<p>Lampara uv</p>		<p>\$ 8,000.00</p>
<p>Gabinete Llenador de garrafones</p>		<p>\$ 24,800.00</p>
<p>Equipo de Osmosis inversa</p>		<p>\$43,000.00</p>
<p>Filtro de carbón activado</p>		<p>\$3,850.00</p>
<p>Cisternas de 1,000 l para desinfección con cloro</p>		<p>\$2,815.80</p>
<p>Cisternas de 1,000 l para almacenamiento de agua purificada</p>		<p>\$2,815.80</p>
<p>Lavadora de garrafones</p>		<p>\$8,000.00</p>

Fuente: Elaboración propia

El costo estimado de la lavadora de garrafón se obtuvo de la lista de precios de la empresa ultravioleta purificación localizada en la cd. de Cuernavaca Morelos., con fecha 08/09/18.

Total inversión inicial = Cotización de insumos y partes + capital de trabajo inicial.

Total inversión inicial = \$54,465.2572 + \$11,887.00 = \$66,352.2572

Realización del estudio técnico para determinar la capacidad instalada de la planta purificadora.

Para llevar a cabo el estudio técnico y analizar la capacidad instalada de la planta, será necesario conocer la capacidad de operación de los equipos que intervienen en el proceso de purificación del agua, como son filtros de carbón activado, filtros pulidores, suavizadores, osmosis inversa, entre otros, esto servirá para calcular, esto se puede conocer realizando el cálculo para conocer la capacidad de diseño nominal y la capacidad real de producción anual de llenado de garrafones.

Para determinar la capacidad instalada, se consideró necesario que la planta funcionara durante una hora, para saber la cantidad de garrafones que se podían llenar, siendo este resultado de 50 garrafones aproximadamente; así mismo se consideran los días que se trabajaran durante un año.

Capacidad de diseño nominal

Es la tasa máxima posible de producción para un proceso, dado los diseños actuales del producto, mezcla de producto, políticas de operación, fuerza laboral, instalaciones y equipo, es decir todas las especificaciones técnicas del fabricante.

$$\text{Capacidad de diseño nominal} = \frac{\text{(horas trabajadas al día)} (\text{días trabajados al año})}{(1 \text{ hr} / \text{cantidad de producción por hora})}$$

Capacidad de diseño nominal = Garrafones por año

$$C.D.N. = \frac{(8 \text{ hr.})(215 \text{ días})}{(1 \text{ hr.}/50 \text{ garrafones})}$$

CDN= 86,000 Garrafones por año

Capacidad de diseño efectiva (Capacidad real)

Es la tasa de producción real lograda por el proceso, no sólo es menor que la capacidad efectiva, también es mucho menor que la capacidad de diseño y varía en el tiempo, los factores que la condicionan son los siguientes: Daños de los equipos,



porcentajes de desperdicios, repetición en los procesos, trabajo limitado de la máquina y ausentismo de los empleados.

$$\text{Capacidad de diseño efectiva} = \frac{(\text{hrs. trabajadas}) - (\text{hrs. de acciones preventivas}) + (\text{hrs. de acciones correctivas})}{\text{al año} \quad \text{al año} \quad \text{al año}} \text{-----}$$

$$\text{efectiva} \quad \quad \quad (1 \text{ hr} / \text{ cantidad de producción por hora})$$

Capacidad de diseño efectiva = Garrafrones al año

$$CDE = \frac{(1720\text{Hr Trab}) - ((48 \text{ Hr. prev.}) + (24 \text{ Hr. corr.}))}{\left(\frac{1\text{Hr}}{50 \text{ prod. Hr.}}\right)}$$

C.D.E. = 2868/0,02 = 82,400 Garrafrones al año.

Determinación del precio de venta

Para determinar el precio de venta del agua en garrafrones de 20 L, se deben determinar los siguientes costos. En este caso se realizó una estimación.

Una vez determinada la capacidad de diseño nominal y la capacidad de diseño efectiva (operación real) de la planta purificadora de agua, se procederá a realizar el análisis Costo-Beneficio considerando su capacidad y mantenimiento, así como los gastos generados por la operación de la planta conociendo la capacidad de producción de agua para el autoconsumo.

Para determinar el costo total unitario de producción se emplean los datos obtenidos anteriormente como son el costo final unitario y el costo variable unitario.

El costo Total Unitario de producción

$$CTU = CFU + CVU$$

Cálculo del costo fijo unitario, se determina con la siguiente formula

$$CFU = \frac{CFT}{NTU}$$

CFT = costos fijos totales

NTU = número total de unidades producidas durante el ciclo de vida del proyecto

$$CFU = \$2,500.00 / 1000 \text{ Unidades} = \$ 2.50$$

Cálculo del costo variable unitario, se determina con la siguiente formula

$$CVU = \frac{CVT}{NUP}$$

CVT = costo variable total

NUP= número de unidades producidas en un periodo de tiempo (días, semanas, meses, etc.)

CVU= \$4,952.00/1000 unidades = \$ 4.952

Calculando el costo total unitario de producción, este da como resultado \$7.452

CTU= \$2.50 + \$ 4.952= \$7.452 Realizar el análisis financiero y de inversión que permita determinar la factibilidad de operación de la planta purificadora.

Para realizar este punto, será necesario llevar a cabo la estimación de los costos de producción, estimación de ingresos y egresos, considerando los insumos y cuánto puede costar el producir un garrafón de 20 L de agua purificada. Para ello se calcularán los indicadores financieros como son punto de equilibrio, Periodo de devolución (payback period), Valor presente neto (Net present value) y la Tasa interna de retorno (internal rateo return).

Indicadores de rentabilidad.

Punto de Equilibrio - BREAKEVEN POINT(BP)

Observar el punto de equilibrio para realizar un esfuerzo por mejorar es una de las formas más sencillas de hacer el análisis de Costo / Beneficio. El punto de equilibrio es el tiempo que tomaría para que el total de los ingresos incrementados y/o la reducción de gastos sea igual al costo total. Sin embargo, no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

El punto de equilibrio es un concepto de las finanzas que hace referencia al nivel de ventas donde los costos fijos y variables se encuentran cubiertos. Esto supone que la empresa, en su punto de equilibrio, tiene un beneficio que es igual a cero.

Para determinar el punto de equilibrio, se utiliza la siguiente formula:

$$PE = \frac{\text{Costos fijos totales}}{(Pvu - Cvu)}$$

Donde:

PE = Número de unidades en el punto de equilibrio

Pvu = Precio de venta por unidad

Cvu= Costo variable (producción) por unidad

Cálculo del punto de equilibrio

Para determinar el punto de equilibrio, es necesario determinar el margen de contribución.

Contribución marginal = precio de venta – costo variable unitario

Contribución marginal = \$10.00 – \$4.952

**Contribución marginal = \$5.048**

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{CFT}}{\text{MC}}$$

Donde:

CFT = costo fijo total(mensual)

MC = margen de contribución

Punto de equilibrio = 495.24= 496 unidades a vender.

Punto de equilibrio en pesos = (cantidades a vender) (el precio de venta)

Punto de equilibrio en pesos = 496 unidades \* \$10.00

**P.E. = \$ 4,960.00**

De acuerdo a los datos obtenidos, esto quiere decir que se necesitan vender 496 unidades al mes para cubrir los costos fijos y los costos variables que en términos monetarios que ascienden a \$4,960.00

Cálculo del punto de equilibrio anual en unidades

$$\begin{aligned} \text{P.E. unidades anuales} &= \frac{30,000.00}{4.952} \\ &= 6058.158 = 6059 \text{ unidades a vender} \end{aligned}$$

Cálculo del punto de equilibrio en pesos

$$\begin{aligned} \text{P.E en pesos} &= (6059)(10.00) \\ &= \$ 60,590.00 \end{aligned}$$

Tabla 3 Punto de equilibrio en unidades y en pesos

Punto de equilibrio	Mensual	Anual
En unidades	496	6059
En pesos	\$ 4,960.00	\$ 60,590.00

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo del punto de equilibrio gráfico

Para determinar el punto de equilibrio gráfico es necesario contar con los datos siguientes:

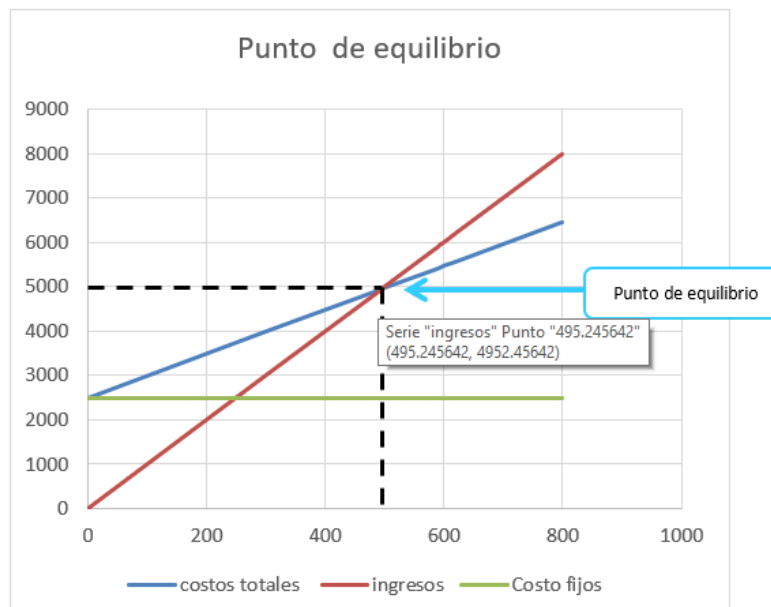
Tabla 4 Datos para determinar el punto de equilibrio gráfico

<b>Costos fijos</b>	2500		<b>Punto de Equilibrio</b>	495.2456418
<b>Costos variables</b>	4.952		<b>Ingreso de equilibrio</b>	4952.456418
<b>Precio de venta</b>	10			

Tabla 5 Determinación de los costos de ingresos para punto de equilibrio gráfico

unidades	costos totales	ingresos	Costos fijos
0	2500	0	2500
300	3985.6	3000	2500
<b>495.245642</b>	<b>4952.456419</b>	<b>4952.45642</b>	2500
500	4976	5000	2500
590	5421.68	5900	2500
595	5446.44	5950	2500
600	5471.2	6000	2500
620	5570.24	6200	2500
700	5966.4	7000	2500
800	6461.6	8000	2500

Figura 1 Representación gráfica del punto de equilibrio



El punto de equilibrio gráfico muestra que al producir 495. 245642 ≈ (496) garrafones de agua purificada al mes, se podrá recuperar la inversión realizada de costos fijos y costos variables durante el mismo mes, es decir si hay una producción

mayor a esta cantidad mensualmente, se puede decir que se obtienen utilidades, estas utilidades pueden ser ocupadas para otros gastos posteriores como puede ser el mantenimiento preventivo o correctivo de la planta, así mismo generar ingresos propios para la institución.

Determinación de los flujos netos de efectivos (Métodos más comunes para el análisis de costos/ beneficio)

- Periodo de devolución (payback period)
- Valor presente neto (Net present value)
- Tasa interna de retorno (internal rate return)

Estos métodos se utilizaran para los cálculos siguientes.

Ingresos proyectados

Para determinar los ingresos proyectados se ha considerado iniciar con ventas del 80% (82,400\*80%) de la capacidad productiva de la planta, y manteniéndolo durante los 5 años siguientes, se considera aumentar el precio en un 5% cada año en relación a la inflación del año anterior.

Tabla 6. Ingresos proyectados

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023
Número de unidades	65920	65920	65920	65920	65920
Precio de venta \$	10.00	10.50	11.025	11.58	12.15
Total de ingresos (\$)	659,200.00	692,160.00	726,768.00	763,353.60	800,928.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 7 Egresos proyectados

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023
Número de unidades	65920	65920	65920	65920	65920
Costo de producción unitario \$	4.952	6.0745	6.378	6.697	7.032
Total, costo de producción (\$)	381366.976	400431.04	420437.76	441466.24	463549.44
Mas: Costos fijos (\$)	30,000.00	31,500.00	33,075.00	34,728.75	36,465.18
Total egresos	411,366.98	431,931.04	453,512.76	476,194.99	500,014.62

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Flujos netos de efectivo

Años	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	FNE
0		-70,000.00	-70,000.00
2019	659,200.00	411,366.98	247,833.02
2020	692,160.00	431,931.04	260,228.96
2021	726,768.00	453,512.76	273,255.24
2022	763,353.60	476,194.99	287,158.61
2023	800,928.00	500,014.62	300,913.38

Fuente: Elaboración propia

Período de recuperación (PAYBACK PERIOD EXERCISE)

Tiempo que requiere un proyecto para que los flujos de caja esperados, actualizados al presente, igualen el capital inicial invertido, en otras palabras, el tiempo necesario para recuperar la inversión.

