

# Compuestos Bioactivos y Benéficos para la Salud Humana a partir del Sistema Miofibrilar de *Sus scrofa*

Acoltzi Bautista Aquilina<sup>1</sup>, García Ignacio Helue M<sup>2</sup>, Minor Pérez Hugo<sup>3</sup>,  
y García Barrientos Raquel<sup>4</sup>

**Resumen**— Los métodos de conservación utilizados en el procesamiento de la carne no solo han logrado alargar su vida de anaquel, sino que algunos han generado vías para obtener compuestos bioactivos, los cuales son benéficos para la salud, comportándose como agentes antioxidantes, antihipertensivos, anti-inflamatorios e inmunomoduladores. En el presente trabajo se realizó un análisis prospectivo del uso del sistema miofibrilar de cerdo como una fuente de compuestos bioactivos y benéficos para la salud humana, evaluando algunos métodos de conservación para su obtención. El aprovechamiento de estos compuestos, podría estar dirigido hacia la obtención y su inclusión en sistemas alimenticios o mediante el consumo directo y limitado.

**Palabras clave**—Carne, bioactividad, cerdo

## Introducción

La carne es catalogada como uno de los principales alimentos de consumo humano debido al valor nutricional que aporta al ser humano, además de los aminoácidos esenciales que aporta al organismo. Por otro lado es un alimento valorado por un sector de la población debido a las propiedades organolépticas que presenta. Sin embargo presenta diversas moléculas generadas como resultado de diversos mecanismos bioquímicos, durante diferentes tratamientos de conservación los cuales presentan actividad biológica con efectos benéficos a la Salud humana. La mayor producción de las carnes en México está destinada hacia los ganados bovino, porcino, y aviar, mientras que en los de menor consumo se encuentra los caprinos y ovinos. Una de las especies mas explotadas en la elaboración de productos cárnicos es el cerdo científicamente llamado *Sus scrofa*. La carne de cerdo además de ser la mas consumida, presenta una mejor funcionalidad fisicoquímica de sus componentes moleculares mayoritarios, siendo estos las proteínas, cuyos compuestos derivados de estas presentan actividad biológica que podrían ayudar a la salud.

## Bioquímica de la Carne

Anatómicamente, la carne es el músculo estriado, que puede ser obtenido por más de 300 especies de animales terrestres y marinos. Sin embargo técnicamente es denominada carne a la proveniente de animales terrestres. Se llama carne cuando ésta ha pasado por una serie de pasos bioquímicos que van desde el paro respiratorio del animal hasta la resolución de la etapa denominada como *rigor mortis*.

La mayor producción de las carnes en México está destinada hacia los ganados bovino, porcino, y aviar, mientras que en los de menor consumo se encuentra los caprinos y ovinos. Una de las especies mas explotadas en la elaboración de productos cárnicos es el cerdo científicamente llamado *Sus scrofa*. La carne de cerdo además de ser la mas consumida, presenta una mejor funcionalidad fisicoquímica de sus componentes moleculares mayoritarios, siendo estos las proteínas (Toldrá y Reig, 2015).

## Proteínas Cárnicas

Las proteínas de cualquier sistema cárnico son distribuidas en tres grandes grupos, las proteínas conectivas donde se encuentran el colágeno, la elastina y la reticulina; las proteínas sarcoplasmáticas, en las cuales se presentan los pigmentos tales como la mioglobina, y algunas enzimas lisosomales, y el tercer grupo es comprendido por las proteínas encontradas en el sistema miofibrilar, llamadas también miofibrilares, en las cuales se encuentran la

<sup>1</sup> Acoltzi Bautista Aquilina, Ingeniero Químico y alumna de la Maestría en Ingeniería de la Universidad Politécnica de Tlaxcala, Tepeyanco., Tlaxcala [aquilina.acoltzi@uptlax.edu.mx](mailto:aquilina.acoltzi@uptlax.edu.mx)

