

ISSN 2444-4928

Volumen I, Número II— Octubre — Diciembre -2015

Revista de  
Aplicación Científica y  
Técnica

**ECORFAN<sup>®</sup>**

## Bases de datos



Google Scholar.

## **ECORFAN-Spain**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS ESCAMILLA- María, PhD.

#### **Director Regional**

MIRANDA GARCÍA- Marta, PhD.

#### **Director de la Revista**

ESPINOZA GÓMEZ- Éric, MsC

#### **Relaciones Institucionales**

IGLESIAS SUAREZ- Fernando, BsC

Revista de Aplicación Científica y Técnica, Volumen 1, Número 2, de Octubre a Diciembre -2015, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Morazarzal -Madrid. WEB: [www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: Ramos Escamilla- María, Co-Editor: Miranda García- Marta, PhD. ISSN-2444-4928. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. Escamilla Bouchán- Imelda, Luna Soto-Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 2015.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

## **Consejo Editorial**

ROMAN KALISCH Manuel, PhD.  
*Universidad Autónoma de Yucatán,  
México*

SOUSA GONZALES Eduardo, PhD.  
*Universidad Autónoma de Nuevo León,  
México*

ARANCIBIA VALVERDE María, PhD.  
*Universidad Pedagógica Enrique José  
Varona de la Habana, Cuba*

TORRES HERRERA Moisés, PhD.  
*Universidad Autónoma de Barcelona,  
España*

TAVER CORTES María, PhD.  
UPIICSA-IPN, México

SALINAS AVILES Oscar, PhD.  
*Centro de Investigación en Energía-  
UNAM, México*

LUGARDO BRAVO, María, PhD.  
*Universidad Iberoamericana, México*

## **Consejo Arbitral**

MONTERO PANTOJA Carlos, PhD

*Universidad de Valladolid, España*

RAMIREZ MARTINEZ Ivonne, PhD

*Universidad Andina Simón Bolívar, Bolivia*

GARCIA VILLANUEVA Jorge, PhD

*Universidad Pedagógica Nacional, México*

GONZALE IBARRA Miguel, PhD

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

CHAVEZ BECKER Carlos, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana, México*

GONZALES GAXIOLA Oswaldo, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana, México*

MORAN CHIQUITO Diana, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana, México*

DOMINGUEZ GUTIERREZ Silvia, PhD

*Universidad de Guadalajara, México*

## Presentación

**ECORFAN**, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Aplicación Científica y Técnica

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

El artículo *Determinación de puntos de equilibrio de sistemas de potencia considerando enlaces asíncronos mediante una formulación de Flujos de Potencia Óptimos* por GARCIA-GUZMAN-José, ORTEGA-HERRERA, Francisco, TORRES-JIMENEZ, Jacinto y TAPIA-TINOCO, Guillermo con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo está *Estimación del parámetro SNR para el filtro de Wiener, usando algoritmos genéticos* por HERNANDEZ-LOPEZ, Eynard, GUTIERRES-Sergio y CRUZ-DIOSDADO, Leonardo con adscripción en Ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, como siguiente artículo está *Reporte Técnico de un triturador de Nopal en el Estado del Arte* por AGUILAR- VILLARREAL-ORTIZ, Alejandro, PERALES-DE LA CRUZ, Miguel, YAÑEZ-MARTINEZ, Tito y LOPEZ-MARTINEZ, Rolando, como siguiente artículo está *Estrategias de promoción “on line”, “ off line” para pequeñas empresas editoriales* por OROZCO-GONZALES, Irma, VILLA-Lucia, RODRIGUEZ-MIRANDA, Gustavo, SANCHEZ-SERAFIN, Juan, como siguiente artículo está *Diseño de un equipo eléctrico para reventar grano de amaranto mediante la metodología de ingeniería concurrente* por MERINO-Victor, DE LA LLAVE-María y CECEÑA-Ivan, como siguiente artículo está *Sistema de localización para personas con Alzheimer* por JAIME-PEREZ, Nestor, MORALES-REYES, Eunice, GILBON-ABURTO, Antonio y PACHECO-REYES, Jimmy, como siguiente artículo está *Diseño de aprendizaje en nivel superior: Un caso práctico con los robots Bioloid y NAO H25* por JUAREZ-Cristina, SANCHEZ, José, MARTINEZ-Magally y SOBERANES-Anabelem, como siguiente artículo está *Modelo de Radiación Solar para la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz* por GONZALES-Rafael, CAYETANO-Francisco, MATA-Moisés y CRUZ- Abdías con adscripción en la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, como siguiente artículo está *Representación de un Sistema Fotovoltaico utilizando el Modelo del Autómata Híbrido* por CRUZ-Braulio, CONTRERAS-Jannette, PEON-Ricardo y PEREZ-Luis con adscripción en la Universidad Autónoma de Yucatán, como siguiente artículo está *Análisis de tensión bidimensional mediante interferometría de corrimiento de fase* por LOPEZ-Yadira, como siguiente artículo *Las tecnologías de la información y comunicación y su impacto en la innovación organizacional en las instituciones de Educación superior* por MARTINEZ-AVILA, Minerva, RUIZ-TAPIA, Juan, ESTRADA-GUTIERREZ-César, SANCHEZ-PAZ, María de la Luz con adscripción en la Universidad Autónoma del Estado de México, como siguiente artículo está *Aprendizaje y evaluación automatizada de consultas de bases de datos* por GUTIRREZ-Luis, MORALES-David, MARTINEZ-Fernando y ARROYO-Marisol con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato, como siguiente número está *Tecnologías de la Información y Comunicación en las Comunidades de Práctica y Aprendizaje* por FELIX-Vanessa, MENA-Luis, OSTOS-Rodolfo y TORRES-Víctor.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Determinación de puntos de equilibrio de sistemas de potencia considerando enlaces asíncronos mediante una formulación de Flujos de Potencia Óptimos</b> <i>GARCIA-GUZMAN-José, ORTEGA-HERRERA, Francisco, TORRES-JIMENEZ, Jacinto y TAPIA-TINOCO, Guillermo</i>	73-82
<b>Estimación del parámetro SNR para el filtro de Wiener, usando algoritmos genéticos</b> <i>HERNANDEZ-LOPEZ, Eynard, GUTIERRES-Sergio y CRUZ-DIOSDADO, Leonardo</i>	83-89
<b>Reporte Técnico de un triturador de Nopal en el Estado del Arte</b> <i>AGUILAR-VILLARREAL-ORTIZ, Alejandro, PERALES-DE LA CRUZ, Miguel, YAÑEZ-MARTINEZ, Tito y LOPEZ-MARTINEZ, Rolando</i>	90-101
<b>Estrategias de promoción “on line”, “ off line” para pequeñas empresas editoriales</b> <i>OROZCO-GONZALES, Irma, VILLA-Lucia, RODRIGUEZ-MIRANDA, Gustavo, SANCHEZ-SERAFIN, Juan</i>	102-112
<b>Diseño de un equipo eléctrico para reventar grano de amaranto mediante la metodología de ingeniería concurrente</b> <i>MERINO-Victor, DE LA LLAVE-María y CECEÑA-Ivan</i>	113-120
<b>Sistema de localización para personas con Alzheimer</b> <i>JAIME-PEREZ, Nestor, MORALES-REYES, Eunice, GILBON-ABURTO, Antonio y PACHECO-REYES, Jimmy</i>	121-126
<b>Diseño de aprendizaje en nivel superior: Un caso práctico con los robots Bioloid y NAO H25</b> <i>JUAREZ-Cristina, SANCHEZ, José, MARTINEZ-Magally y SOBERANES-Anabelem</i>	127-136
<b>Modelo de Radiación Solar para la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz</b> <i>GONZALES-Rafael, CAYETANO-Francisco, MATA-Moisés y CRUZ- Abdías</i>	137-141
<b>Representación de un Sistema Fotovoltaico utilizando el Modelo del Autómata Híbrido</b> <i>CRUZ-Braulio, CONTRERAS-Jannette, PEON-Ricardo y PEREZ-Luis</i>	142-147
<b>Análisis de tensión bidimensional mediante interferometría de corrimiento de fase</b> <i>LOPEZ-Yadira</i>	148-152
<b>Las tecnologías de la información y comunicación y su impacto en la innovación organizacional en las instituciones de Educación superior</b> <i>MARTINEZ-AVILA, Minerva, RUIZ-TAPIA, Juan, ESTRADA-GUTIERREZ-César, SANCHEZ-PAZ, María de la Luz</i>	153-164

**Aprendizaje y evaluación automatizada de consultas de bases de datos** 165-172  
*GUTIRREZ-Luis, MORALES-David, MARTINEZ-Fernando y ARROYO-Marisol*

**Tecnologías de la Información y Comunicación en las Comunidades de Práctica y Aprendizaje** 173-179  
*FELIX-Vanessa, MENA-Luis, OSTOS-Rodolfo y TORRES-Víctor*

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Determinación de puntos de equilibrio de sistemas de potencia considerando enlaces asíncronos mediante una formulación de Flujos de Potencia Óptimos

GARCIA-GUZMAN-José†\*, ORTEGA-HERRERA, Francisco, TORRES-JIMENEZ, Jacinto y TAPIA-TINOCO, Guillermo

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato-Silao, km. 12.5, C.P. 36821, Irapuato, Gto.

Recibido Julio 2, 2015; Aceptado Septiembre 29, 2015

### Resumen

En este artículo se presenta una implementación práctica del modelo de enlaces asíncronos de Corriente Directa en Alta Tensión basados en Fuentes de Voltaje Conmutadas (VSC-HVDC por sus siglas en inglés) en una formulación de Flujos de Potencia Óptimos (OPF por sus siglas en inglés), con la finalidad de determinar puntos de equilibrio de sistemas eléctricos de potencia considerando enlaces asíncronos; dichos puntos de equilibrio corresponden a puntos óptimos de operación de estado estacionario del sistema de potencia. La implementación práctica del modelo del controlador VSC-HVDC en la formulación de OPF se realiza mediante la función de optimización no lineal restringida *fmincon* de Matlab®. En el punto óptimo se determinan los voltajes fasoriales en cada nodo del sistema, la generación de potencia activa y las variables de estado del controlador. Diversos casos de estudio se llevan a cabo cuando el VSC-HVDC es integrado al Sistema de Potencia Interconectado Mexicano (MIS por sus siglas en inglés) con el fin de determinar puntos óptimos de operación de estado estacionario que permitan visualizar las capacidades de control del dispositivo en las interconexiones asíncronas.

**Puntos óptimos de equilibrio, enlaces asíncronos, VSC-HVDC, OPF**

### Abstract

This paper presents a practical implementation of asynchronous links model based on Voltage Source Converter-High Voltage Direct Current (VSC-HVDC) into an Optimal Power Flow (OPF) formulation, in order to determine clearing points of electric power systems when the most recent technologies of asynchronous links are integrated, these clearing points correspond to the optimal points of steady state of the power system. The practical implementation of the model of VSC-HVDC controller into the OPF formulation is performed by using the nonlinear constrained optimization function *fmincon* of the Matlab® software. At the optimal point, the voltage phases and magnitudes in each node of power system are determined, as well as the active power at generation buses and the state variables of the controller. Several study cases are carried out when the VSC-HVDC device is embedded to the Mexican Interconnected Power System, in order to determine the operation optimal points of steady-state to analyze the control capabilities of the device in asynchronous interconnections.

**Optimal clearing points, asynchronous links, VSC-HVDC, OPF**

**Citación:** GARCIA-GUZMAN-José, ORTEGA-HERRERA, Francisco, TORRES-JIMENEZ, Jacinto y TAPIA-TINOCO, Guillermo. Determinación de puntos de equilibrio de sistemas de potencia considerando enlaces asíncronos mediante una formulación de Flujos de Potencia Óptimos. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 73-82

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: migarcia@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El crecimiento de la población impacta directamente en el incremento de la demanda de energía eléctrica y este a su vez en el crecimiento de los sistemas de potencia, lo que puede dar lugar a regiones del sistema eléctrico con diferentes frecuencias, las cuales pueden ser interconectadas por medio de enlaces asíncronos. Las tecnologías más recientes de enlaces asíncronos son las basadas en el Transformador de Frecuencia Variable (VFT por sus siglas en inglés) y los Enlaces de Corriente Directa en Alta Tensión basados en Fuentes de Voltaje Conmutadas. La tecnología del VFT es basada en máquinas rotativas y es capaz de controlar el flujo de potencia activa a través de los enlaces que interconectan sistemas eléctricos operando en diferentes niveles de frecuencia (Contreras, 2011). Esta tecnología se ha utilizado en diversos proyectos para interconectar redes eléctricas entre dos países (Hassink *et al*, 2007; Nabb *et al*, 2005). La tecnología de enlaces asíncronos basados en el VSC-HVDC es una tecnología reciente que ha demostrado ser exitosa en los proyectos de interconexión de sistemas o regiones eléctricas, ya sean síncronas o asíncronas, mejorando la controlabilidad de los sistemas de potencia (Asplund, 2001). El dispositivo VSC-HVDC tiene capacidad para proveer un control independiente de las magnitudes y ángulos de fase de los voltajes en los nodos donde se conecta, por lo que es posible utilizar lazos de control de potencia activa y reactiva en forma independiente para la regulación y control del sistema de potencia (Pizano *et al*, 2007).

La primera instalación de la tecnología HVDC comenzó su operación en el norte de Europa en 1999, este proyecto consistió en conectar Suecia con la isla de Gotland. Después de esta instalación, muchos han sido los proyectos eléctricos donde se ha utilizado la tecnología VSC-HVDC (Asplund, 2001).

La habilidad del VSC-HVDC para proveer un control independiente de las magnitudes de voltaje y ángulos de fase relativos a los voltajes del sistema, permite utilizar lazos de control de potencia activa y reactiva en forma separada para la regulación del sistema (Pizano *et al*, 2007). Desde un punto de vista de operación y control del sistema de potencia, la incorporación del modelo VSC-HVDC en una formulación de Flujos de Potencia Óptimos ofrece la posibilidad de explotar completamente las capacidades del controlador en cualquier aplicación relacionada con la optimización de sistemas de potencia (ABB, 2005). Es importante mencionar que en muchas de las publicaciones asociadas con la tecnología VSC-HVDC y con la formulación de OPF, los investigadores han utilizado distintos lenguajes de programación que permiten implementar los modelos matemáticos, lo cual puede resultar complejo. En este sentido, resulta de gran utilidad el uso de paquetes especializados de optimización o lenguajes de alto nivel, tal como Matlab<sup>®</sup> (Mathworks, 2015).

El modelo matemático del VSC-HVDC se ha ido modificando y recientemente se le han incluido restricciones que permiten modelar los límites de potencia aparente del dispositivo (Pizano *et al*, 2012), también se han reportado estudios de diseño de control óptimo del VSC-HVDC (Ayari *et al*, 2013), se ha utilizado el dispositivo para la interconexión de parques de aerogeneración (Belenguer, 2013) y se ha intentado mejorar la estabilidad del sistema de potencia mediante la integración de controladores HVDC multinivel en las redes de CA (Dorn *et al*, 2013). Sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado considerando su aplicación como un enlace asíncrono para transferir potencia activa y reactiva entre dos redes o regiones de distinta frecuencia.

Por lo anterior, resulta indispensable implementar los modelos de los enlaces asíncronos basados en el VSC-HVDC en una formulación de Flujos de Potencia Óptimos para determinar puntos óptimos de operación de estado estacionario de sistemas eléctricos de potencia que permitan visualizar las capacidades de control del dispositivo en las interconexiones asíncronas.

### Formulación general de Flujos de Potencia Óptimos

La formulación de Flujos de Potencia Óptimos es considerada como un problema de programación no lineal, donde el objetivo es minimizar una función de costo sujeta a un conjunto finito de restricciones de igualdad y desigualdad. La formulación general de FPO es dada por (Pizano *et al*, 2010),

$$\begin{aligned} & \text{Minimizar } f(\mathbf{y}) \\ & \text{Sujeto a } \mathbf{h}(\mathbf{y}) = 0 \\ & \text{y a } \mathbf{g}(\mathbf{y}) \leq 0 \\ & \mathbf{y}_{\min} \leq \mathbf{y} \leq \mathbf{y}_{\max} \end{aligned} \quad (1)$$

donde  $f(\mathbf{y})$  es la función objetivo real a minimizar evaluada en  $\mathbb{R}^n (f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^1)$ ;  $\mathbf{h}(\mathbf{y})$  es un conjunto de  $r$  funciones reales evaluadas en  $\mathbb{R}^n (h: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^r)$ , que corresponden a las restricciones de igualdad y representan las ecuaciones de balance de potencia activa y reactiva, así como las ecuaciones de control de los elementos del sistema;  $\mathbf{g}(\mathbf{y})$  es un conjunto de  $m$  funciones evaluadas en  $\mathbb{R}^n (g: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m)$ , que representan el conjunto de restricciones de desigualdad y modelan los límites físicos y operacionales del sistema. El vector de variables del sistema  $\mathbf{y} \in S \subseteq \mathbb{R}^n$ , en el espacio de búsqueda  $S$ , incluye el conjunto de variables de control  $\mathbf{x} (\mathbf{x} \in \mathbb{R}^{sv})$  y el conjunto de variables de control  $\mathbf{u} (\mathbf{u} \in \mathbb{R}^{cv})$ , con límites inferior y superior representados por  $\mathbf{y}^{\min}$  y  $\mathbf{y}^{\max}$ , respectivamente. Un punto  $\mathbf{y}$  en  $S$  que satisfice el conjunto de restricciones de igualdad y desigualdad es un punto factible  $\mathbf{y}_F$ ; el conjunto finito de puntos factibles define la región factible  $F$ .

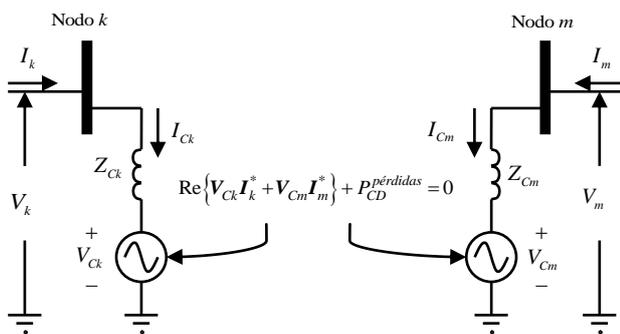
Un punto factible  $\mathbf{y}_F$  es el punto de equilibrio óptimo  $\mathbf{y}^*$  si existe un vecindario  $N$  de  $\mathbf{y}^*$ , tal que  $f(\mathbf{y}^*) \leq f(\mathbf{y})$  para cualquier  $\mathbf{y} \in N \in F$ . El conjunto de restricciones de igualdad consiste de aquellas variables y funciones explícitamente penalizadas a los valores especificados de cualquier etapa del proceso de búsqueda de  $\mathbf{y}^*$ , y es llamado conjunto activo  $A$ . El conjunto de restricciones de desigualdad que están activas en la solución óptima es llamado conjunto ligado  $B$ . Todas las restricciones de igualdad son consideradas como activas en cualquier punto factible, ya que deben ser satisfechas incondicionalmente en la solución óptima  $\mathbf{y}^*$  de la Ecuación (1).

### Modelado del enlace asíncrono basado en el VSC-HVDC

Con el fin de integrar el modelo del enlace asíncrono basado en el VSC-HVDC en la formulación de Flujos de Potencia Óptimos, es necesario representar por medio de un modelo matemático la operación de estado estacionario de los principales componentes del sistema de potencia, así como el dispositivo VSC-HVDC. En este trabajo, tales modelos se consideran en coordenadas polares y en términos de los flujos de potencia activa y reactiva.

La literatura identifica plenamente a los generadores, transformadores, cargas, líneas de transmisión y compensadores como los principales componentes de los sistemas de potencia. Los modelos de estos dispositivos son presentados a detalle en (Acha *et al*, 2004) y son los modelos adoptados en este trabajo.

La tecnología de enlaces asíncronos basados en el VSC-HVDC consiste de dos convertidores controlados por Modulación de Ancho de Pulso (PWM por sus siglas en inglés), los cuales pueden ser conectados en esquemas Back-to-Back (BtB por sus siglas en inglés) en la misma subestación o a través de un enlace de Corriente Directa (CD) en un esquema Point-to-Point (PtP por sus siglas en inglés) (ABB, 2005). En el enlace asíncrono VSC-HVDC es posible representar el voltaje de salida de ambos convertidores en el nodo  $i$  ( $i=k,m$ ) mediante una fuente de voltaje conmutada  $V_{Ci} = V_{Ci} \angle \theta_{Ci}$ , con límites de amplitud y ángulo de fase  $V_{Ci}^{min} \leq V_{Ci} \leq V_{Ci}^{max}$  and  $0 \leq \theta_{Ci} \leq 2\pi$ , respectivamente. Por lo tanto, el VSC-HVDC puede ser representado por un modelo basado en fuentes de voltaje conmutadas, como el mostrado en la Figura 1, en el que están conectados dos sistemas eléctricos de potencia asíncronos en los nodos  $k$  y  $m$ ; el sistema asíncrono que envía potencia se conecta en el nodo  $k$ , mientras que el sistema que recibe dicha potencia se conecta en el nodo  $m$ . La impedancia del transformador de acoplamiento es dada por  $\bar{Z}_{Ci}$  (Pizano *et al*, 2007).



**Figura 1** Circuito equivalente del enlace asíncrono basado en el VSC-HVDC.

### A. Ecuaciones de flujos de potencia

A partir del circuito equivalente anterior del sistema VSC-HVDC, es posible obtener las ecuaciones de inyección de potencia en el nodo  $k$  y  $m$  (Pizano *et al*, 2007).

$$P_{ij}^{inj} = V_i^2 G_{Ci} - V_i V_{Ci} \begin{bmatrix} G_{Ci} \cos(\theta_i - \theta_{Ci}) \\ + B_{Ci} \sin(\theta_i - \theta_{Ci}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$Q_{ij}^{inj} = -V_i^2 B_{Ci} - V_i V_{Ci} \begin{bmatrix} G_{Ci} \sin(\theta_i - \theta_{Ci}) \\ - B_{Ci} \cos(\theta_i - \theta_{Ci}) \end{bmatrix} \quad (3)$$

donde  $G_{Ci} + jB_{Ci} = 1/Z_{Ci}$ . Las ecuaciones de flujos de potencia en el convertidor conectado al nodo  $i=k,m$ , son dadas como sigue,

$$P_{Ci}^{inj} = V_{Ci}^2 G_{Ci} - V_{Ci} V_i \begin{bmatrix} G_{Ci} \cos(\theta_{Ci} - \theta_i) \\ + B_{Ci} \sin(\theta_{Ci} - \theta_i) \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$Q_{Ci}^{inj} = -V_{Ci}^2 B_{Ci} - V_{Ci} V_i \begin{bmatrix} G_{Ci} \sin(\theta_{Ci} - \theta_i) \\ - B_{Ci} \cos(\theta_{Ci} - \theta_i) \end{bmatrix} \quad (5)$$

La magnitud de voltaje en el lado de CA del convertidor conectado al nodo  $i$ ,  $V_{Ci}$ , se relaciona con la magnitud del índice de modulación del control PWM,  $M_{Ci}$ , y con el promedio del voltaje en el enlace de CD,  $V_{CDi}$ , mediante la siguiente expresión (Acha *et al*, 2004),

$$V_{Ci} = M_{Ci} V_{DCi} / \sqrt{2} \quad M_{Ci} \in [0,1] \quad (6)$$

La magnitud, el ángulo de fase del voltaje y el índice de modulación de los convertidores, junto con el voltaje en el enlace de CD, son las variables de estado del enlace asíncrono basado en el VSC-HVDC, por lo que es necesario considerar los límites inferior y superior de dichas variables cuando se integra el modelo del enlace asíncrono en la formulación de FPO. Generalmente, no se consideran los límites del voltaje  $V_{CDi}$ , ya que este voltaje siempre es controlado a un valor especificado por tratarse del voltaje del enlace de CD de alta tensión, a través del cual se controla el flujo de potencia activa. Por tal motivo, el control del  $V_{CDi}$  se maneja como una restricción de igualdad en el modelo de FPO. La restricción asociada con el intercambio de potencia activa entre los convertidores para un esquema BtB es dada por  $P_{ck} + P_{cm} = 0$ , ya que la resistencia del enlace de CD es cero; mientras que para un esquema PtP el balance de potencia en el conductor del enlace de CD es dada por  $P_{ck} + P_{cm} + P_{CD} = 0$ .

En este caso se consideran las pérdidas en el conductor porque se tiene una resistencia diferente de cero.

## B. Modos de control

Los modos de control PQ y PV se definen para este enlace asíncrono. Si la potencia activa y reactiva son controladas por el convertidor  $i$  en los valores  $P_{ij}^{esp}$  y  $Q_{ij}^{esp}$ , respectivamente, las restricciones de igualdad a ser satisfechas son (Pizano *et al*, 2007).

$$P_{ij}^{iny} - P_{ij}^{esp} = 0 \quad Q_{ij}^{iny} - Q_{ij}^{esp} = 0 \quad (7)$$

Si la potencia activa y la magnitud de voltaje son controladas por el convertidor  $i$ , en valores  $P_i^{esp}$  y  $V_i^{esp}$ , respectivamente, las restricciones a satisfacerse son,

$$P_i^{iny} - P_i^{esp} = 0 \quad V_i - V_i^{esp} = 0 \quad (8)$$

En ambos casos, el convertidor  $i$  controla la magnitud de voltaje en el valor  $V_{CDi}^{esp}$ . Esta acción de control es utilizada en la restricción de igualdad que representa el balance de potencia activa entre los dos convertidores, la cual permite calcular las pérdidas en el conductor del enlace de CD, que están dadas por  $P_{CD}^{perd} = (P_{Ci}^2 R_{CD}) / (V_{CDi}^{esp})^2$ .

## Integración del modelo de enlaces asíncronos basados en el VSC-HVDC en FPO

En este trabajo se ha definido la formulación VSC-HVDC-FPO, el cual es desarrollado por considerar el modelo del sistema VSC-HVDC en el análisis de OPF como se describe en las siguientes secciones.

### A. Función objetivo

La función objetivo  $f(y)$  representa el costo total de generación de potencia activa.

$$f(y) = \sum_{i=1}^{N_g} a_i + b_i (P_{gi}) + c_i (P_{gi})^2 \quad (9)$$

donde  $a_i$ ,  $b_i$  y  $c_i$  son los coeficientes de la curva del generador  $i$ .  $N_g$  es el número de generadores, cuya salida de potencia activa individual es  $P_{gi}$ .

### B. Restricciones de igualdad

Con el fin de representar la operación de estado estacionario, las ecuaciones de balance de energía del sistema de potencia se deben satisfacer siempre de manera incondicional. Esto se logra mediante un conjunto de restricciones de igualdad que representan el balance de potencia activa y reactiva en todos los nodos del sistema.

$$h(y) = \left\{ \begin{array}{l} P_{gi} - P_{li} - \sum_{j \in i} P_{inij,j} - \sum_{j \in i} P_{iny,jVSC-HVDC} = 0 \\ Q_{gk} - Q_{lk} - \sum_{j \in k} Q_{inij,j} - \sum_{j \in k} Q_{iny,jVSC-HVDC} = 0 \end{array} \right\} \quad (10)$$

donde  $N_b$  es el número total de buses,  $i=1,2,\dots,N_b$  y  $k=1,2,\dots,N_b/k \notin N_g$ . La generación y demanda de potencia activa y reactiva son  $P_{gi}$ ,  $P_{li}$  y  $Q_{gk}$ ,  $Q_{lk}$ , respectivamente, mientras que los subíndices  $iny,j$  y  $iny,jVSC-HVDC$  representan la inyección de potencia a través del  $j$ -ésimo elemento de transmisión y del sistema VSC-HVDC.

Claramente, la incorporación de cada enlace VSC-HVDC en la formulación de OPF, implica la introducción de cuatro nuevas variables de estado y tres restricciones de igualdad asociadas con su operación. Estas restricciones son dadas por el conjunto de la Ecuación (11) como sigue.

$$h_1(y) = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=k,m} V_{Ci} - M_{Ci} V_{CDi} / 2\sqrt{2} = 0 \\ \sum_{i=k,m} (V_{CDi} - V_{CDi}^{esp}) = 0 \\ P_{Ck} + P_{Cm} + P_{CD}^{perd} = 0 \end{array} \right\} \quad (11)$$

La primera ecuación establece la relación de la magnitud del voltaje del convertidor  $i$  con el índice de modulación y el voltaje del enlace de CD, Ecuación (6).

La segunda restricción de igualdad permite fijar el valor del voltaje de CD a un valor especificado, mientras que la última restricción está asociada con el intercambio de potencia activa entre los convertidores a través del enlace de CD.

Además, los modos de control del VSC-HVDC deben ser consideradas como restricciones de igualdad adicionales en la formulación de OPF, lo cual se hace mediante el conjunto adicional de restricciones siguiente:

$$h_2(y) = \begin{cases} P_i^{iny} + P_i^{esp} = 0 \\ Q_i^{iny} + Q_i^{esp} = 0 \\ V_i + V_i^{esp} = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Como se mencionó, la primera y segunda restricción permite llevar a cabo el control de potencia activa y reactiva, respectivamente, de acuerdo con la Ecuación (7). La tercera restricción de igualdad se activa en función de la segunda, tal como se describió antes, y permite controlar la magnitud de voltaje en el nodo  $i$  a un valor especificado.

Estas acciones de control son expresadas como restricciones de igualdad y permanecen activas durante todo el proceso de optimización iterativo. Si algún modo de control del VSC-HVDC no se considera, entonces la correspondiente restricción del conjunto de la Ecuación (12) es desactivada o eliminada del conjunto activo. Se debe notar que las Ecuaciones (10)-(12) representan el conjunto completo de restricciones de igualdad de la formulación VSC-HVDC-OPF.

Es muy importante mencionar que la potencia reactiva de generación,  $Q_{gi}$ , es una función de las variables del sistema y no tiene un valor especificado en el conjunto de la Ecuación (10), por lo tanto, la restricción de balance de potencia reactiva solo puede ser establecida para los buses que no son de generación ( $k \notin N_g$ ).

Sin embargo, el balance de potencia reactiva en los nodos de generación se efectúa de acuerdo al procedimiento aplicado para manejar los límites de generación reactiva, como se explica a detalle en la siguiente sección.

### C. Restricciones de desigualdad

Los límites físicos y operacionales del sistema eléctrico de potencia, son matemáticamente modelados mediante el siguiente conjunto de restricciones de desigualdad,

$$Y = \begin{cases} P_{gi}^{\min} \leq P_{gi} \leq P_{gi}^{\max} & i=1,2,\dots,N_g \\ V_j^{\min} \leq V_j \leq V_j^{\max} & j=1,2,\dots,N_b \end{cases} \quad (13)$$

$$g(y) = \{Q_{gi}^{\min} \leq Q_{gi} \leq Q_{gi}^{\max}\}, i=1,2,\dots,N_g \quad (14)$$

Se debe resaltar que las ecuaciones del conjunto  $Y$  son restricciones de desigualdad a variables, mientras que los límites de generación de potencia reactiva son modelados como un conjunto de restricciones de desigualdad funcional. De esta manera, el nivel de generación de potencia reactiva  $Q_{gi}$  en la Ecuación (14), es dado por la siguiente función,

$$Q_{gi} = Q_{li} + \sum_{j \in i} -V_i^2 B_{ii} + V_i V_j \begin{bmatrix} G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) \\ -B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) \end{bmatrix} \quad (15)$$

De acuerdo a la expresión anterior, el balance de potencia reactiva en el nodo  $i$  siempre se establece cuando el generador se encuentra operando dentro de sus límites de generación. Cuando el generador viola su límite inferior  $Q_{gi}^{\min}$  o superior  $Q_{gi}^{\max}$ , la restricción de igualdad de la Ecuación (16) es activada por el algoritmo de optimización y automáticamente se convierte en una restricción de igualdad con el fin de penalizar el nivel de generación de potencia reactiva en el límite de generación violado  $Q_{gi}^v$ ,

$$Q_{gi}^v - Q_{gi} = 0 \quad (16)$$

donde  $Q_{gi}$  es definida por la Ecuación (15). Se debe notar que la restricción anterior no solo evita la violación de los límites de generación de potencia reactiva, sino que también representa la ecuación de balance de potencia reactiva.

En la formulación VSC-HVDC-OPF definida en este artículo, los límites de las variables de estado del enlace asíncrono basado en el VSC-HVDC deben ser consideradas como un conjunto de restricciones de desigualdad como sigue,

$$Y_1 = \left\{ \begin{array}{l} V_{Ci}^{\min} \leq V_{Ci} \leq V_{Ci}^{\max} \\ \theta_{Ci}^{\min} \leq \theta_{Ci} \leq \theta_{Ci}^{\max} \\ M_{Ci}^{\min} \leq M_{Ci} \leq M_{Ci}^{\max} \\ V_{DCi}^{\min} \leq V_{DCi} \leq V_{DCi}^{\max} \end{array} \right\} \quad (17)$$

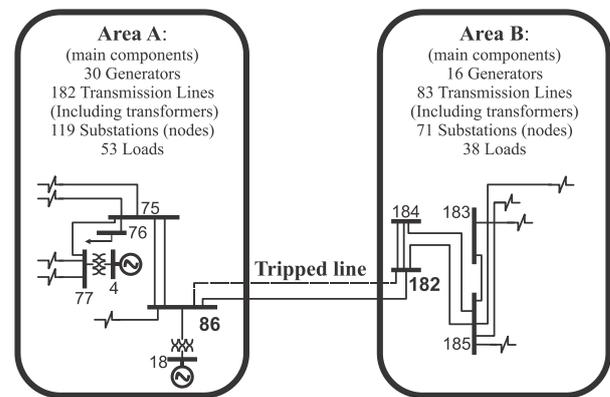
Al igual que en la Ecuación (13), las restricciones del conjunto  $Y_1$  son también restricciones de desigualdad a variables y permiten simular los límites de operación del enlace de CD en alta tensión. Las Ecuaciones (13)-(17) forman el conjunto completo de restricciones de desigualdad de la formulación VSC-HVDC-OPF.

### Casos de estudio

Dos casos de estudio para determinar puntos de equilibrio óptimos del Sistema de Potencia Interconectado Mexicano son presentados. En uno de estos casos se utiliza el VSCHVDC en una configuración de enlace asíncrono BtB, mientras que en el caso se considera un esquema PtP. En ambos casos de estudio, la tolerancia de convergencia del proceso de optimización es  $1 \times 10^{-6}$ .

El MIS es representado por un modelo equivalente compuesto de 190 nodos, 46 generadores, 90 cargas y 265 líneas de transmisión, las cuales operan en niveles de voltajes que van desde 115 kV hasta 400 kV (Messina & Vittal, 2005).

Los límites de voltaje en todos los nodos son establecidos en  $0.94 \leq V_i \leq 1.07$  pu (por unidad), mientras que los límites de potencia activa y reactiva para todos los generadores son considerados en  $0 \leq P_{gi} \leq 1250$  MW y  $-250 \leq Q_{gi} \leq 350$  MVAR, respectivamente. El sistema MIS consiste de dos áreas identificadas como Área A y Área B, interconectadas a través de un enlace inter-área, tal y como se muestra en la Figura 2. En ambos casos de estudio el enlace asíncrono basado en el VSC-HVDC se utiliza para interconectar las dos áreas del sistema de potencia, con el fin de intercambiar potencia entre ellas.



**Figura 2** Enlace inter-área del Sistema Interconectado Mexicano.

Primeramente, un análisis de OPF convencional (caso base) se lleva a cabo, en el cual se calcula el punto de equilibrio óptimo de estado estacionario, sin el enlace VSC-HVDC, con un costo total de 21,093.766 \$/hr, pérdidas totales de 249.921 MW y una potencia activa transferida del Área B al Área A de 635.56 MW. En este punto de operación la magnitud de voltaje en el nodo 182 es 1.03 pu con un ángulo de fase de 19.95 grados. Entonces, el sistema MIS es modificado para conectar el sistema asíncrono basado en el VSC-HVDC; la primera fuente de voltaje se conecta al nodo 182, mientras que la segunda fuente se conecta a una nueva subestación denotada como 182a. El sistema BtB VSC-HVDC es comisionado para incrementar el flujo de potencia activa a través del enlace inter-área a 700 MW.

Las impedancias de los dos transformadores de acoplamiento del sistema asíncrono son de  $0.001+j0.01$  pu y las pérdidas en estos elementos son despreciadas. Los límites superior e inferior de las fuentes de voltaje conmutadas son 1.04 pu y 0.97 pu, respectivamente. Los límites del índice de modulación se consideran entre 0.5 y 1.0 con una condición inicial de 0.8. En este caso la magnitud del voltaje del enlace de CD de alta tensión se fija en 4.0 pu.

Posteriormente, se conectan las dos áreas del sistema de potencia mexicano por medio de del enlace asíncrono basado en un esquema PTP VSC-HVDC, el cual se utiliza en lugar del esquema BtB. En este caso, el sistema asíncrono es utilizado para controlar el flujo de potencia activa a través de la conexión inter-área en 700 MW, y para fijar la magnitud de voltaje en el nodo 182 y 182a en 1 pu. Las condiciones de simulación de este caso de estudio son las mismas que en el caso anterior, sin embargo, debido a que se considera un esquema PtP, el valor de la resistencia del enlace de CD es de 0.00334 pu.

El vector de variables de estado del Sistema Interconectado Mexicano es de tamaño [436x1], incluyendo las variables del VSC-HVDC, por lo que el análisis de OPF calcula un punto de equilibrio óptimo en el cual el vector solución es de igual tamaño que el vector de variables de estado del sistema. Por tal motivo y por razones de espacio del documento, no es posible presentar la solución óptima completa, sin embargo, en la Tabla 1 se muestra un resumen de los resultados obtenidos, por medio de los cuales es posible visualizar de manera confiable el comportamiento del sistema de potencia y las capacidades de control de ambos esquemas del enlace asíncrono basado en el VSC-HVDC en el punto de equilibrio óptimo.