Este método calcula la cantidad de tiempo que se tomaría para lograr un flujo de caja positivo igual a la inversión total. Toma en cuenta beneficios, tales como el valor asegurado.

Este método indica esencialmente la liquidez del esfuerzo por mejorar un proceso en vez de su rentabilidad. Al Igual que el Análisis del Punto de Equilibrio, el análisis del período de devolución no tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

Cuando los flujos de caja son iguales todos los años se realiza el siguiente calculo.

$$\text{Payback} = \frac{I_0}{F}$$

Donde:  $I_0$  = es la inversión inicial del proyecto

$F$  = es el valor de los flujos de caja

Cuando los flujos de caja son diferentes todos los años se realiza el siguiente calculo.

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{Ft}$$

$a$  = es el número del periodo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial.

$I_0$  = es la inversión inicial del proyecto

$b$  = es la suma de los flujos hasta el final del periodo “a”

$Ft$  = es el valor del flujo de caja del año en que se recupera la inversión.

Tabla 9 Flujos netos efectivos por año

Años	FNE
0	70,000.00
2019	247,833.02
2020	260,228.96
2021	273,255.24
2022	287,158.61
2023	300,913.38

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la fórmula de flujos de caja cuando son diferentes en todos los años

$$\text{Payback} = 0 + \frac{70,000.00 - 0}{247,833.00}$$

$$\text{Payback} = 0.282448 \text{ años}$$

$$3.389379 \text{ Meses} \quad 101.68137 \text{ Días}$$

Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

Para determinar el valor actual neto se debe considerar una tasa mínima aceptable de retorno (TMAR) = Tasa de la inflación + premio al riesgo + la inflación x el premio al riesgo.

En la tabla siguiente se analiza el desempeño histórico de la inflación de la economía mexicana proyectada hasta el 2040. Para el cálculo de la TMAR en este caso, se considera la inflación para el año 2020, la cual es de 3.65% de acuerdo al resumen ejecutivo escenarios Macroeconómicos para México de HR Ratings de México, S.A. de C.V. quien es una institución calificadora de valores autorizada por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores. (Felix Boni, 2019)

Tabla 10 Para el cálculo de la TMAR

Escenario Base										
	2010	2011	2012	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Producto Interno Bruto (PIB) Real*	8,848	9,194	9,521	9,799	10,315	11,728	13,333	15,159	17,235	19,595
Producto Interno Bruto (PIB) Nominal**	13,090	14,342	15,529	16,558	18,735	25,495	34,636	46,963	63,552	85,853
Crecimiento Real del PIB	5.53%	3.91%	3.56%	2.91%	2.60%	2.60%	2.60%	2.60%	2.60%	2.60%
Inflación en México en Promedio de 12 Meses	4.16%	3.41%	3.75%	3.60%	3.72%	3.65%	3.61%	3.57%	3.53%	3.50%
Cociente de Eficiencia Monetaria	0.4563	0.4939	0.4310	0.4237	0.9466	0.7083	0.7163	0.7244	0.7327	0.7403
Tasa de Referencia Real	0.33%	1.06%	0.72%	0.86%	0.99%	1.16%	1.16%	1.16%	1.16%	1.16%
Tasa de Referencia Nominal	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	4.75%	4.85%	4.81%	4.77%	4.73%	4.70%
Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIE)										
a 28 Días	4.91%	4.82%	4.76%	4.76%	5.01%	5.11%	5.07%	5.03%	4.99%	4.97%
a 91 Días	5.00%	4.86%	4.78%	4.78%	5.03%	5.13%	5.09%	5.05%	5.01%	4.99%
Ramo 28, Monto Nominal***	437,328	477,256	516,030	550,220	622,588	847,214	1,150,979	1,560,604	2,111,879	2,852,973
Ramo 28 como porcentaje del PIB	3.34%	3.33%	3.32%	3.32%	3.32%	3.32%	3.32%	3.32%	3.32%	3.32%
Tipo de Cambio Nominal	12.65	12.49	13.66	13.59	13.57	14.43	15.35	16.29	17.26	18.26
Índice Peso Real (Base=1999)	100.06	101.57	94.12	95.75	98.00	98.69	99.18	99.68	100.18	100.68
Peso por UDI	4.5263	4.6913	4.8927	5.0711	5.4551	6.5299	7.8044	9.3089	11.0813	13.2008

Fuente: HR Ratings. Proyecciones con información de Banxico, SHCP e IIEGI.

(\*,\*\*,\*\*\*.) Ver Anexo 1

Se considera un premio al riesgo bajo que oscila de 1 al 10%.

Por lo tanto, la TMAR es de 3.65% de inflación + el 10% del premio al riesgo + 3.65% de inflación \*10% del premio al riesgo.

TMAR = 14.015%

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

El Valor Actual Neto nos permitirá afrontar un par de decisiones. Por un lado, conocer si las inversiones a realizar merecen la pena por la obtención de beneficios y por otro comprobar qué inversión es la más ventajosa. Para ello hay que tener en cuenta los siguientes parámetros.

VAN superior a 0: el proyecto de inversión permite conseguir ganancias y beneficios.

VAN inferior a 0: debe rechazarse la inversión al provocar pérdidas.

VAN igual a 0: el proyecto de inversión no genera ni pérdidas ni beneficios, por lo que su ejecución provoca indiferencia.

Tabla 3 Flujos netos para el cálculo del VAN

Años	FNE
0	70,000.00
2019	247,833.02
2020	260,228.96
2021	273,255.24
2022	287,158.61
2023	300,913.38
<b>VAN =</b>	<b>\$ 858,034.249</b>

Fuente: Elaboración propia



VAN = \$ 858,034.249 significa que cuando la VAN es superior a 0: El proyecto de inversión permite conseguir ganancias y beneficios.

Tasa Interna de Retorno INTERNAL RATE OF RETURN (IRR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Donde:

Ft son los flujos de dinero en cada periodo t

I0 es la inversión realiza en el momento inicial ( t = 0 )

n es el número de periodos de tiempo

Tabla 4 Flujos netos para el cálculo de la TIR

Años	FNE
0	70,000.00
2019	247,833.02
2020	260,228.96
2021	273,255.24
2022	287,158.61
2023	300,913.38
<b>TIR =</b>	<b>359%</b>

Fuente: Elaboración propia

Comprobación de la TIR a través de la VAN

$$VAN = -\$70,000.00 + (247,833.02)/(1+3.59)^1 + (260,228.96)/(1+3.59)^2 + (273,255.24)/(1+3.59)^3 + (287,158.61)/(1+3.59)^4 + (300,913.38)/(1+3.59)^5 = 0$$

el VAN, permite saber si es viable invertir en un determinado negocio La TIR es un porcentaje que mide la viabilidad de un proyecto o empresa.

Comparación de los costos de los garrafones de agua de 20 L de acuerdo al mercado de agua purificada más común en la zona.

Tabla 5 Precios de agua purificada según marcas locales

Marca	Costo en pesos
Bonafont	33
Santorini	31
Ciel	32
Cristal	32
Boneau	28
Inmaculada	26
Purificadoras locales	12-15
<b>AGUA ITESCO</b>	<b>10</b>

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se investigó para obtener los costos de ventas al público de agua purificada de diferentes marcas, se puede determinar que representa un costo alto para el consumidor, en relación al costo de venta propuesto del agua producida por la planta purificadora del ITESCO que es de \$10.00 por garrafón de 20 L, este precio de venta da un margen de utilidad (ganancia) del 25.48% dado que el costo total unitario de producción por garrafón es \$7.452 de acuerdo al cálculo realizado para producir 1000 unidades de 20 L

Análisis microbiológico para determinar la seguridad en el proceso de purificación y calidad del agua de acuerdo con lo que exigen las NOM.

En el proceso de purificación del agua es importante que esta esté libre de microorganismos patógenos, que pueden dañar la salud del consumidor, es por ello que se hará un análisis microbiológico donde se determinará que haya ausencia tanto de mesófilos aerobios como de coliformes fecales en base a la NORMA Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2015, Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel.

Esta Norma establece las características y especificaciones sanitarias que deben cumplir el agua y el hielo para consumo humano que se comercialice preenvasado o a granel y los establecimientos que se dediquen al proceso o importación de dichos productos. (DOF, 2018).

De acuerdo a la norma mencionada, en su apartado 5.1.5 especifica las condiciones sanitarias del producto ya envasado y cerrado, en la tabla siguiente se muestran los límites máximos permisibles de macroorganismos patógenos que puede contener el agua purificada y envasada de acuerdo al apartado 5.1.5.1.2 de la norma.

Tabla 6 límites máximos permisibles

ESPECIFICACIÓN	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (1)		
	(NMP/100 mL)	UFC/100 mL	Organismos/100mL
Coliformes Totales.	<1,1	CERO	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>(2)</sup> .	<1,1	CERO	No aplica
Enterococos fecales <sup>(3)</sup> .	<1,1	CERO	Ausencia
Esporas de <i>Clostridium sulfito reductores</i> <sup>(2, 3)</sup> .	<1,1	CERO	No aplica

Fuente: NOM-201-SSA-2015

(1) La unidad a informar será de acuerdo al método utilizado.

(2) Especificaciones sólo para agua mineral natural.

(3) La autoridad sanitaria establecerá los casos en que se realizará la determinación de estas especificaciones.

análisis fisicoquímicos para determinar la seguridad en el proceso de purificación y calidad del agua de acuerdo con lo que exigen las NOM

Los principales análisis fisicoquímicos que se realizarán al agua purificada obtenida, serán pH, Turbiedad, color, olor y sabor.

Tabla 7 Límites máximos permisibles de propiedades fisicoquímicas

ESPECIFICACIÓN.	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE.
Color.	15 (Pt/Co).
Turbiedad.	3,0 (UNT)
Cloro residual libre	0,1 mg/L
Olor*	Inodoro
Sabor *	Insípido
pH *	6,5 - 8,5

Fuente: NOM-201-SSA-2015

\*NOM-041-SSA1-1993 especificaciones para agua purificada envasada

En el caso de los análisis microbiológicos y en los análisis fisicoquímicos, deben apegarse a esta normatividad, la cual especifica que los análisis microbiológicos deben realizarse cada semana y en el caso de los fisicoquímicos cada mes, cabe mencionar que pH, olor y sabor deben realizarse diariamente, como medida de seguridad interna que se debe tener para asegurar al máximo la calidad del agua purificada por esta planta.

Una recomendación es que se deben realizar los procedimientos de cada análisis para que la persona que los realice, conozca bien los pasos a seguir, así como la preparación de materiales y reactivos que se necesitaran.

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Al realizar la evaluación económica y financiera, se emplearon los métodos actuales de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, como son la tasa interna de Retorno INTERNAL RATE OF RETURN (IRR), el valor presente neto (VAN), período de devolución (PAYBACK PERIOD EXERCISE) y la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), que es un porcentaje que por lo regular se determina, esta tasa se usa como referencia para determinar si el proyecto le puede generar ganancias o no.

Esta parte es muy importante, pues es la que al final permite decidir si es viable el proyecto.

Del análisis de los datos que se necesitaron para desarrollar este estudio de factibilidad, se deduce que no se encuentran problemas en relación con el mercado o la tecnología disponible con la que se cuenta para poner en funcionamiento la planta potabilizadora del ITESCO, ya que lo que se encontró como problema, es la limpieza o cambio de los filtros internos del equipo, por tanto, la decisión de inversión es rentable de acuerdo al Análisis de alternativas de inversión que se realizaron para determinar poner en funcionamiento la planta purificadora de agua del ITESCO.

Se determinó también el proceso de producción calculando la capacidad de diseño nominal comparándola con la capacidad de diseño efectiva (Capacidad real) siendo esta diferencia de un 4.18%, aparente mente es un porcentaje mínimo de pérdida

de producción, esto se debe principalmente a factores que pueden intervenir en los paros del equipo como son mantenimientos o reparaciones.

Se analizó la parte técnica para conocer el estado cual que guarda la panta purificadora, en base a esta información se realizó la parte económica, es decir se investigó los costos de los insumos para poder determinar la evaluación financiera y conocer que tan viable resultaba en invertir para el funcionamiento de la planta en base a los cálculos realizados para obtener las utilidades probables.

Asimismo, se determinó en esta parte el cálculo de la cantidad mínima económica que se producirá, llamado punto de equilibrio, Aunque no es una técnica de evaluación, debido a las desventajas metodológicas que presenta, sí es un punto de referencia importante para la determinación del nivel de producción requerido para conocer en que momento los costos totales igualan a los ingresos totales.