<sup>2</sup> Helue M. García Ignacio es Maestra en Biotecnología y Profesora Investigadora de la Universidad Politécnica de Tlaxcala, Tepeyanco., Tlaxcala [helue.garcia@uptlax.edu.mx](mailto:helue.garcia@uptlax.edu.mx)

<sup>3</sup> Hugo Minor Pérez es Doctor en Ciencias Biológicas y Profesor Investigador del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec [hminorperez@yahoo.com.mx](mailto:hminorperez@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup> García Barrientos Raquel es Doctora en Biotecnología y Profesora Investigadora de la Universidad Politécnica de Tlaxcala, Tepeyanco., Tlaxcala [raquel.garcia@uptlax.edu.mx](mailto:raquel.garcia@uptlax.edu.mx) (autor corresponsal)

miosina, la actina, la actomiosina entre otras. Este último grupo es de suma importancia ya que de ellas depende la funcionalidad fisicoquímica de las proteínas, es decir su interacción y estabilidad molecular con otras moléculas. Por ejemplo durante en la formación de emulsiones cárnicas para la elaboración de embutidos emulsionados y cocidos es importante la estabilidad, la formación de la emulsión y la formación e integridad del gel durante el cocimiento, y diversos estudios han mostrado que las proteínas miofibrilares presentan mayor interacción con otras moléculas que las proteínas miofibrilares de otras especies, en cuyos sistemas son agregados aditivos para lograr la integridad y calidad de embutidos. Los embutidos cárnicos ya sean cocidos o curados, durante su almacenamiento y maduración presentan mecanismos bioquímicos los cuales generan diferentes compuestos los cuales repercuten en el sabor, olor y textura del producto final. Estos cambios son asociados al efecto de la acción de sistemas proteolíticos endógenos y/o la acción de microorganismos, fundamentalmente los que actúan bajo una fermentación láctica (Toldrá y Reig, 2015).

#### *Mecanismos de obtención de compuestos bioactivos*

Los mecanismos bioquímicos, de tipo enzimático son desarrollados principalmente por dos vías enzimáticas, donde las proteasas llamadas catepsinas y calpains, ejercen su acción sobre el sistema miofibrilar de la matriz del producto. Los microorganismos utilizados durante la maduración de productos cárnicos embutidos son aquellos que por el procesos homofermentativo producen ácido láctico, el cual es un metabolito que ayuda en cierta forma como un conservador, en donde el pH del medio está directamente relacionado en el crecimiento de microorganismos patógenos, y de descomposición los cuales en su mayoría crecen a valores de pH cercanos a la neutralidad o en medios alcalinos. Sea cual sea el medio bioquímico de proteólisis, se ha observado que son generados compuestos de naturaleza proteica los cuales poseen efectos deseables en la calidad del producto. Sin embargo en los últimos años la industria cárnica ha dirigido sus investigaciones hacia la mejoría de métodos de conservación, y sobre todo en la investigación científica de los compuestos generados por las dos vías antes mencionadas. Estos estudios van desde la producción y aplicación de los metabolitos generados por bacterias lácticas llamados bacteriocinas, hasta el estudio de los péptidos generados por proteólisis, de los cuales se ha observado que presentan actividad biológica, y que se tratará en el siguiente apartado. Mientras tanto es importante recalcar que las bacteriocinas, son compuesto que presentan actividad antimicrobiana en la conservación de productos cárnicos (Karpínsky y Szkaradkiewicz, 2016).

#### *Compuestos bioactivos naturales en la carne.*

Numerosas moléculas con actividad biológica han sido encontradas en el sistema cárnico de diversas especies, tales como el ácido linoleico, carnosina, anserina, L-carnitina, el glutatión, la taurina, la coenzima Q10 y la creatinina, todos estos compuestos presentan una aplicación comercial en el desarrollo de productos nutracéuticos o en el desarrollo de productos cárnicos funcionales, los cuales han sido estudiados desde aproximadamente hace 10 años. Por otro lado, algunos estudios han dirigido sus investigaciones a la obtención de compuestos bioactivos apartir de las condiciones de alimentación de los animales (Arihara, 2006 y 2008).