Parámetro	Caso base	BtB VSC-HVDC	PtP VSC-HVDC
Voltaje $V_{c1}$ (pu)	-----	1.0400	1.0035
Voltaje $V_{c2}$ (pu)	-----	1.0400	0.9897
Ángulo (grados) $\theta_{c1}$	-----	-28.072	-51.228
Ángulo (grados) $\theta_{c2}$	-----	25.021	26.754
Índice de mod. $M_{c1}$	-----	0.7354	0.7096
Índice de mod. $M_{c2}$	-----	0.7354	0.6998
Pérdidas (MW)	249.43	265.56	269.99
Pérdidas (MVar)	-6346.23	-6319.53	-6073.63
Generación (MW)	18607.43	18723.56	18727.99
Generación (MVar)	1862.33	2095.43	2318.18
Costo total (\$/hr)	21093.72	21310.39	21317.89

**Tabla 1** Resumen de resultados con ambos esquemas del enlaces asíncronos en el punto óptimo.

Los resultados obtenidos y los mostrados en la tabla, muestran que para satisfacer las restricciones de igualdad y desigualdad en el punto de óptimo equilibrio, 19 y 22 voltajes violaron su límite superior en el caso del esquema BtB y PtP del VSC-HVDC, respectivamente, mientras que todos los generadores se mantuvieron dentro de sus límites y las fuente de voltaje del esquema BtB se fijaron a sus límites superiores. La Tabla 1 también muestra que ambos esquemas del sistema asíncrono VSC-HVDC efectúan bien sus acciones de control cuando son conectados al sistema MIS. Los costos de generación se incrementan cuando se integra el enlace asíncrono en el sistema, lo cual es debido al aumento del flujo de potencia a través del enlace inter-área, que provoca una redistribución de los flujos de potencia en el sistema y un aumento en las pérdidas de potencia activa; este aumento de las pérdidas de potencia activa se traduce en un aumento de la generación y por tanto en un aumento en el costo total. Debe notarse que en el caso del sistema PtP VSC-HVDC se tiene una generación de potencia activa y un costo total mayor, ya que se tienen más pérdidas de potencia activa debido a las pérdidas en el enlace de CD.

En el caso de estudio con el esquema PtP el sistema asíncrono se comisionó para controlar el voltaje en los nodos donde conectó, lo cual trae consigo una mayor demanda de potencia reactiva y por ende un nivel mayor de Vars en los nodos de generación, tal como se muestra en la tabla anterior. En las simulaciones se observó que si el voltaje en el lado del enlace de CD no es de una magnitud adecuada, entonces el algoritmo de optimización no converge, ya que el sistema asíncrono VSC-HVDC no es capaz de controlar el flujo de potencia activa en el valor especificado, sobre todo cuando se comisiona para incrementar el flujo de MW a través de los enlaces inter-áreas o inter-sistemas.

### Conclusiones

Una implementación práctica del modelo de enlaces asíncronos basados en el VSC-HVDC en una formulación de Flujos de Potencia Óptimos que permite determinar puntos de equilibrio óptimos de sistemas eléctricos de potencia se ha presentado. Los casos de estudio mostraron que en el punto de óptimo equilibrio se violan diversos límites de voltaje y todos los generadores permanecen dentro de sus límites de generación. En el punto de equilibrio calculado para el sistema MIS los costos de generación se incrementan cuando se integra el enlace asíncrono VSC-HVDC en el sistema de potencia, lo cual es debido al aumento del flujo de potencia activa a través del enlace inter-área, que provoca un aumento en las pérdidas de potencia activa y un aumento de la generación. En el caso del sistema PtP VSC-HVDC se tiene una generación de potencia activa y un costo total mayor, ya que se tienen más pérdidas de potencia activa debido a las pérdidas en el enlace de CD.

Si el voltaje en el lado del enlace de CD no es de una magnitud adecuada no es posible determinar un punto de equilibrio óptimo, ya que el sistema asíncrono VSC-HVDC no es capaz de controlar el flujo de potencia activa en el valor especificado.

Esta situación es muy común cuando se incrementa el flujo de MW a través de los enlaces asíncronos inter-áreas.

### Referencias

ABB Power Systems AB. *Technical Description of HVDC Light® Technology Technical Report*, 2005. Zúrich: Suiza, Recuperado de <http://www.abb.com>.

Acha, E., Fuerte, C. R., Ambriz, H., & Ángeles, C. (2004). *FACTS; Modelling and Simultaion in Power Networks*. Glaswov: John Wiley & Sons.

Asplund, G. (2001). Application of HVDC Light to power system enhancement. *Proceedings 2001 IEEE-PES Winter Meeting*, 4, 2498-2503.

Ayari, M., Moez, M., Braiek, N. B. & Guillaud, X. (2013). Optimal control design for VSC-HVDC systems. *International Conference on Electrical Engineering and Software Applications*, 1-6.

Belenguer, E., Vidal, R., Beltrán, H. & Blasco, R. (2013). Control strategy for islanded operation of offshore wind power plants connected through a VSCHVDC link. *39th Annual Conference of the IEEE on Industrial Electronics Society (IECON)*, 5254-5259.

Contreras Aguilar, L. A. (2011). *Steady-tate and dynamic solutions of asynchronous links based on Variable Frequency Transformers*. (Tesis inédita de Doctorado en Ciencias). Facultad de Ingeniería Eléctrica-UMSNH, Morelia, México.

Dorn, J., Pohl, M., Retzmann, D. & Schettler, F. (2013). Transformation of the Energy System in Germany ?? Enhancement of System Stability by Integration of innovative Multilevel HVDC in the AC Grid. *Proceedings of International ETG-Congress on Security in Critical Infrastructures Today*, 1-6.

Hassink, P., Beaugard, V. O'Keefe, R. Larsen, E. & Bodo, R. (2007). Second & Future Applications of Stability Enhancement in ERCOT with Asynchronous Interconnections. *Proc. IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 1-7.

Messina, A. R. & Vittal, V.. (2005). Assessment of nonlinear interaction between nonlinearly coupled modes using higher order spectra. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(1), 375-383.

Nabb, D. Mc., Nadeau, D., Nantel, A., Practico, E., Larsen, E., Sybille, G., Que Do, V. & Paré, D. (2005). Transient and dynamic modeling of the New Langlois VFT asynchronous tie and validation with commissioning tests. *Proceedings the International Conference on Power Systems Transients*.

Pizano, A., Fuerte, C. R., Ambriz, H. & Acha, E. (2007). Modelling of VSC-Based HVDC Systems for a Newton-Raphson OPF Algorithm. *IEEE Transactions on Power Systems*, 22(4), 1794-1803.

Pizano, A., Fuerte, C., Zamora, E.A., & Segundo, J. (2010) Conventional Optimal Power Flow Analysis Using the Matlab Optimization Toolbox, *Proceedings de la ROPEC International*, 1-6.

Pizano, A., Fuerte, C. R. & Ángeles, C. (2012). Voltage source converter based high-voltage DC system modeling for Optimal Power Flow studies. *Electric Power Components and Systems*, 40(3), 312-320.

The MathWorks, Inc. *Matlab Optimization Toolbox User's Guide Version 2, 2001*.

Natick, MA: USA. Recuperado de <http://www.mathworks.com>.

## Estimación del parámetro SNR para el filtro de Wiener, usando algoritmos genéticos

HERNANDEZ-LOPEZ, Eynard\*†, GUTIERRES-Sergio y CRUZ-DIOSDADO, Leonardo

*Ingeniería industrial del Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México*

Recibido Julio 5, 2015; Aceptado Septiembre 3, 2015

### Resumen

En el presente trabajo se estima un parámetro de regularización para el Filtro de Wiener por medio de Algoritmos Genéticos. Esta estimación se compara con los siguientes métodos para la recuperación de imágenes: Filtro Inverso, Filtro de Wiener y el Algoritmo de Lucy-Richardson. Además, se utiliza un desarrollo alternativo al de Lucy-Richardson cuya metodología es la técnica de Maximización de la Esperanza.

**Problemas inversos, filtro de Wiener, algoritmos genéticos, procesamiento de imágenes**

### Abstract

Bibliographic records were obtained from scientific articles on Mexican cancer research published in high impact journals worldwide. The bibliographic records were retrieved from the Thomson Reuters databases: *Science Citation Index SCI, SSCI Social Science Citation Index and Conference Proceedings* on July 2012. The search covered the period 1977 to 2012 of the published works on cancer research conducted by at least one author whose affiliation institution were from Mexico.

**Problems, Wiener filter, genetic algorithms, image procedures**

**Citación:** HERNANDEZ-LOPEZ, Eynard, GUTIERRES-Sergio y CRUZ-DIOSDADO, Leonardo. Estimación del parámetro SNR para el filtro de Wiener, usando algoritmos genéticos. *Revista de Aplicación Científica y Técnica* 2015, 1-2: 83-89

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [eynardh7@gmail.com](mailto:eynardh7@gmail.com))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad, tanto en la ciencia como en cualquier actividad cotidiana, las imágenes son esenciales, por ejemplo, es usual publicar fotografías en las redes sociales, ver imágenes de personas, paisajes o fotografías de las últimas noticias. Las imágenes engloban muchas áreas, entre las que encontramos la fotografía astronómica, las imágenes médicas (donde los detalles permiten tomar decisiones asertivas o fatales en el caso de que la imagen oculte información), reconocimiento de retina, huellas digitales, entre otras. En estas facetas de la fotografía, se pretende capturar y observar la imagen original o real, esto es, que la imagen represente fielmente la realidad capturada en un momento preciso. Sin embargo, el proceso de captura de una imagen no es perfecto, debido especialmente a fenómenos de degradación, que pueden derivar de fenómenos naturales o que provienen intrínsecamente del dispositivo de captura. Para restaurar una imagen, a la que se llamará *imagen observada*  $g$ , en una imagen estimada (que es la imagen recuperada), a la que se denota por  $f$ , se emplea la ecuación integral de Fredholm de primer tipo como en Vogel, Curtis R.<sup>14</sup>, la cual se expresa mediante

$$g(x) = \int H(x,y)f(y)dy, \quad (1)$$

donde  $H$  es el kernel de la ecuación integral, también conocida como *función de dispersión del punto*. La ecuación (1) tiene la siguiente versión matricial,

$$g = Hf, \quad (2)$$

en este caso  $g$  y  $f$  representan vectores de dimensión finita, mientras que  $H$  es una matriz cuadrada de rango finito que representa el proceso de degradación requerido mediante la formación de la imagen.

Aunado a este proceso, si la imagen se contamina por alguna fuente de ruido, como ruido resultante de fenómenos electromagnéticos o de otra naturaleza, entonces se expresa a éste con un vector  $\eta$  de dimensión finita. En lo sucesivo se estudiará la ecuación de convolución siguiente

$$g = Hf + \eta. \quad (3)$$

En general, la ecuación (2) no tiene solución. En consecuencia, el problema de la ecuación (1) está mal planteado en el sentido de Hadamard, como se menciona en Vogel, Curtis R.<sup>14</sup>. Lo que obliga a buscar otras formas de encontrar soluciones aceptables al problema de deconvolución de imágenes (3), como lo formulan González R. C. and Woods R. E.<sup>5</sup>. Algunos de estos métodos se expondrán en el presente trabajo.

## Métodos y comparación

El objetivo principal de la recuperación de imágenes es estimar la imagen  $f$  de la ecuación (2). Sin embargo, en ocasiones el kernel  $H$  también es desconocido. Esto implica estimarlos simultáneamente, a este problema se le denomina *deconvolución ciega*. Este problema es muy complicado por la estimación de  $H$ . Cuando se tiene una estimación parcial de  $H$ , el problema original se conoce como *deconvolución miope*. Por otro lado, cuando  $H$  es conocida, éste se resuelve usando el método de mínimos cuadrados; el cuál se denomina *filtro inverso*.

En el presente trabajo se comparan métodos para deconvolución con distintas características, a saber, el filtro inverso, el filtro de Wiener y finalmente el algoritmo de Lucy-Richardson.

### Filtro inverso

El método de deconvolución es el más sencillo y rápido de implementar por su facilidad computacional. Considérese la ecuación (2) y el siguiente operador

$$J(\hat{f}) = \|g - H\hat{f}\|^2, \quad (4)$$

En el cual  $\hat{f}$  es la estimación de la imagen  $f$  y  $\|\cdot\|$  es alguna norma definida en un espacio vectorial. Esta ecuación es un problema de optimización que se puede resolver mediante mínimos cuadrados. Esto es, minimizar el operador (4), dadas las aproximaciones de  $H$  y  $f$ . En la implementación de este método se emplea una aproximación inicial de la imagen observada  $g$ , conocida como *filtro de mediana*, como lo exponen González R. C. and Woods R. E.<sup>5</sup>. Obsérvese que estas aproximaciones al problema acumulan un error considerable.

Al resolver el problema de optimización (4), se obtiene la siguiente solución

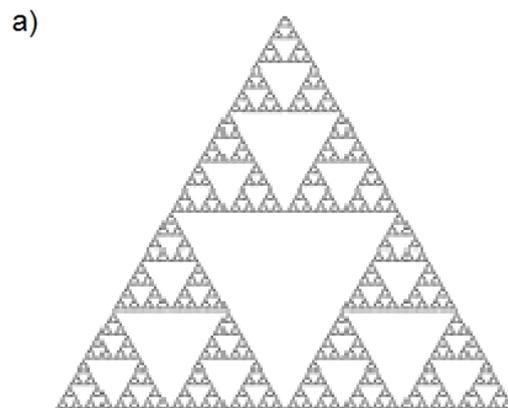
$$\hat{f} = H^{-1}g, \quad (5)$$

Donde  $\hat{f}$  es un vector finito. Por otro lado, cuando se aplica la transformada rápida de Fourier a este sistema, se obtiene el filtro inverso buscado

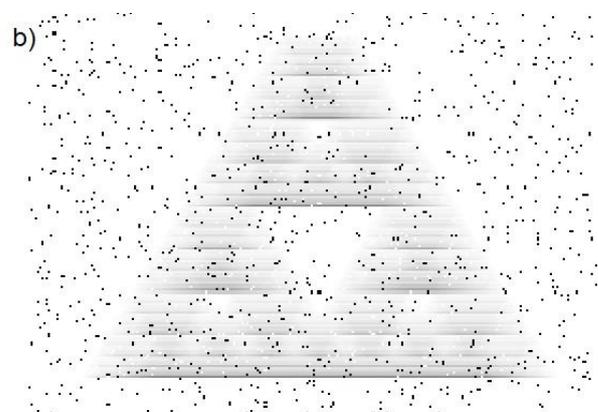
$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)}, \quad (6)$$

Para  $u=0,1,2,\dots, M-1$  y  $v=0,1,2,\dots, N-1$ , donde las coordenadas  $(u,v)$  indican el dominio de frecuencia. La *figura 1* muestra la implementación de este método para un *borrado lineal* y ruido de tipo *sal y pimienta*.

En el inciso (a) de la *figura 1*, el reloj es una fotografía que representa la imagen original  $f$  en el problema planteado; en (b), está la imagen degradada  $g$  mediante un borrado lineal  $H$ , mientras que (c) es la imagen degradada (b), recuperada con el filtro inverso. En términos cualitativos, la recuperación desde la imagen degradada (b) es parecida a la imagen original  $f$ . En (d), se presenta la imagen original degradada con *borrado lineal* y ruido *sal y pimienta*. Finalmente, (e) es la recuperación de la imagen (d). En este caso, el filtro inverso no ofrece una solución cualitativa ni cuantitativa óptima (en el sentido error norma de *Frobenius* Vogel, Curtis R.<sup>14</sup>). En consecuencia, se debe apostar por un método alternativo.



**Figura 1** Imagen Original



**Figura 2** Imagen degradada con borrado lineal y ruido sal y pimienta

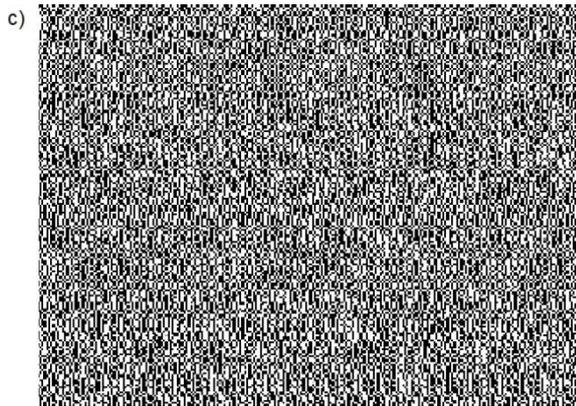


Figura 3 Imagen recuperada con el filtro inverso

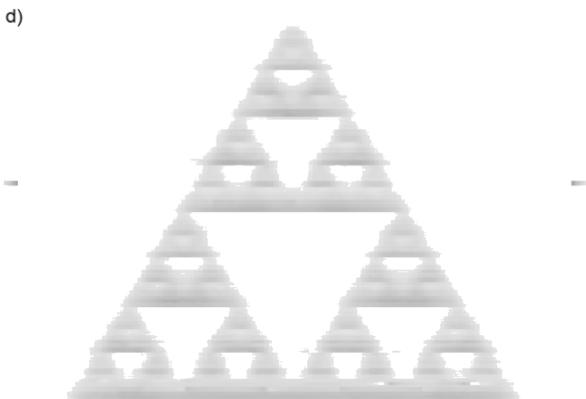


Figura 4 Imagen recuperada con Filtro de Wiener

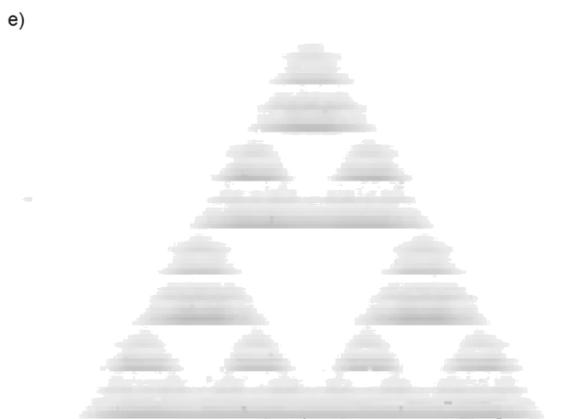


Figura 5 Imagen recuperada con Algoritmo de Lucy-Richardson

**Filtro de Wiener**

El Filtro de Wiener es una de las aproximaciones más conocidas en la restauración de imágenes. Éste se obtiene de un problema de optimización, ya que se busca un estimador de la degradación de la imagen, minimizando el error estadístico siguiente

$$e_i = f_i - \hat{f}_i, \tag{7}$$

Donde los elementos del vector de error  $e_i$  pueden ser positivos o negativos. Así, al minimizar la media cuadrática de error se obtiene el filtro. En consecuencia, el problema de optimización está dado por

$$E[(e^T e)] = E[Tr(e^T e)], \tag{8}$$

En el cual  $E$  y  $Tr$  representan la esperanza matemática y el operador traza, respectivamente. Si se sustituye el término  $\hat{f}$  por  $Yg$ , donde  $Y$  es el filtro deseado y  $g$  es la imagen observada para la ecuación  $g = Hf + \eta$ , con  $\eta$  siendo un ruido aditivo, se obtiene el funcional

$$J(Y) = E \left[ Tr \left( (f_i - \hat{f}_i)(f_i - \hat{f}_i)^T \right) \right]. \tag{9}$$

Debido a que los operadores  $E$  y  $Tr$  son lineales, estos pueden ser intercambiados. Además, si  $Tr(A) = Tr(A^T)$  y bajo el supuesto que  $f$  y  $\eta$  son independientes, entonces  $E(\eta f^T) = E(f \eta^T) = 0$ . De esta forma, al expandir  $J(Y)$  se obtiene

$$J(Y) = Tr \left[ R_f - 2YHR_f + YHR_fH^T + YR_nY^T \right],$$

Donde  $R_f$  y  $R_n$  son arreglos de autocorrelación, como aparece en Isaacson E. and Keller H. B<sup>7</sup>. Resolviendo para  $Y$  se sigue que

$$Y = R_f H^T (H R_f H^T + R_n)^{-1}. \quad (10)$$

Puesto que  $\hat{f} = Yg$ , se concluye

$$\hat{f} = R_f H^T (H R_f H^T + R_n)^{-1} g. \quad (11)$$

Por último, en el dominio de Fourier

$$\begin{aligned} \hat{F}(u, v) & \quad (12) \\ &= \frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + \frac{R_n(u, v)}{R_f(u, v)}} G(u, v), \end{aligned}$$

Donde  $R_f(u, v)$  y  $R_n(u, v)$  son matrices de autocorrelación y  $H^*(u, v)$  es el complejo conjugado de la matriz  $H(u, v)$ , para más información véase Isaacson E. and Keller H. B<sup>7</sup>.

### Algoritmo de Lucy-Richardson

Las primeras versiones de este método fueron propuestas por Richardson W. H<sup>12</sup>, y Lucy L. B<sup>9</sup> En el presente artículo se utilizará un desarrollo alternativo. La metodología de este algoritmo es mediante la técnica de *maximización de la esperanza (ME)*, la cual es muy útil para estimar información pérdida en un problema dado.

Para obtener dicho algoritmo se considera el sistema (2), donde la matriz  $H$  es de tamaño  $m \times n$  y los componentes de  $g$  y  $f$  son vectores no negativos de tamaño  $n \times 1$ . Se propone un problema de optimización, el cual consiste en minimizar la discrepancia de *Kullback-Leibler*, véase Vogel, Curtis R<sup>14</sup>.

$$\rho_{KL}(g, Hf) = \langle g, \log(g/Hf) \rangle. \quad (13)$$

Las restricciones de (13) dependen de los valores de cada pixel, los cuales son siempre valores positivos y su normalización.

El algoritmo ME usa dos variables aleatorias discretas, una que representa los valores observados de forma incompleta (los cuales se conocen parcialmente) y la segunda variable aleatoria representa la información pérdida, aunado a una función de probabilidad conjunta, como en Vogel, Curtis R<sup>14</sup>. Considérense  $X$  y  $Y$  variables aleatorias que representan la información completa e incompleta, respectivamente. Tomando en cuenta las restricciones, se tiene que

$$P\{X = j, Y = i\} = p_{X,Y}(j, i; f). \quad (14)$$

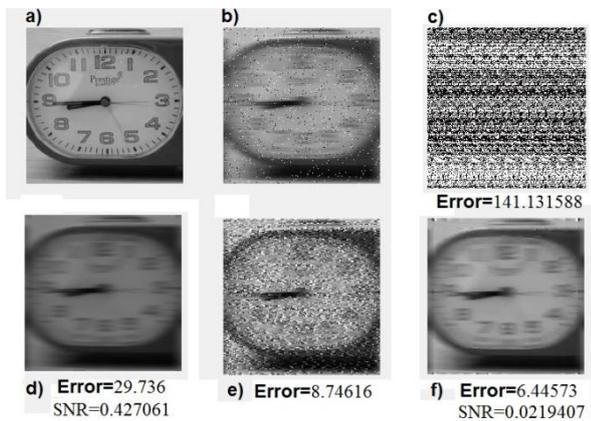
Luego entonces, sobre estas suposiciones se llega a la siguiente expresión

$$Q(f|y; f_v) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r g_i [\log h_{ij} f_j^v] \hat{p}_{ij}^v, \quad (15)$$

Como en Medina M. and Hernández E.<sup>10</sup> En el algoritmo ME, la ecuación (15) representa el primer paso. El segundo requiere del proceso de maximización de (15), obteniendo el estimador  $\hat{f}$  de  $f$ , el cual es

$$\begin{aligned} f_j^{v+1} &= f_j^v \sum_{i=1}^m h_{ij} \left( \frac{g_i}{\sum_{l=1}^n h_{il} f_l^v} \right), \quad j \\ &= 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (16)$$

La ecuación (16) es conocida como el algoritmo de *Lucy-Richarson ME*.



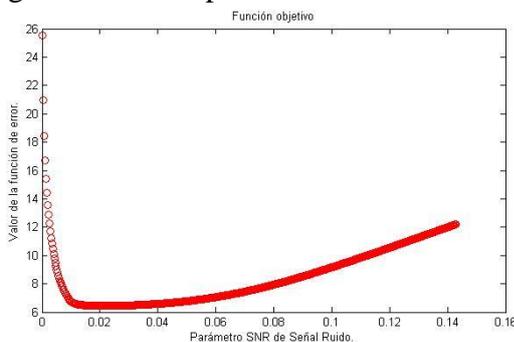
**Figura 6** (a) imagen original, (b) imagen degradada con borrado lineal y ruido sal y pimienta, (c) imagen (b) recuperada con el Filtro Inverso, (d) imagen (b) recuperada con el Filtro de Wiener, (e) imagen (b) recuperada con el Algoritmo de Lucy-Richardson ME, (f) imagen (b) recuperada con Algoritmos Genéticos y Filtro de Wiener.

**Metodología**

La función objetivo del código usado está dada por

$$F(SNR) = \sum \sum |f - Wiener(g, SNR)|^2, \tag{17}$$

En la cual SNR es el *parámetro señal-ruido* a estimar del Filtro de Wiener con dominio paramétrico  $0 \leq SNR \leq 1$ , *Wiener(.)* es la implementación de este filtro, mientras que *f* y *g*, son las imágenes original y degradada respectivamente. El proceso de optimización utiliza *Algoritmos Genéticos*, que se pueden estudiar en Holland J.H. <sup>6</sup>, que son una herramienta de optimización dirigida basada en probabilidad.



**Gráfico 1** Gráfica de función objetivo

**Comentarios Finales**

En la *figura 2* se muestra la comparación de imágenes resultantes de la restauración de una imagen mediante el Filtro Inverso, Filtro de Wiener, el algoritmo de Lucy-Richardson ME y la recuperación de la imagen por medio de *Algoritmos Genéticos-Filtro de Wiener*. En el caso de borrado lineal el Filtro Inverso se considera que tiene una buena calidad, lo mismo pasa con el filtro de Wiener y el algoritmo de Lucy-Richardson ME. Sin embargo, si la imagen es degradada por ruido aditivo, los resultados conseguidos por el Filtro Inverso no son satisfactorios, porque el error es 141.131588, lo que significa que el ruido se amplifica. No obstante, el Filtro de Wiener y el algoritmo de Lucy-Richardson ME, cuyos errores respectivos son 29.736 y 8.74616, lo que demuestra que son más estables sobre la presencia del ruido. Finalmente, cuando se utilizan el Filtro de Wiener y los Algoritmos genéticos, se estima el parámetro señal-ruido del Filtro de Wiener, el cual es un parámetro de regularización para este método, obteniendo valores óptimos. En la *figura 2*, se obtuvo una estimación del parámetro señal ruido con un valor de 0.021947 para este caso particular, y cuyo error es 6.44573. Cabe mencionar que para cada experimento, al agregar ruido pseudo-aleatorio a las imágenes, los métodos aquí expuestos obtienen imágenes diferentes, esto se debe a que el ruido siempre es diferente, lo que provoca que la imagen degradada no sea igual en cada evento y el parámetro estimado sea distinto en cada ensayo.

**Conclusión**

La ecuación (16) garantiza que la solución es siempre positiva. Esta técnica tiene algunas desventajas cuando el número de iteraciones es muy grande, dado que no se aprecia mejora significativa en la recuperación. Por ahora no hay criterio definitivo para estimar el número de iteraciones.

Por otro lado, se estima el parámetro señal-ruido para el Filtro de Wiener mediante Algoritmos Genéticos, lo cual da resultados satisfactorios, pero el costo computacional es alto si la imagen es grande. Como trabajo a futuro, se pretende estimar parámetros de la degradación de una imagen, y utilizar la metodología presentada aquí para estimar imágenes degradadas por medio de factores comunes en la vida real.

### Referencias

- Banham M.R. and Katsaggelos A.K., "Digital Image Restoration", *IEEE Signal Processing Magazine*, 1997.
- Campisi P., Egiazarian K., "Blind Image Deconvolution", *Taylor and Francis Group*, LLC 2007.
- Friedman Nir, "The Bayesian structural EM algorithm", *Proceedings of the Fourteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1998, pp. 129-138.
- Goldberg, David E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning*, Addison-Wesley, 1989.
- González R. C. and Woods R. E., "Tratamiento digital de imágenes", *Buenos Aires*, 1996, pp.773.
- Holland J.H., "Adaptation In Natural And Artificial Systems: An Introductory Analysis With Applications To Biology, Control, And Artificial Intelligence", *A Bradford Book*, 1992, pp. 211.
- Isaacson E. and Keller H. B., "Analysis of Numerical Methods", *J. Wiley & Sons, New York*, 1966.
- Kaipio J. and Somersalo E., "Statistical and Computational Inverse Problems", *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 160, 2004.
- Lucy L. B., "An iterative technique for the rectification of observed distributions", *Astronomy Journal*, 79 (6), 1974, pp. 745-754.
- Medina M. and Hernández E., "Deconvolution, parameter estimation and image recovering", *First Symposium on Inverse Problems and its Applications*, 2010, pp.83-91.
- Moon T. K., "The Expectation-Maximization Algorithm", *Signal Processing Magazine, IEEE*, 1996, 13(6), pp. 47- 60.
- Richardson W. H., "Bayesian-Based Iterative Method of Image Restoration", *JOSA*, 62 (1), 1972, pp. 55-59.
- Vardi Y. and Lee D., "From Image Deblurring to Optimal Investments: Maximum Likelihood Solutions for Positive Linear Inverse Problems", *Journal of the Royal Statistical*, Vol. 55, No. 3, 1993, pp. 569-612.
- Vogel, Curtis R., "Computational methods for inverse problems", *Frontiers in Applied Mathematics Series*, Vol. 23, SIAM, 2002.

## Reporte Técnico de un triturador de Nopal en el Estado del Arte

VILLARREAL-ORTIZ, Alejandro\*†, PERALES-DE LA CRUZ, Miguel, YAÑEZ-MARTINEZ, Tito y LOPEZ-MARTINEZ, Rolando

Recibido Julio 8, 2015; Aceptado Septiembre 1, 2015

### Resumen

En el presente documento se relata el proceso de Diseño, Desarrollo y Prototipo en un Sistema de Diseño Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés de **Computer Aided Design, CAD**) de un Bio-triturador de nopal para Generar Metano y a su vez Generar Energía Eléctrica de Un MegaWatts/ Hrs para la Empresa Cooperativa LA CRUZ AZUL, S.C.L. La intención es implementar dicho proyecto en el municipio de Calvillo Aguascalientes, y se relata en cuatro etapas a considerar. En la primera etapa, se dedicó a la búsqueda del estado del arte, en la cual se dio a la tarea de recopilar los datos en los cuales se ha desarrollado los trituradores de productos agropecuarios, pero en lo personal encontramos muy poco, referente a lo de trituradores de Nopal, en la recopilación de la información se cargó a la parte industrial con los fabricantes de implementos agrícolas. Para la segunda etapa después de validar la información en la búsqueda del estado del arte, se procedió a dimensionar los posibles elementos que constituye la máquina trituradora de biomasa y diseñarla en Sistema C.A.D. Referente a la tercera etapa, se reajusta las piezas de la máquina, para poder satisfacer las necesidades de producción, esto es, nuestro cliente pidió poder triturar una cantidad de 210 Toneladas de nopal diarias, con el fin de satisfacer una generación de metano para poder quemarlo en un Generador Eléctrico y aportar a la red se Comisión Federal de Electricidad un Mega Watts/hrs. En la cuarta y última etapa se presentó el diseño ensamblado de la máquina y la planta completa en la cual se proyectó el Layout y sus procesos de transformación del Nopal.

### Reporte, Nopal, Estado del arte

**Citación:** VILLARREAL-ORTIZ, Alejandro, PERALES-DE LA CRUZ, Miguel, YAÑEZ-MARTINEZ, Tito y LOPEZ-MARTINEZ, Rolando. Reporte Técnico de un triturador de Nopal en el Estado del Arte. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 90-101

### Abstract

In this paper the process of design, development and prototype told in a System of Computer Aided Design (by its acronym of Computer Aided Design, CAD) Bio-breaker of a cactus to generate methane and in turn generate energy An electric megawatts / Hrs Company for Cooperative La Cruz Azul, SCL The intention is to implement the project in the municipality of Calvillo Aguascalientes, and is told in four stages to consider. In the first stage, it was dedicated to the search for the state of the art, which was given the task of collecting data which has been developed Breakers agricultural products, but personally find very little concerning the Nopal disposers, in gathering the information was loaded to the industrial part with manufacturers of agricultural implements. For the second stage after validating the information on the state of the art search, we proceeded to gauge the possible elements constituting biomass crusher machine and design it in CAD System Regarding the third stage, the pieces of the machine is adjusted in order to meet production needs, that is, our client asked to grind a quantity of 210 tonnes daily cactus, in order to satisfy a generation of methane to burning in a generator and contribute to the network are Federal Electricity Commission Mega Watts / hr. In the fourth and final stage he was presented the assembly machine design and complete plant in which the layout and transformation processes Nopal projected.

### Report, Nopal, Art State

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: faguilar@uteq.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Antecedentes

La empresa Cooperativa La Cruz Azul S.C.L., es una empresa socialmente responsable que para su funcionamiento y operación, tiene altos requerimientos de energía eléctrica para la producción de cemento, que es su principal actividad empresarial. Sin embargo, la energía utilizada es actualmente generada a partir de la utilización de recursos fósiles, que generan un alto índice de contaminantes que incrementan constantemente el fenómeno conocido como calentamiento global.

Por lo anterior, la empresa se ha dado a la tarea de buscar, desarrollar y analizar opciones viables para el suministro de energías alternas y sustentables que sean competitivas en las zonas áridas del país, aprovechando los beneficios de alto rendimiento de biomasa de nopal con propiedades metanogénicas, así como el mejoramiento y recuperación de suelos degradados, alta eficiencia en el uso del agua, y elevada captación de CO<sub>2</sub>, ofreciendo a los agricultores la opción de adoptar un cultivo rentable y para la empresa postulante del proyecto, la reducción en los costos de energía eléctrica, generando mayor competitividad en la producción de cemento.

Para lograr integrar la propuesta de IDTi que fundamenta el proyecto, que la empresa postula ante el CONACYT, se invitó a participar al INIFAP Campo Experimental Pabellón, Ags., al Instituto Tecnológico El Llano (ITEL) y a la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes (UTNA), para fungir instituciones vinculadas, por su alto grado de especialización en el tema de generación de bio-energía de biomasa de nopal.

## Justificación

### Razones de carácter global y nacional.

El presente proyecto tiene en conciencia la preocupación por las condiciones que prevalecen en el país, derivadas de problemas de medio ambiente.

Las actividades del campo en decadencia, el fenómeno migratorio, la utilización de combustibles fósiles, son razones para diseñar y desarrollar un Biodigestor a base de nopal y contribuir al equilibrio ecológico.

Los altos costos de energía eléctrica se subsanarían en gran medida puesto que el sistema de producción de energía eléctrica interconectada a la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La UTNA tiene el interés de participar en la concreción del Estado de Aguascalientes. Involucrando a los profesores en actividades de investigación aplicada y lograr la consolidación de los Cuerpos Académicos.

## Objetivos y metas:

Presentar un reporte técnico en formato digital del diseño de un bio-triturador de nopal en el estado del arte, capaz de triturar 210 toneladas de nopal al día, modelándolo en sistema de diseño asistido por computadora (CAD) de los elementos y equipos que lo integran.

## Introducción

La demanda excesiva de combustibles fósiles así como su impacto ambiental, generan no solo en nuestro país, sino en todo el mundo la necesidad de aprovechar fuentes de Energía Alternativa. El Bio-Metano es un producto de origen biológico que ha demostrado ser un excelente sustituto de los combustibles fósiles (UNESCO, 2007).

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones para el aprovechamiento de biomasa como fuente de energía (Madrigal 2009; González 2008; Whitney *et al.*, 2002), las cuales demuestran que es viable biológicamente producir Bio-Metano a través del Nopal.

La producción de Bio-Metano resulta viable en lo biológico más en lo económico puesto que sería necesario mecanizar algunas etapas del proceso, que reduzcan el costo de producción, entre ellas la cosecha (Nopal). Más si el destino es la producción de Bio-Metano, carece de importancia, por lo que, una máquina cosechadora-trituradora de Nopal permitiría aprovechar la planta completa, reducir tiempos y gastos de mano de obra evitando en campo la extracción y recolección, así como en la industria procesadora el desmenuzado y obtención de la Biomasa.

El presente estudio cubre una de las necesidades de la implementación de una planta Generadora de Energía Eléctrica mediante la obtención del Metano con base a la Biomasa de Nopal, y tiene como objetivo evaluar la eficiencia de troceado de la planta de Nopal, empleando un molino de cuchillas articuladas tipo "alabes". Los factores estudiados que influyen sobre la eficiencia en el troceado se emplearán en el diseño del cabezal de trituración de un prototipo de cosechadora -trituradora de Nopal, dicho cabezal estará conformado por dos tambores verticales contra-rotantes provistos de cuchillas "alabes". El diseño de la máquina pretende un implemento acoplado, accionado y tirado por el tractor cuya labor será el troceado-triturado de la planta de Nopal completa sin extraerla del suelo. La investigación se realizó en las instalaciones de la UTNA y visitas de Bio- digestores de la Región de Rincón de Romos Aguascalientes.

Los alcances de la participación de la UTNA en el proyecto de Bio-Generación de 1

Mega-Watts/hr son en el diseño de la trituradora de Nopal en un sistema C.A.D y la propuesta económica para llevar a cabo dicha maquinaria.

### Fundamentos teóricos

Una trituradora, chancadora o chancador, es una máquina que procesa un material de forma que produce dicho material con trozos de un tamaño menor al tamaño original. Chancadora es un dispositivo diseñado para disminuir el tamaño de los objetos mediante el uso de la fuerza, para romper y reducir el objeto en una serie de piezas de volumen más pequeñas o compactas.

Si se trata de una máquina agrícola, tritura, machaca y prensa las hierbas, plantas y ramas que se recogen en el campo. También se puede emplear para extraer alguna sustancia de los frutos o productos agrícolas, rompiendo y prensándolos.

### Descripción, contenido innovador.

#### Primera etapa

Se realizó un estudio en el estado del arte, para identificar los avances e investigaciones actuales de trituradores agrícolas, en las cuales nos percatamos de que existen muchas aplicaciones para la trituración de la producción agrícola, pero en la realidad se encontró muy poca información referente a la trituración de nopal, a continuación se presenta una tabla (ver tabla 1) con un cuadro comparativo de algunas aplicaciones, capacidades, marcas y modelos de implementos agrícolas que realizan dicho proceso.

Foto	Aplicación	Marca
	Cosechadoras y trituradora desarrolladas de forma tal de satisfacer las más variadas condiciones.	
	Molinos agrícolas con descarga vertical Azteca. Molinos Agrícolas Verticales para Granos.	
	El modelo BIO TRITURADOR 40 es un triturador compacto, muy fácil de manejar hasta en los rincones más pequeños de su huerto. Viene equipado con una bolsa de recolección en la cual se deposita automáticamente el material triturado para que de una manera muy sencilla sea transportado al contenedor de composta. La tecnología del consiste en hacer "cortes al hilo".	

Tabla 1 Tipos de trituradoras, aplicación

	Si las condiciones y tipo de cultivo son variables o se necesita acondicionar para un secado rápido del forraje, es momento de optar por las series MF1300 y MF1400. Segadoras y segadoras acondicionadoras de discos y navajas.	
	La trituradora de ramas Tijssen, modelo 250 M, con unas dimensiones de 318 x 161 x 250 cm. En concreto, la Tijssen, cuyo peso es de 1.350 kilos, es una trituradora de ramas con motor Lombardini de 37 CV diésel, de cuatro cilindros sobre chasis con ruedas sobre un eje. Otras características técnicas a valorar son su rodillo alimentador de 25 cm de ancho, tolva de carga de 102 x 80 cm. y chimenea de expulsión orientable de 270°.	
	Equipo para empleada en los molinos de cereales para su paja de como un producto absorbente granjas, se logra un ahorro de transporte y elimina el riesgo de la explotación y problemas sanitarios que comportan los hongos en la viruta y el aserrín, eliminando también el peligro de los aditivos, barnices y productos sintéticos que pueden estar mezclados en las virutas de procedencia desconocida.	