A partir de los resultados obtenidos se tiene un VAN (VPN) de \$858,034.249, lo que significa que el proyecto es rentable ya que el valor es superior a cero (0) y esto es un indicador que si se pueden conseguir ganancias y/o beneficios.

En el caso de la tasa interna de retorno, da como resultado TIR =359%, esto, demuestra que el proyecto es rentable debido a que el rendimiento porcentual que proporcionan los recursos invertidos del proyecto es muy superior a la TMAR (TREMA) tasa de recuperación mínima aceptable que es de 14.015 %, siendo superior la TIR.

Los resultados obtenidos demuestran que el flujo en el primer año, logra cubrir la inversión inicial, lo que indica que los siguientes años la inversión será mínima dado que se tienen que hacer mantenimientos preventivos a la planta.

Por lo que la inversión inicial se habrá cubierto por completo de acuerdo al Payback calculado en 0.282448 años, (101.68137 Días).

## **CONCLUSIONES**

Después de revisar los requerimientos de inversión, proyecciones de ingresos estimados, los elementos técnicos financieros sirvieron para afirmar que el proyecto es económicamente viable.

Teniendo en cuenta la estimación de los flujos de efectivo y el rendimiento que representan, se afirma que se puede tener un capital a favor de la institución si el equipo funciona y se opera correctamente.

Al realizar el estudio financiero se incluyeron todos los elementos que se consideraron indispensables en el análisis del proyecto y que son la base para efectuar la evaluación económica.

Por otro lado, el punto de equilibrio mostró el nivel de producción mensual que se debe tener para que los ingresos y los costos se igualen.

También es importante considerar que, al operar la planta potabilizadora, se debe considerar un constante mantenimiento preventivo por parte del personal capacitado y que conoce la correcta operación de la planta, esto es debido a que en todo proceso los equipos van sufriendo desgaste y desajustes, los cuales son un factor importante a considerar en cuanto a la calidad del producto final.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- (s.f.). A., C. M. (02 de 04 de 2018). Obtenido de [http://gis.jp.pr.gov/Externo\\_Econ/Talleres/PresentationCB\\_JP\\_ETI.pdf](http://gis.jp.pr.gov/Externo_Econ/Talleres/PresentationCB_JP_ETI.pdf)
- ACADEM. (10 de 06 de 2018). 100 plan de negocios.com. Obtenido de <http://www.100plandenegocios.com/wp-content/uploads/2013/09/Plan-de-negocios-plantas-purificadoras-de-agua.pdf>
- Agua.org.mx. (07 de 04 de 2018). Obtenido de <https://agua.org.mx/la-industria-del-agua-embotellada-en-mexico/>
- Amaral Apanco, W. J. (Julio de 2016). Tesis. Herramientas financieras: un instrumento para la toma de decisiones en una empresa del sector salud. Distrito Federal, Cd. de México, México.
- Arturo. (26 de 04 de 2018). Crece negocios. Obtenido de <https://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/calidad>, s. l. (10 de 06 de 2018). Obtenido de <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/An%C3%A1lisis%20Costo%20beneficio.pdf>
- Carro Paz Roberto, G. G. (29 de 11 de 2018). Administración de las operaciones. Obtenido de [http://nulan.mdp.edu.ar/1620/1/15\\_capacidad\\_distribucion.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1620/1/15_capacidad_distribucion.pdf)
- DOF. (14 de 10 de 2018). Obtenido de [dofgob.mx](http://dofgob.mx): <http://dof.gob.mx/normasOficiales.php?codp=5880&view=si#>
- DOF.GOB.MX. (28 de 11 de 2018). Normas oficiales mexicanas. Obtenido de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5420977&fecha=22/12/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5420977&fecha=22/12/2015)
- Federación, D. O. (29 de 05 de 2019). [www.dof.gob.mx](http://www.dof.gob.mx). Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5420977&fecha=22/12/2015](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5420977&fecha=22/12/2015)
- Felix Boni. (15 de 01 de 2019). HR Ratings de México, S.A. de C.V. Obtenido de <https://www.hrratings.com/pdf/Versi%C3%B3n%20Ejecutiva.pdf>
- JAPAC. (08 de 04 de 2018). Obtenido de <http://japac.gob.mx/2016/08/24/ventajas-y-desventajas-de-los-purificadores-de-agua/>
- Julio Castro. (18 de 02 de 2015). corponet. Obtenido de <http://blog.corponet.com.mx/que-es-el-estado-de-resultados-y-cuales-son-sus-objetivos>
- Leines, C. (09 de 06 de 2015). MENDELEY. Obtenido de <https://www.mendeley.com/research-papers/balance-general-5/>
- Leonardo Ramírez Medina, N. S. (08 de 12 de 2017). Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd19/collazo/usodfilt.pdf>
- Luz, S. P. (05 de 12 de 2018). Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/40079/2/sanchezpulidogloria.pdf>

- Ma.Rosario, B. O. (2015). plan de negocios para la creación de la planta purificadora de agua “las esmeraldas” en tejupilco estado de méxico. Tejupilco, Estado de México.
- Noticias, c. (08 de 04 de 2018). Colima Noticias.com. Obtenido de <https://agua.org.mx/urgen-politicas-reducir-consumo-agua-embotellada-pinto-torres/>
- Ramírez Medina Leonardo Pérez Duarte, N. S. (08 de 12 de 2017). usodfilt. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd19/collazo/usodfilt.pdf>
- Ruben, M. (07 de 04 de 2018). el universal . Obtenido de <http://www.eluniversal.com.mx/cartera/economia/en-mexico-71-prefiere-beber-agua-embotellada>
- Sánchez Pulido, G. L. (05 de 12 de 2018). Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/40079/2/sanchezpulidogloria.pdf>
- Santiago, A. M. (08 de 12 de 2017). Obtenido de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/download/592/521/>
- SEGOB. (14 de 04 de 2018). secretaría de gobernación. Obtenido de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5420977&fecha=22/12/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5420977&fecha=22/12/2015)
- Urbina, G. v. (2010). evaluación de proyectos 6a edición. México D.F.: McGraw Hill/Interamericana editores S.A.de C.V.
- Van Horne, J. C., & Wachowicz, Jr., J. M. (2010). Fundamentos de administración financiera. En J. C. Van Horne, J. J. Wachowicz, & G. D. Chávez (Ed.), fundamentos de administración financiera (m. a. 25. Osuna, Trad., decimotercera edición ed., pág. 744). Naucalpan de Juárez, Estado de México, México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. . Recuperado el 26 de 05 de 2018, de <https://catedrafinancierags.files.wordpress.com/2014/09/fundamentos-de-administracion-financiera-13-van-horne.pdf>
- Vera del Callejo, O. (26 de 05 de 2018). Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/47530/1/VeradelCallejoOscar.pdf>



# MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE UN SISTEMA GENERADOR ELECTROMAGNÉTICO PARA SUSTENTAR EL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN UN AULA DEL ITESCO

DARINEL MAXIMINO MACARIO<sup>1</sup>, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ<sup>2</sup>, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA<sup>3</sup>,  
JUAN CARLOS RAYMUNDO VILLARREAL<sup>4</sup>

## RESUMEN

El presente Artículo consiste en el estudio y medición de la eficiencia de un generador eléctrico, que al transformar la energía cinética que se genera en un compresor de aire acondicionado, provoca que exista aire constante, siendo que a través de un sistema eólico magnético y de inducción, se logra transformar la energía para convertirla en una fuente de suministro de energía, que complementa en la integración de alimentar a la carga de luminarias, contactos y sistemas de climatización en un aula del ITESCO.

Su funcionalidad radica en un sistema similar al del automóvil, con la diferencia de que su impulso es por medio de una turbina generadora del tipo eólico que estará excitado por el aire de un compresor, así como el complemento de imanes neodimios e inductivos, un elevador de voltaje electrónico, un convertidor de voltaje de CD a CA, y un transformador Toroidal que estabilizará la carga.

Por otro lado, se muestran resultados de medición a la eficiencia que impactara de manera directa en el ahorro energético de la institución, pretendiendo aprovechar cada compresor existente hasta lograr producir un considerable almacenamiento de energía para abastecer una gran carga.

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. maxdarinel@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. savavir286@hotmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Itobon19@hotmail.com

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. jcharly1.7@gmail.com

Palabras clave: Eficiencia de energía, evaluación del costo beneficio producido, Optimización de demanda.

### **ABSTRACT**

The present article consists of the study and measurement of the efficiency of an electrical generator, which on having transformed the kinetic energy that is generated in a compressor of air conditioning, produces that constant air exists, being that across a wind magnetic system and induction, is achieved to transform the energy to turn her into a source of power supply, which it complements in the integration of feeding to the charge of lights, contacts and systems of equipped airs in a classroom of the ITESCO. His functionality consists in a system similar to that of the car, with the difference of which his it impulse it is by means of a generating turbine of the wind type that there will be supplied by the air of a compressor, as well as the complement of magnets neodimios and inductive, an elevator of electronic voltage, a convertor of voltage of CD to CA, and a transformer Toroidal that will stabilize the load. On the other hand results of measurement prove to be to the efficiency that was affecting in a direct way the energetic saving of the institution, trying to take advantage of every existing compressor up to managing to produce a considerable storage of energy to supply a great load..

Keywords: Efficiency of energy, evaluation of the cost produced benefit. Optimization of demand.

### **INTRODUCCIÓN**

La fuente de energía eólica es el viento o la energía cinética, el cual es originado por el desigual calentamiento de la superficie de nuestro planeta, formando movimientos de la masa atmosférica. No es una fuente de energía nueva, lo que sí ha cambiado en el aprovechamiento eólico es la tecnología empleada, los nuevos materiales, el diseño de su aprovechamiento, la búsqueda de lugares apropiados para situar los parques eólicos, etc., pues, en definitiva, las dedicaciones están encaminados en desarrollar soluciones que permitan un mejor aprovechamiento de este tipo de instalaciones [1]. Estos esfuerzos deben tomar en cuenta la estimación,

evaluación y el diseño del generador electromagnético como del recurso eólico para mejorar la productividad.

En el estudio de este capítulo, en primera estancia se describe la forma de estimar la capacidad de energía que puede ser extraída del movimiento cinético proveniente del aire que produce las ventilas de un condensador en el compresor del Aire acondicionado, los factores a considerar en el cálculo de la potencia instantánea en watts en un punto en una cierta área, continuando con las variables que influyen en el compresor, las ecuaciones más usuales para la evaluación matemática del sitio y finalizando el capítulo con el análisis de gráficas y mapas que pueden ser obtenidos a partir de los datos de las mediciones realizadas y que son necesarios para establecer una metodología o técnica para el aprovechamiento de ésta materia prima o recurso eólico en uno de los equipos del aula del ITESCO.

El uso de los modelos matemáticos para determinar la optimización y potencial eólico de este generador electromagnético incluye estudios previos de monitoreo de la velocidad, potencia del aire, consumo de energía, y un manejo adecuado de datos a fin de analizar bien el sistema y determinar la productividad para cuantificar la eficiencia como resultado final.

Los perfiles de la fuerza de la velocidad producido, las R.P.M. que alcance en sus movimientos constantes del generador, para un periodo de tiempo establecido, nos dan la pauta para ver la factibilidad de aprovechar al máximo este rendimiento, mediante la instalación de un buen embobinado, un tipo de imanes y los circuitos electrónicos complementados para su funcionamiento.

Para la estimación preliminar pueden elaborarse mapas fundamentados en la observación de la producción de aire de uno de los ventiladores, es decir, en la inspección visual de indicadores o evidencias físicas, así como la operación de estos equipos con los resultados de las mediciones realizadas.

## **METODOLOGÍA**

Esta investigación y desarrollo del proyecto, se ha realizado en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, carretera antigua Mina Km. 16.5, Col. Reserva territorial de Coatzacoalcos de la ciudad de Coatzacoalcos, Ver., como

lo muestra la Figura 3 y 5 en su situación geográfica.

Figura 1.- Fuente: INEGI (2019); Situación Geográfica de Coatzacoalcos, Ver.  
(ITESCO)



Se realizó un estudio a detalle, del consumo en las cargas total que existe, considerando el gasto por mes, durante todo un año (2018), por consumo de los equipos de aires acondicionados y de las luminarias, en los 11 diferentes edificios del campus Principal del ITESCO, hubo un gasto energético de 881,014 KW, con un costo que llegó alcanzar los \$2,484, 559.00, sin considerar sus extensiones de Cosoleacaque, Pajápan, y Capep (Coatzacoalcos), por lo que al realizar éste sistema propuesto, mejorará significativamente la productividad y ahorro energético, tomando en cuenta que si se realizaran las cantidades de sistemas generadoras, en cada aula de los edificios mencionados, se tendría un generación de nueva energía producida por un total de **26,303.20 KW**, lo que equivaldría a sumarse a la red de CFE en un 35.83%, es decir, habría un ahorro de \$ 890,135.94 pesos anualmente, siendo ésta la eficiencia de productividad, estaría reduciéndose el costo por este consumo hasta \$1,594,423.06 pesos por año, ahorro netamente notorio, por lo que el proyecto es viable.