Algunas moléculas de naturaleza han sido estudiadas desde mas de 20 años, Quinn et al. (1992) encontraron en extractos de sistema miofibrilar a los histidil dipéptidos: la anserina y la carnosina. Con el paso de los años se observó que estos compuestos naturalmente presentan una actividad antioxidante sobre la oxidación de los lípidos encontrados en el sistema cárnico. La concentración de la carnosina encontrada en la carne de cerdo fue mayor que la encontrada en el sistema miofibrilar de las aves, siendo 2700 mg/kg y 500mg/kg respectivamente (Arihara y Ohata, 2008). Estos compuestos no solo son conocidos por su actividad antioxidante de la grasa encontrada en el sistema cárnico, sino que también se han encontrado otro tipo de bioactividad con beneficios para la salud humana, tales como antihipertensiva, anti-inflamatoria, inmunomoduladora, y anticonvulsiva (Kovacs-Nolan y Mine, 2010).

#### *Proceso térmico como una alternativa en la obtención de bioactivos*

En los últimos años se ha estudiado el efecto de diversos tratamientos en la carne, para lograr la formación de compuestos con actividad biológica. Una de las alternativas propuestas en el presente trabajo, es el uso del tratamiento térmico de la carne de cerdo, ya que se ha observado la formación de compuestos de naturaleza proteica y con actividad antioxidante y quelante del ion hierro. Se ha estudiado el tratamiento térmico inducido a la carne de cerdo, tales procesos en los métodos de freído, y térmico a ebullición.

Los resultados obtenidos al finalizar el estudio es el número de péptidos obtenidos por efecto del tratamiento térmico, los cuales pueden ser observados en la Figura 1, en la cual se muestra un electroforetograma del sistema

miofibrilar aislado del músculo *Longissimus dorsi* de *Sus crofa*.