Tabla 2 Tipos de trituradoras, aplicaciones y marcas.

Segunda etapa

En el ramo Agro-industrial, existen aplicaciones diversas para triturar toda madera, ramas, granos, troncos, maleza, frutas, etc. Pero en la aplicación de del nopal, se tiene muy poca información, puesto que se requiere que la biomasa presente una consistencia de fibra, capaz de mezclarse con las excretas de los cerdos y así producir metano.

Para los fabricantes de implementos agrícolas tienen como objetivo controlarlas variables de velocidad, volumen, tiempo y gasto energético, en la tabla 1 se muestran varias aplicaciones en las cuales se combina la energía motriz, ya sea por acción mecánica derivada de un motor eléctrico o bien por la acción mecánica de un tractor y esta puede ser obtenida por la parte trasera o lateral del mismo.

A continuación se muestra un artículo científico en el cual se habla de un proyecto dirigido a la trituración de grano, es lo más allegado de nuestra investigación.

Tercera Etapa

Existen varios tipos y marcas de trituradoras agrícolas, pero ninguna especial para triturar nopal, es por ello la necesidad de desarrollarlo en sistema C.A.D.

El sistema CAD que se empleó en este proyecto el Autodesk Inventor 2012.

La informática suele ayudarnos a simplificar bastante nuestras tareas cotidianas, y en lo que respecta al Diseño Gráfico, esta ayuda es más importante, sobre todo teniendo herramientas conocidas como el CAD (siglas en inglés de Computer Aided Design) que conforman a una enorme variedad de aplicaciones que son utilizadas por Arquitectos y todo tipo de profesionales que se encargan de diseñar en sus actividades profesionales. En lo que respecta específicamente al CAD, no es posible enmarcar a una simple aplicación como específica, sino que debemos definir a un gran grupo de herramientas que permiten trabajar con similares conceptos, utilizando como división fundamental aquellas que simplemente nos permiten contar con diseños en Dos Dimensiones (CAD2D) de aquellas que nos ayudan a obtener motivos tridimensionales (CAD 3D)

Esta evolución se incrementó aún más en los últimos años, con el desarrollo de no solo mejores aplicaciones, sino también lo que han crecido las capacidades de los Ordenadores, lo que permite suponer no solo un gran ahorro de tiempo, sino también un alto grado de realismo, trabajando con Vectoriales (Puntos, Líneas y todo tipo de Polígonos en general) sino también con una muy fácil Interfaz Gráfica.

En lo que respecta al Modelado 3D, encontraremos que no solo podemos genera diseños aislados de distintos objetos, sino que también podemos establecer una correlación entre los mismos, trabajando acorde al tipo de material con el que queremos generar cada capa y a su vez elaborar distintos comportamientos girando en su entorno.

Podemos trabajar inclusive con la realización de Vistas Previas que permiten trabajar con pre-visualizaciones bastante realistas del producto diseñado (algo muy útil sobre todo en Ingeniería con la planificación de distintos dispositivos tecnológicos) sino también la posibilidad de exportar lo que hemos diseñado y poder posteriormente tratar con otras aplicaciones destinadas a la Animación y a las mejoras en lo que es el aspecto para una presentación preliminar del proyecto en el cual estamos trabajando.

Además de ello, hoy en día hasta contamos con complementos que sugieren los materiales a utilizar, nos permiten visualizar cuál de ellos se adapta mejor a las necesidades de nuestro proyecto y demás variables que no solo nos ahorran tiempo de diseño, sino también ayudan a obtener una mayor calidad del producto final que ha sido requerido.

A continuación se muestra una figura con la plantilla del Software Autodesk Inventor 2012 (ver fig. 1)

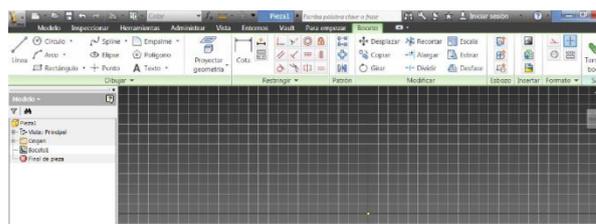


Figura 1 Plataforma del Sistema Autodesk Inventor 2012

## Métodos

Evaluación de Diseño de la maquinaria y de los componentes de cada proceso de trituración, cumpliendo con los requerimientos del cliente, en cuanto a: Flujo del proceso de la Bio-Masa. Dimensiones de la maquinaria.

## Flujo del proceso de la biomasa

En esta representación del flujo de la biomasa de nopal, se consideran los procesos de transformación de la materia prima, en la etapa "A" se reciben las excretas en una tolva receptora, se transportan por un tornillo sin fin al mezclador que se encuentra en la etapa "B", en la cual tiene un sistema de homogenizado de excretas con agua, en la etapa "C" está compuesto por un depósito de agua tal liquido proveniente de la red de suministro de agua potable y de los residuos de la etapa "F", En la etapa "D" se tritura la materia prima que es el nopal y a su vez se mezcla con las excretas y se concentra en la etapa "E" para homogenizar la Biomasa, como etapa final se deposita en el Bio-digestor para obtener el Metano y después quemarlo en el Generador Eléctrico y aportar un Mega-Watts/hr al sistema de C.F.E. y se encuentra en la etapa "F", (ver figura 2).

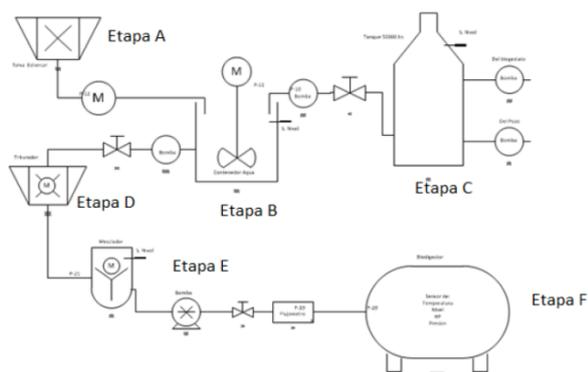


Figura 2 Flujo del proceso de la Biomasa.

Para este apartado mencionaremos los elementos que constituyen la maquina en sistema CAD:

En primera instancia enunciaremos la tolva receptora de nopal, en la cual se depositan aproximadamente 18 Ton de materia prima por cada descarga de los transportes, en la figura 3 se muestra el diseño C.A.D, Inventor versión 2012, en formato Standar.ipn en el cual se contemplan través de soporte y compensar los esfuerzos de la carga, con una inclinación tal que permite la caída por gravedad con facilidad, evitando el estancamiento, la estructura es de material cuadrado de 4" x 4" con lamina de 1/4" de espesor, el cono esa doblado y en su estructura soldado con soldadura de micro-alambre. (Ver figura 3).

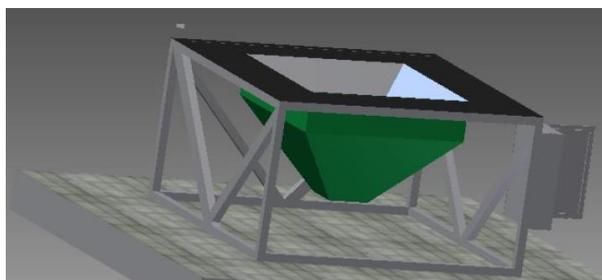


Figura 3 Tolva receptora de Nopal.

En segundo término mencionaremos la función de la banda transportadora después de la recepción del nopal, puesto que esta banda suministrara de materia prima al Bio-triturador (ver figura 4).

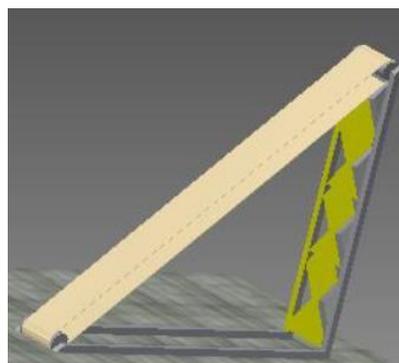


Figura 4 Banda transportadora de Nopal.

### Cuarta Etapa

El paso siguiente es el de trituración del Nopal, en el cual recibe la carga de la materia prima y la mezcla de excretas para formar la Biomasa y el tanque receptor homogeniza dicha Biomasa (ver figura 5)

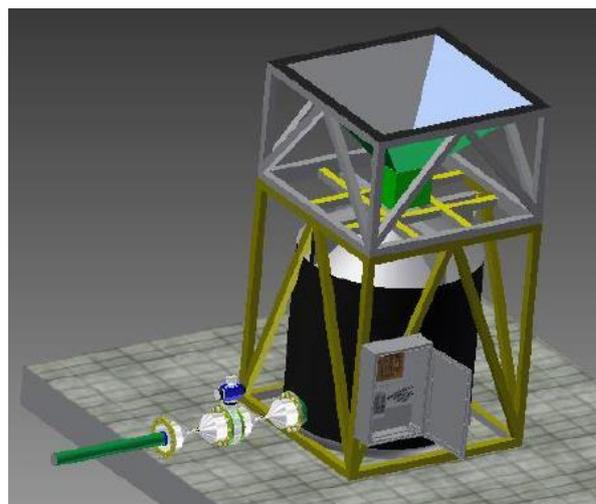
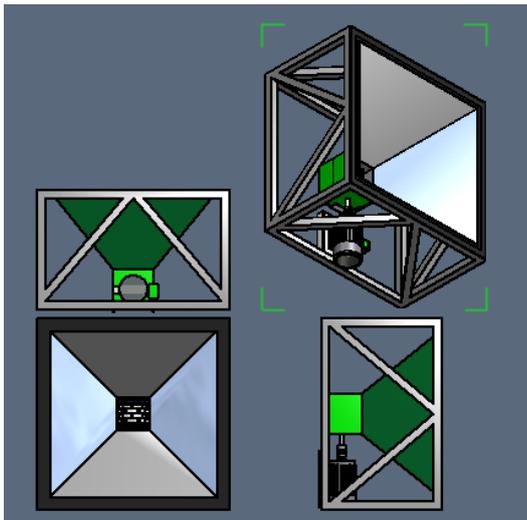


Figura 5 Bio-triturador y tanque mezclador de Biomasa.

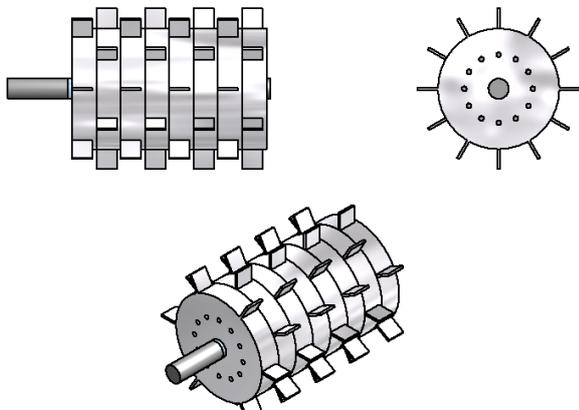
En el siguiente plano se muestra las diferentes vistas de la tolva receptora de nopal del triturador (ver figura 5a).

Diferentes vistas del ensamble de la tolva, tambor triturador y motor eléctrico (ver figura 5b).



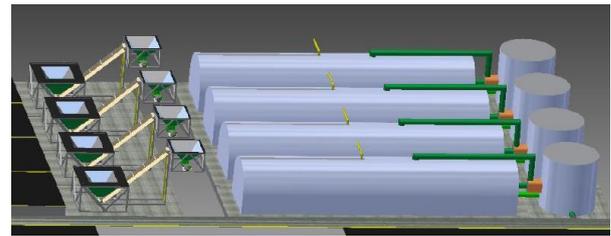
**Figura 6** Ensamble de la tova receptora de nopal, tambor triturador motor eléctrico.

Sistema de trituración, mediante un acoplamiento de 8 tambores y chuchillas en forma de hélices encargadas de dar producción a la biomasa (ver figura 7).



**Figura 7** Tambor Tritrador

En la siguiente figura se muestra el Bio-digestor con capacidad de recibir 210 Toneladas de Nopal mezclado más las excretas, para producir el gas de Metano suficiente para mantener la potencia necesaria para que el Generador Eléctrico produzca un MegaWatts/hr (ver figura 8).



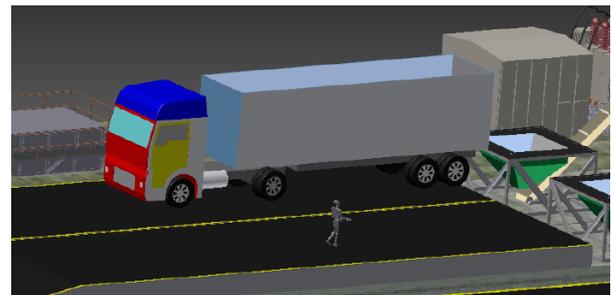
**Figura 8** Bio-digestor con capacidad de 210 Toneladas de Nopal más excretas.

A continuación se presenta un bosquejo completo de las instalaciones de la Planta en su totalidad con dimensiones reales y poder visualizar “un todo” y reestructurar los flujos del proceso o bien ajustar algunas máquinas y/o equipos que llegaran a faltar (ver figura 9).



**Figura 9** LayOut de las Instalaciones del Bio-digestor.

Anden de maniobras y descarga de los transportes de la materia prima, en la cual se registra la procedencia de la cosecha del Nopal (ver figura 10).



**Figura 10** Anden de maniobras.

### Materiales para la construcción del Bio-triturador de Nopal

A continuación se presentan tres cotizaciones de los materiales que se necesitan para construir la estructura metálica, de la recepción (ver tabla 2), la transportación (ver tabla 3) y trituración de la materia prima (ver tabla 4).

items	descripción	cantidad	p/unitario	precio
<b>TOLVA RECEPTORA DE LA CARGA DEL NOPAL</b>				
1	Estructura para tolva de 4mX5Mx2m	1	\$10,000.00	\$10,000.00
2	PTR 4X4X1/4"	1	\$15,000.00	\$15,000.00
3	Placa para tolva 8' x 20' x 1/4"	1	\$65,000.00	\$65,000.00
4	Ángulo 4" x4" X 1/4"	1	\$2,500.00	\$2,500.00
5	Taquete de expansión(20pz)	1	\$300.00	\$300.00
6	Tornillo 2x1/2(20 pz)	1	\$300.00	\$300.00
7	Gastos de soldadura , cortadora ,dobladora ,etc	1	\$15,000.00	\$15,000.00
8	Diseño en Sistema CAD e Ingeniería	1	\$30,000.00	\$30,000.00
9	Transporte de la Tolva a la Planta de instalación	1	\$20,000.00	\$20,000.00
10	Obra Civil, sanja, maquinaria, etc	1	\$80,000.00	\$80,000.00
11	Pintura de la estructura	1	\$5,000.00	\$5,000.00
12	Mano de obra	1	\$30,000.00	\$30,000.00
GRAN TOTAL				\$273,100.00

**Tabla 2** Cotización de la Tolva receptora de Nopal.

items	descripción	cantidad	p/unitario	precio
<b>BANDA TRANSPORTADORA HACIA BIOTRITURADOR</b>				
1	Estructura metalica	1	\$10,000.00	\$10,000.00
2	Motor 7.5 hp trifásico 220vca	1	\$12,000.00	\$12,000.00
3	cinta de transportación 1/4" de grosor	1	\$15,000.00	\$15,000.00
4	Ángulo 4" x4" X 1/4"	1	\$200.00	\$200.00
5	Taquete de expansión(20pz)	1	\$300.00	\$300.00
6	Tornillo 2x1/2(20 pz)	1	\$300.00	\$300.00
7	Gastos de soldadura , cortadora ,dobladora ,etc	1	\$5,000.00	\$5,000.00
8	Diseño en Sistema CAD e Ingeniería	1	\$15,000.00	\$15,000.00
9	Transporte de la Tolva a la Planta de insta	1	\$10,000.00	\$10,000.00
10	Sistema de control electrico	1	\$4,500.00	\$4,500.00
11	Pintura de la estructura	1	\$5,000.00	\$5,000.00
12	Mano de obra	1	\$10,000.00	\$10,000.00
GRAN TOTAL				\$87,300.00

**Tabla 3** Cotización de Banda Transportadora hacia del Bio-triturador.

items	descripción	cantidad	p/unitario	precio
<b>BIOTRITURADOR</b>				
1	PTR 4X4X1/4"	5tramo	\$17.55	\$10,841.69
2	Placa para tolva 8' x 20' x 1/4"	5hoja	\$17.55	\$85,724.75
3	Ángulo 4" x4" X 1/4"	2tramo	\$17.55	\$2,084.94
4	Taquete de expansión	50	\$10.00	\$500.00
5	Tornillo 2x1/2	100	\$10.00	\$1,000.00
6	Electrodo 1/2" 7018(20kg)	20	\$60.00	\$1,200.00
7	Carrete Microalambre	2	\$1,500.00	\$3,000.00
8	Oxígeno	3	\$1,200.00	\$3,600.00
9	Aceiteno	3	\$1,200.00	\$3,600.00
10	CO2	3	\$1,200.00	\$3,600.00

**Tabla 4** Cotización del Bio-triturador parte 1/2

11	Motor 5 H.P. Trifásico 220 v ca	1	\$8,000.00	\$8,000.00
12	TAMBOR TRITURADOR 60 cm diam. X 80 cm largo Acero inox.	1	\$4,000.00	\$4,000.00
13	Gabinete de control	1	\$2,000.00	\$2,000.00
14	Contactores, elementos térmicos para motor de 5 H.P.	2	\$900.00	\$1,800.00
15	Estación de botones, NC y NA, lámparas indicadoras	1	\$850.00	\$850.00
16	Cable cal 10 AWG Para alimentación de motor de 5 H.P.	1	\$650.00	\$650.00
17	Cable cal 18 AWG para control del motor 5 H.P.	1	\$450.00	\$450.00
18	Interruptor termomagnético tres polos para motor de 5 H.P.	1	\$600.00	\$600.00
19	Piel DIM 1m	1	\$100.00	\$100.00
20	Clemas para control 18 AWG	1	\$50.00	\$50.00

21	Tornillería para sujeción de tablero	10	\$10.00	\$100.00
22	Diseño en sistema CAD e Ingeniería	1	\$30,000.00	\$30,000.00
23	Mano de obra	1	\$30,000.00	\$30,000.00
24	Obra civil	1	\$75,000.00	\$75,000.00
25	Transporte del Biotritrador a la Planta de instalación	1	\$20,000.00	\$20,000.00
26	Gastos de Patente	1	\$100,000.00	\$100,000.00
27	Sistema de bombeo para desaguar la tolva	1	\$15,000.00	\$15,000.00
28	Pintura de la estructura	1	\$5,000.00	\$5,000.00
GRAN TOTAL				\$508,751.38

**Tabla 4** Cotización del Bio-tritrador parte 2/2

## Resultados

Los resultados del Diseño en Sistema CAD, son entregables para la UTNA, puesto que instancias externas calificaran nuestras propuestas de diseño, cotizaciones de los materiales, se entregaron dimensiones reales en planos normalizados para su fácil interpretación, en formatos nativos de CAD, en los cuales se pueden abrir en cualquier Software de Diseño Asistido por Computadora.

A continuación se muestra en fotografías las instalaciones de la planta generadora en su actualidad:

Las instalaciones del Biodigestor se encuentran en la comunidad del Salitre en Calvillo Aguascalientes, en la recepción de la materia prima, se tritura el nopal y se mezcla con excretas de vaca y agua, para integrar Biomasa, ver figura 11.



**Figura 11** Recepción de Nopal

Mediante el acoplamiento de un motor eléctrico trifásico, se hace girar el tambor del triturador, una vez alimentándolo con nopal, el alavés del tambor realiza la molienda, para después integrar la biomasa con agua y excretas. La distribución de dichos alavés están de tal forma distribuidos alrededor de la circunferencia del tambor, para que al cortar la materia prima sea e manera homogénea, ver figura B.



**Figura 12** Tambor de corte del Biotritrador

En la pileta de recepción de la biomasa, se monitorea el pH que contiene dicha biomasa, en la cual se estabiliza, para después transportarla a los biodigestores verticales, mediante una bomba lodera trifásica, ver figura 13.

Los movimientos del sistema maestro fueron reproducidos en el sistema esclavo a través de sistemas de posicionamiento con servomotor. Se muestra la vista superior del exoesqueleto desarrollado llamado MIME, Stanford University (USA) Figura 2.



**Figura 13** Pileta de Biomasa

Una vez integrando la biomasa a los tanques, se procede a la generación del gas Metano, mediante el proceso de fermentación de dicha biomasa, en los biodigestores se controla una temperatura en la cual se realiza el arqueo entre bacterias, para generar Metano y se recircula la biomasa para homogenizar la mezcla y por gravedad se separa los lodos de la biomasa y el gas se traslada a su tratamiento de limpieza, ver figura 14



**Figura 14** Biodigestor vertical

En la siguiente fotografía, se muestra la purificación y estabilización de temperatura del gas, puesto que al salir del Biodigestor, el gas Metano es muy inestable y contiene impurezas, al pasar por esta etapa se limpia, se estabiliza la temperatura al ambiente y se mantiene una presión estable para alimentar un Moto Generador, ver figura E.



**Figura 15** Sistema de purificación de Biogás y compresión constante

Se requiere un flujo constante del Biogás, para que el generador tenga un óptimo funcionamiento, al estar produciendo energía eléctrica se acopla al sistema de Comisión Federal de Electricidad, ver figura F.



**Figura 16** Generador Eléctrico mediante Biogás

Para la recepción de los excedentes y sobrantes de la Biomasa, se tiene una fosa, para recibir los residuos nitrogenados listos para ser utilizados como Bio-fertilizante y nutrientes para sembradíos, ver Figura 17.



**Figura 17** Fosa de recepción de Sobrantes de la Biomasa.

**Conclusiones**

El presente Diseño del Bio-triturador en Sistema CAD, resulto una experiencia bastante agradable, puesto que al poder tener contacto con el cliente y clarificar las dimensiones reales de la maquinaria o de la manera del como querían las cosas o los elementos que componen dicha maquinaria, además de poder complementar con los materiales a seleccionar y empatarlos con los costos y así decidir la combinación optima de estos factores.

**Agradecimientos**

A las Instituciones involucradas un agradecimiento por la oportunidad de colaborar en el proyecto del Bio-triturador, ya que se fortaleció un punto importante en el área de Diseño Industrial con la herramientas proporcionadas, a los organismos de financiamiento: Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Aguascalientes (CONCYTEA) por la aportación de recursos para el desarrollo del proyecto.

Y muy en especial a la Institución que representamos la UTNA representada por la Sra. Rectora Mtra. Jovita Martínez Rodríguez, MC Jorge Tito Yáñez Hernández Director Académico de Ingenierías, Mtra. Ma. Elena Escalera responsable de investigación en la UTNA por las facilidades prestadas y apoyo incondicional.

A los profesores M.C Rolando López Martínez PTC de Mecatrónica, M.C Sergio Humberto Delgado Guerrero PTC de Mecatrónica, Ing. Juan Samuel Maldonado Guzmán PA de Mecatrónica colaboradores de este trabajo en el área de Automatización y Control.

**1470/1470 Arrocera/1570**  
Cosechadoras John Deere

Modelo	1470	1470	1570
Motor	60687 (100)	60687 (100)	60688 (100)
Potencia	112 (81) kW	112 (81) kW	125 (91) kW
Velocidad	2.21 m/s	2.21 m/s	2.45 m/s
Capacidad de cosecha	100 t/ha	100 t/ha	100 t/ha

**CARACTERÍSTICAS DE VALOR**

- Escudo térmico de granos
- Menor cansancio del operador en el momento de la cosecha y más la comodidad de la cabina

Anexo A

**Trilladoras Serie 70 STS**  
Especificaciones

	9570	9670
Motor	Motor John Deere PowerTech™ 6068H	Motor John Deere PowerTech™ 6090H
Descripción	6.8 L	9 L
Potencia nominal	265 hp (198 kW)	305 hp (227 kW)
Potencia disponible durante la descarga	295 hp (220 kW)	338 hp (252 kW)
Controlador eléctrico	Si	Si
Régimen nominal	2220 rpm	2220 rpm
Cantidad de cilindros	6	6
Aspiración	Turbo alimentado y pos enfriado aire - aire	Si
Rejilla del radiador rotativa con auto limpieza	Si	Si

Unidad de de trilla y separación		
Tipo	600 mm	Rotor STS tipo bala 750 mm
Diámetro del rotor	3,130 mm	
Largo del rotor	230 rpm - 1,300 rpm	210 rpm - 1,000 rpm
Rango de velocidades	3	
Cantidad de cóncavos	Barra redondas, alambres finos y alambres gruesos	
Tipo de cóncavos	Eléctrica desde la cabina	
Regulación de apertura de cóncavos	18	15
Cantidad de elementos trilladores	24	
Cantidad de pías de separación	1.69 m <sup>2</sup>	
Superficie total de separación		

Sistema de limpieza		
Tipo		Dyna Flo II™
Extensión del zarandón	.78 m <sup>2</sup>	.58 m <sup>2</sup>
Zarandón de ajuste	1.52 m <sup>2</sup>	1.34 m <sup>2</sup>
Zarandón ajustable	1.31 m <sup>2</sup>	1.66 m <sup>2</sup>
Superficie total de limpieza	3.61 m <sup>2</sup>	4.58 m <sup>2</sup>
Velocidad del ventilador	620 rpm / 1,200 rpm	620 rpm / 1,200 rpm
Sistema de retrilla	Si	Si
Disparador de paja y granza	Si	Si
Picador de paja	Opcional	Opcional

Deposito de granos		
capacidad	8,800 L	10,600 L
Velocidad de descarga		(8,800 en versión de tracción simple)
		4,680 L/min

Anexo B

**Referencias**

GONZÁLEZ, P. G.: Producción potencial de bioetanol a partir de diferentes especies de agave en el estado de Guanajuato, 62pp., Tesis (en opción al título de Ingeniero Ambiental), Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato, México, 2008.

HONTY, G. y E. GUDYNAS : Agrocombustibles y Desarrollo Sostenible en América Latina, En: Memorias del IV Congreso Regional de Ingeniería Química, Montevideo, Uruguay, 2008.

MADRIGAL R.: Agaves para producir bioetanol, En: Seminario México después del petróleo, ¿Serán los biocombustibles y geotermia una alternativa?, México, D.F., 2009.

SAS: SAS User's Guide, Version 8, SAS Institute Inc. Cary, N.C., U.S .A., 2001.

SIERRA, S. L.A.: Estudio y diseño del mecanismo desfibrador de una cosechadora-trituradora de agave, 198pp., Tesis (en opción al título de Ingeniero Mecánico Agrícola). División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato, México, 2011.

SIERRA L. A.; C. GUTIÉRREZ; A. SALDAÑA y R. SERWATOWSKI: Energía necesaria para el corte de la piña de agave con cuchillas de diferente borde cortante, En : Memorias del XIX Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, 2010.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO): Problemáticas nuevas e incipientes en relación con la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, 18 pp., Paris, 2007.

WHITNEY, G. K.; S.T. LIOUTAS; W. L. HENDERSON ; L. COMBS: Production for tequila US Patent 2002/0119217 A1 . August 29, 2002.

## Estrategias de promoción “on line”, “ off line” para pequeñas empresas editoriales

OROZCO-GONZALES, Irma†, VILLA-Lucia, RODRIGUEZ-MIRANDA, Gustavo, SANCHEZ-SERAFIN, Juan

Recibido Julio 6, 2015; Aceptado Septiembre 10, 2015

### Resumen

Con el presente estudio se pretende responder a los problemas que presentan las empresas Pymes, dedicadas a la comercialización de productos didácticos, y/o obras literarias, ofreciendo respuesta a la falta de una directriz clara de comercialización, al crear, aplicar y medir estrategias que permitan hacer llegar el producto al consumidor final, provocando la rentabilidad y permanencia en el mercado a pequeñas empresas editoriales, ya que uno de los principales problemas a los que se enfrentan las pymes es precisamente la falta de estrategias, así como de asesoría empresarial, y desconocimiento del mercado, por lo que para ofrecer líneas de acción efectivas, se crea un modelo el cual pueda servir de guía para empresas de este giro, dicho modelo se aplica y se mide en una pyme de publicaciones didácticas independientes (la cual promueve la enseñanza aprendizaje de estudiantes de nivel medio y superior). Para aplicar y medir el modelo, se utiliza una empresa la cual lanzó al mercado dos libros pero al carecer (como muchas empresas) de estrategias de promoción y publicidad, no tenía el camino conductor para llegar a su mercado meta, lo cual distaba mucho del consumidor final.

**Estrategias, promoción, pymes, editorial**

**Citación:** OROZCO-GONZALES, Irma, VILLA-Lucia, RODRIGUEZ-MIRANDA, Gustavo, SANCHEZ-SERAFIN, Juan. Estrategias de promoción “on line”, “ off line” para pequeñas empresas editoriales. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 102-112

### Abstract

The present study aims to respond to problems presented by SME's companies engaged in the marketing of educational products, and / or literary works, providing a response to the lack of a clear guideline marketing to create, implement and measure strategies for getting the product to the final consumer, causing profitability and stay in the market for small publishing companies, since one of the main problems that SMEs are facing is precisely the lack of strategies and business advisory, and ignorance of the market, so to offer effective lines of action, a model which can serve as a guide for companies of this shift is created, the model is applied and measured in an SME independent educational publications (which promotes learning of students of middle and upper level). To apply and measure the model, a company which released two books but lacking (like many companies) of promotion and advertising strategies, the driver had no way to reach your target market is used which was far from final consumer.

**Strategies, Promotion, SMES**

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Las pequeñas y mediana empresas tienen muchos retos que superar para su permanencia en el mercado, siendo además del financiero, el de carecer de estrategias de comercialización efectivas, por lo que para este efecto utilizando como elemento de estudio a una pequeña empresa editorial, se diseña una mezcla de promoción privilegiando una combinación de medios de promoción: *Off line* (medios tradicionales) y *On line* (medios virtuales), la cual se acompaña de una ruta de medios e itinerario de visitas a instituciones. Posteriormente se mide la implementación, principalmente el impacto en las redes sociales, pues ello facilita la estrategia de comunicación y la relación con los clientes

El diseño de investigación fue de tipo experimental cuantitativo, pues se observó y midió la respuesta de la audiencia a los estímulos provocados por la influencia de los medios de comunicación masiva, se utiliza muestra no probabilística ya que este estudio se aplica en una pequeña empresa editorial.

Después de crear se aplica el modelo estableciendo relaciones públicas efectivas, difusión de publicidad, plan de medios, visitas a medios, utilización de redes sociales, se miden los resultados, siendo estos favorables, la cual servirá de guía y modelo a otras empresas del mismo giro.

## Objetivo general:

Elaborar estrategia de promoción y publicidad que permitan a una pyme editorial tener herramientas efectivas que permitan obtener mayor rentabilidad y su permanencia en el mercado.

## Objetivos específicos

Diseño de estrategia de promoción

Implementación de estrategia de promoción

Medición de estrategia de promoción

## Marco teórico

### Mezcla de medios de promoción

La mezcla de promoción o mezcla total de comunicaciones de marketing de una empresa, informa Thompson (2005), consiste en la combinación específica de herramientas de publicidad, promoción de ventas, relaciones públicas, ventas personales y marketing directo que la empresa utiliza para alcanzar sus objetivos de publicidad y marketing.

### Publicidad

Según Miguel Santesmases la publicidad se define como toda transmisión de la información impersonal y remunerada, efectuada a través de medios de comunicación, dirigida a un público objetivo, en la que se identifica el emisor, con una finalidad determinada, que de una forma inmediata o no, trata de estimular la demanda de un producto o de cambiar el comportamiento de un consumidor/a. (Cruz, 2013).

Los elementos publicitarios, según Cruz (2013), se dividen en:

- Medios: son las vías por las que llegan los mensajes publicitarios hasta el público objetivo.
- Soportes: son subcanales por los que se transmite la comunicación de un medio publicitario, para llegar a un público concreto
- Formas: son las diferentes maneras de enunciar un mensaje dentro de un determinado soporte publicitario.

### **Blended marketing**

El concepto que integra las nuevas posibilidades del marketing digital, según Coto (2008), con los formatos y medios tradicionales, combinación que refuerza los valores de marca. Aunque son muchos los que ven en ello una revolución, en realidad se trata del marketing de siempre, utilizando nuevas herramientas. El libro tiene un origen basado en la analogía: de todos es sabido que blended significa mezclado (un buen blended es el resultado de la mezcla de varios tipos de whiskeys, normalmente uno o más de cebada malteada con otros procedentes de otros granos distintos); Blended Learning es el nombre que Coto (2008) le da a su escuela de negocios a la metodología docente que integra el aprendizaje On line con el presencial. De ahí surge el nombre.

### **Publicidad en medios tradicionales (Off line)**

#### **Radio**

La radio es un medio de comunicación que se basa en el envío de señales de audio, según Eyssautier (2009), requiere de mucha repetición de los spots para ser efectivos. Por la versatilidad y transmisiones especializadas para radioescuchas segmentados, lo hace un medio adecuado para anunciarse.

#### **Televisión y cine**

La televisión en horarios especiales es un medio efectivo para promover productos, empresas o comercios; este es un medio idóneo si se usa con frecuencia. La televisión, acota Eyssautier (2009), alcanza a un gran público potencial, sin embargo, el costo del anuncio es muy alto. Los anuncios en los cines son efectivos y a un costo más razonable. Tiene la limitante de la sala de cine y el público que acude a ver la película.

### **Prensa**

Es un medio efectivo y económico para anunciarse. Se tienen muchas opciones de lugar para insertar el anuncio publicitario. El uso del color, aun cuando es muy costoso, incrementa la efectividad del anuncio. Existen periódicos locales, regionales o nacionales, encontró Eyssautier (2009), donde se anuncian todo tipo de desplegados, desde promociones de productos, liquidaciones, portadas falsas y catálogos, entre otros.

### **Revistas**

Los tirajes y la periodicidad de las revistas (semanal, quincenal o mensual) las hace menos efectivas que el diario. Aun, cuando los costos de sus anuncios son mucho más caros que los diarios, informa Eyssautier (2009), tienen mejor impresión y presentación y van dirigidas a un lector específico. Por ejemplo, revistas de automóviles, revistas empresariales.

### **Publicidad en medios electrónicos (On line)**

Integrar nuevas posibilidades de marketing digital con los formatos y medios que llevan años demostrando su eficacia es importante, de hecho, el uso combinado de herramientas On line y Off line en una misma campaña de marketing potencia el recuerdo de los valores de marca hasta en un 18%, lo que refrenda a Internet como un medio muy rentable, informa Coto (2008), pero en ningún caso exclusivo para toda una estrategia de campaña.

### **Diseño web**

El dominio web es el nombre que tiene la organización en Internet. Según Cruz (2013), ese nombre será el que difunda la imagen corporativa de su compañía y, por tanto, su elección es de vital importancia como signo de distinción de su empresa, marca y oferta de productos.

Un buen diseño del web site es suficiente para que se promocióne solo y se consigan los objetivos de rentabilidad esperados. Para potenciar la presencia en la web se necesita: incluir un copy (mensaje) lo que se le ofrece al cliente en el lugar más visible, incluir logos de empresas o clientes colaboradores, utilizar párrafos cortos e imágenes de los productos y una adecuada usabilidad para los internautas. (Cruz, 2013).

### WhatsApp

Red móvil en la cual a todos los contactos de la agenda telefónica se les puede enviar correos, imágenes, promociones, etc. Tormo (2013) acota, es un medio fácil, privado y que permite interactuar con el cliente.

### Blogs

Los blogs son bitácoras On line con ideas breves sobre los sucesos del día y, tal vez, uno o dos vínculos de interés, menciona Solomon, (2008). Esta floreciente blogosfera (nombre dado al universo de diarios electrónicos activos) está tomando una fuerza cada vez mayor. Los blogs integran publicidad en forma de banners y demás medios, generan contenidos y opinión. Cada vez más están siendo usados por empresas que necesitan legitimar opiniones en relación a líneas de productos o servicios que venden.

### Correo Electrónico

Es un servicio de red, informa Cruz (2013), que permite a los usuarios enviar y recibir mensajes y archivos rápidamente (también denominados mensajes electrónicos o cartas electrónicas), mediante sistemas de comunicación electrónicos.

### Facebook

Facebook es una de las redes sociales más populares a nivel mundial, menciona Maldonado (2010), cuenta con más de 400 millones de usuarios en todo el mundo, y semanalmente se unen dos millones de personas. Facebook se ha convertido en una excelente herramienta que permite hacer publicidad de forma gratuita y efectiva. A través de esta red de 25 mil millones de contenidos como enlaces, noticias, blogs, notas, fotos, videos y páginas son compartidos, presentando diferentes temas (entretenimiento, interés social y otros).

### Twitter

Es una red social no invasiva, acota Tormo (2013), con la diferencia que esta no se mete con la intimidad, sino que funciona con mensajes cortos, también su finalidad es hacer partícipe a los seguidores, su objetivo es informar y promocionar. Se facilita la interacción con los clientes, preguntas cortas, respuestas inmediatas y claras, de esta forma se observan las necesidades de los clientes.

### Promoción de ventas

Se define a la promoción como aquellas actividades que los vendedores realizan para establecer canales de información y convencimiento dirigido a la venta de bienes y servicios. (Belch, G., y Belch, M., 2008). Algunos tipos de promoción sugiere Acosta (2010) son:

**Muestras:** se le regala una pequeña presentación del producto al cliente o en muchos casos se dan degustaciones.

**Personal:** la mayoría de las empresas realizan contrataciones de personal para que den a conocer el producto en las localidades donde este se encuentra a la venta. **2 x 1:** en la compra de un producto el otro es gratuito. También es común que en la compra de un producto el segundo presenta un descuento.

**Presentaciones:** se llega a realizar cambios en los empaques de los productos. **Regalos:** dentro de los empaques puede haber sorpresas o regalos. **Canjes:** su envoltura o alguna parte del mismo pueden ser utilizadas para el intercambio por un producto igual o algún regalo.

### Metodología

Según lo informan Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar. (2010), el diseño de investigación fue de tipo experimental cuantitativo, pues se observó y midió la respuesta de la audiencia a los estímulos provocados por la influencia de los medios de comunicación masiva, se utiliza una muestra no probabilística utilizando a una pequeña empresa editorial la que produce y comercializa la obra de las Mtras. Elizabeth Villa Pérez y Lucila Villa Pérez, autoras de los libros: Manual de estrategias de lectoescritura y Al atardecer todos los gatos se sienten muy solos. De tipo transeccional descriptivo porque se recolectaron datos de los que se realizaron interpretaciones. El método de recolección de información se basó en cuatro herramientas. Una entrevista de profundidad a las escritoras del proyecto editorial, una investigación documental, estadísticas y datos que se obtuvieron de las presentaciones de los libros, y de los porcentajes que arrojó la creación de la Página de Fans. Según lo informan Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar. (2010).