Figura 4.- Modelo de un sistema Eólico

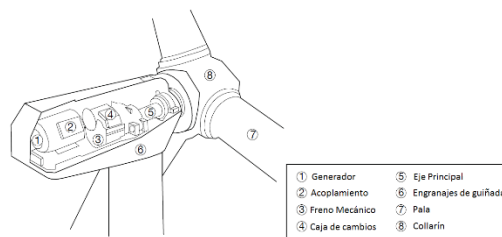


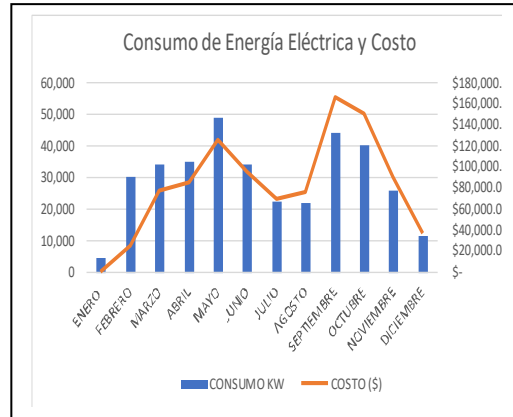
Tabla 10a.- Consumo de energía 2018 -414L4F

AÑO 2018	CONSUMO KW	COSTO (\$)
ENERO	20,345	\$ -
FEBRERO	39,849	\$ 83,445.00
MARZO	42,575	\$ 93,321.00
ABRIL	44,702	\$ 105,640.00
MAYO	61,050	\$ 153,515.00
JUNIO	51,887	\$ 142,655.00
JULIO	42,398	\$ 125,415.00
AGOSTO	49,396	\$ 162,586.00
SEPTIEMBRE	56,716	\$ 209,554.00

Tabla 10b.- Consumo de energía 2018 -341L2F

AÑO 2018	CONSUMO KW	COSTO (\$)
ENERO	4,631	\$ -
FEBRERO	30,407	\$ 24,354.00
MARZO	34,209	\$ 77,276.00
ABRIL	35,124	\$ 85,368.00
MAYO	48,857	\$ 126,064.00
JUNIO	34,134	\$ 96,047.00
JULIO	22,596	\$ 69,278.00
AGOSTO	22,204	\$ 75,198.00
SEPTIEMBRE	44,226	\$ 166,420.00

Gráfica 10a.- Consumo de energía 2018 -414L4F



Gráfica 10b.- Consumo de energía 2018 -341L2F

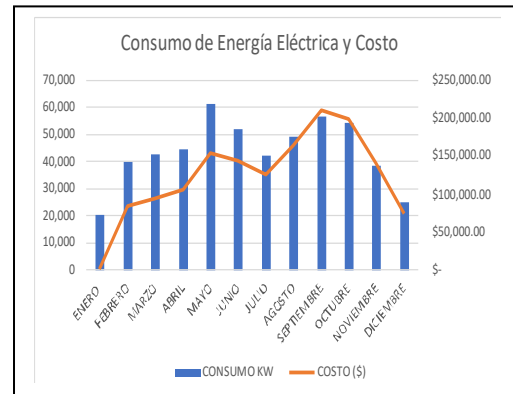


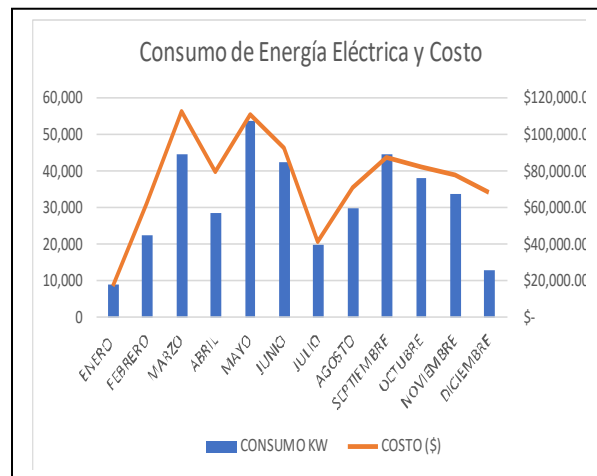
Tabla 11a.- Consumo de energía 2017 -414L4F

AÑO 2017	CONSUMO KW	COSTO (\$)
ENERO	29,618	\$ 55,696.65
FEBRERO	42,193	\$ 93,698.00
MARZO	55,082	\$ 127,894.90
ABRIL	38,967	\$ 92,227.99
MAYO	59,272	\$ 114,353.47
JUNIO	55,557	\$ 106,697.22
JULIO	36,855	\$ 73,293.54
AGOSTO	50,312	\$ 95,039.37
SEPTIEMBRE	49,317	\$ 90,496.70

Tabla 11b.- Consumo de energía 2017 -341L2F

AÑO 2017	CONSUMO KW	COSTO (\$)
ENERO	9,079	\$ 16,953.22
FEBRERO	22,425	\$ 62,325.80
MARZO	44,830	\$ 112,169.14
ABRIL	28,620	\$ 79,206.51
MAYO	53,690	\$ 111,084.61
JUNIO	42,423	\$ 92,393.05
JULIO	20,174	\$ 41,044.00
AGOSTO	29,992	\$ 70,796.12
SEPTIEMBRE	44,921	\$ 86,958.07
OCTUBRE	38,335	\$ 81,866.38
NOVIEMBRE	33,733	\$ 78,189.72
DICIEMBRE	12,955	\$ 67,806.47
<b>414L4F</b>	<b>381,177.00</b>	<b>\$ 900,793.09</b>

Gráfica 11a.- Consumo de energía 2017 -414L4F



Gráfica 11b.- Consumo de energía 2017 -341L2F

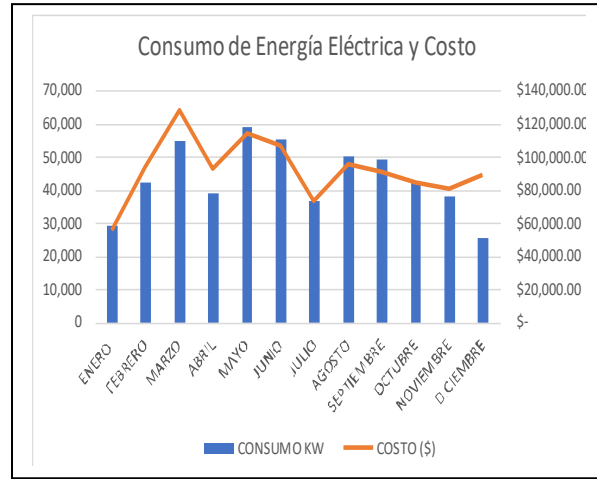


Tabla 11a.- Consumo de energía 2016 -414L4F

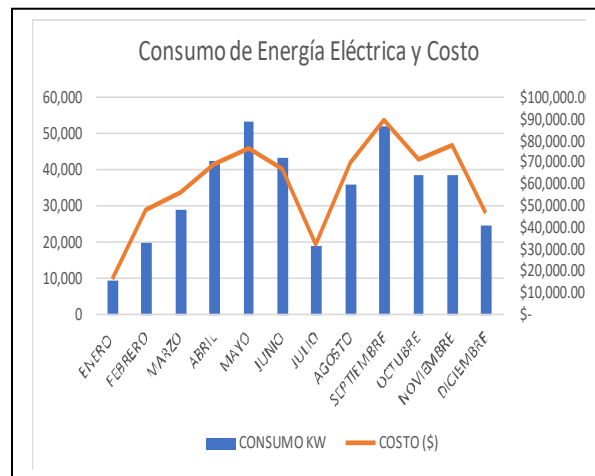
AÑO 2016	CONSUMO KW	COSTO (\$)
ENERO	9,334	\$ 16,401.70
FEBRERO	19,861	\$ 48,335.72
MARZO	29,129	\$ 56,026.72
ABRIL	42,643	\$ 69,131.16
MAYO	53,553	\$ 76,061.33
JUNIO	43,339	\$ 66,785.40
JULIO	19,216	\$ 32,492.33
AGOSTO	35,899	\$ 69,687.14
SEPTIEMBRE	52,234	\$ 89,596.98
OCTUBRE	38,528	\$ 71,195.21
NOVIEMBRE	38,870	\$ 77,798.31
DICIEMBRE	24,935	\$ 46,561.13
<b>414L4F</b>	<b>24,935.00</b>	<b>\$ 720,073.11</b>



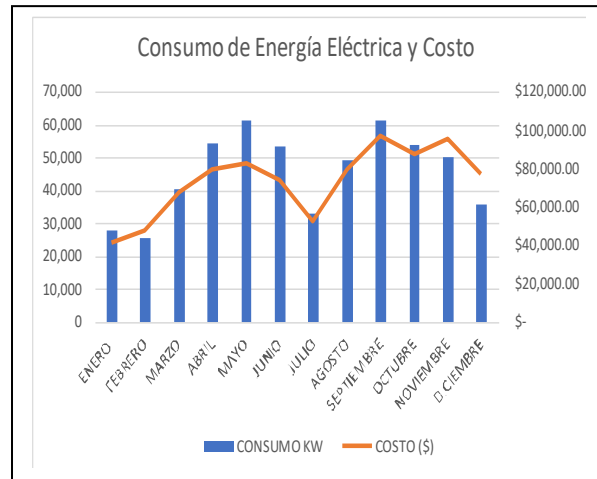
Tabla 11b.- Consumo de energía 2016 -341L2F

AÑO 2016	Consumo KW	Costo (\$)
ENERO	27,948	\$ 41,167.40
FEBRERO	25,910	\$ 48,008.64
MARZO	40,630	\$ 67,657.08
ABRIL	54,234	\$ 79,291.75
MAYO	61,488	\$ 82,535.34
JUNIO	53,414	\$ 74,138.63
JULIO	32,942	\$ 52,331.66
AGOSTO	49,202	\$ 79,677.72
SEPTIEMBRE	61,589	\$ 97,224.40
OCTUBRE	54,145	\$ 87,343.59
NOVIEMBRE	50,289	\$ 95,171.93
DICIEMBRE	35,836	\$ 77,380.67
<b>341L2F</b>	<b>547,627.00</b>	<b>\$ 881,928.82</b>

Gráfica 11a.- Consumo de energía 2016 -414L4F



Gráfica 11b.- Consumo de energía 2016 -341L2F



Descripción del Objeto de Estudio

- 1.-Analizar la cantidad de energía que se gasta en forma bimestral a través de los recibos por CFE, para considerar la base con la que se desea partir y de esa manera lograr el rendimiento y eficiencia esperado.
- 2.- Recolectar los datos, parámetros, y pruebas que se generen en las mediciones del sistema a estudiar para poder compararse y de esa manera superar las expectativas deseadas.
- 3.- Realizar los cálculos necesarios para seleccionar cada una de las piezas, dispositivos y elementos necesarios que deberán formar el sistema.
- 4.- Implementar un método estadístico, que pueda definir el proceso con el cual se deberá de implementar los recursos, en su forma, en su diseño y en la capacidad de eficiencia que deberá de proporcionar el Generador Eléctrico de manera Sistemático.