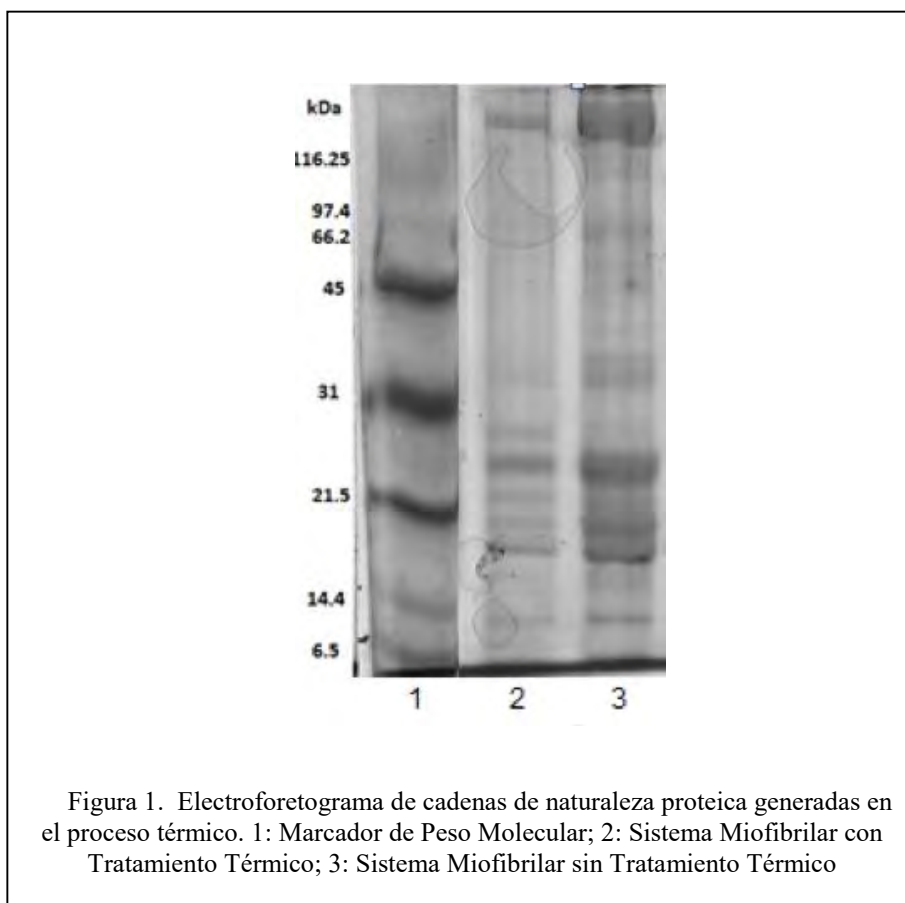


Figura 1. Electroforetograma de cadenas de naturaleza proteica generadas en el proceso térmico. 1: Marcador de Peso Molecular; 2: Sistema Miofibrilar con Tratamiento Térmico; 3: Sistema Miofibrilar sin Tratamiento Térmico

Durante el tratamiento térmico la carne pasa por diversos etapas de cambio, tanto físicas como químicas, incluyendo la pérdida de peso, las modificaciones de la capacidad de retención de agua, la textura, las fibras musculares de contracción, el color y el desarrollo del aroma, que dependen en gran medida de desnaturalización de las proteínas y el agua pérdida. Las características de calidad de los productos cárnicos cocidos también dependen de la composición y las características de los músculos, el método de calentamiento, así como la evolución en el tiempo y temperatura durante la cocción (Mora et al 2011, Kondjoyana et al., 2013). En la Universidad Politécnica de Tlaxcala en conjunto con el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec se desarrolló un proyecto en el cual se estudió el efecto térmico en la carne de cerdo sobre la producción de compuestos bioactivos de naturaleza proteica, encontrando que extractos proteicos del sistema miofibrilar, presentaron actividad antioxidante al ser analizados mediante el método del ABTS y se observó la capacidad quelante que presentan estos compuestos sobre el ion fierro, lo anterior es atribuido a que las proteínas, al ser sometidas bajo temperaturas altas, se desnaturalizan y forman cadenas polipeptídicas y péptidos, los cuales presentaron actividad biológica.

#### Recomendaciones

Se propone para estudios posteriores estudiar la secuencia estructural de los compuestos obtenidos por tratamiento térmico, con el fin de conocer el grupo de aminoácidos por el cual están conformados.

#### Conclusiones

La carne de cerdo puede ser una fuente para la obtención de compuestos bioactivos, los cuales ayuden a la salud humana, por el proceso de conservación térmico a temperaturas de ebullición. El desarrollo del presente trabajo

contribuyó a la ciencia básica en la generación de conocimiento sobre lo beneficio del consumo de carne de cerdo, desde el punto de vista biológico.

### Referencias

Arihara K. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci* Vol. 74, 2006.

Arihara, K. y Ohata, M. Bioactive compounds in meat. En el libro *Meat Biotechnology* (F. Toldra, Ed.), Nueva York: Springer, 2008.

Karpiński, T.M. y Szkaradkiewicz A.K. Bacteriocins Reference Module in Food Science, En el libro: *Encyclopedia of Food and Health*, 2016.

Kondjoyana, A. Kohler, A. Realini, C.E. Portanguena, S. Kowalski, R. Clerjona, S. Gatellier, P. Chevolleau, S. Bonny J.M. y Debrauwer, L. Towards Models for the Prediction of Beef meat Quality During Cooking. *Meat Sci. Vol. 97*, 2013.

Mora B. Curti E., Vittadini, E., y Barbanti, D. Effect of Different Air/Steam Convection Cooking Methods on Turkey Breast Meat: Physical Characterization, Water Status and Sensory Properties. *Meat Sci. Vol. 88*, 2011.

Quinn P.J. Boldyrev A.A. y Formazuyk V.E . 1992 . Carnosine: Its properties, functions and potential therapeutic applications. *Mol Aspects Med* Vol. 13, No. 5, 1992

Toldrá, F. y Reig M. The biochemistry of meat and fat. F. Toldrá, Y.H. Hui, I. Astiasarán, J.G. Sebranek, R. Talon (Eds.), *Handbook of fermented meat and poultry*, Wiley–Blackwell, Ames, Iowa, USA, 2015.