### Resultados

Se realizó y se implementó una estrategia de promoción que constó de las etapas que se describen.

#### Etapa 1. Diagnóstico de la empresa

Entrevista. Se realizó una entrevista de profundidad a las Maestras Elizabeth Villa Pérez y Lucila Villa Pérez, escritoras de los libros.

Se realizaron dos Análisis FODA de cada uno de los libros: Manual de estrategias de lectoescritura y Al atardecer todos los gatos se sienten muy solos.

#### Etapa 2. Diseño de estrategia de promoción general

En la etapa dos, se realizó el diseño de la estrategia de promoción general, tanto del manual como del poemario. Como se muestra en la tabla 1 en seguida.

Diseño de estrategia de Manual de lectoescritura y Al atardecer todos los gatos se sienten muy solos				
Actividades	Horas	Duración	Fecha	Descripción
Realizar estrategia Fan Page, página de fans.	5 horas	1 semana	1 al 5 de febrero	Se realizará una página Facebook, página de fans, likes (Me gusta), que permita difundir y promover los productos editoriales.
Realizar publicidad (carteles, calendarios y separadores)	6 horas	1 semana	1 al 5 de febrero	Realizar publicidad y posteriormente obsequiarla a quienes asistan a las presentaciones de los libros.

Relaciones públicas (visita a instituciones y escuelas)	30 horas	3 semanas	1 al 28 de febrero	Visitar a las instituciones y escuelas interesadas para dar información del producto y lograr fecha de presentación.
Publicidad en redes sociales	15 horas al día	12 semanas	1 de febrero al 9 de abril	Dar a conocer los productos, fechas de presentaciones y sucesos de los eventos e imágenes de los contenidos de los libros.
Presentaciones de Manual y poemario: "Al atardecer todos los gatos se sienten muy solos".	48 horas	12 semanas	1 de febrero al 9 de abril	Se presenta Manual por parte de las autoras y un presentador. Se presenta estructura del libro y ejemplos de las estrategias en el proyector. Se regala publicidad: a los asistentes. Al final venta de libros y firma de autógrafos.

Ruta de medios	15 horas	3 días	25 de febrero 11 y 22 de marzo	Visitar medios masivos de comunicación para llegar al mercado meta: radio, T.V., periódico.
----------------	----------	--------	--------------------------------	---

**Tabla 1** Diseño de estrategia

### Etapa 3. Diseño de estrategia de promoción en Página de Fans, Facebook

- El diseño de la estrategia que se le propuso a las autoras y empresarias, Lucila Villa Pérez y Elizabeth Villa fue convertir su página de biografía, que poseía la primera autora, y que contaba con 797 amigos, a una Fan Page o Página de Fans, (seguidores). Esto con la idea de capitalizar el potencial de los amigos que ya tenía. Se propuso la estrategia de un líder de opinión: la maestra escritora que publica dos libros, ya que ella es la persona a la que conocen sus amigos, no a los libros.

### Etapa 4. Implementación de estrategia Off line (medio tradicional)

- Relaciones Públicas: Ruta de visitas a instituciones. Se visitaron 14 instituciones tanto públicas como privadas a las que se les entregó una carta de solicitud del espacio para las presentaciones. Como se muestra en la tabla 2.

Universidades	Nombre de la carrera	Dirección	Teléfono
UABC, Otay	Lic. Docencia de la lengua y literatura	Calzada Universidad 14418, Parque Industrial Internacional Tijuana, 22390 Tijuana, Baja California	01 664 979 7500
UABC, Valle las Palmas	Lic. Diseño Gráfico	Blvd. Valle de las palmas 1000, Valle de las Palmas, Baja California	9061634
Unifront	Lic. Docencia de la literatura	Blvd. O'Higgins # 6040 Zona Rio III Etapa Tijuana Baja California	6601923 o 6601989
UNEA	Educación	Boulevard Federico Benítez López, El Pedregal Oeste, 22439 Tijuana, Baja California	664 608 1573
UTT	Docentes área Expresión Oral y Escrita	Carretera libre Tijuana-Tecate km 10, El Refugio quintas campestre, Delegación La Presa, 22253 Redondo, Baja California	9694700
Humanitas	Educación	Paseo del Lago, 22250 Tijuana, Baja California	664 634 3864
UPN	Educación	Paseo de la vida s/n, Frac. Bosque de las Araucarias, Del. Mesa de Otay CP 22510, Tijuana, Baja California	Tels. (664) 623 77 19, 624 96 17
Normal Fronteriza	Educación	Valle Sn, Río Tijuana 3a. Etapa, Tercera Etapa Zona Río, 22226 Tijuana, Baja California	01 664 630 1232

CETYS Universidad	Educación	Av. CETYS Universidad s/n Frac. El Lago, B.C., México, C.P. 22550	(664) 903-1800
ITT	Educación	Fracc. Tomás Aquino, Postal	9694700

**Tabla 2** Ejemplo de ruta de visitas a instituciones

- Medición de las Relaciones Públicas. Lista de asistentes a las presentaciones del libro: Manual de lectoescritura: 800 y Poemario: 260.



**Figura 1** Foto de presentaciones.

Venta de libros Manual de lectoescritura y poemario en la tabla 3.

	Al atardecer todos los gatos se sienten muy solos, tenían en existencia de 100 libros.	100 vendidos restan 60
	Manual de lectoescritura tenían 220 libros.	220 vendidos restan 110.

**Tabla 3** Número de libros vendidos

- Publicidad de manual: se distribuyeron calendarios 467 y 300 separadores.
- Publicidad de poemario: se distribuyeron calendarios 348, separadores 289, postales 50.
- Medios Off line (tradicionales) donde aparecieron los libros: 8 medios. Se visitaron 6 medios de comunicación masiva, pero fueron 8 medios que promovieron ambos libros.
- Se realizaron presentaciones a partir del 2 de febrero al 9 de abril de 2014. Total: manual 9 presentaciones, poemario 7.
- Ejemplo de logística de los eventos.

<b>Logística de la presentación de Manual de lectoescritura</b>
1. Presentación protocolaria por parte de la institución, se lee currículos de las autoras, si hay presentador también se lee su currículum, y el del ilustrador de las portadas.
2. Si hay presentador del libro, el presentador procede a dar lectura a su texto.
3. Se le da el turno de la palabra a las autoras. Las autoras presentan el libro en turnos.
4. Se explica la estructura interna del libro a través del proyector.
5. Se explica el índice y los cuatro ejes en los que se conforma el libro.
6. Se proyecta el formato de una de las estrategias.
7. Se invita a una persona del público a que pase haga una estrategia.
8. Se abre ronda de preguntas y respuestas.
9. Se cierra el evento por parte del maestro de ceremonias. Se procede a la venta de libros y firma de autógrafos.
10. Durante toda la presentación se toman fotografías.

**Tabla 4** Logística de la presentación del Manual de lectoescritura.

- Se visitaron 6 medios de comunicación tradicional, a través del diseño de la ruta de medios para promover el Manual de estrategias de lectoescritura.

**Etapa 5. Implementación y medición de estrategia de promoción y publicidad On line.** Bitácora de actividades de página de fans, Facebook, en la tabla 6.

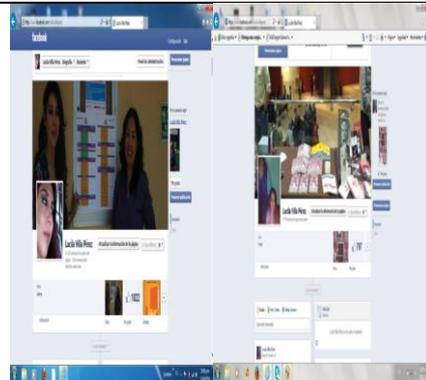
Bitácora de actividades de página de Fans o Fan Page								
Actividades	L	M	M	J	V	S	D	1
	u	a	M	J	V	S	D	5
	n	r	é	e	e	á	o	m
			r			b		s
								d
								í
								a
								s
1. Actualizar agenda de presentaciones								
2. Se suben flyers de las próximas presentaciones								
3. Se suben ilustraciones de poemas del libro: Al atardecer todos los gatos se sienten muy solos.								
4. Se suben a la página fotos de los eventos después.								
5. Preguntar a los consumidores de los libros qué les han parecido la lectura que han hecho de ellos.								
6. Subir fotos y textos de los autores a quienes admiran las autoras.								
7. Describir que quieren transmitir las autoras en sus libros.								
8. Describir como se inspiraron las autoras en los libros.								
9. Se sube una estrategia del manual como ejemplo.								
10. Describir las emociones que generaron las presentaciones antes y después del evento.								
11. Se agradece un día después de cada una de las presentaciones a las personas e instituciones que facilitaron la realización del evento.								
12. Replicar en la página lo que publica, en su Fan page, la editorial Palibrio.								

**Tabla 6** Bitácora de actividades de Página de Fans

Medición de medios On line en la tabla 7.

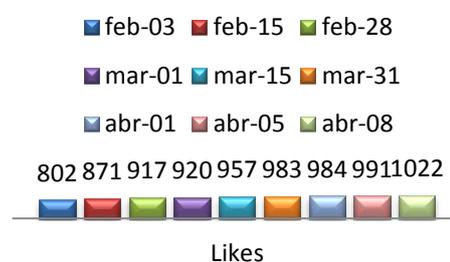
Medición de la estrategia On line (medios virtuales)	
Direcciones On line donde apareció el proyecto editorial:	18 páginas
Total de correos masivos: Manual de lectoescritura y poemario	735
Número de Me gusta o "likes" en Fan Page, Facebook	1022

**Tabla 7** Medición de medios On line

<b>FINAL 9/abril/2014 1022</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>797 inicio + 225 final = 1022 obtenidos.</b>

**Tabla 8** Medición de medios On line

### Gráfico de "Me gusta"



**Gráfica 1** Total de Me gusta

- Personas a las que les gusta la Página: mujeres 57%, hombres 42%. Mujeres 20% de 18-24 años; 19% de 25-34. Hombres: 16% 25-34 años; 11% 18-24. Como se muestra en la figura 2.



Figura 2 Estadística de personas a las que les gusta la página, segmentada

- Publicaciones: personas que interactúan fans y no fans. Promedio de participación que hacen “ clics ” en publicaciones de los estados es de 8 personas. El promedio de participación de los que hacen comentarios directamente y comparten las publicaciones es de 4 personas. Personas que ven las fotos 6. Y cada 4 personas hacen like en ellas. En promedio una persona hace enlace con la página. Como se acota en la figura 3.



Figura 3 Publicaciones: personas que interactúan fans y no fans.



Figura 4 Día y hora en que los fans están conectados.

Publicaciones: Cuando tus fans están conectados. Los días y el número de personas conectadas. Los días en que más se conectan: miércoles 838 y el jueves 836. Durante el día son 371 personas que se conectan a las 9:00 pm. Ver figura 4.

Conclusiones

Los principales hallazgos fueron el resultado de una correcta selección de elementos tanto virtuales como tradicionales, una mezcla de medios de promoción: Off (medios tradicionales) y On line (medios virtuales) para una empresa de publicaciones independientes. Se diseñó una mezcla de promoción privilegiando una combinación de medios de promoción, posteriormente se implementaron las estrategias off line de las que se generaron los siguientes resultados. Como primer punto se eligieron las Relaciones Públicas: Ruta de visitas a 14 instituciones, tanto públicas como privadas. Asistieron a las presentaciones de ambos libros: 1060 personas. Se vendieron 320 libros y se distribuyeron 815 calendarios y 589 separadores a los asistentes. También se visitaron 6 medios de comunicación masivos. Y se realizaron 16 presentaciones de ambos libros. Por otro lado se implementaron estrategias de medios Off line. Se creó una Página de Fans que inició con 797 likes (Me gusta) y terminó con 1022. Personas a las que les gustó la página: mujeres 57%, hombres 42%. Mujeres 20% de 18-24 años; 19% de 25-34. Hombres: 16% 25-34 años; 11% 18-24.

Promedio de participación de personas que oprimen el ratón en publicaciones de los estados es de 8 personas. El promedio de participación de los que hacen comentarios directamente y comparten las publicaciones es de 4 personas. Personas que ven las fotos 6. Y cada 4 personas oprimen Me gusta o like en alguna de ellas. En promedio una persona hace enlace con la página.

## Referencias

Acosta, I. (2010). *Estrategias de promoción y ventas*. Universidad del Tercer Milenio, S.C. Recuperado de: <http://www.unid.edu.mx>

Belch, G.E., y Belch, M. A. (2004). *Publicidad y Promoción: Perspectiva de la Comunicación de marketing integral*. México: McGraw Hill.

Coto, M. A. (2008). *El plan de marketing digital. Blended marketing como integración de acciones On y Off line*. España: Pearson Educación.

Cruz, H. A. (2013). *Marketing electrónico para Pymes*. México: Alfaomega.

Eyssautier, M. (2009). *Elementos básicos de la mercadotecnia*. México: Trillas.

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación*. México, D.F: 5ta. Edición, Mc Graw Hill.

Maldonado, L. (2010, 13 de julio). *Facebook un importante medio publicitario*. Blog. Recuperado de: <http://blog.rhiss.net/facebook-un-importante-medio-publicitario.html>

Mundo palabras. (2013, 4 de junio). Marketing Editorial On line: *Mundo de palabras.com*. Recuperado de: <http://www.mundopalabras.es/2013/06/04/marketing-editorial-on-line-estrategias-de-promocion-tradicional-y-online/>

Moreno, I. (2014,19 de febrero). Dan herramientas para lectura. *Frontera*. Recuperado de: <http://www.frontera.info/2014/02/19>

Morales, Y. (2014,19 de febrero). Escribir y leer para poder pensar. *Milenio*. Recuperado de: <http://www.milenio.com/bajacalifornia/Escribir-leer-poder-pensar/>

Frontera (2014,16 de febrero). Comparten herramientas. *Frontera*. Recuperado de: <http://www.frontera.info/2014/02/16>

Solomon, M. R. (2008). *Comportamiento del consumidor*. México: Pearson Educación.

Tormo, M. (2013). *Community Manager*. México: Alfaomega Grupo.

Thompson, I. (2005). *Mezcla de medios*. Promonegocios. Recuperado de: <http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/mezcla-promocion-mix.html>

## Diseño de un equipo eléctrico para reventar grano de amaranto mediante la metodología de ingeniería concurrente

MERINO-Victor\*†, DE LA LLAVE-María y CECEÑA-Ivan

*Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Camino Real a San Mateo S/N Santa Ana Xalmimilulco, Huejotzingo, Puebla, México. CP 74169*

Recibido Julio 22, 2015; Aceptado Septiembre 11, 2015

### Resumen

El objetivo de este proyecto es desarrollar un equipo que aumente la eficiencia del proceso de reventado del grano de amaranto y no lo contamine con los gases generados por la combustión de leña o gas natural que se utilizan para este proceso. El reventador de amaranto a diseñar debe reducir el tiempo de proceso y aumentar el volumen de producción, eliminando la contaminación del medio ambiente, del producto y la afectación negativa en la salud del usuario, también debe ser un equipo compacto que esté al alcance del pequeño productor de amaranto y sus derivados, de la región de Huejotzingo. Se utilizará Ingeniería concurrente, la cual permitirá desarrollar a partir de equipos ya generados, uno nuevo que utilice energía alternativa y limpia como lo es la energía eléctrica, señalando que a futuro se prevé utilizar energía solar. El diseño de este equipo eléctrico permitirá eliminar la utilización de leña y gas para el proceso de reventado, reducir la contaminación de CO<sup>2</sup> y evitar enfermedades respiratorias del usuario.

**Reventador-eléctrico, amaranto, Ingeniería concurrente, energía limpia.**

### Abstract

The objective of this Project is to develop an equipment that increase the efficiency of the process of exploding amaranth grains without polluting it with the generation of gases for the combustion of firewood or the natural gases that are used in this process. The exploder of amaranth that will be designed, must reduce the time of the process and increase the volume of production, eliminating environmental pollution, product contamination and negative effects on the health of the user. This must also be a compact device available for small producers of amaranth and its derivatives in Huejotzingo area. Concurrent engineering will be used, which will develop from equipments already generated a new one that uses alternative and clean energy such as the electric power, noting that in a near future solar energy will be used.

**Electrical Exploder, Amaranth, Concurrent engineering, Clean Energy.**

**Citación:** MERINO-Victor, DE LA LLAVE-María y CECEÑA-Ivan. Diseño de un equipo eléctrico para reventar grano de amaranto mediante la metodología de ingeniería concurrente. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 113-120

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico victormerinoouth@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El principal objetivo del proyecto es desarrollar y diseñar un equipo eléctrico eficiente que aumente la producción de grano de amaranto reventado, mismo que es utilizado como materia prima de diversos productos (cereales, granolas y dulces típicos entre otros) que son manufacturados y comercializados por pequeños comerciantes de la región de Huejotzingo, Pue., además de generar un mayor volumen de amaranto reventado, se busca no exponer a las personas a que respiren gases producto de la combustión del proceso artesanal, que provoca enfermedades respiratorias, contaminación al medio ambiente y contaminación del propio producto ya que se expone al contacto con los gases de la combustión.

El reventador de amaranto a diseñar está dirigido a las microempresas familiares que producen dulces típicos en la región de Huejotzingo como su principal fuente de ingresos; estos pequeños productores aún utilizan métodos artesanales con leña como combustible para la generación del calor que revienta el amaranto o compran el amaranto procesado en grandes equipos semi industriales que utilizan gas natural para procesarlo; en ambos casos el producto se contamina al contacto de los gases. El diseño propuesto deberá cumplir con las características siguientes, ser compacto, aumentar el volumen de producción, ser de bajo costo, no contaminar el medio ambiente y no exponer al usuario a enfermedades respiratorias por contaminantes derivados del proceso de combustión.

En la etapa inicial del estudio se analizan los diferentes tipos de proceso empleados para reventar el amaranto, tomando en consideración el tipo de combustible utilizado, el tiempo de reventamiento de la semilla, el volumen de producción por hora y los efectos secundarios que produce al medio ambiente y al usuario; llegando a la conclusión de que es necesario cambiar la forma de procesamiento del cereal a uno que utilice energía limpia y sea más rentable, por lo que se propone el uso de una nueva tecnología alimentada por energía eléctrica.

Las etapas siguientes del estudio corresponden al diseño y construcción del prototipo, la prueba de funcionamiento y la medición de resultados, mismas que no son reportadas en este trabajo por encontrarse pendientes o en ejecución.

Es necesario señalar que este proyecto se refiere únicamente a la construcción de un reventador de amaranto eléctrico y las ventajas que éste representa sobre los métodos tradicionales y/o con combustibles fósiles.

## Materiales y métodos

El proyecto se realizó en la carrera de Procesos Industriales de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, donde se llevó a cabo de acuerdo al diseño de investigación de Ingeniería Recurrente (también llamada Ingeniería inversa e Ingeniería concurrente), dividido en las etapas principales referidas a continuación:

- Investigación del contexto (procesos actualmente utilizados y producción de amaranto en Puebla, región Huejotzingo) y justificación del proyecto.

- Diseño y producción de reventador eléctrico de amaranto (prototipo) a partir del estudio de modelos actuales y aplicando mejoras sustanciales en el diseño.

### Investigación del contexto y justificación del proyecto

**Producción de amaranto en Puebla.** El amaranto es un grano con un alto contenido de proteínas de calidad inusual debido a la alta cantidad del aminoácido llamado lisina; el cultivo del amaranto en México se realiza en el Distrito Federal, el Estado de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Tlaxcala; de acuerdo con el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2008, Puebla es considerado uno de los mayores productores de éste cereal, sembrando más del 50% del total nacional. Las principales regiones productoras se encuentran en el Popocatepetl conlindando con Morelos, el Ixtazíhuatl, en la Mixteca poblana y en Tehuacán (Pérez-Torres *et al*, 2011).

De acuerdo con Amaranum, Asociación Mexicana de Amaranto “Puebla es el mayor productor de amaranto en México con el 51 por ciento de la producción total nacional” (<http://www.amaranto.com.mx/vertical/faq/faq.htm>, 2013).

Dentro de la zona de influencia directa de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo (UTH) se contactó a 121 productores que realizan productos con base de amaranto reventado, y una vez identificado el grupo de beneficiarios potenciales, se procede al análisis de los procesos que actualmente utilizan (artesanal con leña y con gas y semi-industrial con gas natural) para reventar el grano de amaranto, se consideran las variables de tiempo y volumen de producción y efectos de los combustibles utilizados, con la intención de proponer una forma más efectiva y eficiente para reventar el grano del amaranto.

**Proceso artesanal de reventado de amaranto.** En el proceso se utiliza leña o gas como combustible para generar energía calorífica con la que se calientan comales de barro o metálicos (figura 1) sobre los cuales se coloca el grano, que revienta<sup>1</sup> al estar en contacto con la superficie caliente como ocurre con las rosetas de maíz, en este caso es necesario que el operador mueva el grano con una pala o cuchara para evitar que el grano reventado se queme. Una vez que el grano ha reventado se saca del comal y se almacena.

La utilización de leña o gas para este proceso genera gases con un alto contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) que se impregnan al amaranto reventado, contaminando el producto aún en baja proporción; como segundo inconveniente derivado de la quema de leña se tiene que la emisión de gases nocivos va al medio ambiente y al sistema respiratorio del operador, de acuerdo con Smith, K.R., Rogers, J. y Cowlin S.C. respirar humo de combustibles sólidos en el hogar puede disminuir la esperanza de vida sana de una persona entre el dos y el tres por ciento (2005). En cuanto al nivel de producción se tiene que se alcanzan volúmenes de entre tres y cinco kilogramos de grano reventado por hora. La producción generada por este método es de aproximadamente de 30 a 40 kg por jornada.



**Figura 1** Tostado del amaranto

<sup>1</sup> El grano o semilla de amaranto revienta a temperaturas de entre 175 y 195°C.

### Proceso semi-industrial de reventado de amaranto con uso de gas natural

Para este proceso de reventado, el grano se hace pasar a una cámara donde se insufla aire a altas temperaturas, el aire es calentado a través de un quemador que utiliza como combustible gas natural, al reventar el grano de amaranto cambia su densidad, y por acción de la ráfaga de aire es llevado hacia arriba a través de un conducto por el que sale y cae a un sistema de separación o cribado donde se separa del grano sin reventar. El grano reventado es recolectado al final del ducto y almacenado.

La principal desventaja de reventadores de este tipo es que requieren de un suministro de energía eléctrica para las turbinas que generan la ráfaga de aire además del consumo de gas natural para generar calor. Otra desventaja es que el uso del gas sigue generando contaminación del amaranto cuando entra en contacto con el grano (reventado o sin reventar) y la emisión de contaminantes por la combustión del gas son liberados al medio ambiente.

El volumen de producción en este tipo de proceso depende de la capacidad del reventador, en el caso de un proceso semi-industrial va de 35 a 40 kg por hora, lo que significa una ventaja para el productor.

### Diseño y producción de reventador eléctrico de amaranto (prototipo).

#### Propuesta de reventador eléctrico compacto de amaranto.

Debido a las desventajas que presentan los procesos y sistemas actualmente utilizados para reventar el amaranto, se decide desarrollar una tercera opción que consiste en un reventador de amaranto cuyo calentamiento sea generado por energía eléctrica y enfocado a futuro hacia el uso de energía solar. Al inicio del proyecto y en las pruebas se utilizará energía eléctrica de red.

Utilizando la información técnica del manejo de alimentación de aire del reventador de amaranto por flujo de aire calentado por combustión de gas, se propone utilizar un sistema de calentamiento por resistencia eléctrica de 500 watts para alcanzar una temperatura de 280°C. Con esta forma de generación de calor se obtienen los siguientes resultados:

- Consumo de energía eléctrica: 500 watts /hr equivalente a 0.5 kWh.
- No existen emisiones contaminantes que se adhieran al producto.
- No existen gases nocivos para el productor.

**Determinación de propiedades Físicas-Mecánicas del grano de amaranto como objeto de reventado.** La obtención de los datos es fundamental como información de entrada para el diseño del reventador de amaranto.

Se realizaron ensayos para determinar propiedades del grano tales como la geometría, su densidad antes de reventar y después de reventado, las características aerodinámicas antes y después de reventado y la humedad, además de determinar coeficiente de fricción entre granos y grano y el coeficiente de fricción entre lamina inoxidable y grano.

**Características utilizadas para el diseño de flujo de aire.** Entre las características técnicas calculadas del equipo que se requieren para el diseño se tienen que el sistema de alimentación de aire contiene un motor de  $\frac{3}{4}$  hp con el que se genera una velocidad de aire en la descarga de 8.60 m/s (1692.91 pies /min), con un caudal de 0.15197 m<sup>3</sup>/seg (322.0064 pies<sup>3</sup>/min).

$$Q = V * A \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (1)$$

Donde:

V: velocidad del aire = 8.60 m/s.

A: Área de descarga del ventilador =  $0,0176\text{m}^2$ .

Q: caudal de aire =  $0,15197\text{ m}^3/\text{s}$ .

**Materiales de fabricación de la máquina.** Para su fabricación se utilizará lámina (chapa) de acero inoxidable austenítico tipo 304 acabado P3 (que contiene básicamente 18% de cromo y 8% de níquel, con un tenor de carbono limitado a un máximo de 0,08%) y soldadura de alambre del mismo tipo de material.

**Fabricación.** Se utilizarán procesos de manufactura de soldadura, doblez de lámina, cortes de lámina, ensamblado con unión de tornillos y remaches.

**Tolva alimentadora de grano.** La tolva en forma de cono tendrá un volumen aproximado de  $0.25\text{ m}^3$ , colocado y conectada en la parte superior del depósito donde se reventará el amaranto, hecha de acero inoxidable austenítico tipo 304 acabado P3.

**Sistema de Aire.** Se requiere un ventilador centrífugo con un motor de  $\frac{3}{4}$  de CP monofásico de 127 volts, para generar la velocidad del aire y el caudal requerido para el buen funcionamiento del equipo.

**Sistema de aplicación de calor.** El equipo tendrá un juego de resistencias eléctricas que permitan calentar el aire al paso de este, donde se irá directamente hacia el inicio de la cámara de reventado, con el flujo y turbulencia generado por el mismo aire, el grano de amaranto girará constantemente dentro de la cámara hasta reventarse y por diferencia de densidad, subirá por un ducto al final de la cámara del reventador.

### Diseño del equipo reventador de amaranto.

A partir de los datos obtenidos se realizó el diseño del equipo de reventador de amaranto, para esto se utilizaron programas de diseño que permitieron optimizar el tiempo de modelado piezas y conjuntos y extraer de los modelos, tanto los planos de ingeniería como otro tipo de información necesaria para la producción.

Los programas utilizados tienen un enfoque paramétrico basado en funciones para crear modelos y ensamblajes, es decir, se pueden establecer restricciones en función de la geometría ya diseñada; los programas utilizados para el diseño fueron Solid Works y CATIA.

En el desarrollo se pudo realizar análisis de acoplamiento entre piezas, simulación de elementos móviles del equipo para reventado de amaranto, así como la visualización de tolerancias de ensamblaje entre dichos componentes.

### Resultados

#### De la Investigación del contexto (procesos actualmente utilizados y producción de amaranto en Puebla, región Huejotzingo).

Los resultados generados fueron relevantes, ya que permitieron saber la demanda que se tiene en el uso del amaranto en la región, Se determinó que el 78% de los comerciantes que utilizan el amaranto para producir sus diversos productos al ser pequeñas familias, generan el proceso de reventado de amaranto de una forma muy tradicional y artesanal donde se usan comales de barro o lámina y usando como combustible la leña o gas natural, generando un estimado de 3.5 kg.

De amaranto reventado por hora; también se pudo detectar que las personas que realizan el reventado por este método se encuentran en un rango 35 a 48 años de edad, y que han trabajado en este tipo de proceso tradicional por más de 9 años, durante los cuales han respirado los gases nocivos producto de la combustión; por otro lado se ha incrementado la contaminación ambiental.

Con el objeto de minimizar estos efectos negativos, se desea aplicar el uso de reventadores de amaranto eléctricos, de esta manera se eliminan las desventajas asociadas al uso de combustibles sólidos y a la emisión de contaminantes a la atmósfera. La tabla 1 muestra una comparación de los procesos actuales y el proceso propuesto.

Tipo	Combustible	Prod. / hr.	Desventajas
Artesanal	Leña o gas natural	5 – 6 kg	Emisión de CO <sub>2</sub> Contaminación del amaranto por CO <sub>2</sub> Afectación a sistema respiratorio del quien procesa este producto Tala de árboles.
Semi-industrial	Gas natural	35 – 50 kg.	Emisión de gases nocivos al medio ambiente (CO <sub>2</sub> , y el NO <sub>2</sub> ) Incremento mensual del costo del gas.
Reventador eléctrico	Energía eléctrica	35 – 50 kg. Con posibilidad de incremento	Costo de la energía eléctrica (eliminable si se utiliza un sistema de energía solar)

**Tabla 1** Comparativos de procesos de reventado de amaranto, Investigación de la región de Huejotzingo.

Las ventajas en el uso del equipo de reventador de amaranto eléctrico, son principalmente la eliminación de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente y la no exposición a CO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> tanto del producto como de las personas que trabajan con este proceso.

El prototipo de reventador eléctrico que se encuentra actualmente en proceso de construcción deberá duplicar el volumen de producción de los equipos semi-industriales que funcionan con gas, aumentando las ventajas competitivas para el productor de amaranto.

**Durante el proceso de diseño y producción de reventador eléctrico de amaranto** se generaron datos que fueron relevantes para tener parámetros en el diseño del equipo mostrados en las tablas 2,3 y 4:

Humedad del grano	
Sin reventar	Reventado
7.99%	1.87%

**Tabla 2** Humedad de grano de amaranto, resultados de ensayos

Dimensiones del grano (Diámetro)	
Sin reventar	Reventado
Promedio 1.3 mm	Muy variado 1.1- 1.8 mm

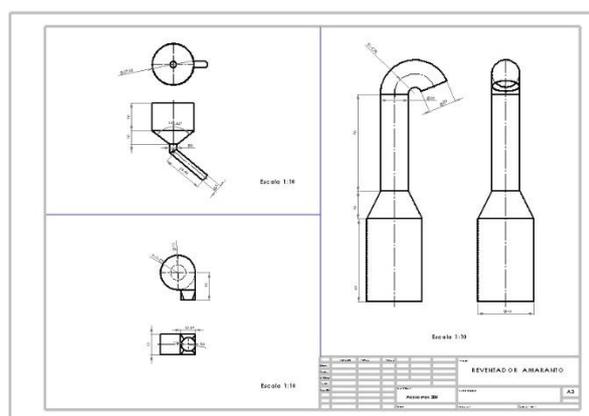
**Tabla 3** Dimensión del grano de amaranto, resultados de ensayos.

Coeficiente de Fricción	
Entre grano y grano sin reventar	X= 0.5258
Entre grano y grano reventado	X= 0.7992
Entre grano sin reventar y acero inoxidable	X= 0.3002
Entre grano reventar y acero inoxidable	X= 0.5921

**Tabla 4** Coeficiente de fricción del grano de amaranto, resultados de ensayos.

## Diseño

Con el apoyo de los programas de diseño se generó el reventador de amaranto eléctrico, se realizaron los planos del equipo para la etapa de fabricación, se hicieron las simulaciones que permitieron un visualizar de acoplamiento adecuado de los componentes que constituyen al equipo.



**Figura 3** Planos del Reventador de amaranto, elaborado con programa de Solid Works. Del autor, 2015.



**Figura 4** Reventador de amaranto 3D, elaborado con programa de CATIA. Del autor, 2015.

El prototipo se encuentra actualmente en el proceso de fabricación, una vez construido se procederá a realizar pruebas de funcionalidad con productores de amaranto, así como el volumen de obtención por unidad de tiempo, y determinar si el diámetro y calidad del amaranto reventado es al menos como la de los procesos actuales.

## Agradecimiento

Los autores de este proyecto agradecen a la Universidad Tecnológica de Huejotzingo por la confianza y el respaldo como Institución durante el desarrollo de este trabajo; especialmente el agradecimiento al grupo de elaboradores de dulce típicos y productores de amaranto de la zona de Huejotzingo, Puebla, por su apoyo al proporcionar información sobre sus procesos de elaboración.

## Conclusiones

Con el desarrollo de este equipo, se apoyará a un gran número de personas dedicadas a esta actividad de productiva, de manera que dejen de comprar el producto sin que sepan el grado de salubridad de su obtención y tampoco producirán amaranto contaminado por el contacto directo de los gases de la combustión de la leña o gas.

Al sustituir los combustibles tradicionales por energía eléctrica, utilizarán menos recursos naturales que se agotan día a día, no estarán expuestos a gases nocivos y aumentarán el volumen de producción, mejorando el obtenido de forma artesanal.

Es necesario que las Instituciones de Educación Superior y los grupos de investigadores que en éstas se desempeñen, dirijan parte de sus esfuerzos en lo que a transferencia tecnológica e investigación aplicada refiere, a los sectores económicos y sociales más vulnerables en sus respectivas zonas de influencia.

En el caso particular de las Universidades Tecnológicas, el generar tecnología que ayude al desarrollo económico de la región de donde están establecidas dichas instituciones, permitirá mejores posibilidades de vida para la gente tanto económicas, como sociales y de salud, apoyando significativamente al desarrollo de la sociedad Mexicana.

### Referencias

Amarantum, Asociación Mexicana de Amaranto. 2013. Preguntas frecuentes. <http://www.amaranto.com.mx/>.

Imeri, Ana; Flores, Rafael; Elías, Luiz G; Bressani, Ricardo. Efecto del procesamiento y de la suplementación con aminoácidos sobre la calidad proteínica del amaranto (*Amaranthus caudatus*) / Effect of processing and amino acids supplementation on the protein quality of amaranth (*Amaranthus caudatus*). Arch. latinoam. nutr;37(1):160-73, mar. 1987. ilus, tab.

Pérez Torres, Betzabeth Cecilia; Aragón García, Agustín; Pérez Avilés, Ricardo; Ricardo Hernández, Luis; López Olguín, Jesús Francisco. Estudio entomofaunístico del cultivo de amaranto (*amaranthus hypochondriacus* l.) en Puebla, México\*. Entomofaunistic study in of the cultivation of amaranth (*amaranthus hypochondriacus* l.) in Puebla, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.2 Núm.3 1 de mayo - 30 de junio, 2011 p. 359-371

Smith, K.R., Rogers, J. y Cowlin, S.C. 2005. Household fuels and ill-health in developing countries: what improvements can be brought by LP gas (LPG)? París, Francia, World LP Gas Association & Intermediate Technology Development Group.

## Sistema de localización para personas con Alzheimer

JAIME-PEREZ, Nestor\*†, MORALES-REYES, Eunice, GILBON-ABURTO, Antonio y PACHECO-REYES, Jimmy

Recibido Julio 12, 2015; Aceptado Septiembre 19, 2015

### Resumen

En México, el número de personas que sufren de demencia y enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer va en aumento. A pesar de esto, en el país no se cuenta con centros especializados para tratar estas enfermedades, ni se ofrecen servicios de seguridad para los pacientes que lo requieren. En las etapas iniciales del Alzheimer, el paciente aún mantiene cierta autonomía; sin embargo, su memoria, afectada por la enfermedad, puede fallar, poniéndose a sí mismo en peligro al no poder ubicarse geográficamente. Existen varios dispositivos que asisten a la familia en localizar al paciente en cualquier momento, evitando que este pueda perderse. Las desventajas de estos dispositivos es que debido a cuestiones socioeconómicas se encuentran fuera del alcance del 71% de la población mexicana. El presente muestra el planteamiento de un sistema de localización para personas con Alzheimer a bajo costo.

### Sistema de Localización, GPS, Alzheimer

**Citación:** JAIME-PEREZ, Nestor, MORALES-REYES, Eunice, GILBON-ABURTO, Antonio y PACHECO-REYES, Jimmy. Sistema de localización para personas con Alzheimer. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 121-126

### Abstract

In Mexico, the number of people suffering from dementia and neurodegenerative diseases such as Alzheimer's disease is increasing. Despite this, the country does not have specialized centers to treat these diseases, nor provide security services for patients who require it. In the early stages of Alzheimer's, the patient still has some autonomy; however, memory, affected by the disease, may fail, putting himself in danger by not being able to locate geographically. There are several devices that assist the family in locating the patient at any time, avoiding that it can be lost. The disadvantages of these devices is that due to socio-economic issues are outside the scope of 71% of the Mexican population. This shows the approach of a tracking system for people with Alzheimer cheaply.

### Location System, GPS, Alzheimer

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: osmavia@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

A comienzos del siglo 20 fue descubierta la enfermedad de Alzheimer, cuyo principal efecto es la reducción de neuronas en el cerebro, caracterizada por ser degenerativa e irreversible. Esta enfermedad tiene una progresión lenta y puede durar entre 9 y 20 años. Conforme va transcurriendo la enfermedad, el paciente tiene cada vez menos neuronas, concluyendo así, en un deterioro de las funciones intelectuales, pues afecta principalmente a la memoria. Adicionalmente, afecta el lenguaje, la orientación, la capacidad de reconocer personas y objetos, la capacidad de aprender nuevas cosas. Se estima que por lo menos el 60% de pacientes con Alzheimer deambularán en algún momento de su enfermedad. Y en el caso de aquellos que deambulen, hasta el 50% serán encontrados accidentados o fallecidos si no son encontrados en un lapso de 24 horas. [1][2][3].

Adicionalmente, un paciente de Alzheimer posee la necesidad de tomar medicinas por lo menos cada doce horas, por esta razón es vital saber su ubicación en todo momento. El objetivo principal de esta investigación es mejorar la seguridad de los pacientes de Alzheimer mediante el diseño de un dispositivo de localización de personas que integre tecnología GPS, GSM con artefactos digitales inalámbricos que pueda funcionar en un horario 24 x 7. Este dispositivo debe brindar información de la posición en tiempo real de la persona que lleva el dispositivo a localizar en segundos.

## Planteamiento del Problema

La enfermedad de Alzheimer es un problema social y sanitario de dimensión pública que no afecta tan solo a los enfermos y a su círculo familiar, sino que además produce un impacto sobre el conjunto de la sociedad.

Es preciso que las administraciones, los agentes económicos y sociales y la ciudadanía en general se involucren en el diseño de planes de atención específicos para los enfermos de Alzheimer, y también en destinar recursos y realizar proyectos para paliar las necesidades de los pacientes y de sus cuidadores.