Fig. 1 -Generador Síncrono Electromagnético

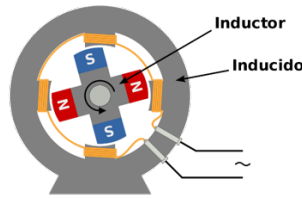


Figura 2.- Diagrama de Pareto de Obtención de la Potencia en un sistema

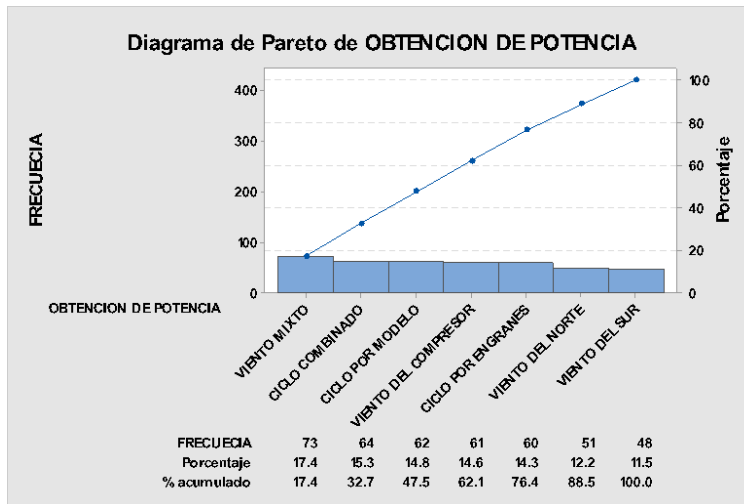
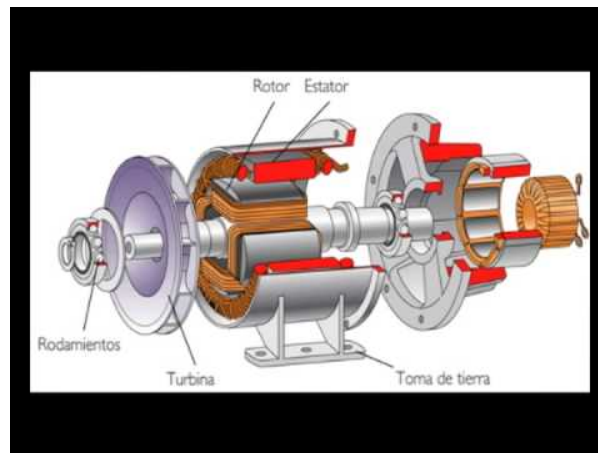


Figura 3.- Partes que constituyen el Generador electromagnético



Se analizó la energía cinética, la cual es energía asociada a la pieza del ventilador que se encontrará en movimiento, depende de su diseño, peso, masa y de (la) su velocidad en función de su giro se mide en julios (J), la masa, m se mide en kilogramos (kg) y la velocidad, v, en metros/segundo (m/s).

Fig. 4 - Generador de corriente continua

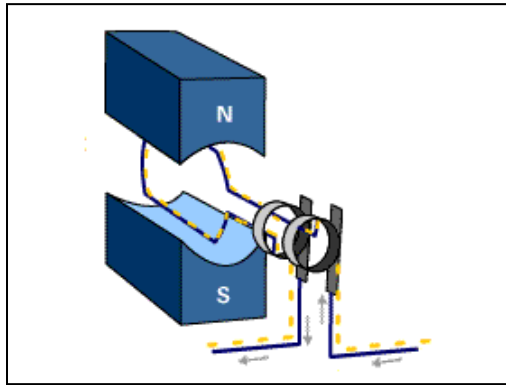


Fig. 5 -Diseño del Generador eléctrico

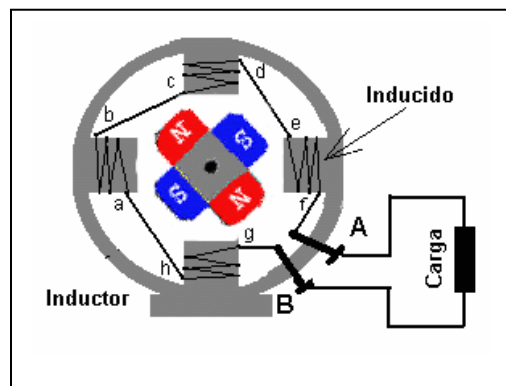
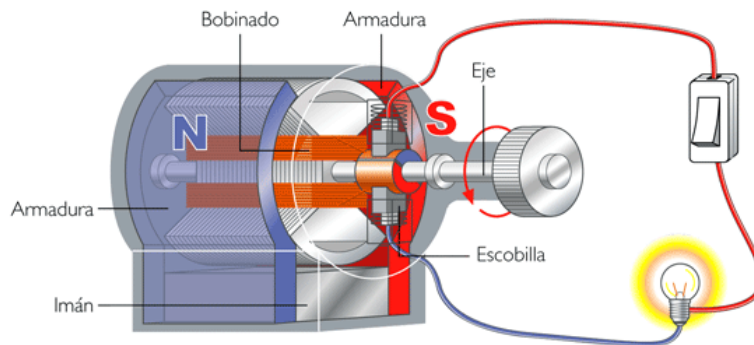
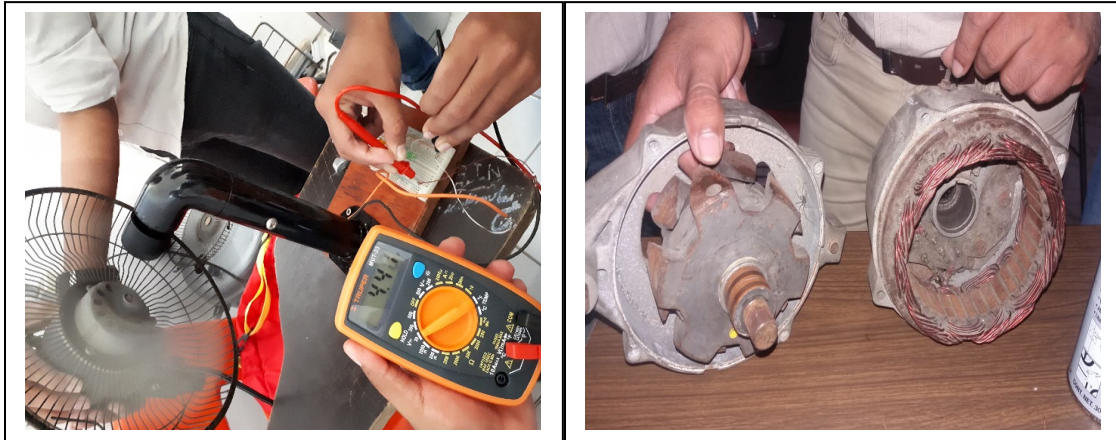


Fig. 6 -Transformación de la energía mecánica a Eléctrica



Se analizó el balance que se produce al acoplarse un alternador en los equipos, puesto que esta afecta en la potencia con la que se mueva el rotor en las ventilas.

Fig. 7 -Validación de los resultados



De manera puntual, fue necesario cuantificar cada una de las potencias que consumen, para poder tener un total de la energía requerida con la que se calcula cada uno de los sistemas y de esa manera obtener la carga total, un dato básico para contribuir diseñar el sistema, integrando cada uno de los componentes y dispositivos que corresponda a cumplir con las especificaciones requeridas y de manera, poder elegir el calibre de los cables, el modelo y capacidad del banco de batería, así como el tipo de equipo eólico que deberá estar acoplado de manera indirecta a las ventilas del ventilador del compresor del aire acondicionado.

Figura 8.- Partes que forman el Sistema



Fig. 9 -Comprobación de los factores y civiles en Minitab, de las corrientes Vs. frecuencias

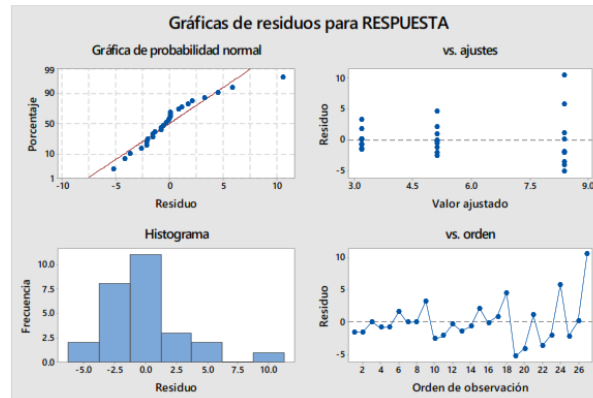


Fig. 10 –Resumen de consumo y costo analizados durante los 3 años en 2 medidores.

RESUMEN DE CONSUMO Y COSTO ANALIZADO				Con un proyecto alternativo sustentable	
				AHORRO EN EL CONSUMO ENERGETICO	
MEDIDOR:	AÑO	CONSUMO (KW)	COSTO (\$)	AHORRO EN (KW)	COSTO (\$)
414L4F	2016	24,935.00	\$ 720,073.11		
414L4F	2017	381,177.00	\$ 900,793.09		
414L4F	2018	354,078.00	\$ 996,548.00		
<b>Subtotales:</b>		<b>760,190.00</b>	<b>\$2,617,414.20</b>		
Promedio Anual Medidor 414L4F:		<b>253,396.67</b>	<b>\$ 872,471.40</b>	<b>43,077.43</b>	<b>\$ 148,320.14</b>
341L2F	2016	547,627.00	\$ 881,928.82		
341L2F	2017	523,883.00	\$1,102,549.23		
341L2F	2018	526,936.00	\$1,488,011.00		
<b>Subtotales:</b>		<b>1,598,446.00</b>	<b>\$3,472,489.04</b>		
Promedio Anual Medidor 341L2F:		<b>532,815.33</b>	<b>\$1,157,496.35</b>	<b>90,578.61</b>	<b>\$ 196,774.38</b>
<b>Promedio Anual Ambos Medidores:</b>		<b>786,212.00</b>	<b>\$2,029,967.75</b>	<b>133,656.04</b>	<b>\$ 345,094.52</b>
CONSUMO Vs COSTO POR AÑO					
MEDIDOR:	AÑO	CONSUMO (KW)	COSTO (\$)	AHORRO EN (KW)	COSTO (\$)
414L4F	2016	24,935.00	\$ 720,073.11		
341L2F	2016	547,627.00	\$ 881,928.82		
Subtotal 2016:		<b>572,562.00</b>	<b>\$1,602,001.93</b>	<b>97,335.54</b>	<b>\$ 272,340.33</b>
414L4F	2017	381,177.00	\$ 900,793.09		
341L2F	2017	523,883.00	\$1,102,549.23		
Subtotal 2017:		<b>905,060.00</b>	<b>\$2,003,342.32</b>	<b>153,860.20</b>	<b>\$ 340,568.19</b>
414L4F	2018	354,078.00	\$ 996,548.00		
341L2F	2018	526,936.00	\$1,488,011.00		
Subtotal 2018:		<b>881,014.00</b>	<b>\$2,484,559.00</b>	<b>149,772.38</b>	<b>\$ 422,375.03</b>
Costo por 3 años:		<b>2,358,636.00</b>	<b>\$6,089,903.25</b>	<b>400,968.12</b>	<b>\$ 1,035,283.55</b>

Fig. 11 – Calendario escolar 2018 – 2019 por el TecNM.

Días No Laborables		Semestre Agosto 2018 - Enero 2019	
04 de Febrero		30 de Julio	Inicio de Actividades
18 de Marzo		13 y 14 de Agosto	Inscripciones
01 de Mayo	Día del Trabajo	15, 16 y 17 de Agosto	Reinscripciones
05 de Mayo	Aniversario de la Batalla de Puebla	20 de Agosto	Inicio de Cursos
15 de Mayo	Dá del Maestro	20 de Diciembre de 2018 al 04 de enero de 2019	Vacaciones
02 de Noviembre	día de Muertos	18 de Enero	Fin de Cursos
18 de Noviembre		21, 22 y 23 de Enero	Reinscripciones

Fig. 12 –Resumen de actividades según calendario escolar 2018 – 2019 por el TecNM.