## Facilidades Administrativas en el Cálculo de los Impuestos de las Personas Físicas

Esmeralda Aguilar Pérez.<sup>1</sup>, M.A. María Elena Hernández Hernández<sup>2</sup>,  
M.C. Luis Ernesto Irigoyen Arroyo<sup>3</sup>, M.A. Salvador Pérez Mejía<sup>4</sup> y M.C. Pedro Sánchez Tizapantzi<sup>5</sup>

**Resumen—** La discrepancia fiscal prevista por la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR) otorga un mecanismo de comprobación para que la autoridad fiscalizadora pueda atribuir una presunción de ingresos a los contribuyentes personas físicas, esta presunción se actualiza, en principio, cuando una persona física realiza en un ejercicio erogaciones mayores a los ingresos declarados.

El presente artículo muestra los resultados preliminares del estudio que se está desarrollando, el cual tiene como principal objetivo atender requerimientos de la autoridad tributaria en supuestos de discrepancia fiscal establecida por la misma. La discrepancia fiscal, se tipifica con el exceso de egresos no justificado frente a los ingresos declarados, por lo cual la ley presume que el excedente es un ingreso omitido bajo la premisa de que se tuvo que haber obtenido ingresos para satisfacer esos egresos o gastos.

**Palabras clave—** Discrepancia fiscal, medios de defensa, requerimientos, contribuciones.

### Introducción

La discrepancia fiscal es la principal causa de la emisión de requerimientos y/o cartas invitación por parte de la autoridad fiscal para los contribuyentes, y la falta de información de los contribuyentes ocasiona un incorrecto seguimiento y respuesta a tales exigencias. Es por lo anterior que resulta pertinente elaborar una propuesta para atender de forma adecuada los requerimientos de la autoridad tributaria, disminuyendo así el índice de multas por incumplimiento y por ende la discrepancia fiscal. El presente análisis descansa sobre la trascendencia de la llamada discrepancia fiscal, la cual no es otra cosa más que el exceso de egresos no justificado frente a los ingresos declarados, por lo cual la ley presume que el excedente es un ingreso omitido bajo la premisa de que se tuvo que haber obtenido ingresos para satisfacer esos egresos o gastos. Hoy en día los contribuyentes buscan formas de evitar el pago de sus obligaciones fiscales utilizando en ocasiones medios legales como ilegales, ejemplo la discrepancia fiscal que se origina cuando se tiene más gastos que ingresos esta de igual manera de cómo puede ser cierta o puede ser falsa.

La SHCP busca la comprobación de esta, para saber si se está diciendo la verdad o se están ocultando ingresos para ello utiliza un procedimiento en el cual se busca la comprobación de esta figura fiscal, es en este procedimiento donde se llega a la conclusión de si se está diciendo la verdad o se está cayendo en otra figura fiscal como lo es la defraudación fiscal la cual ya es un delito y tienes sus penas como cualquier otro. Al caer en el delito de la falsedad se enfrenta a sus consecuencias que pueden ir de una multa hasta pena de cárcel pero el contribuyente que caiga ante dicha situación también cuenta con medios de defensa para poder interponer su apelación y aclarar su situación fiscal.

Aunque ya existía desde antes, después de la Reforma Fiscal, empezó a escucharse mucho el concepto Discrepancia fiscal. La principal preocupación de las personas físicas ha sido la noticia de que los Bancos reportarán al SAT la suma de los pagos que realicemos en las tarjetas de crédito para compararlos contra nuestros ingresos para ver si estamos gastando más de lo que ganamos.