El cuidado de un enfermo de Alzheimer conlleva una importante carga física y emocional que repercute en la salud del cuidador. El familiar cuidador principal es una persona no cualificada y con limitaciones, una realidad a la que se añade el hecho de que las necesidades del enfermo de Alzheimer crecen según avanza la enfermedad. Por este motivo, el cuidador se ve sometido a un constante estrés psíquico y físico que lo debilita. El cuidador desea asistir y ayudar del mejor modo posible, pero conforme pasa el tiempo va sufriendo las consecuencias de no poder proporcionar la asistencia o el servicio que desearía, bien por falta de medios o de fuerzas, o bien porque las necesidades del enfermo superan sus posibilidades. El resultado es que el cuidador se “quemara”, sin tener conciencia de ello, lo que perjudica su salud y su bienestar físico y mental, y, de rebote, afecta a la persona a la que quiere ayudar. Así, la degradación de la situación acaba por llegar también al resto de sus familiares y a las personas de su entorno más cercano. Para referirse a esta situación del cuidador, se habla del síndrome de sobrecarga del cuidador, que tipifica los efectos que sufren aquellas personas que tienen a su cargo a una persona con la enfermedad de Alzheimer.

En México se estima que el 6% de las personas mayores de 60 años sufren de la Enfermedad de Alzheimer o de algún tipo de demencia, es decir, aproximadamente 360 mil; cantidad que aumentará proporcionalmente con el incremento en la población adulta mayor, ya que la edad avanzada constituye uno de los principales factores de riesgo para la aparición de la enfermedad.

Con respecto al diseño y desarrollo de tecnología aplicada a este ámbito, se han desarrollado una serie de dispositivos que ayuda a localizar a las personas padecientes de Alzheimer en las etapas iniciales y moderadas; que son en las que el individuo aún mantiene cierta autonomía, está en actividad física y puede escapar o perderse, teniendo en cuenta que los síntomas son poco conocidos y no son fáciles de reconocer a simple vista, por lo que también se dificulta el recibir ayuda por parte de alguien que no conoce la situación de salud de la persona. Haciendo que la persona se tenga que valer por sí misma [4].

El gran inconveniente con estos dispositivos, es que el precio es muy elevado para la realidad económica de la población Mexicana.

### Justificación

Desde su puesta en funcionamiento a mediados de los ochenta, el sistema GPS ha sufrido una evolución radical. Creado como sistema de localización para el Departamento de Defensa de Estados Unidos, su uso civil se fue liberalizando de manera progresiva y actualmente permite a cualquier persona con un costo cero conocer su posición exacta en cualquier lugar del mundo.

Hoy en día las aplicaciones sociales del sistema GPS se han desarrollado de tal forma que proporcionan una mejora en la oferta de diferentes productos y servicios, como el marcaje de tiempo de espera para autobuses, el control de la cadena de frío de los alimentos, la gestión de flotas, etc.

El futuro del GPS pasa por el desarrollo de sistemas de localización más perfectos y que se adecuen a las necesidades de los particulares, de manera que no sólo le permitan conocer su posición, sino que proporcionen esa información a terceras personas de una manera constante y eficaz.

La necesidad de sistemas de localización de personas es especialmente apremiante en dos grupos diferenciados no sólo por el marco generacional, sino también por los siguientes motivos:

#### – Familiares de personas que padecen enfermedades neurodegenerativas

Los familiares de personas que padecen enfermedades neurodegenerativas, como el Alzheimer o la demencia senil, ven sustancialmente mermada su calidad de vida. Los recursos sociales y sanitarios destinados a paliar los efectos de estas enfermedades son insuficientes; por ello, es necesario desarrollar un producto que, por un lado, facilite la labor de atención y cuidados que desempeñan los familiares y/o cuidadores del enfermo y, por otro lado, permita al afectado en las primeras fases de la enfermedad desarrollar su vida con libertad y autonomía.

#### – Padres preocupados por la seguridad de sus hijos

Además de rodeados por una situación de inseguridad ciudadana creciente, los niños se encuentran en un colectivo que merece especial protección, siendo en ocasiones protagonistas de escapadas temporales, víctimas de secuestro por parte de un progenitor, accidentados o perdidos en excursiones a la montaña, etc.

Por otro lado, el ritmo de vida actual no permite a los padres acompañar constantemente a los hijos a la escuela, al dentista, a clases particulares, a los entrenamientos, etc. Por ello, este producto les proporcionará una manera fácil y sencilla de controlar y conocer la localización de sus hijos en todo momento.

## Objetivo General

El objetivo principal de este trabajo es mejorar la seguridad de los pacientes con Alzheimer mediante el diseño de un dispositivo de localización de personas que integre tecnología GPS, GSM con artefactos digitales inalámbricos que pueda funcionar en un horario 24 x 7.

## Sistema de Localización personal

### Descripción y desarrollo del proyecto

Desarrollo y comercialización de un servicio de localización de personas dependientes de un cuidador, a través de una pulsera que permite situar geográficamente a su portador gracias a las tecnologías basadas en un sistema GPS.

Este sistema deberá brindar las coordenadas en cuestión de segundos de la persona que lleva la pulsera para poder localizarlo oportunamente.

Si se desea conocer la situación del portador, solo basta con que el responsable se conecte a internet ingresando a la web dirección correspondiente, donde a través de una clave de usuario podrá visualizar la localización exacta del portador de dicho dispositivo.

Este sistema permitirá a terceras personas conocer la situación del portador e introducir diferentes alarmas de zona, tiempo o itinerario. Es decir, se podrá programar introduciendo una alarma de zona, que implica que si en algún momento el portador sale o entra en una zona no autorizada (por ejemplo las calles próximas al domicilio familiar en el caso de ancianos), el servicio de localización se lo comunicará al cuidador de forma inmediata; o una alarma de itinerario, que ocurre cuando el portador no se encuentra en un lugar determinado a la hora precisa.

La pulsera se ajustará automáticamente a la muñeca del portador, sin existir posibilidad de apertura sin la autorización del tutor/cuidador, quien podrá retirarla a través de un mando a distancia.

El sistema dispondrá de los siguientes servicios:

#### – Servicio de localización

El equipo de localización constará de una pulsera y de un servicio de localización.

La pulsera incluirá varios eslabones adaptables en los que se encontrarán insertados los sistemas de localización y comunicación, así como un sistema de cierre que impedirá su apertura sin autorización. El servicio de localización incluye la posibilidad de acceder a una **página web**, a través de un código usuario, en la que se podrá visualizar la situación del portador, y recibir información sobre la localización del portador de la pulsera.

#### – Historial

Se ofrece al cliente la posibilidad de acceder a un historial completo de los movimientos del portador de la pulsera a través de la página *web* seleccionando períodos de tiempo determinados.

#### – Alarmas

El cuidador podrá programar varias alarmas con diferentes variables:

- Zona: cuando el portador entra o sale de una zona.
- Itinerario: cuando el portador no se encuentra en un lugar determinado a una hora precisa.
- Movilidad: cuando el portador permanece inmóvil durante un período de tiempo.

### – App Localizador

Se ofrece al cliente una aplicación móvil para que de acuerdo con las coordenadas emitidas por el GPS se trase una ruta que ira indicando la distancia de localización y la dirección que se tiene que seguir para llegar al portador.

### Resultados esperados

El desarrollo del Sistema de Localización permitirá poder ubicar a la persona en el momento que se requiera. Sin embargo, lo principal es que el individuo esté a salvo. Con estos dispositivos se disminuyen las probabilidades de que pueda ocurrir un accidente o el paciente sufra de algún incidente a causa de la falta de medicinas. Por lo tanto, estos dispositivos, no sólo indican la posición real del individuo, sino que aumentan y mejoran la seguridad y calidad de vida de estas personas. De igual manera, ayudan a los familiares o cuidadores, pues facilita la tarea de cuidar a los pacientes cuando aún están en las etapas en las que aún pueden desplazarse de un lugar a otro pues mantiene cierto nivel de autonomía (etapas de demencia inicial y moderada). En el caso que la persona con Alzheimer se pierda, desaparezca o esté tomando más tiempo de lo normal en su paseo habitual, se puede saber su ubicación de manera rápida y el cuidador puede salir en su búsqueda. Si no existiera este dispositivo, se tendría que ir a la policía a declarar la pérdida de la persona. Luego, que este mensaje sea transmitido a los demás policías, y para finalizar, se empieza con la búsqueda cuyo tiempo de duración es inexacto, pueden ser horas hasta días. Periodo de tiempo en el cual el paciente puede sufrir un accidente por falta de medicamentos. Es por este motivo, que el dispositivo de localización es de gran ayuda para la familia y el paciente con Alzheimer. Aumenta y mejora la seguridad y calidad de vida del paciente, así como también da más tranquilidad a la familia y cuidadores.

De esta manera, se mejora también el lazo entre la familia y el paciente, que a veces se ve desgastado por la carga que representa cuidar a una persona que depende casi enteramente del familiar. Como se mencionó anteriormente, la persona con Alzheimer eventualmente pierde la habilidad de estructurar oraciones largas y pierde la memoria, pero a pesar de todo esto, es completamente capaz de recibir y enviar mensajes de afecto

### Conclusiones

El mayor inconveniente del proyecto es la evolución de la tecnología, que implica que ésta se quede obsoleta en un periodo de tiempo relativamente corto y sea necesario realizar una inversión constante en investigación y desarrollo para mantener y desarrollar las prestaciones del proyecto.

Es posible que aparezcan productos sustitutivos o que cumplan funciones similares a partir de tecnologías diferentes. La evolución de los sistemas de comunicación y localización hace posible incorporar nuevos sistemas a productos existentes, por lo que es necesario mantener una actitud vigilante del mercado.

Se trata de un mercado en expansión en el que la evolución de las nuevas tecnologías hace posible el desarrollo de productos y servicios que proporcionan nuevas formas de satisfacer necesidades del mercado.

Se ha detectado un aumento progresivo de la demanda de servicios de localización debido al crecimiento de la inseguridad ciudadana y a la aparición de un mayor número de enfermedades degenerativas, entre otras razones.

Existen empresas hoy en día, que comercializan sistemas de localización que, sin embargo, no cumplen las expectativas de los usuarios, bien por el diseño, el peso, el tamaño o, simplemente, porque no ofrecen las prestaciones de localización y programación, óptimas.

### **Referencias**

Sarah Cannon Research Institute 2009  
Deambulaci3n: C3mo abordar un problema de personas con enfermedad de Alzheimer

Alzheimer Association 2009 Alzheimer's Disease

Empowher 2003 Tecnología GPS y Enfermedad de Alzheimer

El Universal 2004 Tecnología vs Alzheimer

## Diseño de aprendizaje en nivel superior: Un caso práctico con los robots Bioloid y NAO H25

JUAREZ-Cristina\*†, SANCHEZ, José, MARTINEZ-Magally y SOBERANES-Anabelem

Recibido Julio 16, 2015; Aceptado Septiembre 13, 2015

### Resumen

En este artículo se presenta una propuesta de implementación de un proceso para el diseño de aprendizaje utilizando los robots Bioloid y NAO H25 en las clases presenciales. Con base a las experiencias docentes que reflejan que el trabajo individual y colaborativo entre estudiantes tiene mayores ventajas y tienen como finalidad mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las unidades de aprendizaje del área de robótica en nivel superior. Estas experiencias se plasman en las asignaturas de Fundamentos de Robótica, Robótica Avanzada, Sistemas Expertos e Inteligencia Artificial que se imparten en la carrera de Ingeniería en Computación del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. En el diseño de aprendizaje se propone el modelo ADDIE para el desarrollo y seguimiento de cursos del área de robótica. Los resultados presentaron ventajas didácticas con el uso de los robots propuestos y se identificaron las características primordiales del diseño de aprendizaje para los cursos presenciales del nivel superior

### Robótica Educativa, Bioloid, NAO H25, ADDIE

**Citación:** JUAREZ-Cristina, SANCHEZ, José, MARTINEZ-Magally y SOBERANES-Anabelem. Diseño de aprendizaje en nivel superior: Un caso práctico con los robots Bioloid y NAO H25. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 127-136

### Abstract

This work presents a proposal to implement a process for the design of learning using Bioloid and NAO H25 robots classes will be presented. Based on the experiences teachers that reflect the individual and collaborative work among students it has advantages and are intended to improve the teaching and learning of the learning units in the area of robotics higher level. These experiences are reflected in the courses Fundamentals of Robotics, Advanced Robotics, Artificial Intelligence and Expert Systems taught at the Computer Engineering in the University Center Valle de Chalco of the UAEM. In designing learning the ADDIE model for the development and monitoring of the area of robotics courses proposed. The results showed learning advantages with the use of robots and primordial proposed design features the traditional classroom learning for top level were identified.

### Educational Robotics , Bioloid, NAO H25 , ADDIE

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: cjuarezl@uaemex.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El diseño y planificación de esquemas tradicionales para los cursos y materiales de enseñanza se han modificado por el auge de la tecnología actual, sin embargo se tienen que enfrentar otro tipo de estrategias bajo una óptica reflexiva y de adaptación a nuevos modelos de aprendizaje.

Los materiales y programas que se diseñen deben promover el desarrollo del pensamiento lógico y habilidades más efectivas de gestión de la información y el conocimiento; acordes con los enfoques actuales de la cultura participativa, el conocimiento, contenido, medios y aprendizaje abiertos (Gongorá, 2012).

Actualmente, los modelos en que se basa el diseño instruccional se han reenfocado para pasar de modelos centrados en la enseñanza a modelos centrados en el alumno, en busca, más que de prescribir actividades de enseñanza para el docente, de describir y promover actividades cognoscitivas generales que fortalezcan la capacidad de un aprendizaje duradero, transferible y autorregulable en el alumno. Al analizar el nivel de conocimiento de los estudiantes de licenciatura de la carrera de Ingeniería en Computación frente a la Robótica, se detectó, la diversidad de perspectivas en el manejo de conceptos de dichos estudiantes con respecto a conocimientos tecnológicos, informáticos-eléctricos, electrónicos, mecánicos y robóticos y, por ende, se vio la necesidad de proponer la construcción de un diseño instruccional o también conocido como diseño de aprendizaje que involucrará un proceso que permita la construcción en el manejo de conocimientos individuales y colaborativos que ayudaran a los estudiantes a una mejor comprensión y manejo de la robótica en las unidades de aprendizaje que requieren el fundamento, implementación y desarrollo de prototipos robóticos (Nourbakhsh, 2000).

La función que pertenece al diseñador instruccional se puede basar en la creación de sistemas expertos computacionales que radica básicamente en el uso de métodos para la obtención de información y de técnicas para el diseño de programas de instrucción asistida por computación inteligente (IACI), así como en el uso de la ingeniería del conocimiento para la creación del modelo del alumno.

La investigación actual deja muy en claro que la calidad del aprendizaje depende de las habilidades para organizar y representar el conocimiento, y de la riqueza de la base que el alumno posea. Los procedimientos instruccionales dependerán no sólo de la naturaleza del conocimiento de la disciplina de enseñanza, sino también, y de un modo fundamental, de las metas perseguidas.

La robótica es un campo de la tecnología, que trata el diseño y construcción de máquinas multifuncionales que son capaces de realizar un trabajo específico que necesita una precisión exacta. En la mayoría de las ocasiones estas máquinas son dirigidas por un software especializado que permite un control total de las funciones de los prototipos robóticos (Pinto,2010).

En la robótica se combinan varias disciplinas al mismo tiempo, como son la mecánica, la electrónica, la informática y la ingeniería de control por tanto es importante el aporte que recibe y extrae de campos tales como el Algebra, los autómatas programables y las máquinas de estados.

El presente trabajo aborda, en este sentido, las fases correspondientes al proceso de diseño de aprendizaje con base a un modelo que promueve la importancia para el aprendizaje de que los estudiantes tengan acceso a casos relacionados con los robots humanoides Bioloid y NAO H25, así como a los recursos de información y herramientas de colaboración.

Las fases propuestas en el diseño de aprendizaje de la robótica incluyen: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación, con apoyo en tecnologías ofrecidas por los robots humanoides NAO H25 y Bioloid.

Se revisa primeramente, el proceso de diseño de aprendizaje como una de las metas importantes que la enseñanza debe propiciar en el alumno de ingeniería en computación.

La importancia de la investigación sobre solución de problemas para la enseñanza de unidades de aprendizaje del área de robótica queda manifiesta al analizar el proceso de características que definen los elementos primordiales para cada fase del diseño instruccional con el objetivo de propiciar la construcción de los conocimientos de los conocimientos del área de robótica y el aprendizaje de la misma.

Finalmente, a través de este trabajo se observará el modelo propuesto que integra como herramientas tecnológicas los robots humanoides para el uso en clases presenciales del área de robótica dirigidas a alumnos de la carrera de ingeniería en computación que considera el modelo educativo por competencias de la Universidad Autónoma del Estado de México.

### Proceso de diseño de aprendizaje

Este modelo plantea un enfoque constructivista para el diseño de aprendizaje que permite al estudiante construir resultados de aprendizaje significativos.

Las fases del modelo ADDIE se describen a continuación en las tablas de la 1 a la 5, donde se presenta la función, las tareas o actividades a realizar y los resultados de cada fase del proceso.

1ra. Fase del proceso	
<b>Función</b>	El proceso de definir qué es aprendido
<b>Tareas</b>	Evaluación de necesidades Identificación del Problema Análisis de tareas
<b>Resultados</b>	Perfil del estudiante Descripción de obstáculos Necesidades, definición de problemas

Tabla 1: Fase de Análisis.

2da. Fase del proceso	
<b>Función</b>	El proceso de especificar cómo debe ser aprendido
<b>Tareas</b>	Escribir los objetivos Desarrollar los temas a evaluar Planear la instrucción Identificar los recursos
<b>Resultados</b>	Objetivos medibles Estrategia Instruccional Especificaciones del prototipo

Tabla 2: Fase de Diseño.

3ra. Fase del proceso	
<b>Función</b>	El proceso de autorización y producción de los materiales
<b>Tareas</b>	Trabajar con productores Desarrollar el libro de trabajo, organigrama y programa Desarrollar los ejercicios prácticos Crear el ambiente de aprendizaje
<b>Resultados</b>	Instrucción basada en la computadora Instrumentos de Retroalimentación Instrumentos de medición Instrucción mediada por computadora Aprendizaje colaborativo Entrenamiento basado en la Web

Tabla 1 Fase de Desarrollo

4ta. Fase del proceso	
<b>Función</b>	El proceso de instalar el proyecto en el contexto del mundo real
<b>Tareas</b>	Entrenamiento docente Entrenamiento piloto
<b>Resultados</b>	Comentarios del estudiante Datos de la evaluación

Tabla 4: Fase de Implementación.

5ta. Fase del proceso	
<b>Función</b>	El proceso de determinar la adecuación de la instrucción
<b>Tareas</b>	Datos de registro del tiempo Interpretación de los resultados de la evaluación Encuestas a graduados Revisión de actividades
<b>Resultados</b>	Recomendaciones Informe de la evaluación Revisión de los materiales Revisión del prototipo

Tabla 2 Fase de Evaluación.

### Descripción del Robot Bioloid

Es un kit comercial Bioloid Premium Kit, de la marca Robotis. Dicho robot está diseñado para el aprendizaje de la robótica y está formado por varios sensores, una batería, un controlador principal llamado CM-510, los componentes para unir las diferentes piezas y servomecanismos modulares llamados Dynamixel. Estos últimos pueden usarse conectados de forma que adopten un modelo en particular o personalizándolo para construir robots de diferentes formas (con ruedas, piernas, humanoides, etc.). Este kit se programa en lenguaje C, como es usual en la mayoría de este tipo de kits destinados a la robótica educativa. La figura 1 presenta el robot Bioloid y las diferentes configuraciones que se pueden presentar con este kit Premium.



Figura 1 Configuraciones del Kit Bioloid Premium.

### Descripción del Robot NAO H25

Es un robot humanoide programable y autónomo desarrollado por Aldebaran Robotics, una compañía de robótica francesa con sede en París que nació en el año 2005. Esta empresa se fundó con la idea de crear robots humanoides capaces de asistir a las personas. La figura 2 muestra una imagen del robot NAO.



Figura 2 Robot humanoide NAO H25.

### Características del Robot NAO

- 25 Grados de Libertad (referido en inglés como Degrees of Freedom)
- Caminado omnidireccional

- Dos manos prensiles
- CPU ATOM Z530 1.6 GHz
- Memoria Flash de 256 MB SDRAM / 2 GB
- Sensor de Inercia con Giroscopio de dos ejes y Acelerómetro de 3 ejes
- 1x Puerto Ethernet RJ45 – 10/100/1000 base T y Wi-Fi IEEE 802.11b/g
- 2x Cámaras de video (960p@30fps), mejor sensibilidad en VGA. Visión - horizontal de 239°, visión vertical de 68°.
- Resolución de alta definición. Capacidad de procesamiento de visión
- Reconocimiento de objetos
- Detección y reconocimiento de rostros
- Dos altavoces y síntesis vocal multi- idioma (Español e Inglés precargados)
- Cuatro micrófonos y reconocimiento de voz multi-idioma (Español e Inglés precargados)
- Soporta múltiples lenguajes de programación

### Propuestas estratégicas

A partir de las experiencias de clases presenciales del área de robótica como son de las unidades de aprendizaje de Fundamentos de robótica, Robótica Avanzada, Sistemas Expertos e Inteligencia Artificial que se imparten en la carrera de Ingeniería en Computación del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. Se determinaron las propuestas a considerar basados en un diagnóstico del contexto de aprendizaje que se presenta en la tabla 6

Los programas de estudios de las unidades de aprendizaje del área de robótica contienen intenciones educativas relacionadas con:

El aprender a CONOCER, lo que nos lleva a definir objetivos declarativos que comprenden el aprendizaje de teorías, principios y conceptos.

El aprender a APRENDER que lleva a la definición de objetivos de desarrollo de habilidades y competencias.

El aprender a HACER contiene objetivos procedimentales relacionados con el aprendizaje de métodos, técnicas y procedimientos.

El aprender CONVIVIR con otros, que sostiene objetivos que permitan reconocer, respetar y atender las diferencias y la búsqueda de la colaboración.

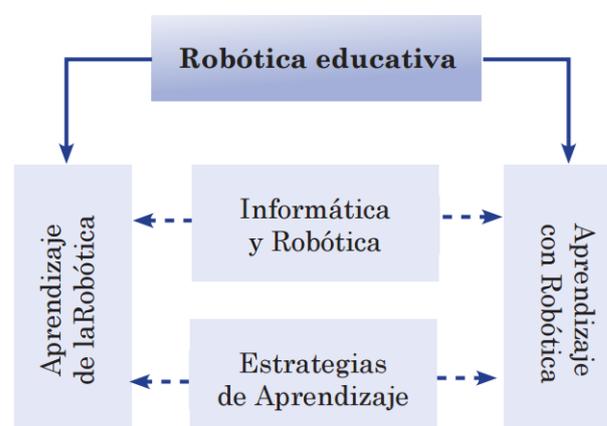
El aprender a SER que involucra objetivos actitudinales como la creatividad, los valores, las actitudes y las tomas de decisiones.

Diagnostico	Propuesta
Existe un cierto alejamiento de la enseñanza de la robótica con la vida cotidiana	Centrar los conocimientos en casos prácticos en el estudiante y su entorno, significativo para su vida.
Son de las materias con menor tiempo en la trayectoria académica del estudiante	Conocimiento del contenido por construcción personal y en colaboración, por aproximaciones y con graduación precisa.  Desarrollo de habilidades. Conocimiento mediado por la tecnología para construir conceptos más complejos con mayor facilidad.
Los programas de las unidades de aprendizaje no atendían las diferencias individuales	Atención a la diversidad - unidad
Bajas oportunidades de manifestar la creatividad	Estímular a la creatividad

**Tabla 3** Propuestas consideradas

### Robótica educativa

Según su utilización en la educación se clasifica en dos tipos: “Robótica en educación y robótica para la educación”. Los dos enfoques se presentan en este apartado para analizar el uso que se les da a los robots para el aprendizaje de la robótica y la utilización de la misma en el aprendizaje de temáticas en diversas áreas del conocimiento. La figura 3 presenta los dos enfoques que se pueden considerar de la robótica educativa (RE).



**Figura 3** Enfoques de la RE.

La robótica en el aula permite, además de estudiar tópicos de automatización y control de procesos del área de tecnología e informática, el aprendizaje de temas de diferentes áreas de conocimiento, dado el interés que despierta el trabajar con objetos concretos y llamativos como un robot y, si se implementa, junto con los recursos, una metodología y una adecuada planificación, se estimula en los estudiantes el aprendizaje de temáticas que, de otra forma, sería más difícil de entender y poco motivantes para su estudio.

La RE también conocida como robótica pedagógica se inscribe, en una teoría cognitivista de la enseñanza y del aprendizaje. El aprendizaje se estudia en tanto que proceso constructivista y es doblemente activo. Activo por una parte, en el sentido de demandar al estudiante ser activo desde el punto de vista intelectual; y por otra parte, solicita que el estudiante sea activo, pero desde el punto de vista sensorial. Algunas de las principales bondades de la robótica pedagógica son:

- Integración de distintas áreas del conocimiento
- Operación con objetos manipulables, favoreciendo el paso de lo concreto a lo abstracto

- Apropriación por parte de los estudiantes de distintos lenguajes (gráfico, matemático, informático, tecnológico, etcétera)
- Operación y control de distintas variables de manera síncrona
- Desarrollo de un pensamiento sistémico y sistemático
- Construcción y prueba de sus propias estrategias de adquisición del conocimiento mediante una orientación pedagógica adecuada
- Creación de entornos de aprendizaje
- Aprendizaje del proceso científico y de la representación y modelización matemáticas

Lo anterior justifica el uso de robots en el aula para el aprendizaje de conocimientos de diferentes áreas. De esta forma una propuesta de RE en nivel superior debe implementarse bajo un enfoque pedagógico que tenga en cuenta el ambiente de aprendizaje, la planeación de las actividades, los recursos, el tiempo necesario para la realización de cada una de estas y la metodología con la cual se va a desarrollar la labor, además de considerar el modelo ADDIE para el proceso de diseño de aprendizaje.

### Caso práctico: Robot Bioid

Con el kit de robótica mencionado anteriormente, se llevan a cabo con los estudiantes una serie de estrategias y actividades que comprenden desde la presentación del robot, hasta la definición de los alcances y las limitaciones que presentan este tipo de herramientas con base a un tema específico dependiendo del programa de estudios, para dar solución a una serie de necesidades de la vida cotidiana.

Para el caso de temas que implican conocimientos básicos del funcionamiento de los robots; se establece como trabajo en equipo con los estudiantes ensamblar el robot, donde convergen otros conocimientos para realizar el ensamblaje como lo son: servomotores, sensores, controladores que en este caso son de la marca Robotis.

Una vez que el robot ha sido ensamblado conforme a los manuales de referencia y conocimientos indicados en el programa de estudios, también se destina tiempo a la programación en lenguaje C. En estas sesiones, los docentes presentan cómo se instala el software en un PC para configurar y programar el robot. Se explica una introducción a los controladores que permitan a los estudiantes conocer cómo funcionan, qué beneficios y qué limitaciones tienen. Posteriormente, se proporcionan las directrices generales para implementar un programa que haga uso de los sistemas sensoriales del robot: infrarrojos, al tiempo que se programen necesidades, para realizar alguna tarea.

El Kit de robótica Bioid Premium está basado en software libre, el cual se utiliza para enseñar robótica comenzando desde la selección y el ensamblaje de hasta 29 formas diferentes, incluyendo la

configuración de 3 tipos de robots humanoides.

La figura 4 presenta la vista del del software RoboPlus para el Robot BIOLOID PREMIUM.

Esta interfaz presenta información del funcionamiento del robot que apoya tanto la enseñanza como el aprendizaje de la manipulación correcta del robot. Esto permite explicar cómo funcionan los actuadores dinamixel para que posteriormente los estudiantes realicen sus pruebas en el simulador de cada uno de estos. Los estudiantes pueden crear sus nuevas posturas, siempre y cuando no modifiquen el número de motores de la posición del Robot a la posición del paso y viceversa.



Figura 4 Vista del software RoboPlus.

La interfaz de trabajo se muestra en la figura 5 y en las actividades prácticas con los estudiantes de nivel superior de Ingeniería en Computación, se observó que el interés por los estudiantes fue más marcado y diversificado por las actividades que tenían que atender, ya sea de manera individual o colectiva

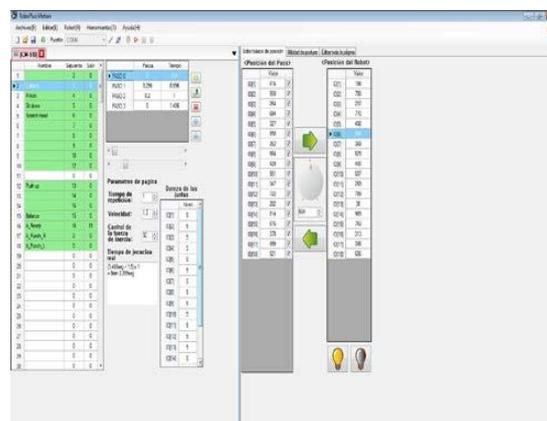


Figura 5 Interfaz del área de trabajo

### Caso práctico: Robot NAO H25

El software Choregraphe que se utiliza con el robot NAO es distribuido por la empresa Aldebaran Robotics, para lograr la comunicación con el robot humanoide NAO H25 para que se apliquen las instrucciones que se le ordena, se presenta la interfaz de trabajo en la Figura 6.

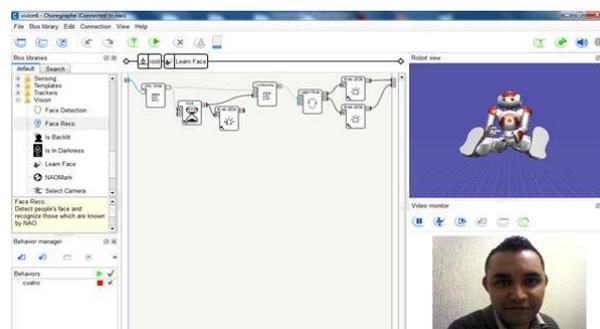


Figura 6 Interfaz del área de trabajo.

En este caso se utilizó el robot Nao H25 para realizar el proceso de reconocimiento de rostros de personas (Bianchetti, 2008), las imágenes de los rostros se guardan en la memoria del robot, de tal forma que cuando se acerca una persona al robot, este compara su rostro con el de la base de datos que está en el robot y realiza una acción que se haya programado, por ejemplo decir el nombre de la persona o realizar un movimiento.

## Resultados

Se identificaron los conceptos que son difíciles de entender y se observó que se asimilaban de mejor forma, así como los elementos de programación que están implícitos en el desarrollo de movimientos que debe realizar el robot. Las figuras 7 y 8 presentan una configuración de ejemplo la cual se utilizó en los experimentos, donde se observa una de las diferentes posturas en la interfaz gráfica y en la simulación real.



**Figura 7** Vista de una simulación real con Bioloid.



**Figura 8** Vista de una simulación real con NAO.

De las experiencias de cursos normales y cursos donde hay integración del robot Bioloid, los docentes participantes lograron identificar mejoras entre los procesos de enseñanza aprendizaje, sin embargo también existe la limitante de la cantidad de estudiantes que pueden trabajar en este esquema.

## Conclusiones

Las nuevas tendencias del diseño de aprendizaje abogan por entornos de creación autónomos, colaborativos, participativos, situados, abiertos y dialógicos.

Al utilizar los modelos que señalan la enseñanza basada en problemas el estudiante estará mejor preparado para aplicar sus conocimientos a situaciones nuevas y cambiantes.

## Agradecimiento

A la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo mediante la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados con el proyecto 3823.

## Referencias

Bianchetti, Arturo & Comastri, Silvia A. (2008). Desarrollo de una metodología para medir el diámetro pupilar ocular a partir del procesamiento de imágenes conteniendo el ojo. Universidad de Belgrano. No. 221, pp. 3-19.

Góngora Parra, Y. y Martínez Leyet, O. L. (2012). Del diseño instruccional al diseño de aprendizaje con aplicación de las tecnologías. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 13(3), 342-360 [Fecha de consulta: 10/01/2015]. [http://campus.usal.es/~revistas\\_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/9144/9377](http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/9144/9377)

Manual de Referencia Robot Bioloid Premium. (2013) ROBOTIS. Corea del Sur.

Nourbakhsh, I. (2000). Robots and Education in the Classroom and in the Museum. IEEE Transaction on Robotics and Automation. Workshop for Personal Robotics for Education, IEEE ICRA.

Pinto, M., Barrera, N., y Pérez, W. (2010). Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. Ingeniería, Investigación y Desarrollo (I2 + D).15-23.

ROBOTICS CO., LTD. (2006) Zigbee Module.  
[http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/communication/zigbee\\_manual.html](http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/communication/zigbee_manual.html).

## Modelo de Radiación Solar para la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz

GONZALES-Rafael\*†, CAYETANO-Francisco, MATA-Moisés y CRUZ- Abdías

*Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Av. Universidad Tecnológica, lote grande número 1, sin colonia C.P. 96360 Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río, Veracruz.*

Recibido Julio 28, 2015; Aceptado Septiembre 24, 2015

### Resumen

En este artículo se desarrolla un modelo de radiación solar para la Universidad Tecnológica del sureste de Veracruz mediante herramientas computacionales. El modelo desarrollado emplea variables meteorológicas, de bajo coste, temperatura máxima, temperatura mínima y humedad relativa, obtenidas de la estación meteorológica automática La Cangrejera, esta estación forma parte del sistema meteorológico nacional. Este modelo permitirá predecir cuanta radiación solar se puede esperar en el área geográfica que ocupa la Universidad Tecnológica del sureste de Veracruz y con ello poder determinar cuanta energía eléctrica se obtendrá de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica nacional.

**Radiación Solar, Modelo de Radiación Solar, Variables Meteorológicas**

### Abstract

This paper presents a model of solar radiation to the Technological University of Southeast Veracruz using computational tools are developed. The developed model uses meteorological variables, low cost, maximum temperature, minimum temperature and relative humidity, obtained from the automatic weather station La Cangrejera, this station forms part of the national meteorological system. This model will predict how much solar radiation can be expected in the geographical area occupied by the Technological University of southeastern Veracruz and thus to determine how much electricity will come from a connected PV system to the national grid.

**Solar radiation, model solar radiation, model, variable weather**

**Citación:** GONZALES-Rafael, CAYETANO-Francisco, MATA-Moisés y CRUZ- Abdías. Modelo de Radiación Solar para la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 137-141

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: rafael\_godi@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

México es un país que cuenta con un modelo energético cuya principal fuente son los combustibles fósiles, el uso de éstos en la generación de energía produce un alto impacto ambiental y es una forma de producir energía no sustentable.

México a pesar de ser uno de los principales países productores de petróleo en el mundo no ha dejado de promover proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables tales como: Eólica, Solar Hidráulica, Geotérmica y de Biomasa, lo que representa el 22.3% del total de la capacidad instalada, de acuerdo con estimaciones de ProMéxico con datos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) [1].

Actualmente en el mundo las tecnologías de energías renovables se encuentran en fase de desarrollo. En el caso de la energía solar fotovoltaica se puede afirmar que este desarrollo de tecnología se centra en dos aspectos: mejorar la eficiencia de ésta y el almacenamiento de la energía producida por ésta respectivamente.

Es sobre este primer aspecto donde hace énfasis el desarrollo de este artículo, mejorar la eficiencia de la energía fotovoltaica a través de la predicción de datos de radiación solar incidente en el área geográfica que ocupa la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, mediante un modelo matemático heurístico. Estos datos permitirán diseñar y evaluar la viabilidad de sistemas de energía solar fotovoltaica en zonas geográficas específicas.

## Revisión de la literatura

La estimación de la radiación solar en un determinado lugar geográfico del globo terráqueo, se puede realizar de forma directa mediante instrumentos específicos. En la tabla 1, se muestran algunos de estos instrumentos, así como, el tipo de radiación solar que miden. [2]

Instrumento	Tipo de Radiación que miden
Pirheliómetro Absoluto	Radiación directa
Pirheliómetro de incidencia Normal	Radiación directa
Pirheliómetro (con filtros)	Radiación solar directa en bandas espectrales anchas
Fotómetro solar	Radiación solar directa en bandas espectrales estrechas
Piranómetro	Radiación global, Radiación celeste, Radiación solar reflejada
Piranómetro espectral	Radiación global en intervalos espectrales de banda ancha
Pirgeómetro	Radiación de onda larga descendente / ascendente

**Tabla 1** Instrumentos de Medición de Radiación Solar

La determinación de la radiación solar mediante instrumentos es una forma eficaz de saber cuánta radiación solar se puede esperar, sin embargo, por su elevado costo, no resulta viable su uso en el diseño de sistemas de generación de energía eléctrica que emplean energía solar como fuente de energía renovable.

Por esta no viabilidad se impone la necesidad de contar con modelos que permitan estimar la radiación solar. En bibliografías relacionadas con modelos de radiación solar se observa que la mayoría de estos modelos emplean variables climáticas que requieren un bajo coste para su medición tales como: temperatura, humedad relativa, nubosidad, pluviosidad y horas de sol. [3], [4], [5], [6]

## Modelo de Radiación Solar

En la implementación de sistemas fotovoltaicos, se necesita saber cuánta electricidad se obtendrá del sol, lo anterior implica saber la cantidad radiación solar que se puede esperar. En la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, no existen datos históricos de radiación solar.

Al no existir datos de radiación solar, se hace necesario desarrollar un modelo que permita predecir la cantidad de radiación solar y con ello la cantidad de electricidad que se obtendría con la instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica nacional.

Para modelar la radiación solar en el área geográfica que ocupa la Universidad Tecnológica del sureste de Veracruz, se emplea la siguiente ecuación: [7]

$$R_s = a(1 + bH)(1 - e^{-c\Delta T^n}) \quad (1)$$

$$\Delta T = T_{\max} - T_{\min} \quad (2)$$

Dónde:

$R_s$ , radiación Solar  
 $\Delta T$ , Diferencia entre temperatura máxima y mínima diaria.  
 $H$  humedad relativa  
 $a, b, c, n$ , coeficientes

Se elige la ecuación (2) por incluir variables climáticas que se pueden medir en cualquier lugar geográfico de la tierra con un bajo coste, humedad relativa y temperatura.

Con estas variables climáticas se ajusta un modelo para obtener estimaciones de los coeficientes  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , y  $n$ , a su vez, estas estimaciones permiten calcular la radiación solar para cualquier cambio de temperatura diaria y humedad.

## Visualización de datos

Las variables meteorológicas se obtuvieron de la estación meteorológica automática La Cangrejera [8] y [9] de sitios disponibles en la web.

En la figura 1 y 2, se puede observar que la radiación solar es alta y consistente hacia la mitad del año, de la misma forma se observa una variabilidad mayor al inicio del año, la cual es consistente con la dinámica de la radiación solar.