Días	Descripción	Semestre Enero - Junio 2019	
52	Sábados	28 de Enero	Inicio de cursos
52	Domingos	15 al 26 de Abril	Vacaciones
8	Suspensión de labores	28 de Junio	Fin de cursos
20	Receso de clases	01 al 26 de Julio	Receso de clases
20	Vacaciones		
<b>152</b>	<b>Sin actividades en Platel</b>		
<b>213</b>	<b>Actividades en Platel</b>		

Fig. 13 – Cuantificación de las cargas en aires acondicionados en el plattel

EDIFICIOS		Tipo de A/C (BTU)	Equiv. en Watts	Voltaje operación	Consumo (Amper)	Equipos	Tiempo Uso diario (hr.)	Consumo (Watts/hr.)	Consumo TOTAL (Watts/dia)	Consumo total (KW/mes)
EDIFICIO H	JEFATURA DE DIVISIÓN DE ING INDUSTRIAL	12,000.00	3,516.85	220.00	10.10	1.00	14.50	1,160.00	16,820.00	370.04
	SALON 2 PLANTA ALTA	12,000.00	3,516.85	220.00	10.10	1.00	14.50	1,160.00	16,820.00	370.04
LABORATORIO	ENTRADA PASILLO PRINCIPAL	12,000.00	3,516.85	220.00	18.70	2.00	12.50	1,160.00	29,000.00	638.00
	OPERACIONES UNITARIAS CON CALOR	12,000.00	3,516.85	220.00	18.70	2.00	12.50	1,160.00	29,000.00	638.00
<b>TOTALES</b>		<b>48,000.00</b>	<b>14,067.41</b>	<b>220.00</b>	<b>57.60</b>	<b>6.00</b>	<b>54.00</b>	<b>4,640.00</b>	<b>91,640.00</b>	<b>2,016.08</b>
EDIFICIOS		Tipo de A/C (BTU)	Equiv. en Watts	Voltaje operación	Consumo (Amper)	Equipos	Tiempo Uso diario (hr.)	Consumo (Watts/hr.)	Consumo TOTAL (Watts/dia)	Consumo total (KW/mes)
DATA CENTER	SALA SERVIDORES DE	24,000.00	7,033.71	220.00	15.20	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
	CENTRO CÓMPUTO DE	24,000.00	7,033.71	220.00	15.20	1.00	14.50	2,280.00	33,060.00	727.32
	SECCIÓN 2	24,000.00	7,033.71	220.00	5.20	1.00	8.00	2,280.00	18,240.00	401.28
	JEFATURA DE DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE	24,000.00	7,033.71	220.00	5.27	1.00	8.00	2,280.00	18,240.00	401.28
	SUBDIRECCIÓN DE PLANEACIÓN DE	24,000.00	7,033.71	220.00	5.27	3.00	8.00	2,280.00	54,720.00	1,203.84

F	DENTRO	24,000.00	7,033.71	220.00	10.70	1.00	14.50	2,280.00	33,060.00	727.32
H	SITI Y SUTI	24,000.00	7,033.71	220.00	10.10	2.00	8.00	2,280.00	36,480.00	802.56
LABORATORIO	ESPECTOFOTOMETRÍA	24,000.00	7,033.71	220.00	10.00	1.00	14.50	2,280.00	33,060.00	727.32
	JEFATURA DE DIVISIÓN DE INGENIERIA DE QUIMICA	24,000.00	7,033.71	220.00	10.10	1.00	14.50	2,280.00	33,060.00	727.32
	INGENIERIA DE ALIMENTOS	24,000.00	7,033.71	220.00	39.80	2.00	12.50	2,280.00	57,000.00	1,254.00
	ÁREA DE TRABAJO	24,000.00	7,033.71	220.00	39.80	2.00	12.50	2,280.00	57,000.00	1,254.00
TI	DENTRO	24,000.00	7,033.71	220.00	10.70	1.00	12.50	2,280.00	28,500.00	627.00
CONOCER	SALA CONOCER	24,000.00	7,033.71	220.00	10.70	1.00	8.00	2,280.00	18,240.00	401.28
	SALA ESPERA BIBLIOTECA	24,000.00	7,033.71	220.00	10.70	1.00	14.50	2,280.00	33,060.00	727.32
	SALON W3	24,000.00	7,033.71	220.00	19.90	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
	SALON W4	24,000.00	7,033.71	220.00	19.90	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
	SALON W5	24,000.00	7,033.71	220.00	19.90	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
	SALON W6	24,000.00	7,033.71	220.00	19.90	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
	SALON W7	24,000.00	7,033.71	220.00	19.90	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
	SALON W8	24,000.00	7,033.71	220.00	19.90	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
	SALON W9	24,000.00	7,033.71	220.00	19.90	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
	SALON W10	24,000.00	7,033.71	220.00	19.90	2.00	14.50	2,280.00	66,120.00	1,454.64
<b>TOTALES</b>		<b>24,000.00</b>	<b>154,741.53</b>	<b>220.00</b>	<b>357.94</b>	<b>36.00</b>	<b>280.50</b>	<b>50,160.00</b>	<b>1,048,800.00</b>	<b>23,073.60</b>

EDIFICIOS		Tipo de A/C (BTU)	Equiv. en Watts	Voltaje operación	Consumo (Amper)	Equipos	Tiempo Uso diario (hr.)	Consumo (Watts/hr.)	Consumo TOTAL (Watts/dia)	Consumo total (KW/mes)
DATA CENTER	CENTRO DE CÓMPUTO	36,000.00	10,550.56	220	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	L. C. BASICAS	36,000.00	10,550.56	221	18.2	3	8	3,440.00	82,560.00	1,816.32
	COMU. Y DISFUSIÓN	36,000.00	10,550.56	222	15.2	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
	REC. HUMANOS	36,000.00	10,550.56	223	15.2	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
	DIR. ACADÉMICA	36,000.00	10,550.56	224	15.2	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
	OFI. DEL DIRECTOR	36,000.00	10,550.56	225	15.2	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
	RECEPCIÓN 2	36,000.00	10,550.56	226	5.27	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
	DIRECCIÓN	36,000.00	10,550.56	227	5.27	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
	DIR. DE PLANEACIÓN	36,000.00	10,550.56	228	5.27	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
	JURÍDICO	36,000.00	10,550.56	229	5.27	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
EDIFICIO B	SECCIÓN 1	36,000.00	10,550.56	230	5.27	1	8	3,440.00	27,520.00	605.44
	SALON B1	36,000.00	10,550.56	231	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON B2	36,000.00	10,550.56	232	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON B3	36,000.00	10,550.56	233	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON B4	36,000.00	10,550.56	234	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
EDIFICIO D	SALON B5	36,000.00	10,550.56	235	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON D1	36,000.00	10,550.56	236	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON D2	36,000.00	10,550.56	237	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON D3	36,000.00	10,550.56	238	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON D4	36,000.00	10,550.56	239	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72



EDIFICIO E	SALON F1	36,000.00	10,550.56	240	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON F2	36,000.00	10,550.56	241	15.2	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON F3	36,000.00	10,550.56	242	7.5	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
	SALON F4	36,000.00	10,550.56	243	16.4	3	14.5	3,440.00	149,640.00	3,292.08
EDIFICIO G	SALON G1	36,000.00	10,550.56	244	16.4	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON G2	36,000.00	10,550.56	245	10	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
		36,000.00	10,550.56	246	9	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
	SALON G3	36,000.00	10,550.56	247	16.4	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON G4	36,000.00	10,550.56	248	10	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
		36,000.00	10,550.56	249	9	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
	SALON G5	36,000.00	10,550.56	250	10	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
36,000.00		10,550.56	251	8.4	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36	
I	SALON 1 P. BAJA	36,000.00	10,550.56	252	19	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
	SALON 3 P. ALTA	36,000.00	10,550.56	253	19	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
EDIFICIO K	SALON K1	36,000.00	10,550.56	254	22.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON K2	36,000.00	10,550.56	255	22.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON K3	36,000.00	10,550.56	256	22.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON K4	36,000.00	10,550.56	257	22.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON K5	36,000.00	10,550.56	258	22.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON K6	36,000.00	10,550.56	259	22.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON K7	36,000.00	10,550.56	260	22.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
EDIFICIO L	SALON L1	36,000.00	10,550.56	261	22	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON L2	36,000.00	10,550.56	262	22	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON L3	36,000.00	10,550.56	263	22	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON L4	36,000.00	10,550.56	264	22	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON L5	36,000.00	10,550.56	265	22	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON L6	36,000.00	10,550.56	266	22	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON L7	36,000.00	10,550.56	267	22	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON L8	36,000.00	10,550.56	268	22	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
LAB	INSTRUMENTAL	36,000.00	10,550.56	269	10.1	1	14.5	3,440.00	49,880.00	1,097.36
EDIF-M	SALON M1	36,000.00	10,550.56	270	20.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON M2	36,000.00	10,550.56	271	20.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON M3	36,000.00	10,550.56	272	20.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
WONDER	BIBLIOTECA	36,000.00	10,550.56	273	20.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON TALLER W1	36,000.00	10,550.56	274	20.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
	SALON W2	36,000.00	10,550.56	275	20.1	2	14.5	3,440.00	99,760.00	2,194.72
<b>TOTALES</b>		<b>36,000.00</b>	<b>590,831.28</b>	<b>220.00</b>	<b>900.25</b>	<b>95.00</b>	<b>747.00</b>	<b>192,640.00</b>	<b>4,470,280.00</b>	<b>98,346.16</b>

## RESULTADOS

El resultado obtenido, primeramente, fue la de la cantidad de cargas con la que se cuenta en todo el plantel, hablando de equipos de aires acondicionados, con el cual, durante 3 años de 2016, 2017 y 2018, se obtuvieron resultados que sirve de mayor precisión para determinar la cantidad de energía requerida en promedio de manera mensual, y con ella realizar los porcentajes de productividad al realizar el estudio de este Proyecto

Con la presente investigación se obtiene información acerca de las características que se deben considerarse para realizar un buen proyecto de generación de energía electromagnético, el cual, en base a todas las posibles mediciones de los parámetros eléctricos para eficiencia de la energía que se realizaron, se concluyó que la base de todo es el lograr el funcionamiento de un sistema capaz de generar

energía eléctrica, elevar la productividad y auto sustentar el abasto del suministro eléctrico dentro de un aula en el plantel, sin la necesidad de usar el aire común natural como los sistemas eólicos, ni generadoras que utilizan combustibles dañinos al ambiente, además que permite reducir costos por transmisión y distribución de la energía.

Para ello, primero se analizó la cantidad de movimiento cinético producido por las ventilas del compresor del equipo acondicionado, se estudió a las energías limpias, se evaluó y analizó el costo por consumo energético, mismos que se determinaron en que los imanes fueron la opción adecuada debido a que tienen su propia forma de energía, el campo magnético con dos fuerzas diferentes en cada polo del imán atracción y repulsión, y se escogieron los de neodimio por su alta densidad de flujo magnético y a su alta resistencia a desmagnetizarse.

Con los imanes y con una base giratoria, se realizaron pruebas de las que se obtuvieron principios importantes que permitan en estudios posteriores hacer posible el giro permanente.

Se tiene que la distancia entre imanes de neodimios con la densidad de flujo magnético de  $2 \text{ wb/m}^2$  como los utilizados en las pruebas y mediciones, la distancia ideal de separación de imanes en posición vertical para que la interacción de flujos permita un giro constante es de 5 cm, este valor fue obtenido mediante las pruebas. El número de polos debe ser considerado en pares, es decir un positivo seguido de un negativo, así como en los generadores convencionales, con cuatro imanes en la parte estática y dos imanes en la parte dinámica, que es la prueba con la que se obtuvieron mejores resultados y utilizando menor material.

Con todas las mediciones, experimentos y los principios anteriores se obtiene que la interacción del campo magnético de los imanes se debe encontrar a una distancia tal que permita que el giro no sea afectado por las fuerzas de atracción o repulsión, para que éste se mantenga constante. Como el campo magnético de los imanes es constante la polaridad de los imanes de neodimio debe colocarse de forma alternada, con la que se logró incrementar el tiempo de duración de giro; pero, que aún con lo realizado no se logra obtener un giro constante pues se va frenando poco

a poco, y para evitar que se detenga se debe encontrar un elemento auxiliar que impulse constantemente a la parte dinámica.

Una vez logrado el giro constante del generador se puede acoplar para verificar si la tensión obtenida es la esperada, sino es así, se debe buscar disminuir o aumentar la velocidad de giro del motor.

Por último en la parte de ahorro económico, considerando que el generador puede funcionar tal con la cantidad de material indicada en el procedimiento, los ahorros en consumo de energía eléctrica pueden ser considerables, de más de 50% de lo que se paga a la compañía suministradora por el consumo, teniendo en cuenta que el periodo de recuperación de la inversión es muy corto tratándose de un tiempo solo un poco mayor a un año, con lo que se puede ser un proyecto viable.

Fig. 14 – Resumen de las cargas en los equipos de aires acondicionados

No.	Tipo de A/C (BTU)	TOTALES (BTU)	Equiv. en Watts	Voltaje operación	Consumo (Amper)	Equipos	Tiempo Uso diario (hr.)	Consumo (Watts/hr.)	Consumo TOTAL (Watts/día)	Consumo total (KW/mes)
1	12,000.00	48,000.00	14,067.41	220.00	57.60	6.00	54.00	4,640.00	91,640.00	2,016.08
2	24,000.00	528,000.00	154,741.53	220.00	357.94	36.00	280.50	50,160.00	1,048,800.00	23,073.60
3	36,000.00	2,016,000.00	590,831.28	220.00	900.25	95.00	747.00	192,640.00	4,470,280.00	98,346.16
<b>TOTALES</b>		<b>2,592,000.00</b>	<b>759,640.21</b>	<b>660.00</b>	<b>1,315.79</b>	<b>137.00</b>	<b>1,081.50</b>	<b>247,440.00</b>	<b>5,610,720.00</b>	<b>123,435.84</b>

Fig. 15– Cálculo de productividad del proyecto.