<sup>1</sup> Esmeralda Aguilar Pérez, es Profesora de Tiempo Completo de la división de Contaduría del Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, Puebla. [superesme\\_1@hotmail.com](mailto:superesme_1@hotmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> La M.A. María Elena Hernández Hernández, es Profesora de Tiempo Completo de la carrera de Contador Público del Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, Puebla. [mariehlh2@yahoo.com.mx](mailto:mariehlh2@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> El M.C. Luis Ernesto Irigoyen Arroyo es Jefe del Depto. de Investigación del Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, Puebla. [luisernesto.irigoyen@upaep.edu.mx](mailto:luisernesto.irigoyen@upaep.edu.mx)

<sup>4</sup> El M.A. Salvador Pérez Mejía es Profesor de Tiempo Completo de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, Puebla, México. [zalvadorpm@outlook.com](mailto:zalvadorpm@outlook.com)

<sup>5</sup> El M.C. Pedro Sánchez Tizapantzi es profesor-investigador de tiempo completo del Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan [pedro.sntz@itsmt.edu.mx](mailto:pedro.sntz@itsmt.edu.mx)

## Descripción del Método

### *Objetivo General*

Elaborar una propuesta para atender requerimientos de la autoridad tributaria en supuestos de discrepancia fiscal establecida por la misma.

### *Objetivos Específicos*

- Determinar los elementos integrales de una presunción de discrepancia fiscal, realizada por la Autoridad Fiscal hacia una persona física.
- Estructurar los elementos que constituyen los medios de defensa a los que puede recurrir un contribuyente.
- Analizar casos o supuestos específicos de contribuyentes que tributan como personas físicas en el régimen de actividades empresariales y profesionales para determinar la forma de actuación ante cada uno de ellos.
- Recopilar las distintas propuestas para atender requerimientos con los casos previamente analizados.

### *Hipótesis*

Un contribuyente informado sobre los medios de defensa podrá ser frente a los requerimientos de la autoridad tributaria y evitara caer en la Discrepancia Fiscal. Variable dependiente: Hacer frente a los requerimientos de la autoridad tributaria. Variables independientes: Un contribuyente informado sobre los medios de defensa y conocer las situaciones que generan estar en Discrepancia Fiscal.

## Discrepancia Fiscal

### *Antecedentes*

El 1º de enero de 1980 entró en vigor el segundo párrafo del artículo 48 de la Ley del Impuesto sobre Renta del 30 la de diciembre de 1978, y por primera vez se detectó la Discrepancia Fiscal al establecerse lo siguiente: Cuando una persona física realice en un año de calendario erogaciones superiores a los ingresos que hubiera declarado en ese mismo año, las autoridades fiscales procederán como sigue:

I.-Comprobarán el monto de las erogaciones y la discrepancia con la declaración del contribuyente y darán a conocer a éste el resultado de dicha comprobación.

II.-El contribuyente en un plazo de veinte días, informará por escrito a la autoridad fiscal las razones que tuviera para inconformarse o el origen que explique la discrepancia y ofrecerá pruebas que estimare convenientes, las que acompañará con su escrito o rendirá a más tardar dentro de los cuarenta y cinco días siguientes.

III.- Si no se formula inconformidad o no se prueba el origen de la discrepancia, ésta se estimará ingresos de los señalados en el Capítulo IX de este Título en el año de que se trate y se formulará la liquidación respectiva.

IV.-Las discrepancias que resulten de la aplicación de este precepto, no serán consideradas como constitutivas del delito de defraudación fiscal". (Rodríguez, 2013)

### *Concepto*

De acuerdo al Artículo 91 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta menciona que las personas físicas podrán ser objeto del procedimiento de discrepancia fiscal cuando se compruebe que el monto de las erogaciones en un año de calendario sea superior a los ingresos declarados por el contribuyente, o bien a los que le hubiere correspondido declarar. (LISR, Artículo 91, Concepto de Discrepancia Fiscal, 2015)

De acuerdo con (Morales, 2013) indica que los ingresos que se tienen que acumular además de los propios por la realización de la actividad económica o la prestación de servicios profesionales, son todos aquellos ingresos que provengan de recursos o bienes afectos a dicha actividad, los cuales se acumularan al momento de ser efectivamente cobrados ya sea por medio de cheque, efectivo, bienes o servicios.