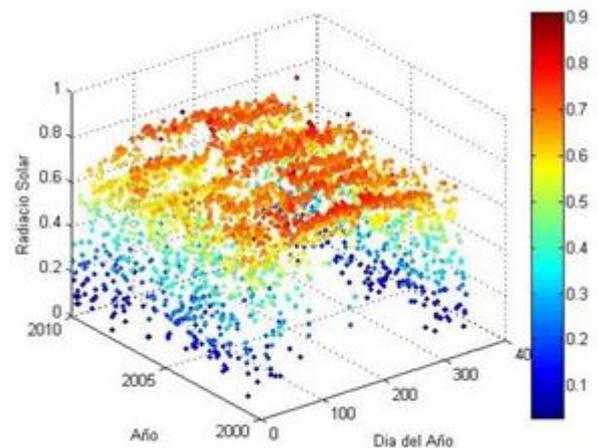


Figura 1 Radiación solar vs año vs día del año.

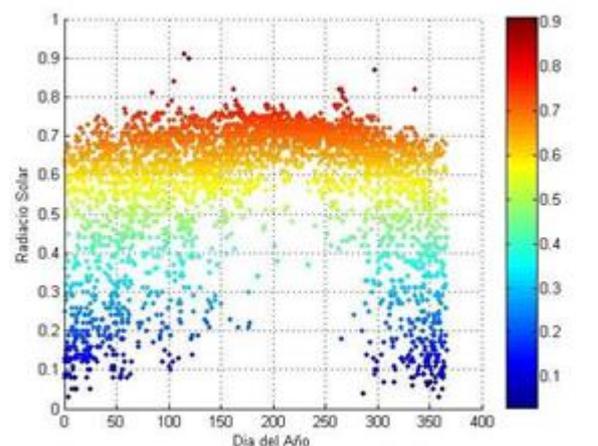


Figura 2 Radiación solar vs día del año

## Construcción del Modelo

Para la creación del modelo las variables meteorológicas se dividirán en dos grupos de datos.

El primer grupo de datos se usará para obtener los coeficientes **a**, **b**, **c**, y **n** de la ecuación (1) y el segundo grupo se empleará para saber qué tan “buenas” son las predicciones del modelo.

El cálculo de los coeficientes de la ecuación 1, así como la creación del modelo se realiza con la aplicación, *Curve fitting* disponible en *Matlab*.

La estimación de los valores de los coeficientes y el modelo creado por la aplicación *Curve fitting* son los siguientes:

### General model

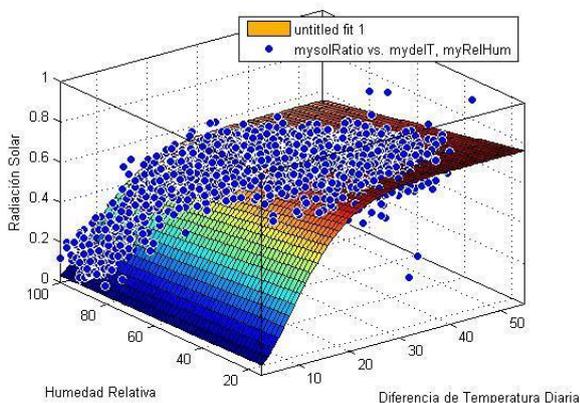
Model (x,y) =  $a \cdot (1 + b \cdot y) \cdot (1 - \exp(-c \cdot x^n))$   
Coefficients (with 95% confidence bounds):  
a = 0.7995 (0.786, 0.8129)

b = -0.003053 (-0.003328, -0.002777)

c = 0.01015 (0.007716, 0.01258)

n = 1.757 (1.666, 1.847)

*Curve fitting* ha creado un modelo llamado *model* que se ajusta a la ecuación (1), además se ha estimado los coeficientes para el conjunto de datos de: radiación solar, humedad relativa y diferencia de temperatura diaria, de forma gráfica esto se puede observar en la figura 3.



**Figura 3** Representación gráfica del modelo construido

### Resultados

El modelo creado permite hacer predicciones de radiación solar para diferentes valores de temperatura y humedad, por ejemplo, ejecutando *model* en la ventana de comandos de *matlab*, la estimación de la radiación solar para una diferencia de temperatura 300 y una humedad relativa de 80 es de:

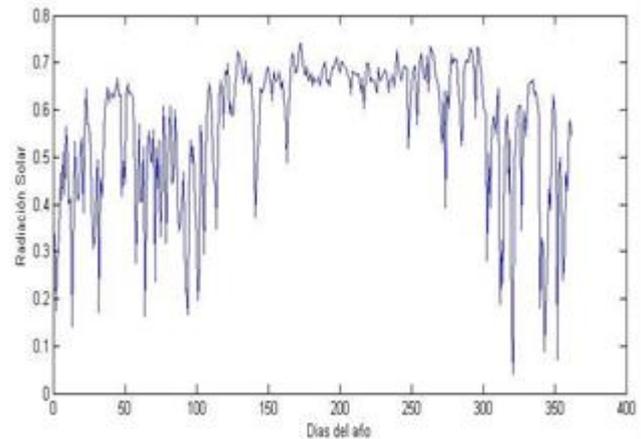
```
>> model(30,80)
```

```
ans =
```

```
0.5931
```

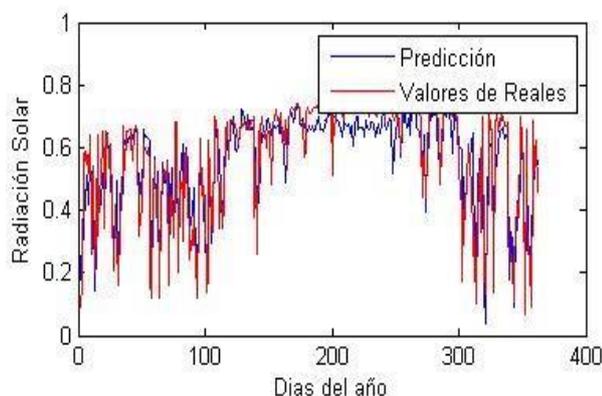
```
>>
```

En empleando el segundo conjunto de datos se realizan predicciones de radiación solar para todo un año, estas predicciones se muestran en la figura 4.



**Figura 4** Estimación de radiación solar para un año

En la figura [5], se muestra la comparación entre valores reales de radiación solar y predicciones de radiación solar generadas por el modelo.



**Figura 5** Comparación valores reales de radiación solar vs predicciones de radiación solar

### Conclusiones

En este artículo se desarrolló un modelo, que estima cuanta radiación solar se puede esperar en el área geográfica que ocupa la Universidad Tecnológica del sureste de Veracruz, mediante la aplicación *Curve fitting* disponible el *software Matlab*.

Este modelo realiza estimaciones de radiación solar a través de variables climáticas que se pueden medir en cualquier lugar geográfico del planeta, temperatura y humedad relativa.

### Agradecimientos

Proyecto financiado por PROMEP

### Referencias

[http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias\\_perfil\\_del\\_sector](http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector)

Apéndice C.

Atlas de la Radiación Solar en Colombia.

Dora Ocampo\*; Raúl Rivas

Estimación de la radiación neta diaria a partir

De modelos de regresión lineal múltiple

[4] Irmak, S., Irmak, A., Jones, J. W., Howell, T.

A., & Jacobs, J. M.

Predicting daily net radiation using minimum climatological data.

C. Raichijk, F. Taddei

Estudio comparativo de modelos empíricos de estimación de la radiación solar directa horaria

Pérez R, Ineichen P, Maxwell E, Seals R, Zelenka A.

Dynamic global-to-direct irradiance conversion models

R.Torrez, a. Burgoa, & E. Ricaldi

Modelos de estimación de la radiación solar para el altiplano central de Bolivia.

Estación Meteorológica La Cangrejera  
<http://smn.cna.gob.mx/emas/>

<http://www.mmnt.net/>

## Representación de un Sistema Fotovoltaico utilizando el Modelo del Autómata Híbrido

CRUZ-Braulio†\*, CONTRERAS-Jannette, PEON-Ricardo y PEREZ-Luis

*Universidad Autónoma de Yucatán - Facultad de Ingeniería*

Recibido Julio 12, 2015; Aceptado Septiembre 10, 2015

### Resumen

En los últimos años se ha desarrollado un marcado interés por la aplicación de las fuentes renovables de energía, entre las cuales destaca la fotovoltaica, por lo tanto cuando se desea emprender un proyecto de instalación para la generación de energía solar, es recomendable contar con plataformas de simulación y modelos que describan y permitan cuantificar la cantidad de energía disponible de un panel fotovoltaico para diferentes condiciones de operación. En este artículo se presenta el modelo de un sistema fotovoltaico a través de un conjunto de ecuaciones obtenidas de una celda solar, a partir de su representación como un circuito eléctrico con un diodo. Posteriormente se utiliza el modelo del autómata híbrido, el cual permite interacciones entre dinámicas continuas y discretas, para representar el comportamiento de la celda solar cuando es sometida a diversos factores. Para el caso presentado el factor que varía con respecto al tiempo es la temperatura que afecta a la curva V-I de la celda solar.

**Energías renovables, sistema fotovoltaico, autómata híbrido, nodos, transiciones.**

### Abstract

In recent years there has been a marked interest in the application of renewable energy sources, among which photovoltaics is the most used, so when you want to execute a project of installation for solar power generation, it is advisable to have simulation platforms and models to describe and to quantify the amount of energy available from a photovoltaic panel for different operating conditions. In this article the model of a photovoltaic system is presented through a set of equations obtained from a solar cell, from its representation as an electrical circuit with a diode. A hybrid automata model, allows interactions between continuous and discrete dynamics, to represent the behavior of the solar cell when subjected to various factor. In the case presented the factor which varies with respect to time is the temperature which affects the VI curve of the solar cell.

**Renewable energy, photovoltaic system, hybrid automata, nodes, transitions**

**Citación:** CRUZ-Braulio, CONTRERAS-Jannette, PEON-Ricardo y PEREZ-Luis. Representación de un Sistema Fotovoltaico utilizando el Modelo del Autómata Híbrido. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 142-147

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: braulio.cruz@uady.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En los últimos años se ha desarrollado un marcado interés por la aplicación de las fuentes renovables de energía, entre las cuales destaca la fotovoltaica. Debido a la reducción de los costos de fabricación de paneles solares, inversores y componentes del sistema, dicho interés se incrementado sustancialmente, ya por sus aplicaciones en sistemas aislados, conectados a las redes o formando parte de sistemas híbridos en diferentes procesos y localizaciones geográficas [1].

Actualmente, los procesos de modelado y simulación se han convertido en pilares fundamentales en las técnicas de diseño en las diversas áreas de estudio, incluyendo los sistemas eléctricos y la electrónica industrial. Por tal motivo, cuando se desea emprender un proyecto de instalación para la generación de energía solar, es recomendable contar con plataformas de simulación y modelos que describan y permitan cuantificar la cantidad de energía disponible de un panel fotovoltaico para diferentes condiciones de operación [2].

El término “sistema híbrido” es usado para definir una clase de sistemas con comportamientos definidos por entidades o procesos de distintas características. Estos sistemas contienen típicamente variables o señales que toman valores de manera continua y variables discretas que toman valores dentro de un conjunto finito de posibilidades.

Existen muchas razones para usar modelos híbridos para representar el comportamiento dinámico de tales sistemas.

Una razón importante es la reducción de complejidad del modelo en orden, por ejemplo, en lugar de tener que representar las relaciones dinámicas a partir de un conjunto de ecuaciones diferenciales no lineales de orden superior, se puede representar el mismo sistema por un conjunto de ecuaciones simples (por ejemplo ecuaciones lineales), obteniendo así modelos simples mediante una logística de conmutación entre dichos modelos, usualmente la teoría de grafos; esta es la teoría más común en el modelado físico de fenómenos. Los esfuerzos recientes en la investigación de sistemas híbridos típicamente se centran en el análisis del comportamiento dinámico de los mismos y tienen como meta el diseño de controladores con una estabilidad y funcionamiento garantizados [3].

La mayoría de los procesos se pueden considerar sistemas dinámicos ya que sus salidas dependen de entradas y salidas anteriores. En la mayoría de las industrias existen procesos que pueden ser del tipo continuo, tipo discreto y los que combinan ambos aspectos. Éstos últimos dan lugar a lo que se conoce como sistemas dinámicos híbridos. Durante su operación, siempre será importante el poder realizar un análisis y evaluación del desempeño de los procesos actuales para verificar si éstos cumplen las especificaciones de acuerdo a lo planeado [4].

El modelo el autómata finito es un modelo de base para representar las dinámicas discretas de los sistemas y su interacción con el medio. Como este modelo estaba muy limitado para algunas aplicaciones, se hizo una ampliación del mismo introduciendo la variable de tiempo en los estados discretos.

Aún más, debido a la creciente demanda de modelos más exactos y generales para los diferentes sistemas que tenían en su estructura fenómenos tanto discretos como continuos, se realizó una extensión del autómata finito agregando además del tiempo en los estados discretos, ecuaciones continuas lo que dio lugar al modelo del autómata híbrido [4].

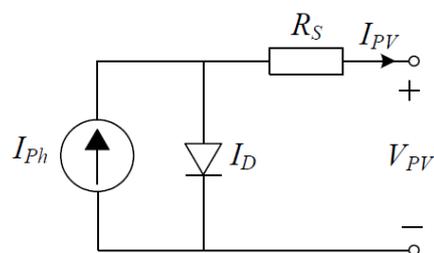
El modelo del autómata híbrido está basado en una representación explícita tanto de las dinámicas continuas del sistema como de las discretas. Las dinámicas continuas se representan por modelos de estados mediante ecuaciones diferenciales que las describen. Las dinámicas discretas se representan mediante el modelo del autómata finito, donde se observa explícitamente la lógica de conmutación del mismo [3].

### Modelo del panel fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos, o sistemas PV, funcionan por medio del efecto fotoeléctrico, también conocido como efecto fotovoltaico, a través del cual la luz solar se convierte en electricidad sin usar ningún proceso intermedio. Los dispositivos donde se lleva a cabo la transformación de luz solar en electricidad se llaman Generadores Fotovoltaicos y a la unidad mínima en la que se realiza dicho efecto Celdas Solares, que al conectarse en serie y/o paralelo forman los paneles fotovoltaicos.

El comportamiento de la celda solar puede ser descrito en términos de un circuito equivalente como se muestra en la Figura 1, está constituido por un diodo de unión p-n y por una fuente de corriente,  $I_{Ph}$ . Sin embargo, en una celda solar real existen otros efectos, que afectan el comportamiento externo de la misma.

Estos efectos son tomados en cuenta al considerar la resistencia en serie  $R_s$  y, en cierto modelos se añade igual una resistencia en paralelo  $R_p$ , donde la primera resistencia proviene principalmente de la resistividad del emisor n y de la base p, de las resistencias de contacto entre el semiconductor y los contactos metálicos, y de la resistencia de los puntos metálicos que constituyen la grilla de la metalización frontal. La segunda resistencia es esencialmente debida a pérdidas en los bordes y a la presencia de defectos cristalinos y precipitado de impurezas en la zona de la juntura.



**Figura 1** Circuito equivalente de una celda fotovoltaica

Es importante mencionar que el valor de la fuente de corriente es proporcional a las condiciones climáticas en las que se encuentre la celda, es decir, depende de la temperatura de la celda y la irradiancia del sol.

Ahora definiremos las características eléctricas más importantes al momento de modelar una celda solar, las cuales servirán para obtener la curva característica de una celda PV:

**Corriente en circuito cerrado (ISC).**- Es el valor máximo de corriente que la celda puede generar. Es producida bajo condiciones de corto circuito ( $V_{PV} = 0V$ ). En niveles normales de irradiancia solar se puede considerar igual a la fotocorriente  $I_{Ph}$ .

**Voltaje en circuito abierto (VOC).**- Corresponde al valor de voltaje más alto, generado en condiciones de circuito abierto ( $I_{PV} = 0A$ ).

Punto de máxima potencia (PMPP).- Punto de operación (VMPP, IMPP) donde la celda fotovoltaica produce la máxima potencia (PMPP = VMPP\*IMPP).

Analizando el diagrama eléctrico de la celda solar, contemplando la relación de proporcionalidad de la corriente fotogenerada con la temperatura y la irradiancia del sol se obtuvieron las ecuaciones siguientes:

$$V_{oc}(T, G) = \left( \frac{V_{OC,G_0,T_0}}{1 + \beta \cdot \ln\left(\frac{G_0}{G}\right)} \right) \left( \frac{T_0}{T} \right)^{\gamma} \quad (1)$$

$$I_{SC}(G) = I_{SC,G_0,T_0} \left( \frac{G}{G_0} \right)^{\alpha} \quad (2)$$

$$R_s = \frac{V_{MPP}}{I_{MPP}} \cdot \frac{\frac{1}{V_t}(I_{SC,G_0,T_0} - I_{MPP}) \left[ V_{OC,G_0,T_0} + V_t \cdot \ln\left(1 - \frac{I_{MPP}}{I_{SC,G_0,T_0}}\right) \right] - I_{MPP}}{\frac{1}{V_t}(I_{SC,G_0,T_0} - I_{MPP}) \left[ V_{OC,G_0,T_0} + V_t \cdot \ln\left(1 - \frac{I_{MPP}}{I_{SC,G_0,T_0}}\right) \right] + I_{MPP}} \quad (3)$$

Para calcular la resistencia en serie (Rs) observamos que depende de los valores de voltaje y corriente VMPP e IMPP, al igual que del voltaje térmico generado en la celda, el cual es calculado con la ecuación 4.

$$V_t = \frac{mNKT}{q} \quad (4)$$

Dónde:

K = 1.8x10-23 J/K (constante de Boltzmann)

q = 1.6x10-19 C (carga del electrón)

T = temperatura de la celda en Kelvin

m = 2 (factor de idealización, adquiere este valor cuando la celda es de silicio)

N = número de celdas en serie

$$I_{PV}(T, G) = I_{SC} \left[ 1 - \exp\left(\frac{(V_{PV} - V_{OC} + R_s \cdot I_{PV})}{V_t}\right) \right]$$

Parámetros  $\alpha, \beta, \gamma$ :

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{I_{SC,G_0,T_0}}{I_{SC,G_1,T_0}}\right)}{\ln\left(\frac{G_0}{G_1}\right)}$$

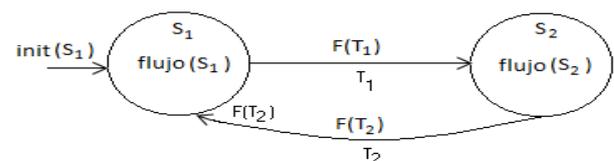
$$\beta = \frac{\left(\frac{V_{OC,G_0,T_0}}{V_{OC,G_1,T_0}}\right) - 1}{\ln\left(\frac{G_0}{G_1}\right)}$$

$$\gamma = \frac{\ln\left(\frac{V_{OC,G_0,T_0}}{V_{OC,G_0,T_1}}\right)}{\ln\left(\frac{T_1}{T_0}\right)} \quad (5)$$

Cabe aclarar que los subíndices 0 y 1 en las variables de temperatura (T) e irradiancia (G) indican los valores medidos en condiciones de trabajo estándar (0) y nominal (1) de la celda, y son proporcionados en las hojas de datos de los fabricantes.

**Modelo del autómata híbrido**

Un autómata híbrido es un modelo formal para un sistema dinámico con componentes discretos y continuos como se muestra en la Figura 2. Los nodos de la gráfica (llamados localidades) modelan los estados discretos del sistema y los arcos las transiciones discretas. El estado continuo del sistema es modelado por puntos en Rr y en cada localidad la dinámica continua es representada por condiciones de flujo generalmente bajo la forma de ecuaciones diferenciales. Es obligatorio para cada arco que tenga una localidad como final. Consecuentemente, las localidades están conectadas por arcos. El número de localidades es finito y diferente de cero. El número de arcos también es finito y diferente de cero [4].



**Figura 2** Modelo del autómata híbrido

Un autómata híbrido está definido completamente por  $H = \{X, S, \text{flujo}, E, F, \Sigma, \text{init}\}$  donde [4]:

$X$  (Variables): Representa un conjunto finito ordenado  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_r\}$  de variables reales.

$S$  (Nodos): Es un conjunto finito de  $n$  localidades  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  que representan los estados discretos del sistema.

Flujo (Condiciones de flujo): Una función de flujo etiquetada como  $\text{flujo}(s_i)$  que asigna una condición de flujo a cada localidad  $s_i \in S$ .

$E$  (Transiciones): Conjunto finito  $E$  de saltos discretos llamados transiciones  $T_i$  y representados por arcos.

$F$  (Condiciones de salto): Una función etiquetada como  $F(T_i)$ , que asigna una condición de salto a cada transición  $T_i \in E$ .

init (Condición inicial): Una función etiquetada  $\text{init}(s_i)$  asigna un estado inicial a cada localidad  $s_i \in S$ .

Se integran las ecuaciones del modelo de la celda fotovoltaico con el modelo del autómata híbrido, resultando el modelo presentado en la Figura 3. Donde cada nodo, contiene las ecuaciones antes mencionadas, definiendo la temperatura como una diferencial respecto al tiempo igual a una constante ( $\frac{dT}{dt} = 1$ ) y fijando la irradiancia ( $G$ ) a valores de  $1000 \text{ W/m}^2$  para los nodos 1 y 2, y de  $600 \text{ W/m}^2$  para el nodo 3. De igual manera  $T$  tiene sus valores iniciales en  $25^\circ\text{C}$ ,  $16^\circ\text{C}$  y  $38^\circ\text{C}$ , para cada nodo respectivamente.

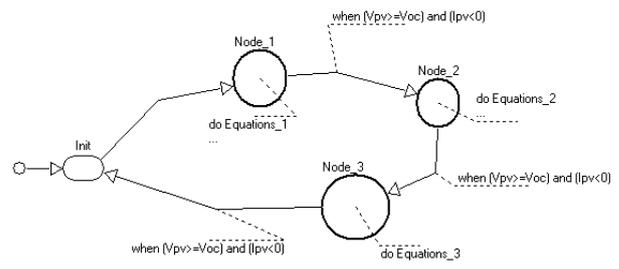


Figura 2 Autómata de una celda solar

Las condiciones de salto para cada nodo se determinan a partir de los requerimientos del comportamiento de la celda fotovoltaica. Los valores utilizados para  $T_0, T_1, G_0$  y  $G_1$  fueron obtenidos de la Tabla 1, cuyos datos hacen referencia al módulo Kyocera KC130GHT – 2.

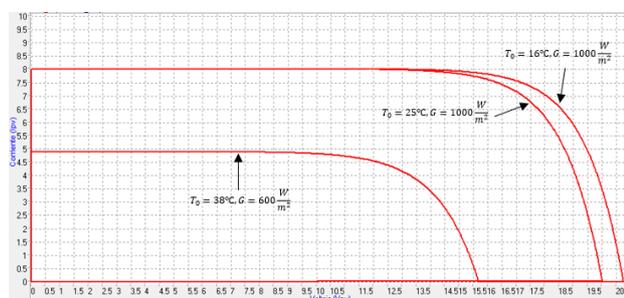
<b><math>G_0 = 1000 \text{ W/m}^2</math> and <math>T_0 = 25^\circ\text{C}</math></b>	
$I_{MPP}$	7.39A
$V_{MPP}$	17.6V
$V_{OC,G_0,T_0}$	21.9V
$I_{SC,G_0,T_0}$	8.02A
<b><math>G_1 = 800 \text{ W/m}^2</math> and <math>T_0 = 25^\circ\text{C}</math></b>	
$V_{OC,G_1,T_0}$	19.9V
$I_{SC,G_1,T_0}$	6.47A
<b><math>G_0 = 1000 \text{ W/m}^2</math> and <math>T_1 = 50^\circ\text{C}</math></b>	
$V_{OC,G_0,T_1}$	19.6V

Tabla 1 Datos del modulo Kyocera KC130GHT - 2

Resultados

En la Gráfica 1 observamos 3 curvas V-I diferentes correspondientes a los nodos o localidades del autómata. Si prestamos atención vemos que en las primeras 2 localidades la irradiancia se mantiene con un valor de  $1000 \text{ W/m}^2$  mientras que la temperatura inicial es la que cambia de  $25^\circ\text{C}$  a  $16^\circ\text{C}$ , donde en cada caso ésta va aumentando gradualmente, ya que como se mencionó anteriormente se definió a la variable temperatura como  $\frac{dT}{dt} = 1$ .

Para el nodo 3, la irradiancia se fijó en  $600 \text{ W/m}^2$  y la temperatura inicial en  $38^\circ\text{C}$ . En este punto se nota el cambio más apreciable de la curva, el cual se refiere a la corriente en corto circuito generada por la celda ( $I_{SC}$ ), pues ésta adquiere un valor mucho menor y efectivamente podemos observar que el nivel de  $I_{SC}$  depende únicamente de la irradiación solar. Ahora bien, los cambios en el punto  $V_{OC}$  resultan de las variaciones en la temperatura de la celda y en la irradiancia. Para las primeras 2 curvas el cambio es mínimo puesto que la irradiancia permanece constante y únicamente las temperaturas varían de  $25^\circ\text{C}$  a  $\sim 45^\circ\text{C}$  para la primera localidad y de  $16^\circ\text{C}$  a  $\sim 32^\circ\text{C}$  para la segunda. En el caso de la tercera localidad el cambio es más notorio debido a que el valor de la irradiancia cambia y la temperatura varía de  $38^\circ\text{C}$  a  $\sim 52^\circ\text{C}$ .



**Gráfica 1** Curva V-I celda solar.  $G= 1000 \text{ W/m}^2$  y  $600 \text{ W/m}^2$

Por último debemos notar que cuando el módulo fotovoltaico tiene una temperatura baja el voltaje en circuito abierto alcanza valores altos si los niveles de irradiancia en los que se compara un módulo con otro son los mismos (*relación nodo 1 y 2 del autómata*). Esto es de entenderse ya que como se sabe las celdas solares están fabricadas de semiconductores, cuya conductividad depende de la temperatura.

## Conclusiones

La utilización de fuentes de energía renovable ha ido en aumento en los últimos años, en especial la fotovoltaica. Utilizando el modelo del autómata híbrido e integrando la dinámica continua obtenida a partir del modelo de la celda solar, se puede simular el comportamiento de la celda ante diferentes factores de operación. Uno de los factores más importantes es la temperatura, ya que de ésta depende que la celda alcance su máxima eficiencia durante su operación; de los resultados obtenidos de la simulación podemos concluir entonces que un sistema fotovoltaico debe tener un sistema de dispersión de calor adecuado para que este se caliente lo menos posible y se genere un mayor voltaje y por ende una mayor potencia. Un caso ideal sería lograr que a una irradiación alta el sistema no se caliente demasiado para así tener una potencia alta.

## Referencias

- Kouta, J.; et al., "Improving the incremental conductance control method of a solar energy conversion system". In: International Conference on Renewable Energy and Power Quality. VI. Santander: [s.n.], 2008, p. 1-4.
- Sukhatme, Suhas P.; Nayak, J. K. (2008). "Solar Energy. Principles of Thermal collection and Storage" 3th Edition. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, Delhi, India.
3. Desphande, A., Gollu, A. y Semenzato, L. "The shift programming language and runtime system for dynamic networks of hybrid automata", PATH Report, 1996.
4. Favela, A. "Hybrid Automata Models in Continuous-Linear Hybrid Systems Analysis". Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Intelligent Control/Intelligent Systems and Semiotics, 1999, pp. 11-16.

## Análisis de tensión bidimensional mediante interferometría de corrimiento de fase

LOPEZ-Yadira†\*

Recibido Julio 22, 2015; Aceptado Septiembre 19, 2015

### Resumen

En este trabajo se reportan los resultados obtenidos en la propuesta de investigación para el análisis de deformación bidimensional en una superficie con componentes  $(x,y)$ , mediante la técnica de corrimiento de fase, el objetivo de la propuesta está enfocado en determinar las deformaciones inducidas en un plano  $(x,y)$ , la deformación obedece a una ecuación de circunferencia con coeficientes unitarios, dicha ecuación, es introducida en la fase de la intensidad que es la responsable de la generación de la técnica. Los resultados sugieren que la deformación ejercida en un plano de referencia estará actuando directamente sobre la fase de la intensidad, desarrollando una topología del plano estudiando y del plano deformado, mostrando también, la diferencia entre estos dos planos y obteniendo una diferenciación entre el plano original y el deformado. Se propone también, introducir alguna deformación recurrente en la pieza mecánica de interés para ser analizada y realizar procesamiento de imágenes para la localización de fallas e identificación de la deformación inducida mediante técnicas de metrología óptica.

**Interferometría de corrimiento de fase, Tensión bidimensional, Deformación**

### Abstract

In this paper the results of the research proposal for the analysis of two-dimensional deformation in an area with reported  $(x, y)$  using the technique of phase shift, the objective of the proposal is focused on determining the induced deformations in a plane  $(x, y)$ , deformation due to an equation of circle with unitary coefficients, this equation, is input to the phase of the intensity that is responsible for generating the art. The results suggest that the deformation in a plane of reference will be acting directly on the current phase, developing and studying topology of the deformed flat plane, showing also the difference between these two planes and obtaining a difference between the original plane and deformed. It is also proposed to introduce a recurring deformation in the mechanical part of interest for analysis and image processing to perform troubleshooting and identification of the strain induced by optical metrology.

**Phase shift interferometry, two-dimensional voltage, Deformación**

**Citación:** LOPEZ-Yadira. Análisis de tensión bidimensional mediante interferometría de corrimiento de fase. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 148-152

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yadira.lopez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

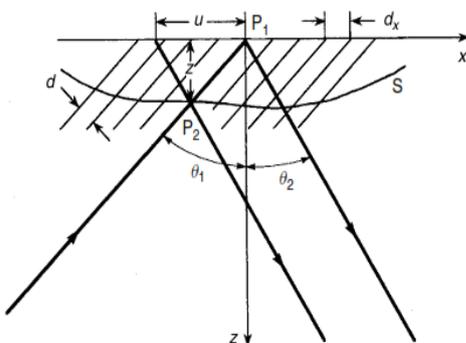
En la actualidad el uso de las diferentes técnicas ópticas han tenido gran aceptación en sector industrial debido a sus características de no contacto con el material y a que presentan una ejecución que se realiza mediante métodos no destructivos haciendo de los dispositivos ópticos elementos indispensables y accesibles para la estimación de los micro-desplazamientos superficiales de diferentes materiales.

Las técnicas ópticas para el análisis y reconstrucción de elementos tridimensionales van desde los interferómetros más sofisticados, hasta las técnicas de fácil accesibilidad [1] por su parte, la interferometría por corrimiento de fase es una técnica óptica que además de proporcionar una reconstrucción tridimensional del objeto a analizar puede facilitar el estudio de cambios superficiales que sufre un material.

Cuando se tiene un sistema por corrimiento de fase la distribución de la intensidad estará determinada por la función:

$$I(x, y) = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(\varphi(x, y)) \quad (1)$$

Si esta distribución de intensidad se realiza en el plano  $\varphi(x, y)$  se estará representando la fase de cada punto sobre el plano de referencia, tomando el plano original [2,3] y posteriormente un plano deformado, como se muestra en la Fig.1.



**Figura 1** Geometría de corrimiento de franjas sobre una superficie respecto a un plano [2]

Al ubicar el plano sobre el que se estarán efectuando los desplazamientos se registrara una deformación en dirección a los ejes  $(x, y)$ , donde (1 se convierte en:

$$I(x, y) = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(\varphi(x, y) + \delta) \quad (2)$$

Donde  $A_1$  y  $A_2$  representan la intensidad de la imagen y la visibilidad de franjas interferométricas, respectivamente,  $\varphi(x, y)$  representa la fase inicial de las franjas y  $\delta$  representa la fase inducida por la topografía de la deformación en el plano [4, 5, 6], lo anterior, sugiere que es factible desarrollar un sistema de análisis para la detección de cambios sobre el plano.

Como puede verse en la ecuación (2), cuando la superficie de un cuerpo es afectada por una perturbación externa [7], los cambios en dicha superficie pueden ser registrados mediante un cambio de fase; y ya que la deformación de un cuerpo puede ser representado mediante los campos de desplazamiento definidos en el cuerpo estudiado, entonces, los desplazamientos estarán definidos por:

$$\begin{aligned} u_x &= (x, y) \\ u_y &= (x, y) \end{aligned} \quad (3)$$

Estas combinaciones de deformaciones también pueden ser representadas mediante ecuaciones lineales de derivadas parciales de los campos de desplazamiento, mediante:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial u_x}{\partial x} \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial u_y}{\partial y} \\ \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \end{aligned} \quad (4)$$

Donde  $\varepsilon$  son las deformaciones normales al plano y  $\tau$  son las componentes de deformación angular contenidas en el plano [7].

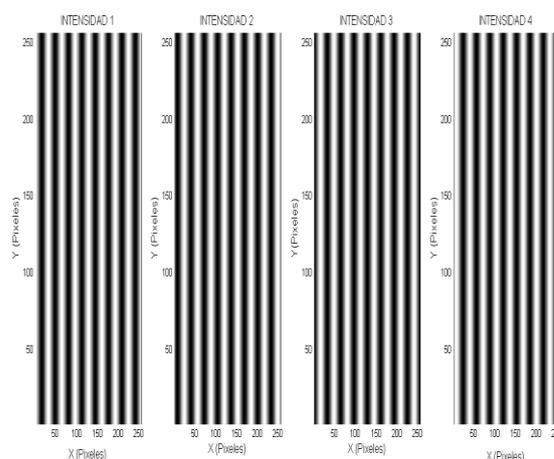
En este trabajo se presenta una propuesta de análisis de tensiones bidimensionales mediante la técnica de interferometría de corrimiento de fase con la cual se espera desarrollar un modelo para la determinación de la fase que genera cambios en el plano de estudio; se muestra también, la metodología a seguir así como los resultados obtenidos.

### Desarrollo

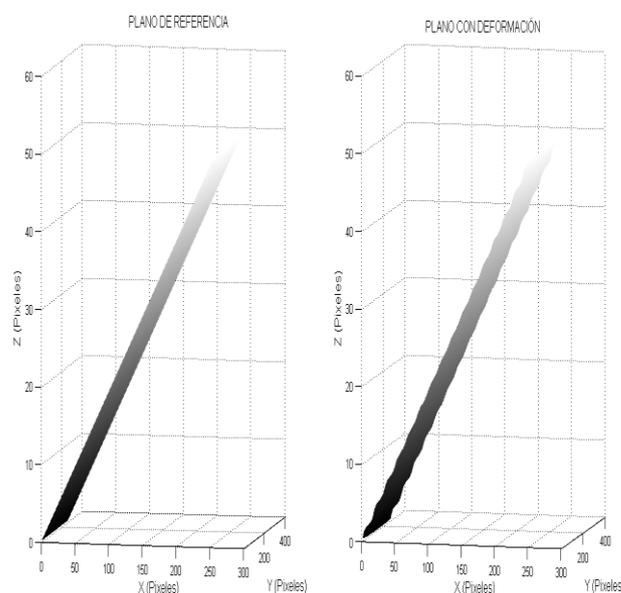
Para la elaboración del plano de referencia se generó un sistema de intensidades con intervalos de  $\frac{\pi}{2}$ ; mediante el método de desenvolvimiento de fase por cuatro pasos, se obtuvo la topografía del plano de referencia; para la simulación de la deformación se introdujo una perturbación con componentes unitarias en el plano (x, y) y para la obtención de la deformación del plano se realizó una sustracción de imágenes. El trabajo fue simulado mediante el software Matlab.

### Resultados

La figura 2 muestra las franjas de interferencia utilizadas para la generación del plano de referencia, cada una con un intervalo en la fase de  $\frac{\pi}{2}$ , en este caso, como puede verse, los máximos y mínimos que forman las franjas están en diferente posición, que corresponde a cada una de las fases mencionadas.

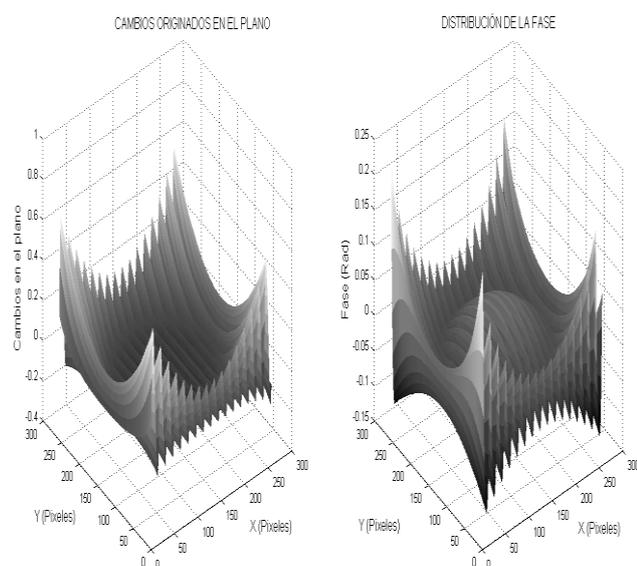


**Figura 2** Franjas de intensidad con intervalos de desfase de  $\frac{\pi}{2}$ .



**Figura 3** Plano de referencia y plano deformado con cambio de fase.

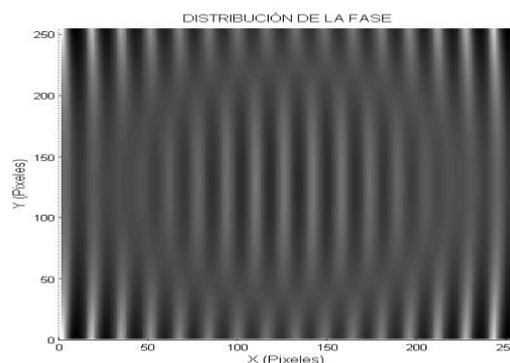
La figura 3, muestra el plano de referencia y el plano deformado, en el primero se puede apreciar la linealidad de la fase desenvuelta, en cambio en el plano deformado se observan curvas en las secciones laterales del plano. Para la obtención del plano deformado se utilizó un cambio de fase con una ecuación polinómica donde el valor de los coeficientes fueron unitarios.



**Figura 4** Diferencia entre planos y desplazamiento del plano.

La figura 4 muestra los cambios obtenidos sobre el plano al aplicarle una deformación polinómica, dicha deformación obedece a la ecuación característica de la circunferencia en este caso se simuló con coeficientes unitarios.

La figura 5 muestra, también, la deformación circular aplicada al plano, en ella se observa la topografía de la deformación aplicada en el plano original, la cual corresponde a una ecuación cilíndrica y que de acuerdo a la figura el radio de la circunferencia corresponde al introducido en el sistema de simulación.