PORCENTAJE	CANTIDAD	DESCRIPCION
	5,610.72	KW/día Teóricamente
	3,630.14	KW/día Efectivo en un 64.7% de su operación
	773,218.93	KW/Anual Efectivos consumidos
	881,014.00	suministro KW/Anual Efectivos pagados
87.765%	773,218.93	KW/Anual consumidos en Aires Acondicionados
12.235%	107,795.07	KW/Anual consumidos en luminarias y otras cargas
	\$ 2,484,559.00	Costo Anual realmente pagadas
	\$ 2,180,564.74	Equivalente en aires acondicionados
	\$ 303,994.26	Equivalente en luminarias y otras cargas
	\$ 2.82	Costo por KW pagadas
17.00%	131,447.22	KW/Anual producida en generación de energía
	\$ 370,696.01	Ahorro Anual por generación de energía
	14.92%	Ahorro energético del proyecto

Fig. 16.- Gráfica de la tensión inducida en carga con diente modificado y desfase de  $\theta = 90^\circ$

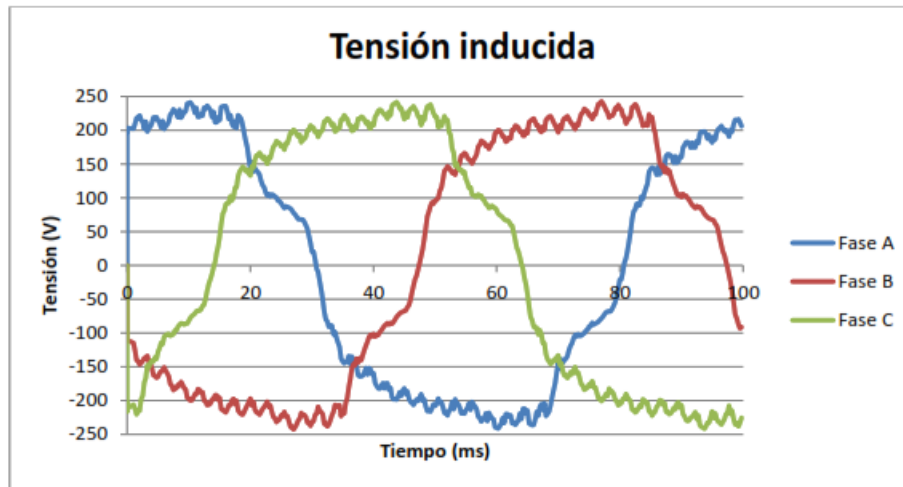
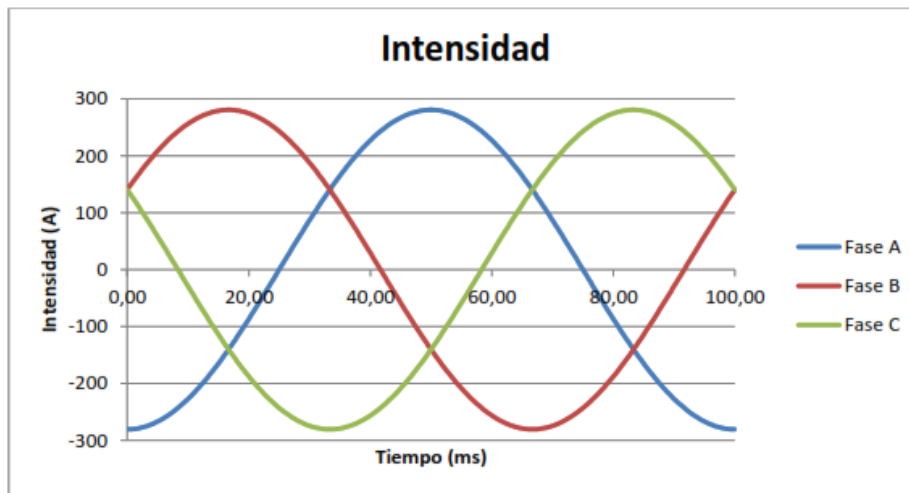


Fig. 17.- Gráfica de la intensidad en carga con diente modificado y desfase de  $\theta = 90^\circ$



---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Donald, G.F, & Wayne, H.B. (2008). Manual de ingeniería eléctrica. 13ª Edición. Tomo I. Mc Graw Hill.

Pérdida por histéresis. Ciclo de histéresis. (s.f.). recuperado el 20 de marzo de 2013, de <http://www.cifp-mantenimiento.es/elearning/contenidos/44/6.pdf>

imanes de neodimio. (2012) recuperado el 9 de marzo de 2013, de <http://imanesneodimio.com/páginas/aplicaciones>.

Rivarola M, Kirtley J. Designo f High Speed Axial Flux Permanent Magnet Generator.

Cuenca F. Labollita S. Construcción y caracterización de bobinado estatóricos para un generador eléctrico de flujo axial. Instituto Balseiro: Laboratorio de Ingeniería II, 2007.

Dorval E. Gagliardi P. Avances en la implementación de un generador de flujo axial de imanes permanentes. Instituto Balseiro: laboratorio de ingeniería, 2005.

# PROPUESTA DE UN MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE EN LA TORRE SEPARADORA DE AGUAS AMARGAS (T-2202), EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS

ALFREDO CARRASCO FRANCISCO<sup>1</sup>, MARÍA DEL SOCORRO FLORES SERRANO<sup>2</sup>, LUCILA GUADALUPE TOBÓN GALICIA<sup>3</sup>, VIRIDIANA SÁNCHEZ VÁZQUEZ<sup>4</sup>

## RESUMEN

Se propone un modelo de regresión lineal múltiple, para explicar la variabilidad de la variable dependiente, debida a tal situación incluir las influencias simultáneas e individuales de varias variables independientes. Se presenta un modelo de regresión lineal múltiple donde se observan como en un momento determinado pueden influir de manera preponderante las variables dependientes e independientes en el desarrollo del proceso productivo.

De lo anterior propuesto, básicamente el objetivo que se pretende es la estimación de una ecuación lineal múltiple que pueda predecir la variable dependiente  $Y$ , en función de  $K$  variables observadas,  $X_j$ , donde  $j= 1, \dots, K$ .

$$Y_i = b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \dots + b_kX_{ki}$$

El presente Artículo tiene como objetivo, verificar al realizar el análisis de regresión lineal múltiple, si la variable dependiente  $Y$ , tiene alguna correlación con las variables independientes para poder inferir que provocan variabilidad en el proceso.

## ABSTRACT

A multiple linear regression model is proposed, to explain the variability of the dependent variable, due to such a situation to include the simultaneous and individual influences of several independent variables. A multiple linear regression

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. acarrasco\_19651986@hotmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. er211312@hotmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. ltobon19@hotmail.com

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. savavir286@hotmail.com

model is presented where you can see how at a given moment the dependent and independent variables can influence the development of the production process

From the foregoing proposed, basically the objective is the estimation of a multiple linear equation that can predict the dependent variable Y, based on K observed variables,  $X_j$ , where  $j = 1, \dots, K$

$$Y_i = b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \dots + b_kX_{ki}$$

The purpose of this Article is to verify when performing the multiple linear regression analysis, if the dependent variable Y has any correlation with the independent variables in order to infer that they cause variability in the process

Palabras clave: Regresión lineal múltiple, variabilidad, variable dependiente, variable independiente.

## INTRODUCCIÓN

Las variables que intervienen en los procesos de manufactura, tienen un lugar preponderante para lograr los objetivos de producción de la empresa, La organización de producción de plásticos empresa industrial de reciente creación, ubicada en la zona sur de Coatzacoalcos, Ver., inicia la producción de polietileno, con el arranque de una de sus tres plantas el 07 de abril del 2016, como toda empresa comprometida con la calidad del producto terminado, busca garantizar que este cumpla los requisitos específicos del cliente para poder satisfacer sus necesidades.

La combinación de personas, máquinas y materiales están presentes en los sistemas de dirección y producción hasta la obtención de un producto de calidad, existiendo en cada uno de ellos una variabilidad inherente o natural cuyas causas no se pueden individualizar, contrariamente a la variabilidad no natural que si se puede controlar hasta alcanzar un mínimo.

El manual de operación (BRASKEM-IDES, 2013) menciona que el sistema de tratado de aguas amargas en la Torre Stripper (T-2202), tiene como objetivo principal purificar el agua proveniente de la Torre de Quench (T-2201) en presencia de vapor de dilución; la problemática se presenta en el exceso de vapor de dilución en +/- 1.7 Ton/Hr y la variación de ppm de Hidrocarburos ligeros (alcoholes y

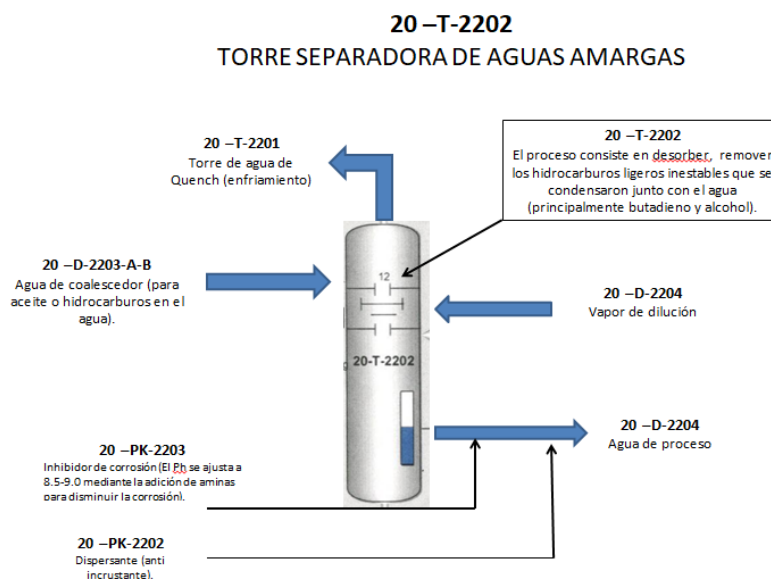
butadienos), existiendo un exceso de 30 ppm. De las variables antes mencionadas, que se encuentran fuera del estándar de operación, es de importancia buscar las estrategias para el control de las variables, de lo anterior se llevará a cabo el análisis de regresión lineal múltiple para poder verificar si existe alguna correlación de la variable dependiente, con respecto a las variables independientes y poder inferir si las variables independientes causan algún efecto en la variable dependiente

Explicación del proceso de separación de aguas amargas.

A continuación se hace una breve explicación del proceso de la Torre 20-T-2202, iniciando con la entrada de agua del coalescedor 20-D-2203 A-B, que tiene como función llevar a cabo la separación de aceite o hidrocarburos en el agua. Posteriormente se introduce vapor de dilución 20-E-2204(14.3 Ton/hr), para elevar la presión y temperatura en la torre separadora 20-T-2202, logrando con esto remover los hidrocarburos ligeros inestables que se condensaron junto con el agua (principalmente butadieno y alcohol).

Posteriormente que se realiza todo el proceso anterior, por la parte del domo de la Torre 20-T-2202 la cantidad de agua sobrecalentada, se dirige a la Torre de agua de enfriamiento 20-T-2201 para llevar a cabo el enfriamiento del agua y su reproceso. En la T- 2202 sale el agua para utilización en los procesos de la planta (Ver figura No.1).

Figura No.1.Torre 20-T-2202 Torre separadora de aguas amargas





## METODOLOGÍA

La empresa de plásticos presenta una variabilidad en la entrada del proceso de aguas amargas correspondiente a la Torre 20-T- 2202, por lo consiguiente, se considera que la metodología apropiada es la **PHVA** debido a que integra las herramientas estadísticas necesarias para la mejora de la calidad y, en general para la solución de problemas recurrentes y crónicos, es imprescindible seguir una metodología bien estructurada, para poder llegar a las causas de fondo de los problemas que son realmente importantes y no únicamente en ver sus efectos y sus síntomas.

Para la operación de las líneas de producción se necesita agua de proceso, que se origina en la Torre Stripper T-2202, necesitando vapor de dilución a 14.3 tons/hr a la entrada, de acuerdo al diseño de la Torre, pero en la realidad está trabajando con 16 ton/hr, teniendo un exceso de vapor de 1.7 tons/hr.; así como también a la salida de la Torre se está obteniendo agua de procesos con una concentración real de 80 ppm, siendo la de diseño de 50 ppm de hidrocarburos ligeros. De lo anterior surge la oportunidad de realizar un estudio de las herramientas estadísticas apropiadas para la solución de problemáticas originadas en el proceso de la torre separadora de aguas amargas.