Para las personas físicas inscritas en el RFC dentro de la LISR se encuentran establecidas las obligaciones de las mismas en cuanto a la declaración y tratamiento que deben tener los tipos de ingresos que obtienen, en el actual artículo 150 de la LISR establece: Las personas físicas que obtengan ingresos en un año de calendario, a excepción de los exentos y de aquéllos por los que se haya pagado impuesto definitivo, están obligadas a pagar su impuesto anual mediante declaración que presentarán en el mes de abril del año siguiente, ante las oficinas autorizadas.(LISR, Artículo 105, 2015)

En relación a lo establecido anteriormente para la autoridad fiscal es gasto toda aquella salida de dinero que realice una persona, por lo cual si un contribuyente declara en un año calendario ingresos por \$300,000 y la autoridad determina que tuvo gastos por \$250,000 no se encontraría dentro de la discrepancia, pero en caso de que los ingresos se determinen por \$400,000 si se determina como presunto a un crédito fiscal por discrepancia.

## Resultados del Estudio Realizado

### Determinación de la muestra

Para poder obtener el total de las encuestas a realizar se tuvo que hacer el cálculo de la muestra que se presenta a continuación:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

$$n = \frac{1.15^2 * 0.5 * 0.5 * 141,112}{(0.5^2 * (141,112 - 1)) + 1.15^2 * 0.5 * 0.5} = \boxed{132.13}$$

|  |         |
|--|---------|
| <b>N:</b> es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).  | 141,112 |
| <b>k:</b> es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95.5 % de confianza es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 4.5%. | 1.15    |
| <b>e:</b> es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.   | 5%      |
| <b>p:</b> es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.  | 0.5     |
| <b>q:</b> es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$ .  | 0.5     |
| <b>n:</b> es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).  | 132     |

Tabla 5.4 Muestra el tamaño de la muestra que se va a realizar  
Fuente: Elaboración propia



### Gráficas de resultados

Para identificar el grado de conocimiento que tienen los contribuyentes con respecto a la discrepancia fiscal se incluyó la pregunta que se muestra en la figura 1. El 80% de los encuestados desconoce las implicaciones de los depósitos en bancarios sin sustento fiscal y solo el 20% esta consiente de lo que implica un deposito en cuenta bancaria.

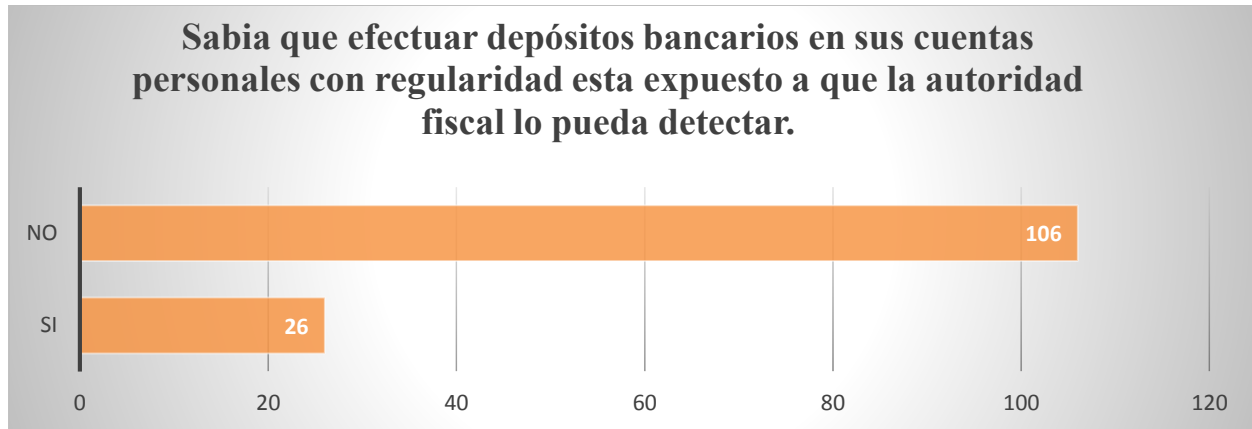


Figura 1: Equiparación de la discrepancia fiscal  
Fuente: Elaboración Propia.