**Figura 5** Diferencia entre planos y desplazamiento del plano.

### Conclusión

Con los resultados obtenidos, se puede asumir que la deformación ejercida en un plano de referencia estará actuando directamente sobre la fase de la intensidad, también, que es factible desarrollar un sistema de análisis de deformaciones originadas sobre una superficie o plano y aunque los resultados distan de ser concluyentes es claro que además de la técnica de reconstrucción tridimensional que proporciona el corrimiento de fase, el análisis de deformaciones y desfases en el material pueden ser desarrollados mediante el uso de esta técnica. Para el desarrollo y ejecución de la técnica se propone diseñar un sistema interferómetro para la reconstrucción tridimensional en piezas mecánicas, se trabaja también en introducir alguna deformación recurrente en la pieza analizada y realizar procesamiento de imágenes para la localización de fallas e identificación de la deformación inducida.

### Referencias

A. Martínez, J.A. Rayas, J.M. Flores, R. Rodríguez Vera, D. Donato Aguayo. (2005). Técnicas ópticas para el contorneo de superficies tridimensionales. Revista Mexicana de Física, 51(4), 431-436.

J. Gavin, *Optical Metrology*. Knell 2002 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-84300-4 Third edition.

Oscar J. Rincon, John J. Nicholls, Patricia Gaviria. (2009). Proyección de Franjas con corrimiento de fase: Aplicaciones a las ciencias forenses. *Bistua*, 7,2, 1-8.

Andrés L. Gonzalez, Jaime E. Meneses, Jaury León. (2012). Proyección de franjas en metrología óptica facial. *INGE CUC*, 8,1, 191-206. [5] Z.M. Pérez and L. Romero, 2004. "Sistema Óptico de reconstrucción tridimensional para la reconstrucción de ampollas en recubrimientos", Trabajo de Grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander.

T. Lehmann, f. Bethmann, B, J. Ohm. 2008. "Comparación y verificación de 3-D de sistemas ópticos de medición de la superficie." *Los archivos internacionales de la fotogrametría, teledetección y ciencias de la información espacial*. Vol. Xxxvii. Pp 51-56. Miguel Cerrolaza. (2006). El método de elementos finitos y ciencias aplicadas: teoría y programas. Venezuela: Colección de Estudios.

## Las tecnologías de la información y comunicación y su impacto en la innovación organizacional en las instituciones de Educación superior

MARTINEZ-AVILA, Minerva†\*, RUIZ-TAPIA, Juan, ESTRADA-GUTIERREZ-César, SANCHEZ-PAZ, María de la Luz

*Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Contaduría y Administración, Cerro de Coatepec, s/n. Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México CP 50100, tel: 2140011; 2140171*

Recibido Julio 10, 2015; Aceptado Septiembre 9, 2015

### Resumen

El objetivo de este trabajo es determinar el grado de asociación y el efecto de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la Innovación Organizacional en las Instituciones de Educación Superior (IES) del Estado de México. La muestra es de tipo no probabilística, y en ella participaron 32 (IES) y; 235 personas respondieron al cuestionario. Se aplicó un instrumento auto administrado en escala ordinal, que consideró como unidad de análisis a mandos medios y directivos. Los resultados muestran una relación entre las Tecnologías de la Información y Comunicación y la Innovación Organizacional, explicada a través de un modelo de regresión múltiple.

**Tecnologías de la Información y Comunicación, innovación, innovación organizacional.**

### Abstract

The aim of this study is to determine the degree of association and the effect of Information Technology and Communication in the Organizational Innovation in Higher Education Institutions (IES) of the State of Mexico. The sample is not probabilistic type, and involved 32 (IES) and; 235 people responded to the questionnaire. A self-administered instrument in ordinal scale, which considered as the unit of analysis to middle managers and executives was applied. The results show a relationship between Information Technology and Communication and Organizational Innovation, explained through a multiple regression model.

**Information Technology and Communication, innovation, organizational innovation.**

**Citación:** MARTINEZ-AVILA, Minerva, RUIZ-TAPIA, Juan, ESTRADA-GUTIERREZ-César, SANCHEZ-PAZ, María de la Luz. Las tecnologías de la información y comunicación y su impacto en la innovación organizacional en las instituciones de Educación superior. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 153-164

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mmavila48@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Las organizaciones educativas hoy en día viven uno de los cambios más impactantes en la economía del conocimiento, y la inserción tecnológica es uno de ellos; ante esta situación, los procesos de innovación juegan un papel sumamente importante. Es así, como la innovación organizacional y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) son vistas como el milagro de la postmodernidad en las organizaciones, en el supuesto de que deberían resolver la mayoría de problemas de la organización, de manera eficiente y rápida (Jbilou, Landry, Amara y Adlouni, 2009). Incluso, la innovación puede considerarse un recurso elemental en la prosperidad de las naciones y de la tecnología (Ruiz y Mandado, 1989).

Además, se considera que la innovación y las Tecnologías de la Información y Comunicación son recursos intangible de gran importancia en la estrategia corporativa (Wu y Lin, 2011). Por lo tanto, las TIC no solo generan innovación, sino que podrían contribuir en la productividad, la gestión del conocimiento, el aprendizaje, la competitividad, entre otras muchas aplicaciones; al ser recursos intangibles indispensables en las actividades cotidianos de las instituciones educativas.

En las Instituciones de Educación Superior (IES), las TIC como herramientas que propician la innovación, configuran un nuevo tipo de relación comunicativa, al ser fundamentales en la gestión de los centros educativos, en la docencia, en la investigación, en la difusión del arte, en la ciencia y en la extensión universitaria; es decir, son herramientas que están inmersas en el proceso de innovación tecnológica (Gómez, Martínez, Demuner, 2013).

Las IES en México, al encontrarse en una transición tecnológica como parte de la internalización de la educación superior, es ineludible el estudio de los procesos de innovación influenciados por las TIC.

Bajo esta argumentación la investigación se sustentó en la teoría de recursos y capacidades, donde las organizaciones que poseen una combinación de recursos tangibles e intangibles generaran beneficios a la organización al ser inimitables e insustituibles (Grant, 1991; Penrose, 1959; Wernerfelt, 1995; Barney, 1991; Bontis, 1999).

Varios estudios han abordado una serie de factores en el proceso conducente a la adopción de la innovación, como las TIC, la estructura organizacional, la comunicación, el cambio, el liderazgo, la adopción y difusión de la innovación, entre otros (De Pablos, Colás, González, 2010; Daft, 1978). No obstante, no se han encontrado evidencias empíricas que estudien de manera conjunta las Tecnologías de la Información y Comunicación sobre la innovación organizacional en las dimensiones de estilo de liderazgo, compromiso organizacional y cultura organizacional en las Instituciones de Educación Superior (IES).

Con base en la argumentación anterior, el **objetivo** de la investigación es: determinar el grado de asociación y el efecto de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la innovación organizacional en las IES del Estado de México y; para dar cumplimiento al objetivo, surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Existe asociación entre las Tecnologías de la Información y Comunicación y la innovación organizacional en las IES del Estado de México?

- ¿Cuál es el efecto de las Tecnologías de la Información y Comunicación sobre la innovación organizacional en las IES del Estado de México?

Esta investigación contribuye a ampliar el conocimiento en las Instituciones de Educación Superior (IES) al evidenciar empíricamente una asociación positiva de las Tecnologías de Información y Comunicación sobre la innovación organizacional.

El documento presenta la estructura siguiente. En primer lugar, se realizó una revisión de literatura, con el objetivo de soportar teóricamente las variables objeto de estudio y afianzar la argumentación para establecer las hipótesis de trabajo. En segundo lugar, se describió el método de investigación y, en seguida, se presentan los resultados estadísticos y; finaliza con la discusión de los hallazgos, limitaciones e implicaciones prácticas de la investigación.

### Revisión de la literatura

#### Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)

Las Tecnologías de la Información y Comunicación han sido ampliamente adoptadas en los últimos años en las Instituciones de Educación Superior; como un cambio tecnológico característica del siglo XXI; en particular el uso de internet; no obstante la mayoría de las IES cada vez expanden más el equipamiento y la red de infraestructura, (Hsu, 2010; Varis, 2007); por ser herramientas indispensables en todos los procesos; tanto de gestión, docencia, investigación, difusión del arte y la ciencia.

La implementación de las TIC en los diferentes sectores económicos, ha sido uno de los principales factores de cambio a partir principalmente de los ochenta; en el ámbito educativo, facilitan la organización de las instituciones, permitiendo manejar grandes cantidades de información y bases de datos en los diferentes procesos, modificando sustancialmente el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La revisión de la literatura en cuanto al estudio de las TIC en las instituciones de educación superior es abundante; principalmente se han enfocado al uso de las mismas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en el nuevo rol de los profesores, en los procesos de gestión, en el desarrollo de competencias, en la integración en el aula, la capacitación docente, como predictores de innovación, el uso de aprendizaje móvil, el uso de las TIC y el éxito de los estudiantes, entre otra diversidad de enfoques (Molina, Rotondo, & Yoguel, 2011; Oliver & Goerke, 2007; Kennedy, Judd, Churchward y Gray, 2008; Yusuf, 2005).

#### La innovación organizacional

La innovación organizacional es un tema de interés general, principalmente en el sector privado, como consecuencia de la competitividad; también es factor determinante en la vida de las instituciones de educación superior en México y en los diversos sectores económicos. Los países en desarrollo o economías emergentes tienen un gran reto para hacer frente a la diversidad de cambios que se están suscitando. Y antes de estos cambios, es imperante la presencia de la innovación organizacional.

Por su parte Deiss (2004) considera fundamental que la innovación organizacional sea parte esencial de la misión de la organización y se considere un proceso continuo.

Entendiéndose a la innovación organizacional, como la producción o adopción y explotación de nuevas e innovadoras ideas que agregan valor en las esferas económicas y sociales; mediante la renovación y ampliación de productos, servicios, mercados, desarrollo de nuevos métodos de producción y el establecimiento de sistemas innovadores de gestión (Crossan & Apaydin, 2010). Shieh (2010) indica que la innovación organizacional implica nuevas formas de organizar el trabajo en las diferentes áreas como administración de personal, la capacitación e empoderamiento de los empleados; lo que trae consigo que la innovación organizacional actualmente sea considerada una fuente importante de ventaja competitiva en un entorno cada vez más cambiante (Dess & Picken, 2000; Tushman O'Reilly, 1996).

Rogers (2003) describe a la innovación como el proceso integrado por cinco etapas: conocimiento, persuasión, decisión, ejecución y confirmación. Es decir, las IES podrían implantar este modelo de manera ordenada para impulsar al interior la innovación organizacional. Por su parte (Oye, Aiahad, Ab.rahim, 2014) consideran que hay muchos factores internos y externos que pueden influir para que la TIC generen innovación en las IES; como puede ser, el emprendimientos por parte de las instituciones para fomentar una formación obligatorio en el capital humano y la gestión para se cuente con la infraestructura necesaria; ya sea a través de apoyos gubernamentales o bien con recursos de las misma instituciones.

### Las Tecnologías de la Información y Comunicación y la innovación organizacional

Diversas evidencias empíricas confirman que la innovación educativa apoyada por las Tecnologías de la Información y Comunicación es ahora considerada como una prioridad en todo el mundo (Bocconi, Kampylis, y Punie, 2013; Law, Yuen, Fox, 2011).

Koskinen, Luomala y Maaranen (2012) consideran que las Tecnologías de la Información y Comunicación pueden proporcionar un importante valor añadido a las actividades de innovación. Por su parte, (Kohli y Melville, 2009) afirman que estas tecnologías dan un valor agregado a la organización y son capaces de generar innovación organizacional.

Las Tecnologías de la Información y Comunicación tienen un fuerte impacto en los procesos de innovación, dado que hoy en día en todos los procesos de las Instituciones de Educación Superior están presentes estas tecnologías.

Ante estas argumentaciones se establecen las siguientes hipótesis:

**H1:** Existe una asociación entre las Tecnologías de la Información y Comunicación y la innovación organizacional en las Instituciones de Educación Superior (IES) del Estado de México.

**H2:** Existe un efecto positivo de las Tecnologías de la Información y Comunicación sobre la innovación organizacional en las Instituciones de Educación Superior (IES) del Estado de México.

– Método de investigación

### Diseño y alcance de la investigación

Este estudio utilizó un enfoque de investigación de tipo cuantitativo, con un diseño del estudio no experimental, transversal y de alcance descriptivo-correlacional.

Para realizar el estudio empírico los datos fueron recolectados mediante la aplicación de un instrumento escrito y auto administrado, el cual se aplicó de enero a marzo de 2014. Se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los participantes a fin de que sus respuestas fueran lo más objetivo posible.

### Caracterización de la muestra

El muestreo en las Instituciones de Educación Superior fue por conveniencia (sujetos voluntarios), en 32 Instituciones de Educación Superior (IES) del Estado de México, con una muestra de 235 personas. La unidad de análisis fueron directivos, mandos medios (coordinadores de área), profesores de tiempo completo (PTC) y personal administrativo, quienes son parte fundamental de las actividades cotidianas de las instituciones educativas.

Respecto de la caracterización de los respondientes, 55% de los encuestados fueron mujeres. El mayor número de respondientes osciló entre una edad de 40 a 49 años (casi 37% de los respondientes). Referente de la jerarquía laboral (puesto), 11.5% son directores, 25.9% mandos medios, 31.5% Profesores de Tiempo Completo (PTC) y 31.1% personal administrativo.

### Instrumento

Se elaboró un instrumento a partir de las aportaciones teóricas de diversos autores. En primer lugar, las Tecnologías de la Información y Comunicación como variable independiente se sustentó por (Calderón, Núñez, Laccio, Lannelli, Gil, 2015; De Pablos, Colas y González 2010; Jiménez, Martínez, Gonzalez, 2008; Bond, Houston, 2003; Prasad, Ramamurthy y Naidu 2001) y; la variable dependiente “innovación organizacional” por (Wu & Lin, 2011; Linton 2002; Tang, 1998).

El instrumento se integró en dos secciones: la primera, contiene los datos demográficos y organizacionales; la segunda los reactivos para medir las dos variables de estudio.

Para mejorar la calidad y perfeccionamiento de la medición del cuestionario se sometió a una validación de contenido por expertos, quienes dieron sus sugerencias y aportaciones para ser incorporadas en una segunda versión del instrumento.

Posteriormente, se realizó una prueba piloto a 32 personas en una institución de educación superior (administrativos, mandos medios y directivos). Los reactivos se plantearon en escala ordinal de seis opciones que van 1 (totalmente de acuerdo) a 6 (Totalmente en desacuerdo).

A continuación se analizó la confiabilidad del instrumento y validez de las variables y dimensiones, a través de dos pruebas estadísticas.

En primer lugar, se corrió la prueba para validar la consistencia interna mediante el alfa de *Cronbach*; reportando que las Tecnologías de la Información y Comunicación una confiabilidad de .947 la innovación organización, reportó los siguientes índices (estilo de liderazgo, 0.939; compromiso organizacional 0.812; cultura organizacional 0.934). Índices que muestran una adecuada consistencia interna de los reactivos de cada variable.

En segundo lugar, se efectuó un análisis factorial exploratorio, reportando este estudio un  $KMO=.945$ ; la prueba de esfericidad de Bartlett, que contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones es una matriz de identidad, resultó esta prueba significativa  $p=.000$ ; lo que permitió una adecuación muestral. Las estructuras factoriales obtenidas consideraron cuatro factores, presentando todos los reactivos cargas o saturación superior a 0.5, criterio a partir del cual son consideradas como aceptables (Castañeda y Cabrera, 2010); y una varianza explicada de 74.39%.

Cabe resaltar que en esta investigación cuidó cumplir con los supuestos básicos del análisis factorial exploratorio, como la normalidad de los datos, definición métrica de la variable, interdependencia y el tamaño de muestra (Landro y González, 2011).

El análisis factorial es un método de análisis multivariable que intenta explicar, según un modelo lineal, un conjunto extenso de variables observables mediante un número reducido de variables hipotéticas llamadas factores, es decir, intenta identificar variables subyacentes, o factores, que expliquen la configuración de las correlaciones dentro de un conjunto de variables observadas. El análisis factorial se suele utilizar en la reducción de los datos para identificar un pequeño número de factores que expliquen la mayoría de la varianza observada en un número mayor de variables manifiestas.

También puede utilizarse para generar hipótesis relacionadas con los mecanismos causales o para inspeccionar las variables para análisis subsiguientes (por ejemplo, para identificar la colinealidad antes de realizar un análisis lineal). El objetivo es representar la variable en términos de varios factores subyacentes. Los factores representan las variables originales con una pérdida mínima de información. Un aspecto esencial en análisis factorial exploratorio es que los factores no son directamente observables, obedeciendo a conceptos de naturaleza más abstracta que las variables originales. Para que este análisis tenga sentido deberían de cumplirse dos condiciones básicas: parsimonia e interpretabilidad. Según el principio de parsimonia, los fenómenos se deben explicar con el menor número de elementos posibles (Martin, Cabero y De Paz, 2008:324).

La tabla 1, muestra el número de factores y la varianza explicada, por el método de extracción de componentes principales; reportando el modelo cuatro componentes o factores (dimensiones), con una varianza explicada de 74.39%.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	12.280	63.393	63.393	12.280	63.393	63.393	6.676	24.678	24.678
2	2.369	10.299	63.692	2.369	10.299	63.692	5.020	21.828	46.506
3	1.331	5.787	69.478	1.331	5.787	69.478	3.589	16.606	62.112
4	1.132	4.921	74.399	1.132	4.921	74.399	2.826	12.287	74.399
5	.775	3.368	77.767						
6	.691	3.006	80.773						
7	.584	2.538	83.311						
8	.454	1.975	85.286						
9	.412	1.791	87.078						
10	.395	1.716	88.794						
11	.375	1.629	90.423						
12	.292	1.268	91.691						
13	.260	1.129	92.819						
14	.225	.976	93.795						
15	.215	.933	94.728						
16	.209	.911	95.639						
17	.187	.815	96.454						
18	.171	.745	97.199						
19	.156	.680	97.879						
20	.135	.587	98.466						
21	.125	.542	99.008						
22	.120	.520	99.528						
23	.109	.472	100.000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

**Tabla 1** Varianza total explicada

## Definición operacional

La innovación organizacional (variable dependiente) es definida como un proceso de desarrollo, adopción y aplicación de nuevas ideas para generar nuevos productos, cambios, prácticas, procesos, políticas, creatividad o servicios para la organización (Wu & Lin, 2011; Linton 2002; Tang, 1998). Esta variable consideró tres dimensiones: estilo de liderazgo, compromiso organizacional y cultura organizacional. Los líderes valoran la innovación y aplican medidas de ajuste como la gestión de incentivos para lograr el objetivo de la innovación organizacional; en el compromiso organizacional los miembros de la organización están profundamente convencidos de la meta de la organización y se identifican con el sentido de valor y están dispuestos a hacer un esfuerzo extra para el beneficio de la organización y la necesidad más apremiante de permanecer en una organización innovadora; en la cultura organizacional todos los miembros de la organización siguen los mismos enfoques innovadores y comparten el mismo sentido de valor respecto a la innovación organizacional (Wu & Lin, 2011). En total esta variable se estudió con 15 reactivos, 7 para innovación organizacional en la dimensión de estilo de liderazgo, 4 para innovación organizacional en la dimensión de compromiso organizacional y 4 para innovación organizacional en la dimensión de cultura organizacional.

Las Tecnologías de Información y Comunicación (variable independiente) son herramientas o recursos estratégicos que impulsan los procesos de innovación, mediante una transformación en todos los niveles de la organización y están formadas por un conjunto de dispositivos asociados a las computadoras, internet y las telecomunicaciones, entre otros (Calderón, Núñez, Laccio, Lannelli, Gil, 2015).

De Pablos, Colas y González 2010; Jiménez, Martínez, Gonzalez, 2008; Bond, Houston, 2003; Prasad, Ramamurthy y Naidu 2001).

La inserción de las Tecnologías de la Información y Comunicación en las últimas décadas, ha sido uno de los cambios de mayor significación e impacto social en las organizaciones al estar en constante evolución. El acceso a la información era una de las mayores dificultades en la educación, con el advenimiento de las TIC la información disponible es abundante y el desafío es saber manejarla, procesarla e interpretarla; pueden transformarse en poderosas herramientas que facilitan la gestión en la IES, incluso son accesibles aún en los países emergentes (Calderón, Núñez, Laccio, Lannelli, Gil, 2015). La medición de la variable de las Tecnologías de la Información y Comunicación se operacionalizó con cinco reactivos.

## Método de estimación

Para determinar la asociación entre las Tecnologías de la Información y Comunicación y la innovación organizacional, se empleó el estadístico paramétrico de Pearson. Por otra parte, el análisis de regresión múltiple se llevó a cabo para determinar el efecto predictivo de las Tecnologías de la Información y Comunicación sobre la innovación organizacional. El tratamiento de los datos estadísticos se realizó mediante el paquete estadístico SPSS.

### Resultados: Asociación entre las Tecnologías de la Información y Comunicación sobre la innovación organizacional

Como se observa en la tabla 2, las Tecnologías de la Información y Comunicación es percibido por los participantes ( $\bar{X} = 4.3957$ ,  $de = .98284$ ), respecto a la innovación organizacional la percepción con mayor fuerza es en el compromiso organizacional

( $\bar{X}=4.1809$ ,  $de = 1.02389$ ), seguida del estilo de liderazgo ( $\bar{X}=4.2699$ ,  $de = 1.05356$ ) y cultura organizacional ( $\bar{X}=4.3872$ ,  $de =$

Variable	Media ( $\bar{X}$ )	Desviación Estándar (de)	Tecnologías de la Información y Comunicación	Estilo de Liderazgo	Cultura Organizacional	Compromiso Organizacional
Tecnologías de la Información y Comunicación	4.3957	.98284	(.947)			
Estilo de Liderazgo	4.2699	1.05356	.582*	(.939)		
Cultura Organizacional	4.3872	1.08286	.643*	.664**	(.934)	
Compromiso Organizacional	4.1809	1.02389	.661**	.600**	.572*	(.812)

1.08286).

Nota: \*\*La correlación es significativa al nivel 0,01 (2 colas). Los datos entre paréntesis son la confiabilidad de las variables (alfa de Cronbach).

**Tabla 2** Estadísticos descriptivos y correlaciones

Así también la tabla 2, muestra las correlaciones entre los constructos, las cuales fueron de bajas a medias (.572 a .664). De manera detallada, la asociación entre ambas variables es la siguiente: las Tecnologías de la Información y Comunicación, presentó una moderada y significativa asociación con la innovación organizacional en la dimensión de estilo de liderazgo ( $r=.582$ ,  $p<0.01$ ), con innovación organizacional en la dimensión de cultura organización ( $r=.643$ ,  $p<0.01$ ) y; con la innovación organizacional en la dimensión de compromiso organizacional ( $r=.661$ ,  $p<0.01$ ). Como puede observarse, la más alta correlación corresponde a las Tecnologías de la Información con la innovación organizacional en la dimensión de compromiso organizacional. Estos hallazgos apoyan la *hipótesis 1*.

### El efecto de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la innovación organizacional

El análisis de regresión múltiple fue el estadístico paramétrico utilizado para conocer el efecto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (VI) sobre la innovación organizacional en la dimensión de estilo de liderazgo, innovación organizacional en dimensión de compromiso organizacional y, dimensión organizacional en dimensión cultura organizacional. La tabla 3 muestra tres modelos. Para determinar los modelos, se corrió la regresión múltiple por separado, es decir, primero las Tecnologías de la Información y la Comunicación (DI) con la innovación organizacional estilo de liderazgo, segundo, las Tecnologías de la Información y la Comunicación con compromiso organizacional y, tercero las Tecnologías de la Información y la Comunicación con cultura organizacional; analizando por separado cada modelo para proceder a su interpretación.

Tecnologías de la información y Comunicación (VI)	Innovación organizacional (VD)		
	Modelo 1 Estilo de liderazgo	Modelo 2 Compromiso organizacional	Modelo 3 Cultura Organizacional
R <sup>2</sup>	.33 9**	.43 7**	.4 14 **
R <sup>2</sup> ajustada	.33 6**	.43 4**	.4 11 *
F	119 .44 8	180 .78 6	16 4, 59 7
Sig.	.00 0	.00 0	.0 00

Nota: \*\*P < 0.01; \*P < 0.05. Todas las regresiones incluyen los coeficientes estandarizados beta.

**Tabla 3** Análisis de regresión múltiple

Estos modelos son significativos ( $p < 0.01$ ;  $R^2 = .339, .437, .414$ ). Las Tecnologías de la Información y Comunicación tuvo un efecto casi de 44% en el compromiso organizacional (modelo 2;  $R^2 = 0.437$ ), 41% en cultura organizacional (modelo 3;  $R^2 = 0.414$ ), 40% en estilo de liderazgo (modelo 1;  $R^2 = 0.339$ ) y, supusieron un modelo estadístico significativo para las tres dimensiones de la innovación organizacional (VD) ( $F = 119,448, p < .01$ ;  $F = 180,786, p < .01$ ; y  $F = 164,597, p < .01$ ). Estos hallazgos dan soporte a la **hipótesis 2**, e indican que los mandos medios y directivos gestionan la innovación organizacional si las Tecnologías de la Información y Comunicación están presentes en las Instituciones de Educación Superior.

### Discusión de resultados

El objetivo de esta investigación fue determinar el grado de asociación y el efecto de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la innovación organizacional en las IES del Estado de México.

El resultado del estudio encuentra que las Tecnologías de la Información y Comunicación tienen un efecto cerca del 44% sobre la innovación organizacional; lo que indica que estas tecnologías son recursos intangibles que hoy en día son indispensables en cada uno de los procesos de la IES, por lo que los directivos al impulsar la innovación organizacional deberán de poner mayor énfasis en lo que a la tecnología respecta; es decir, gestionar recursos para infraestructura y la capacitación en su uso; ya que las tecnologías por si solas no genera ningún beneficio.

De acuerdo a Bocconi, Kamylyis, y Punie (2013), Law, Yuen, Fox, (2011) y, Koskinen, Luomala y Maaranen (2012), los hallazgos de la investigación confirman como las Tecnologías de la Información y Comunicación pueden influir en los procesos de innovación organizacional.

Desde la perspectiva teórica basada en la teoría de recursos y capacidades, esta investigación afianza lo establecido al considerar a las Tecnologías de la Información y Comunicación como recursos valiosos, únicos e insustituibles por otras organizaciones que permite el desarrollo de capacidades internas, como es la innovación organizacional.

En otras palabras, en la medida en que las Instituciones de Educación Superior, gestionen recursos para infraestructura y equipamiento, e inviertan en la formación de recursos humanos en el ámbito tecnológico, serán susceptibles de impulsar la innovación organizacional al interior de estas organizaciones y; para que ello suceda se requiere el compromiso, liderazgo y una cultura, que permita el involucramiento de directivos y mandos medios para poder proyectar a estas organizaciones educativas a la vanguardia tecnológica con énfasis en la innovación; aspectos pueden marcar la diferencia entre otras organizaciones.

### Implicaciones prácticas y limitaciones del estudio

Los resultados de estos estudios tienen implicaciones prácticas para los directivos de las instituciones de educación superior, quienes son los responsables de la planeación institucional. Ante esta situación, serán consientes que las tecnologías llegaron para quedarse, actualizarse y renovarse y; que la innovación organizacional es factor determinante en la competitividad, eficiencia y eficacia de las instituciones.

Por otra parte, es necesario realizar futuras investigaciones donde se amplíe el tamaño de muestra con un enfoque longitudinal; a fin de afianzar los efectos predictivos de estas variables.

### Referencias

- Barney, J. (1991). Firm Resource and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Bontis, N. (1999). Managing Organizational Knowledge by diagnosing intellectual capital: framing and advancing the state of the field. *International Journal Technology Management*, 18(5/6/7/89), 433-463.
- Bond, III. & Houston, M.B. (2003). Barriers to Matching New Technologies and Market Opportunities in Established Firms. *Journal of Product Innovation Management*, 20(2), 120-135.
- Bocconi, S., Kampylis, P., & Punie, (2013). Framing ICT-enabled Innovation for Learning: The case of one-to-one learning initiatives in Europe. *European Journal of Education*, 48(1), 113-130.
- Calderón, S.E., Nuñez, P., Di Laccio, J.L., Lannelli, L.M. & Gil, S. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 212-226.
- Castañeda, M.B., y Cabrera, A.F. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS*. Brasil: edipucrs.
- Crossan, M.M., Apaydin, M. (2010). A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Management Studies*, 47 (6), 1154-1191
- De Pablos, J. Colás, P. y González, T. (2010). Factores facilitadores de la innovación TIC en los centros escolares. Un análisis comparativo entre diferentes políticas educativas autonómicas. *Revista de Educación*, (352), 23-51.
- Deiss, K.J. (2004). Strategy and Innovation: Building a Twenty-First-Century Knowledge Practice. *Library Trends*, 53(1), 17-32.
- Daft, R.L. (1978). A dual-core model of organizational innovation. *Academy of Management Journal*, 21(2), 193-210.
- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. *California Management Review*, 33(3), 114-135.
- Gómez, M.R., Martínez, A. & Demuner, M.R. (2013). Las Tecnologías de la Información y Comunicación como herramientas en la enseñanza de la Contaduría y Administración. *Revista Iberoamericana para el desarrollo educativo*, (10), 1-21.
- Hsu, S. (2010). Developing a scale for teacher integration of information and communication technology in grades 1-9. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26, 175-189.
- Jbilou, Landry, Amara & Adlouni (2009). Combining Communication Technology Utilization and Organizational Innovation: Evidence from Canadian Healthcare Decision Makers. *Journal of Medical Systems*, 33 (4)275-286.

- Jimenez, A.I.; Martínez, M.P. y Gonzalez, O. (2008). Implicaciones de la orientación proactiva hacia el mercado, la cooperación y el uso de las TIC en los procesos de innovación de productos y servicios. *Universia Business Review*, (4), 54-67.
- Kennedy, G.E., Judd, T.S., Churchward, A., Gray, K. (2008). First year students' experiences with technology: Are they really digital natives? *Australasian Journal of Educational Technology*, 24(1), 108-122.
- Landero, R. González, R. (2011). Estadística con SPSS y metodología de la investigación. México: Trillas.
- Law, N., Chow, A. & Yuen, A. (2005). Methodological Approaches to Comparing Pedagogical Innovations Using Technology. *Education and Information Technologies*, 10(1), 7-20.
- Law, N., Yuen, A. & Fox, R. (2011). *Educational Innovations Beyond Technology: nurturing leadership and establishing learning organizations*. New York: Springer.
- Linton, J.D. (2002). The potential role of management in undergraduate technical education. *Technology in Society*, 24(3), 361-173.
- Martin, Q., Cabero, M.T., y De Paz, Y.R. (2008). Tratamiento estadístico de datos con SPSS. España: Thomson.
- Molina, M., Rotondo, S. & Yoguel, G. (2011). El impacto de las TIC en la productividad del trabajo: algunos indicios para las PyME del sector manufacturero argentino. En Novick, M.(Comp.). El desafío de las TIC en Argentina. Crear capacidades para la generación de empleo. Santiago de Chile: CEPAL.
- Oliver, B., & Goerke, V. (2007). Australian undergraduates' use and ownership of emerging technologies: Implications and opportunities for creating engaging learning experiences for the next generations. *Australasian Journal of Educational Technology*, 23 (2), 171-186.
- Oye, N. D. Aiahad, N., Ab.rahim, N. (2014). Awareness, Adoption and Acceptance of ICT Innovation in Higher Education Institutions. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, Vol. 1, Issue 4, 1393 – 1409.
- Penrose, E.T. (1959). *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford: Oxford University Press.
- Prasad, V.K., Ramamurthy, K. & Naidu, G. (2001): The Influence of Internet-Marketing Integration on Marketing Competencies and Export Performance”.
- Kohli, R., & Melville, N. (2009). Learning to build and IT innovation platform. *Communications of the ACM*, 52 (8), 122–126.
- Koskinen, M., Luomala, J., y Maaranen, P. (2012). ICT-related intangibles and organizational innovation: indicators for improving connectedness and flexibility. *An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 8(1), 24–45.
- Ruiz, M., Mandado, E. (1989). *La innovación tecnológica y su gestión*. España: Marcombo.
- Rogers, M. E. (2003). *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.
- Shieh, C.J. (2010). A Study of the Relationships between Corporate Core Competence, Management Innovation and Corporate Culture. *International Journal of Organizational Innovation*, 2 (3), 395-411.
- Tang, J.K. (1998). An inventory organizational innovativeness. *Technovation*, 19 (1), 41-51

Tushman, M. L., O'Reilly, C. A. (1996). Ambidextrous organizations: managing evolutionary and revolutionary change. *California Management Review*, 38, 8-30.

Varis, T. (2007). New technologies and innovation in higher education and regional development. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 4 (II), 16-24.

Wernerfelt, B. (1995). A Resource-based View of the Firm: Ten years after. *Strategic Management Journal*, (16), 171-174.

Wu, S. & Lin, Ch. (2011). The influence of innovation strategy and organizational innovation on innovation quality and performance. *International Journal of Organizational Innovation*, 3(4), 45-81.

Yusuf, M. O. (2005). Information and communication technology and education. Analysing the Nigerian National Policy for Information Technology. *International Education Journal*, 6 (3), 316 - 321.

## Aprendizaje y evaluación automatizada de consultas de bases de datos

GUTIRREZ-Luis†\*, MORALES-David, MARTINEZ-Fernando y ARROYO-Marisol

*Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

Recibido Julio 11, 2015; Aceptado Septiembre 19, 2015

---

### Resumen

El presente trabajo muestra el desarrollo de un sistema de información cuyo objetivo principal es evaluar de forma automatizada e inmediata diversos problemas de consultas de selección del lenguaje estructurado SQL. El trabajo se realizó en el siguiente orden: análisis y definición de los criterios de evaluación de las consultas, desarrollo del módulo de evaluación de consultas, pruebas de caja negra al módulo de evaluación de consultas, desarrollo de la base de datos de pruebas, modelado y creación de la base de datos del sistema evaluador, implementación dentro del aula de clase. Este software funciona actualmente en una aplicación de escritorio dentro de una intranet pero se está construyendo para que en un futuro permita la evaluación de consultas en línea. Hasta ahora no hay un juez automático público que funcione de manera similar. Este trabajo pretende contribuir al aprendizaje de consultas complejas del lenguaje SQL que es utilizado en los sistemas manejadores de bases de datos desde hace más de cuarenta años.

**SQL, Juez Automático, Bases de Datos, Aprendizaje Basado en problemas.**

### Abstract

This paper shows the development of an information system whose main objective is the automated and immediate evaluation of several selection query problems in the SQL structured language. This paper was developed in the following order: analysis and definition of the query evaluation criteria; black box testing of the query evaluation; development of the test database; modeling and creation of the evaluating system database; implementation in classrooms. This software currently works on a desktop application inside a local network, but currently it is being developed so that eventually online queries are available. Presently there is no automatic judge working in a similar way. This paper pretends to contribute to learning complex queries of the SQL language, which is being used in database management systems since more than forty years.

**SQL, Automatic Judge, Data Bases, Problem Base Learning.**

---

**Citación:** GUTIRREZ-Luis, MORALES-David, MARTINEZ-Fernando y ARROYO-Marisol. Aprendizaje y evaluación automatizada de consultas de bases de datos. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 165-172

---

---

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mmavila48@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El lenguaje Estructurado de Consultas ( SQL por sus siglas en inglés) es desde hace más de 30 años el lenguaje más utilizado en los sistemas manejadores de bases de datos (SGBD). SQL incluye comandos para definir bases de datos, para controlar el acceso y para realizar consultas donde se obtiene información mediante el procesamiento de los datos. Los cursos de bases de datos en nivel superior y en carreras técnicas de nivel medio superior es muy importante aprender a realizar consultas de selección SQL ya que estas son la base para posteriormente desarrollar sistemas de información.

En la carrera de Ingeniería en Sistemas, tres materias tienen una relación directa con las instrucciones SQL: fundamentos de bases de datos, taller de bases de datos y administración de bases de datos. De la misma forma, la carrera de Ingeniería en informática incluye tres materias tienen una relación directa con las consultas SQL fundamentos de bases de datos, taller de bases de datos y Tópicos de bases de datos. Otras asignaturas, en ambas carreras, requieren que el alumno domine el lenguaje SQL.

En la actualidad no existe un sistema público similar a los jueces automáticos de algoritmos en línea que realice evaluaciones automatizadas de consultas SQL. Estudiantes de carreras como Ingeniería en Sistemas Computacionales, Informática, Ingeniería de Software e incluso de nivel medio superior pueden resultar beneficiados de un juez automático de consultas SQL.

Existen diversas investigaciones que demuestran la efectividad de los jueces automáticos en el aprendizaje de programación.

Por estos motivos se plantea la siguiente pregunta de investigación.

¿Es posible desarrollar un sistema que realice evaluaciones automáticas de consultas de selección en el Lenguaje Estructurado de Consultas y además retroalimente a los usuarios del sistema respecto al resultado obtenido?

La hipótesis central del trabajo es la siguiente. “Es posible desarrollar una herramienta de software que evalúe de forma automatizada consultas de selección del Lenguaje Estructurado de Consultas”, por tanto, el objetivo principal del proyecto es desarrollar un sistema de información en línea que permita evaluar de forma automatizada diversos problemas de consultas de selección del lenguaje SQL además de retroalimentar los resultados.

### Los jueces automáticos.

Las aplicaciones denominadas juez automático proporcionan al usuario una diversidad de problemas de programación de computadoras y permiten la evaluación inmediata de una solución enviada. Algunos de los jueces ofrecen retroalimentación cuando la solución enviada es incorrecta mostrando mensajes sobre el tipo de error que se presenta, por ejemplo, respuesta incorrecta, error de compilación, error en tiempo de ejecución y tiempo límite excedido. Esta información es valiosa para que el programador analice su solución y la corrija.

Los jueces automáticos se fundamentan en el Aprendizaje Basado en Problemas. Actualmente existen muchos jueces automáticos en la web, que también son llamados jueces automáticos en línea.

Entre los más conocidos y utilizados se encuentran Uva online Judge de la Universidad de Valladolid en España, Sphere Online Judge (SPOJ) desarrollado en Polonia, Codechef de la India, USA Computing Olympiad (USACO) que es utilizado para entrenar alumnos de la Olimpiada de Informática de Estados Unidos, COCi de Croacia, URI Online Judge elaborado en Brasil, AIZU Online Judge de Japón, Zhenjiang University Online Judge de China entre otros, además, también existen sitios web que organizan concursos de programación abiertos periódicamente como Topcoder y Codeforces.

Los jueces automáticos en línea han tomado una gran importancia en el ámbito de los concursos de programación de algoritmos. Dos parámetros útiles para medir el impacto de un juez automático son el número de usuarios registrados y la cantidad de problemas que ofrecen para resolver, por ejemplo, SPOJ tiene 312,000 usuarios registrados y más de 20,000 problemas para resolver con más de 4,000 instituciones afiliadas. Codeforces tiene 54,235 usuarios rankeados, CODECHEF supera los 30,000 usuarios. Empresas de tecnologías de la Información organizan sus propios concursos con el objetivo de reclutar a los mejores programadores del mundo, tal es el caso de Google que organiza el evento denominado CodeJam o Facebook que organiza el Facebook Hacker Cup.