En el siguiente diagrama de flujo (Figura No.2) se puede observar como punto de inicio es la identificación del problema, que se menciona en el párrafo anterior, el estudio que se lleva a cabo es la regresión lineal múltiple, donde por medio de este análisis, se trata de explicar el comportamiento de las variables que intervienen en el proceso, siendo la variable dependiente Y, la cantidad de vapor de dilución que utiliza la

20-T-2202 torre separadora de aguas amargas y las variables independientes, las cuales son: Ph, conductividad, turbidez y fierro.

Al realizar dicho estudio el coeficiente de determinación  $R^2$ , según Gutiérrez y de la Vara (2008) es un primer criterio cuantitativo para evaluar la calidad del ajuste de los datos a la línea recta: dicho en otras palabras, se emplea para juzgar la suficiencia de un modelo de regresión o la forma en la que los datos se ajustan a la línea de tendencia.

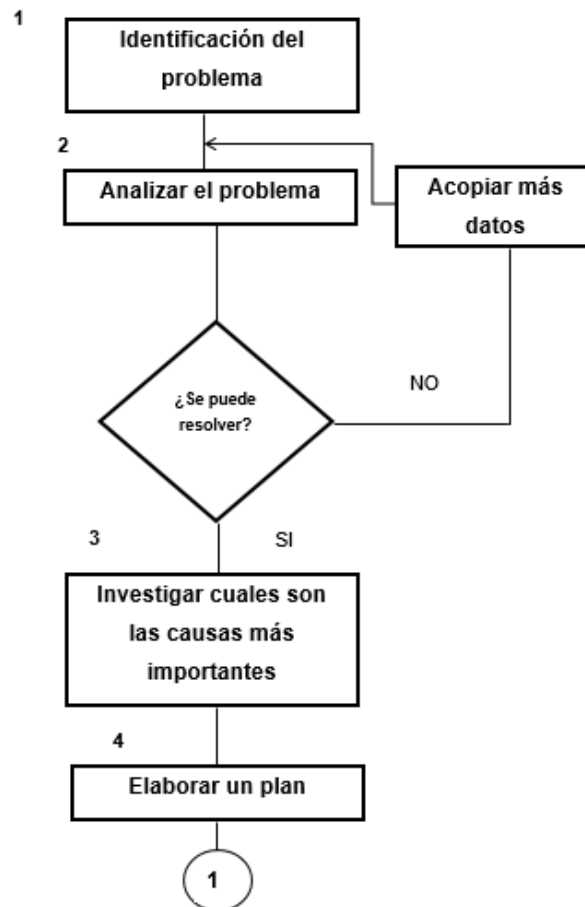
Se debe tener en consideración que  $0 < R^2 \leq 1$ , el coeficiente de determinación entre las variables es baja si  $R^2 \approx 0$ , lo más idóneo es que  $R^2 \approx 1$ . En general  $R^2$  se interpreta como la proporción de la variabilidad en los datos (Y) que es explicada por el modelo. Jiménez (2012) dice que el coeficiente de determinación  $R^2$  se puede ajustar.

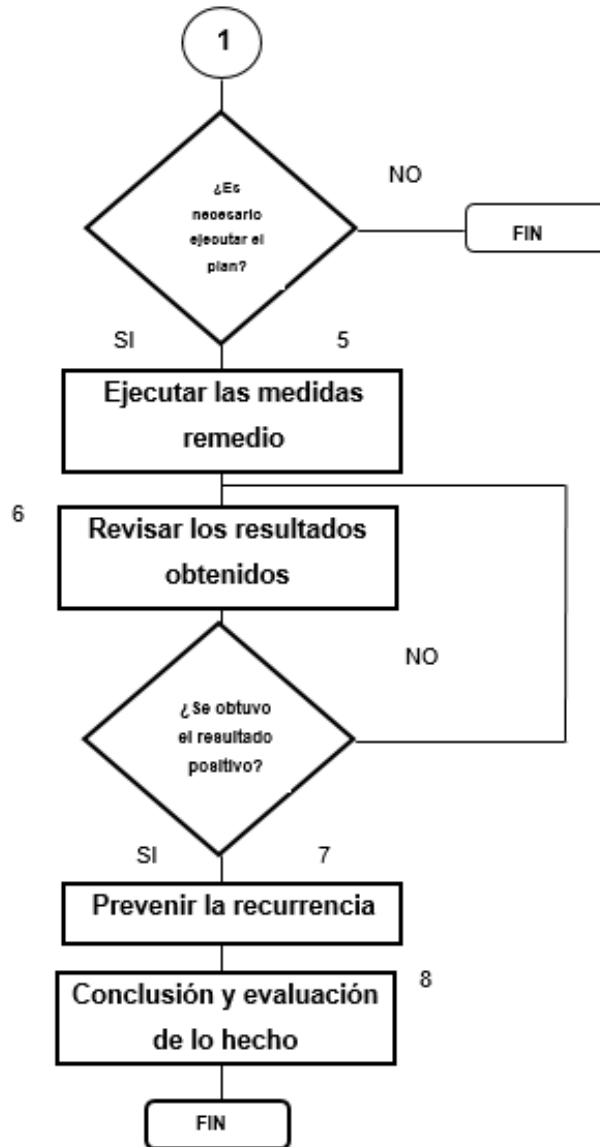
Se cumple que  $0 < R^2_{aj} \leq R^2 \leq 1$ . En general para fines de predicción se recomienda un coeficiente de determinación ajustado de al menos 0.7. Jiménez (2012).

El estudio se realizó únicamente utilizando una herramienta estadística, para poder determinar si las variables tienen alguna relación.

Figura No.2 Diagrama de flujo de la Metodología PHVA

Diagrama de flujo para resolver un problema





Los datos fueron proporcionados por la empresa Solenis que llevan a cabo los análisis correspondientes de aguas amargas y vienen descritos en las siguientes tablas:

Tabla No.1 Variables de entrada la Torre 20-T-2202 Aguas amargas

Fecha	Muestra	Vapor de dilución Kg/hr	Ph	Conductividad	Turbidez	Fierro
		Y	X1	X2	X3	X4
02/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	16.05	7.73	67.9	3.14	0.04
03/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.87	8.39	67.8	3.17	0.06
04/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	14.95	8.25	69.5	18	0.13
05/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	14.87	7.73	69.6	9.17	0.17
08/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.96	8.06	76.1	11.3	0.01
09/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	16.01	8.1	68.7	15	0.01
10/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	16.04	7.41	72.2	8.57	0.04
11/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.87	7.22	70.3	4.39	0.08
12/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.87	7.62	84.3	5.16	0.01
15/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.89	7.89	79.1	7.94	0.04
16/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	16.01	8.38	76.5	8.64	0.06
17/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.96	8.13	61.7	11.7	0.02
18/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	16.05	8.37	77.3	12.9	0.006
19/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.87	8.13	74.8	4.88	0.02
22/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	14.95	8.17	71.6	7.3	0.01
23/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	14.87	8.11	72.6	5.94	0.03
24/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.96	8.09	74	5.24	0.04
25/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	16.01	7.79	70.6	8.27	0.03
29/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	16.04	8.23	68.7	10.7	0.01
30/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.87	8.42	69.4	13	0.02
31/01/2018	Agua amarga entrada 20-T-2202	15.89	8.01	66.6	6.42	0.03

(BRASKEM-IDESA, 2013)

Tabla No.2 Variables de entrada la Torre 20-T-2202 vapor de dilución

(BRASKEM-IDESA, 2013)

Fecha	Muestra	Vapor de dilución	Ph	Conductividad	Turbidez	Fierro
		Kg/hr Y	X1	X2	X3	X4
01/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	16.04	9.62	23.7	0.22	0.02
02/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.68	9.56	26.6	0.42	0.04
06/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.99	9.44	23.8	0.36	0.01
07/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	16.06	9.49	22.1	0.33	0.01
08/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.87	9.46	24.6	0.53	0.07
09/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.89	9.58	33	0.72	0.04
12/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	16.01	9.53	27	0.37	0.04
13/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.88	9.69	27.5	0.33	0.03
14/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.96	9.43	24.3	0.28	0.05
15/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	16.05	9.61	30.5	0.47	0.03
16/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.87	9.41	34.2	0.37	0.01
19/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	14.95	9.35	31.2	0.37	0.01
20/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	14.87	9.56	27.8	0.49	0.07
21/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.96	9.48	37.5	0.37	0.08
22/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	16.01	9.65	29.3	0.25	0.06
23/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	16.04	9.65	27.1	0.26	0.07
26/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.87	9.66	26.6	0.38	0.03
27/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	15.89	9.6	24.2	0.32	0.03
28/02/2018	VAPOR DE DILUCIÓN	16.01	9.54	25.2	0.83	0.03

(BRASKEM-IDESA, 2013)

### RESULTADOS

Se realizaron los cálculos correspondientes a las variables que se muestran en las tablas No.1 y 2, utilizando la regresión lineal múltiple, obteniéndose los siguientes resultados al introducir los datos a Excel.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.574352202
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.329880451
R <sup>2</sup> ajustado	0.162350564
Error típico	0.389523591
Observaciones	21

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	4	1.195065766	0.298766441	1.969084186	0.147980864
Residuos	16	2.427658044	0.151728628		
Total	20	3.62272381			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	18.44588128	2.860393765	6.44872098	8.04134E-06	12.38211738	24.50964518	12.3821174	24.5096452
Variable X 1	-0.262239059	0.303860585	-0.863024267	0.400875893	-0.906394722	0.381916605	-0.90639472	0.38191661
Variable X 2	-0.004672961	0.018158056	-0.257349202	0.800189593	-0.043166321	0.033820398	-0.04316632	0.0338204
Variable X 3	-0.000351539	0.024301968	-0.014465471	0.988637469	-0.05186941	0.051166331	-0.05186941	0.05116633
Variable X 4	-6.086097839	2.235484723	-2.722495831	0.015061219	-10.82511375	-1.347081928	-10.8251137	-1.34708193

Resultados obtenidos de la tabla No.1, donde podemos observar que el coeficiente de determinación tiene un valor **R<sup>2</sup>**: 0.329880451 y un valor ajustado **R<sup>2</sup> aj** : 0.162350564, por lo consiguiente se infiere que las variables dependientes, como independientes no guardan relación alguna, por lo tanto no existe una proporción en la variabilidad.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación	0.350912008
Coefficiente de determinación	0.123139238
R <sup>2</sup> ajustado	-0.127392409
Error típico	0.360783004
Observaciones	19

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	4	0.25590926	0.063977315	0.491511709	0.742144075
Residuos	14	1.822301266	0.130164376		
Total	18	2.078210526			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	5.949389707	8.996750323	0.661282073	0.519166912	-13.34672062	25.2455	-13.3467206	25.2455
Variable X 1	1.073924701	0.930764239	1.153809586	0.267895847	-0.922366048	3.07021545	-0.92236605	3.07021545
Variable X 2	-0.009231918	0.02229285	-0.414120117	0.685060852	-0.057045327	0.03858149	-0.05704533	0.03858149
Variable X 3	-0.129523665	0.558893673	-0.231750101	0.82008525	-1.328231376	1.06918404	-1.32823138	1.06918404
Variable X 4	-1.370425102	4.008708207	-0.341862024	0.737532153	-9.968249101	7.2273989	-9.9682491	7.2273989

Resultados obtenidos de la tabla No.2, donde podemos observar que el coeficiente de determinación tiene un valor **R<sup>2</sup>**: 0.123139238 y un valor ajustado **R<sup>2</sup> aj** : -0.127392409, por lo consiguiente se infiere que las variables dependientes, como independientes no guardan relación alguna, por lo tanto no existe una proporción en la variabilidad.

**RECOMENDACIONES**

De los resultados obtenidos, al realizar el análisis de regresión lineal múltiple y no habiendo una certidumbre respecto a que ocasiona la variabilidad en el vapor de dilución, se debe continuar investigando que origina la variabilidad, utilizando otras herramientas estadísticas que nos lleven a la solución de la problemática.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BRASKEM-IDESA. (6 de Agosto de 2013). Manual de operacion de Cracker. México, México, México: Etileno XXI project.
- Devore, J. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: CENGAGE Learning.
- Díaz, P., & Fernández, P. (2001). Técnicas de regresión : Regresión Lineal Múltiple. *Epidemiología clínica y bioestadística*, 173-176
- Gutiérrez, H., & De la Vara., R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México: Mc Graw-Hill.
- Gutiérrez, H., & De la Vara., R. (2009). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. México:
- Jiménez, R. (2012). *Estadística inferencial II*. México: ITE.  
Mc Graw-Hill.
- Reyes, M. (2009). *Aplicación del diseño experimental en el desarrollo de las prácticas internas, en el área de operaciones unitarias*. Guatemala: USCG



ISBN: 978-607-8617-41-8



©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2019