### Sistemas que evalúan consultas SQL.

Analizando el estado del arte de los entornos que ayudan en el aprendizaje de consultas de selección SQL se encontraron las siguientes herramientas:

WinRBDI (Windows Relational DataBase Interpreter) es una herramienta propuesta por Dietrich y otros (1997). En este sistema el alumno ingresa una consulta SQL y el software muestra el resultado de la consulta. No es precisamente un evaluador automatizado sino una herramienta educativa para ingresar consultas y ver el resultado de su ejecución. Puede descargarse del siguiente enlace: <https://winrdbi.asu.edu/index.html>.

Kearns y otros (1997) presentan eSQL, una herramienta similar a un SGBD en la que el alumno dispone de un subconjunto de sentencias SQL para trabajar. No es un SGBD sino una herramienta educativa. Similar a WinRBDI permite al alumno ver las tablas de la consulta con sus valores, escribir sentencias SQL y ver el resultado obtenido. No puede usarse para la evaluación de alumnos.

Mitrovic (2003) propone SQLTutor, un sistema que permite la tutorización inteligente y virtual. Está diseñado como un entorno de prácticas pensadas en alumnos que conocen el lenguaje SQL. Es una aplicación de escritorio que permite trabajar solo con sentencias SELECT. En el sistema se encuentran un conjunto de problemas para distintas bases de datos y la solución ideal en cada uno de los casos. Permite la evaluación de las consultas que realiza el alumno a través de la comparación con una solución ideal. No muestra resultados de la consulta, solo se recibe retroalimentación sobre los errores que se generan en las consultas. Un inconveniente importante de esta herramienta es que cada persona trabaja de manera local en su equipo y los docentes no tienen registro del avance de sus alumnos ni pueden agregar problemas para realizar evaluaciones a un grupo de alumnos.

Allen (2000) propone WebSQL, un ambiente interactivo desarrollado en la Universidad de Minnesota que sirve para la ejecución de sentencias SQL vía Internet. No evalúa de forma automática, el alumno debe comparar los resultados de forma manual.

WebSQL recibe instrucciones SQL a través de un navegador, envía las instrucciones al servidor y éste la manda a un SGBD. Se pueden utilizar tres diferentes bases de datos.

SQL-trainer es una herramienta web que fue presentada por Laine (2001). Ofrece una sola base de datos. Los comandos se evalúan en ORACLE. SQL-trainer fue desarrollado en la Universidad de Helsinki. Actualmente, el servidor ya no se encuentra en funcionamiento.

Bhagat et al (2002) desarrollaron Acharya, un sistema para el aprendizaje de SQL que soporta cualquier comando SQL y va determinando el siguiente problema a realizar en función de las consultas resueltas correctamente. Lo llaman sistema de tutorización inteligente (ITS).

Coleman (2003) propone AsseSQL, un sistema para aplicar evaluaciones a los alumnos. Presenta un sistema en el cual el alumno debe contestar un conjunto de problemas en un determinado tiempo. El software evalúa las consultas del alumno y compara los resultados con los esperados mostrando los mensajes de retroalimentación correspondientes. Permite solamente la ejecución de sentencias SQL.

Sadiq et al. (2004) y Dekeyser et al. (2007) proponen respectivamente SQLator y SQLify, sistemas similares a AsseSQL que permiten la evaluación de consultas SQL.

Kenny et al (2005) proponen un sistema automatizado de tutorización con bases de datos. Organiza los problemas de sentencias SQL en varios niveles de acuerdo a un determinado grado de dificultad. El sistema permite la retroalimentación de tres formas: mensajes de error, pistas o soluciones parciales.

Por su parte, Soler (2010) en su tesis doctoral propone un Entorno Virtual para el Aprendizaje y la Evaluación Automática en Bases de Datos. Un sistema bastante completo en donde se evalúan desde diagramas de modelado de bases de datos, consultas de álgebra relacional llegando a evaluar también todo tipo de consultas SQL, no solo consultas de selección.

En resumen, se puede mencionar que existen diversas herramientas que permiten la evaluación de sentencias SQL pero cada una de ellas se utiliza dentro del entorno de cada una de las universidades que la creó y por lo tanto, alumnos de otras universidades no las pueden utilizar, lo que motiva a relizar este proyecto en el cual se pueda desarrollar un evaluador que posteriormente sea público en Internet, similar a los evaluadores automáticos de problemas de algoritmos como son OmegaUp, Caribbean Online Judge y SPOJ entre muchos otros.

### **Metodología a desarrollar**

1. Análisis y definición de los criterios de evaluación de las consultas. El primer paso de la metodología consiste en identificar y documentar los criterios mediante los cuales se llevará a cabo la evaluación de las consultas.
2. Desarrollo del módulo de evaluación de consultas SQL. Este es el núcleo del sistema, la parte más importante y contiene los métodos necesarios para verificar que las consultas SQL enviadas corresponden exactamente con la solución oficial.
3. Pruebas de caja negra al módulo de evaluación de consultas SQL. Este proceso consiste en el desarrollo y aplicación de diversos casos de prueba para verificar el correcto funcionamiento del evaluador.
4. Desarrollo de la base de datos de pruebas para el sistema evaluador.

5. Modelado de la base de datos del sistema evaluador automatizado. En este paso se modela la base de datos del sistema utilizando un diagrama relacional.

6. Diseño y creación de la base de datos del sistema evaluador. Se genera el script de la base de datos que permitirá almacenar los problemas y sus correspondientes soluciones. El sistema gestor de bases de datos (SGBD) es MySQL debido a su popularidad, por la licencia de uso que maneja y por sus buenas características.

### SQL Judge

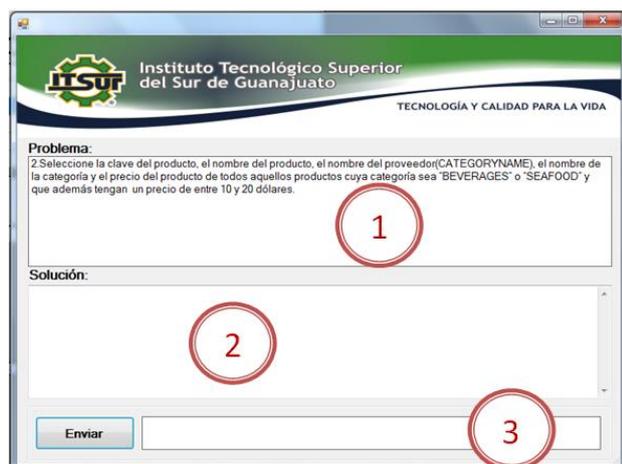
El lenguaje estructurado de consultas (SQL) es bastante amplio, incluye tres lenguajes dentro de él: lenguaje de manipulación de datos (DML), lenguaje de control de datos (DDL) y el lenguaje de definición de datos (DDL). DDL se engarga de las instrucciones relacionadas a la creación de bases de datos y tablas, incluye instrucciones como CREATE TABLE. DCL es el lenguaje responsable de las instrucciones de seguridad, entre ellas se encuentra CREATE USER, GRANT, DENY. DML contiene los comandos relacionados con la manipulación de datos, SELECT, INSERT, UPDATE y DELETE entre otros. El sistema desarrollado en este proyecto tiene la capacidad de evaluar específicamente consultas de selección SQL, las cuales forman parte del lenguaje DML. Un ejemplo sencillo de consultas de selección es el siguiente "Select clave, nombre, precio from productos where precio <=150". Las consultas son parte fundamental del lenguaje SQL y además son muy importantes en el desarrollo de un sistema de información ya que permiten obtener información que se encuentra almacenada dentro de una base de datos.



Figura 1 Listado de problemas.

En la Figura 1. Listado de problemas, se encuentran dos secciones principales, la señalada con el número 1 muestra un listado de los problemas que tiene el sistema. En ella el usuario puede elegir el problema a resolver. En la sección 2 de la ventana se muestran todos los envíos que el usuario ha realizado indicando el problema, el resultado obtenido (aceptado, error en tiempo de ejecución y otros) y en la última columna se puede ver la solución enviada. Además, en la parte superior se encuentra la calificación obtenida, la cual se va actualizando con cada uno de los problemas resueltos.

Una vez elegido un problema, el usuario puede leer su descripción. La Figura 2. Módulo principal del sistema, se resaltan las tres secciones de la ventana, en la primera sección aparece la descripción del problema, en la segunda hay un espacio para que el usuario escriba su solución o bien elabore su respuesta en el editor de consultas de su preferencia y una vez resuelto y probado el sistema, puede pegar su solución. En la tercera sección aparece un botón para enviar la respuesta y un espacio donde el sistema informa el resultado al usuario.



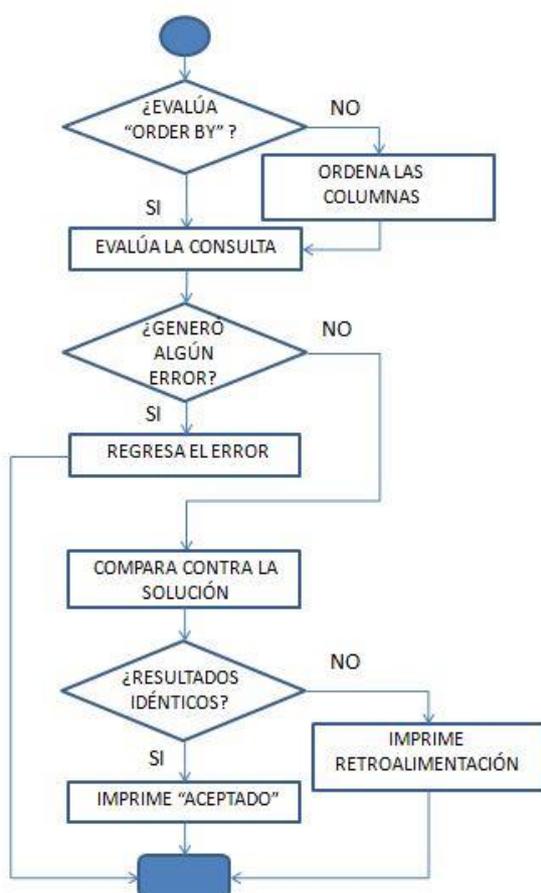
**Figura 2** Módulo principal del sistema. Fuente: elaboración propia.

El sistema SQL Judge muestra alguno de los siguientes mensajes como respuesta a la evaluación de una consulta:

- **ACEPTADO.** Este mensaje aparece cuando el resultado de la consulta enviada por el usuario es idéntico al resultado de la respuesta oficial aparece. El mensaje indica que la respuesta es correcta.
- **RESPUESTA INCORRECTA.** Se muestra si la tupla que resulta de la consulta del usuario tiene el mismo número de renglones y el mismo número de columnas que la solución oficial pero los datos resultantes no coinciden.
- **NÚMERO DE RENGLONES INCORRECTO.** Cuando el número de renglones no coincide con la solución oficial.
- **NÚMERO DE COLUMNAS INCORRECTO.** Este mensaje se muestra cuando el número de renglones si coincide pero el número de columnas no coincide con la solución oficial.

- **ERROR EN LA EJECUCIÓN.** Este mensaje de error lo presenta en el caso de que la consulta enviada no pueda ser evaluada debido a que genera un error en tiempo de ejecución. El problema puede deberse a un error de sintaxis, a un error en el nombre de los objetos o cualquier otro error que no permita la ejecución de la consulta.
- **NO SE PERMITEN NOMBRES DE COLUMNAS DUPLICADOS.** Debido a la forma de evaluación de las consultas, el sistema no permite que dos columnas tengan el mismo nombre. El lenguaje SQL permite que dos columnas del resultado tengan el mismo nombre pero por cuestiones técnicas esto se limita en el evaluador.

La evaluación de las consultas SQL se realiza comparando la sentencia SQL enviada por el usuario contra la solución que se almacena también como una sentencia SQL dentro del sistema. La Figura 3. Proceso de evaluación de consultas SQL, muestra paso a paso el algoritmo utilizado para este fin. El usuario buscará obtener el mensaje “ACEPTADO” pero también puede obtener mensajes de retroalimentación que le ayuden a comprender que está fallando en la solución que envió al sistema.



**Figura 3** Proceso de evaluación de consultas SQL

### Software utilizado

El Sistema Gestor de Bases de Datos MySQL es uno de los más utilizados, un gran porcentaje de sitios web alrededor del mundo lo manejan, por este motivo se decidió usar desarrollar el evaluador para este manejador de base de datos, aunque el procedimiento utilizado para la evaluación de las consultas permite que en un futuro se realicen evaluaciones con diferentes gestores.

Para el desarrollo de la aplicación de escritorio se utilizó Microsoft Visual Studio Community Edition con el lenguaje de programación Visual Basic.net y una arquitectura en capas que permite el desacoplamiento de interfaz gráfica y el código de acceso a base de datos, además permite con facilidad la integración posterior con un sistema web.

El uso de estas herramientas permite una gran velocidad en las evaluaciones. Los resultados de la evaluación son entregados al usuario final de forma inmediata. En la gran mayoría de las pruebas, el resultado se mostró en menos de un segundo, en ningún caso excedió los dos segundos.

### Resultados

El primer resultado del proyecto es el sistema SQLJudge, el cual fue puesto a prueba en un examen de segunda oportunidad en la materia Fundamentos de Bases de Datos en el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR), además se utilizó en la evaluación de la tercera unidad de la materia Taller de Bases de Datos en la misma institución. El software respondió a las expectativas evaluando 1034 envíos de 25 alumnos en la primera evaluación y 215 envíos de 15 alumnos en la segunda evaluación.

En la Tabla 1. Problemas resueltos se muestran los resultados de los alumnos en la evaluación de la materia Taller de Bases de Datos. En la evaluación se incluyeron cinco problemas a resolver.

La retroalimentación que brinda el sistema fue de utilidad para que los alumnos resolvieran los problemas. Ocho alumnos (53.33%) resolvieron todos los problemas mientras que el 73.33% aprobaron la evaluación.

Uno de los resultados más importantes es el tiempo que requirió el docente para la evaluación, el cual se redujo de aproximadamente tres horas a cero. El sistema permitió que tanto el docente como los alumnos conocieran de forma inmediata los resultados sin emplear un solo minuto en la revisión de las evaluaciones.

Usuario	Problemas Resueltos
2	5
5	5
7	5
8	5
10	5
11	5
13	5
16	5
3	4
9	4
12	4
14	2
15	2
4	1
6	1

**Tabla 1** Problemas resueltos.

## Conclusiones

La pregunta principal del presente trabajo de investigación es la siguiente: *¿Es posible desarrollar un sistema que realice evaluaciones automáticas de consultas de selección en el Lenguaje Estructurado de Consultas y además retroalimente a los usuarios del sistema respecto al resultado obtenido?* El prototipo desarrollado y su uso en las evaluaciones a alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas demuestran si es posible que un sistema evalúe automáticamente las consultas de selección de SQL y además permita a los usuarios del sistema obtener retroalimentación sobre cada uno de los problemas evaluados.

Actualmente, el prototipo funciona en una plataforma de escritorio pero el futuro de este proyecto está dirigido a su implementación en plataformas web donde pueda tener una disponibilidad total para cualquier usuario en el mundo que tenga interés en aprender y practicar el lenguaje SQL.

Podrían desarrollarse diversos módulos para complementar el módulo central, entre ellos, el registro de alumnos e instituciones de educación tanto superior como media superior, la administración del rating de los usuarios, la posibilidad de que otros docentes generen problemas y casos de prueba que apliquen con sus alumnos y además compartan con otros usuarios, la creación de concursos en el lenguaje SQL para fomentar competencias académicas entre estudiantes de tecnologías de la información, la categorización de problemas de acuerdo diversos tipos con objetivos didácticos.

## Referencias

- Allen, G. N. (2000). WebSQL: An interactive Web Tool for teaching Structured Query Language. *2000 Americas Conf. on Information System*, 2066-2071.
- Bhagat, S., Bhagat, L., & Sasikumar, S. (2002). Achayra: An intelligent tutoring environment for learning SQL. *Vidyakash 2002 International Conference on online Learning*.
- Coleman, J. (2003). Online Assesment of SQL Query Formulations Skills. *fifth Australian Computer Science Education Conference*, 247-256.
- Dekeyser, S., de Raadt, M., & Lee, T. (2006). Do students SQLify? Improving learning outcomes with Peer review and enhanced computer assisted assessment of Querying Skills. *6th Baltic Sea Conference on computing Education Research*.
- Dietrich, S. W., Eckert, E., & Piscator, K. (1997). WinRDBI: a Windows-based Relational Database Educational Tool. *28th ACM SIGCSE Technichal Symposium on Computer Science Education*, 126-130.

Kearns, R., Shead, S., & Fekete, A. (1997). A Teaching System for SQL. *Second Australasian Computing Education Conference (ACE)*, 224-231.

Kenny, C., & Pahl, C. (2005). Automated tutoring for a Database Skills Training Environment. *ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education 2005*, 58-62.

Laine, H. (2001). SQL-Trainer. *First Annual Finnish/Baltic Sea Conference On Computer Science Education*, 13-17.

Mitrovic, A. (2003). An intelligent SQL tutor on the web. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13, 173-197.

Sadiq, S., Orłowska, M., Sadiq, W., & Lin, J. (2004). SQLator An Online SQL Learning Workbench. *Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE)*, 223-227.

Soler Masó, J. (2010). Entorno virtual para el aprendizaje y la evaluación automática en bases de datos (tesis doctoral). Universidad de Girona, Girona, España.

## Tecnologías de la Información y Comunicación en las Comunidades de Práctica y Aprendizaje

FELIX-Vanessa†\*, MENA-Luis, OSTOS-Rodolfo y TORRES-Víctor

*Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

Recibido Julio 1, 2015; Aceptado Septiembre 12, 2015

### Resumen

Una de las posibles adversidades con las que se enfrenta una persona en busca del conocimiento es el no acceso a la información o a los servicios escolares. En el presente trabajo de investigación se analizará la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en una comunidad de práctica y aprendizaje a través de un grupo de personas con un fin en común, entre ellas, aquellas que están dedicadas a la educación y estudiantes.

Se desarrollará una comunidad de práctica y aprendizaje, donde se aplicarán las tecnologías de la información y la comunicación para compartir información, experiencias y contenidos de conocimiento, abriendo una brecha para el desarrollo de nuevas estrategias de enseñanza para facilitar un ambiente de aprendizaje enriquecido aplicado a una comunidad de práctica y aprendizaje. Infiriendo que el uso de las tecnologías de la información y la comunicación confirman la trayectoria exitosa de aquellas personas dentro de una comunidad de práctica y aprendizaje a lo largo del proceso educativo. Dichos hallazgos indicaron la necesidad de fortalecer la capacitación y la formación docente en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

**Tecnologías de la Información y la Comunicación, comunidades de práctica, comunidades de aprendizaje**

### Abstract

One of the possible adversities with which a person is faced in search for knowledge is the no access to the information or school services. The present work will discuss the application of information technology and communication in a community of practice and learning, through a small group of people with a common purpose, including people involved in education and students. A community of practice and learning will be created, where information technology and communication will be applied to share information, experiences and knowledge content, opening a gap to develop new teaching strategies to facilitate a learning environment enriched implemented in communities of practice and learning. Inferring that the use of information technology and communication confirm the successful trajectory of people within a community of practice and learning throughout the educational process. These findings indicated the need to strengthen training and teacher training in the use of information technologies and communication.

**Information Technology and Communication, communities of practice and learning communities**

**Citación:** FELIX-Vanessa, MENA-Luis, OSTOS-Rodolfo y TORRES-Víctor. Tecnologías de la Información y Comunicación en las Comunidades de Práctica y Aprendizaje. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 173-179

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: vfelix@upsin.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación constituyen una parte esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en los distintos centros educativos en México, independientemente del de tipo que sean, privados o públicos. En gran medida se debe a la disposición de nuevas herramientas, las cuales en su gran mayoría son de bajo costo, lo cual facilita a reducir la carencia de información o de contenidos de conocimiento.

Como precedente importante en el marco de la educación, en el mes de noviembre del año 2011 se destaca a la ciudad de México en el uso de tecnologías: Ocupando el lugar 12 del mundo en el uso de las tecnologías de la información y comunicación, aplicadas en áreas como educación, economía y ambiente (El Universal, 2011).

Entendiendo como tecnologías de la información y comunicación (TIC) a aquellas tecnologías y herramientas que las personas utilizan para compartir, comunicarnos, distribuir y reunir información mediante el uso de computadoras y redes de comunicación interconectadas (internet). El impacto social de las TIC toca muy de cerca a escuelas y universidades, propiciando modificaciones en las formas tradicionales de enseñar y aprender. Sin embargo, es perfectamente posible distinguir tres grupos de instituciones escolares:

- Las que poseen los recursos económicos para adquirir la tecnología y un desarrollo profesional de sus docentes que les permita llevar a cabo una verdadera transformación en la forma de enseñar.
- Las que aún teniendo la posibilidad de adquirir la tecnología; carecen de un claustro preparado para darle un correcto uso educacional.

- Y finalmente la gran mayoría de instituciones que carecen de recursos económicos para renovar su parque tecnológico al ritmo que impone el desarrollo de este.

Si atenemos el hecho evidente de que el avance incesante de la tecnología no parece tener freno, el reto de los centros educativos y en particular de las universidades radica en prepararse como institución y preparar a su vez a sus educandos en la adaptación de los cambios de manera rápida y efectiva con un mínimo gasto de recursos humanos y materiales. Entre las claves fundamentales para el éxito está lograr que el aprendizaje se convierta en un proceso natural y permanente para estudiantes y docentes. Es necesario aprender a usar las nuevas tecnologías y usar las nuevas tecnologías para aprender.

Es tarea de los educadores utilizar las TIC como medios para proporcionar la formación general y la preparación para la vida futura de sus estudiantes, contribuyendo al mejoramiento en el sentido más amplio de su calidad de vida. Si se tiene en cuenta que la nueva tecnología no garantiza con su sola frecuencia el éxito pedagógico, es necesario diseñar con mucho cuidado el programa educativo donde será utilizada. Resulta por tanto un deber ineludible de los educadores definir y contextualizar las TIC en el sector educativo.

Una de las mayores dificultades a vencer para la introducción y la utilización eficiente de las TIC en la educación radica en que esta última es, por lo general, resistente a los cambios, así como poco ágil y efectiva a la hora de adaptarse y enfrentar los nuevos retos.

Esto provoca, por una parte, que en la mayoría de los casos los alumnos conozcan de las nuevas potencialidades tecnológicas fuera del ámbito escolar y por otra, que cuando ya el objetivo de las TIC carezcan de todo sentido al referirse a la tecnología en cuestión; todavía se están realizando en las escuelas las primeras pruebas para la introducción en la actividad escolar.

Sin embargo, quizás por primera vez y por su poderoso carácter social; las nuevas tecnologías comienzan a introducirse en el mundo escolar, al menos en los países desarrollados, casi al mismo tiempo que lo hacen en otras esferas de la sociedad. Lo anterior está estrechamente relacionado con la imperiosa necesidad de las empresas de trazar una estrategia para lograr la superación permanente de su personal desde su propio puesto de trabajo, que permita una adaptación rápida a los cambios que impone la nueva revolución científico-técnica al proceso de producción.

Es necesario que en el ámbito educacional, se gane conciencia de que el empleo de estos nuevos medios, impondrán marcadas transformaciones en la configuración del proceso pedagógico, con cambios en los roles que han venido desempeñando estudiantes y docentes. Nuevas tareas y responsabilidades esperan a estos, entre otras; los primeros tendrán que estar más preparados para la toma de decisiones y la regulación de su aprendizaje y los segundos para diseñar nuevos entornos de aprendizaje y servir de tutor de los estudiantes al pasarse de un modelo unidireccional de formación, donde él es el portador fundamental de los conocimientos, a otro más abierto y flexible en donde la información se encuentra en grandes bases de datos compartidos por todos.

Según un estudio de hábitos de usuarios de Internet en México desarrollado por la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), al cierre de 2012 existían 45 millones de internautas, de los cuales, el 43% se concentraban en el rango de entre 12 y 24 años. El tiempo promedio de conexión en el mismo año fue de 5 horas diarias y el 84% de los internautas declararon utilizar la red para realizar búsquedas de información (Mundo Contact, 2013).

Una comunidad de práctica es un grupo social que comparte conocimiento a través de experiencias vividas. Es interesante y muy ilustrativo también el concepto de la comunidad de práctica descrito por Etienne Wenger, para el que “desde el principio de la historia, los seres humanos han formado comunidades que acumulan su aprendizaje colectivo en prácticas sociales comunidades de práctica”.... que define el conocimiento como un acto de participación” (Nicanor García Fernández, 2002).

Una comunidad de aprendizaje es un modelo de formación abierto, participativo y flexible, constituido por personas con fines comunes para lograr un objetivo mutuo utilizando herramientas comunes en un mismo entorno.

Si las tecnologías de la información y la comunicación facilitan el aprendizaje y las comunidades de práctica y aprendizaje fomentan el compartir conocimiento, ¿Qué resultará de la unión o trabajo en equipo entre estos tres conceptos?

A lo largo del contenido del presente trabajo se formula una conclusión a la pregunta anterior, así como a las siguientes:

- ¿En una comunidad de práctica y aprendizaje se utilizan las TIC?
- ¿La implementación de una comunidad de práctica y aprendizaje mejora empleando TICs?

### Metodología a de desarrollar

Se utilizó una metodología cuantitativa para medir la aplicación de las TIC en una comunidad de aprendizaje, todo esto con un enfoque descriptivo. También se utilizó el modelo de Pablo Freiré ya que abandona el concepto tradicional de enseñanza, el cual nos dice: el sujeto de la educación es el educador, el cuál conduce al educando en la memorización mecánica de los contenidos.

Para validar la investigación se realizó un sondeo de los 100 estudiantes de la carrera de Psicología en la Universidad de Occidente unidad Mazatlán, del cual se obtuvo una muestra de tipo aleatoria entre los alumnos del primer trimestre al último trimestre, cuestionando su conocimiento acerca de las comunidades de práctica y aprendizaje y su disposición a participar en una (Ver tabla 1).

Cuestionario
1. ¿Conoces lo que es una comunidad de práctica y aprendizaje?
2. ¿Estarías dispuesto a participar en una comunidad de práctica y aprendizaje?

**Tabla 1** Reactivos utilizados en alumnos de Psicología.

La muestra de tipo aleatoria, obtenida a partir del sondeo realizado a la carrera de Psicología de la UdeO unidad Mazatlán, consistió en 10 estudiantes, mismos que representaron el 10% del sondeo.

Para renovar y reforzar nuestra muestra previa se invitó a 2 docentes, los cuáles se eligieron a partir de los grupos de donde se seleccionaron a los estudiantes.

Las 12 personas que conformaron nuestra nueva muestra compartieron experiencias y fines comunes, en cuanto a conocimiento, través del desarrollo de una plataforma virtual e internet para medir el uso de las TIC en una comunidad de práctica y aprendizaje.

En la tabla dos veremos el instrumento utilizado para medir los resultados, un cuestionario de 4 reactivos con respuesta en escala de Likert, el cuál busco medir factores relacionados al uso de la plataforma virtual, así como la experiencia al formar parte de una comunidad de práctica y aprendizaje.

Cuestionario
1. ¿Sueles formar parte de grupos de estudio?
2. ¿Cuando estás en un espacio compartiendo experiencias o conocimiento usas tecnología para ayudarte?
3. ¿Compartiste información?
4. ¿Cada cuánto visitaste la plataforma virtual para ampliar tu conocimiento?

**Tabla 2** Reactivos utilizados en el cuestionario.

Para saber los resultados tomamos el valor máximo de satisfacción en nuestra escala de Likert (5, Siempre) y lo multiplicamos por el total de sujetos (12) para obtener la puntuación más alta obtenible y que representen el 100%, después procedimos a elaborar una sencilla regla de 3 para saber qué porcentaje correspondía en base a la suma de puntos de la escala de Likert obtenida de cada pregunta.

Total en %	Puntos totales Likert obtenidos por pregunta
100%	60 pts.
Resultado: $(30 * 100)/60 = 50\%$	<b>Ejemplo: 30 pts.</b>

**Tabla 3** Método utilizado para obtener reactivos.

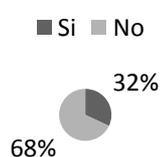
Variable equivalente	Total en %	Puntos Likert
Siempre	100	60
Casi siempre	80	48
A veces	60	36
Casi nunca	40	24
Nunca	20	20

**Tabla 4** Representación del porcentaje en base a la escala de Likert.

## Resultados

Desenlace obtenido del sondeo realizado a la carrera de Psicología de la Universidad de Occidente unidad Mazatlán a 100 estudiantes.

### 1. ¿Conoces lo que es una comunidad de práctica y aprendizaje?



**Gráfico 1** Resultados obtenidos del primer reactivo aplicado en sondeo.

### 2. ¿Estarías dispuesto a participar en una comunidad de práctica y aprendizaje?



**Gráfico 2** Resultados obtenidos del segundo reactivo aplicado en sondeo.

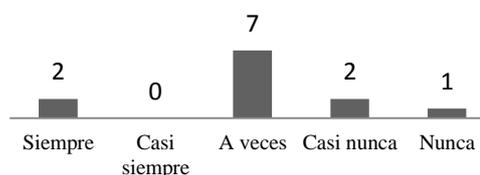
Se puede apreciar a un total de 68 personas que desconocen lo que es una comunidad de práctica y aprendizaje, en comparación con un 32 que la conocen.

Lo que nos da a entender que sigue siendo un tema con poco efecto sobre los estudiantes, al ser más del 50% los que lo desconocen.

Sin embargo, se puede apreciar en la gráfica 2 la iniciativa de 71 personas de participar en una comunidad de práctica y aprendizaje. En consecuencia, podemos deducir que de las 71 personas que estarían dispuestas a participar, 32 ya conocían las comunidades de práctica y aprendizaje, dejando a 39 personas dispuestas a participar, un número mayor a las 32 personas que no conocían las comunidades de práctica y aprendizaje.

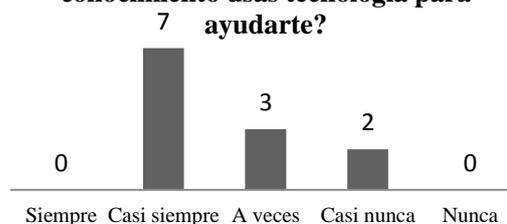
En cuanto a los reactivos utilizados en la muestra de 12 sujetos para saber el uso de las TIC en una comunidad de práctica y aprendizaje se obtuvo el siguiente desenlace:

### 1. ¿Sueles formar parte de grupos de estudio?

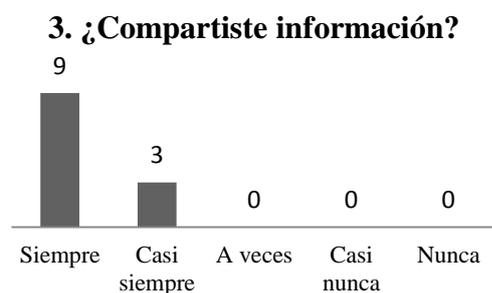


**Gráfico 3** Resultados del primer reactivo aplicado a la muestra.

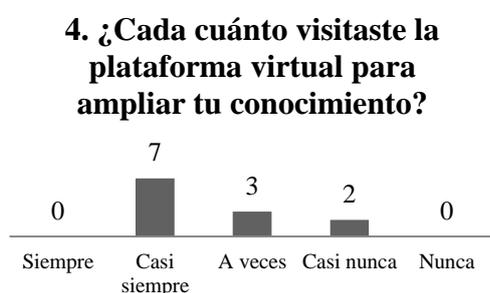
### 2. ¿Cuando estás en un espacio compartiendo experiencias o conocimiento usas tecnología para ayudarte?



**Gráfico 4** Resultados del segundo reactivo aplicado a la muestra.



**Gráfica 5** Resultados del tercer reactivo aplicado a la muestra.



**Gráfica 6** Resultados del cuarto reactivo aplicado a la muestra.

Del reactivo uno, podemos apreciar que el formar o crear un grupo de estudio es para los estudiantes una opción sola cuando es requerido por un tercero o gusto del mismo estudiante, sin embargo, los docentes invitados indicaron que siempre forman parte de un grupo de estudio. Del reactivo dos, los resultados fueron reveladores en el uso de las TIC para compartir conocimiento, con un total de 7 alumnos con “Casi siempre” y 3 con “A veces”, sin embargo, nos sorprendió que las dos personas que indicaron “Casi nunca” fueran docentes.

En el reactivo tres, se obtuvo un total de 9 “Siempre” y 3 “Casi siempre” en cuanto a compartir información se refirió, resultando en 7 personas que compartieron información a través de una TIC (plataforma virtual e internet) y 5 personas utilizaron otros medios para compartir información. En el reactivo cuatro 7 personas marcaron “Casi siempre” en el uso de la plataforma virtual para ampliar su conocimiento, 3 personas con “A veces” y 2 con “Casi nunca” siendo otra vez los docentes.

Como resultado final tenemos que los estudiantes han venido integrando las TIC en su quehacer universitario, en especial, en la participación en comunidades de práctica y aprendizaje usando Internet.

En cuanto a los docentes que participaron en esta investigación científica, cabe resaltar la necesidad de fortalecer la capacitación y la formación docente en las tecnologías de la información y la comunicación, ya que, aún se hallan resistencias para integrarlas a sus prácticas docentes.

### Conclusiones

La unión de estos elementos, TICs y comunidades de práctica y aprendizaje, brindo a los estudiantes y docentes una nueva estrategia para impulsar una educación escolar de calidad, que rompa el esquema ordinario, facilitando la comunicación entre personas y la absorción del conocimiento de manera creativa y tecnológica.

Como conclusión, los estudiantes quieren expandir su conocimiento, formando parte de una comunidad de práctica y aprendizaje y empleando TICs cada vez más en su formación profesional.

### Agradecimientos

Se agradece las facilidades porporciadas por Grupo de Investigación TicMóvil, así como Los autores agradecen el apoyo del Programa Interinstitucional para el Fortalecimiento de la Investigación y el Posgrado del Pacífico (Programa Delfín), que promueve la formación y consolidación de redes integradas por investigadores de diferentes universidades, institutos tecnológicos y consejos estatales de ciencia y tecnología de México.

**Referencias**

El Universal. (2011). Destaca la ciudad de México en uso de tecnologías. Recuperado de <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/67510.html>

Mundo Contact. (2013). La importancia de las TIC en la calidad educativa en México. Recuperado de <http://mundocontact.com/la-importancia-de-las-tic-en-la-calidad-educativa-en-mexico/>

Nicanor García Fernández. (2002). Las comunidades de aprendizaje. Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/6/comunidades.pdf>

### Instrucciones para Autores

A. Envío de artículos con las áreas de análisis y la modelación de los problemas en Comercio Internacional

B. La edición del artículo debe cumplir las siguientes características:

- Redactados en español o en inglés (preferentemente). Sin embargo, es obligatorio presentar el título y el resumen en ambos idiomas, así como las palabras clave.

- Tipografía de texto en Times New Roman #12 (en títulos- Negritas) y con cursiva (subtítulos- Negritas) #12 (en texto) y # 9 (en citas al pie de página), justificado en formato Word. Con Márgenes Estándar y espaciado sencillo.

- Usar tipografía Calibre Math (en ecuaciones), con numeración subsecuente y alineación derecha: Ejemplo;

$$\sigma \in \Sigma : H\sigma = \bigcap_{s < \sigma} Hs \quad (1)$$

- Comenzar con una introducción que explique el tema y terminar con una sección de conclusiones.

- Los artículos son revisados por los miembros del Comité Editorial y por dos dictaminadores anónimos. El dictamen será inapelable en todos los casos. Una vez notificada la aceptación o rechazo de un trabajo, su aceptación final estará condicionada al cumplimiento de las modificaciones de estilo, forma y contenido que el editor haya comunicado a los autores. Los autores son responsables del contenido del trabajo y el correcto uso de las referencias que en ellos se citen. La revista se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los textos a nuestra política editorial.

C. Los artículos pueden ser elaborados por cuenta propia o patrocinados por instituciones educativas ó empresariales. El proceso de evaluación del manuscrito no comprenderá más de veinte días hábiles a partir de la fecha de su recepción.

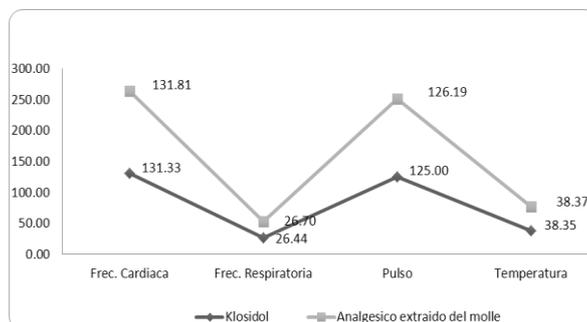
D. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de selección sea anónimo.

E. Los cuadros, gráficos y figuras de apoyo deberán cumplir lo siguiente:

- Deberán explicarse por sí mismos (sin necesidad de recurrir al texto para su comprensión), sin incluir abreviaturas, indicando claramente el título y fuente de consulta con referencia abajo con alineación izquierda en tipografía número 9 con negritas.

- Todo el material de apoyo será en escala de grises y con tamaño máximo de 8cm de anchura por 23cm de altura o menos dimensión, además de contener todo el contenido editable

- Las tablas deberán ser simples y exponer información relevante. Prototipo;



**Gráfico 1** Relación de valores y porcentajes post-quirúrgicos entre medicamentos

F. Las referencias bibliográficas se incorporarán al final del documento con estilo APA.

La lista de referencias bibliográficas debe corresponder con las citas en el documento.

G. Las notas a pie de página, que deberán ser usadas sólo excepcionalmente para proveer información esencial.

H. Una vez aceptado el artículo en su versión final, la revista enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN-Spain únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del artículo. El autor tendrá un plazo máximo de 10 días naturales para dicha revisión. De otra forma, se considera que el (los) autor(es) está(n) de acuerdo con las modificaciones hechas.

I. Anexar los Formatos de Originalidad y Autorización, con identificación del Artículo, autor (es) y firma autógrafa, de esta manera se entiende que dicho artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales.

**Formato de Originalidad**



Madrid, España a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

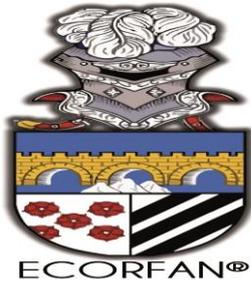
---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)

**Formato de Autorización**



Madrid, España a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Spain difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Spain to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

ISSN-2444-4928



[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)