Para verificar si el contribuyente sabe en que supuestos incurre en discrepancia fiscal se aplico la pregunta de la figura 2. El 42% de los encuestados considera que discrepancia fiscal es gastar mas de lo que declara, el 33% sabe que si gasta mas de lo que percibe también cae en discrepancia fiscal y el 25% considera que la diferencia entre los ingresos y gastos es discrepancia fiscal.



Figura 2: Supuestos de la discrepancia fiscal  
Fuente: Elaboración Propia.



Para identificar el procedimiento de la discrepancia fiscal en la encuesta se incluyó la pregunta que se muestra en la figura 3. Donde los contribuyentes consideran que los tres procedimientos según su experiencia son los que aplica la autoridad fiscal.

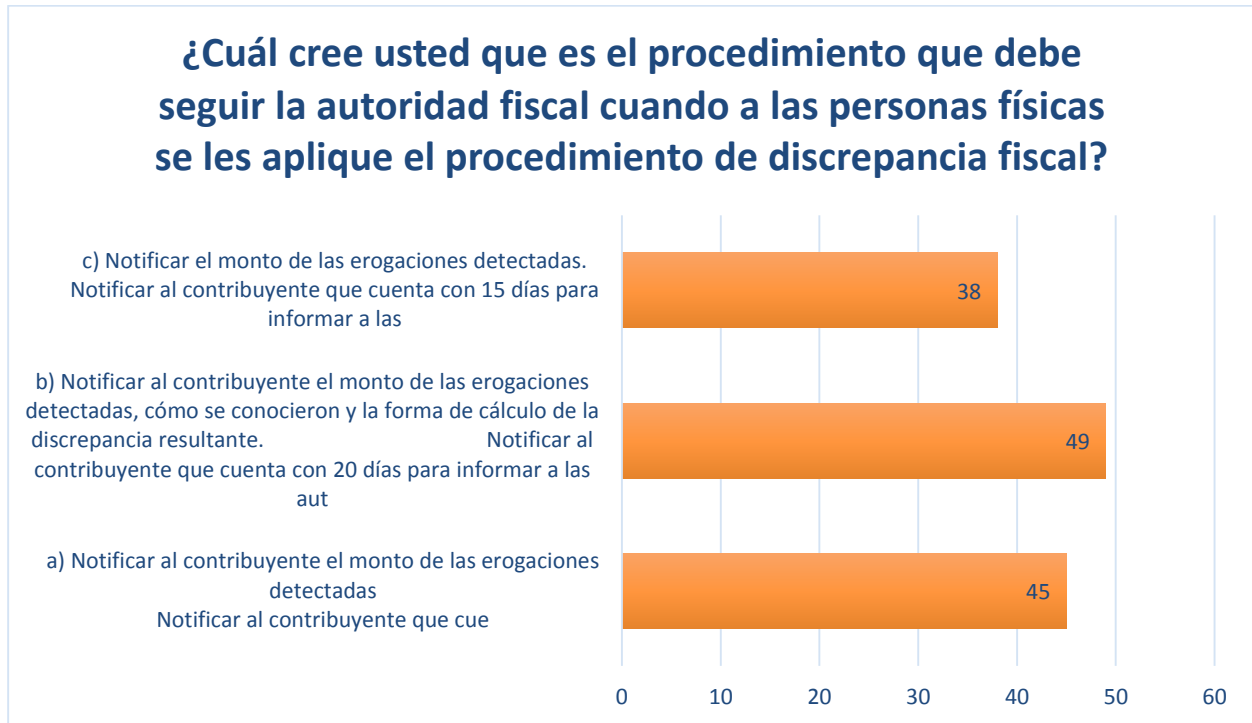


Figura 3: Identificación del procedimiento de discrepancia fiscal  
Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 4 los medios de defensa que se deben interponer ante el supuesto de estar en discrepancia fiscal son: el juicio penal, el recurso de revocación, el de amparo. Y existe confusión en los contribuyentes sobre los que proceden porque contestaron en las tres respuestas de manera similar.

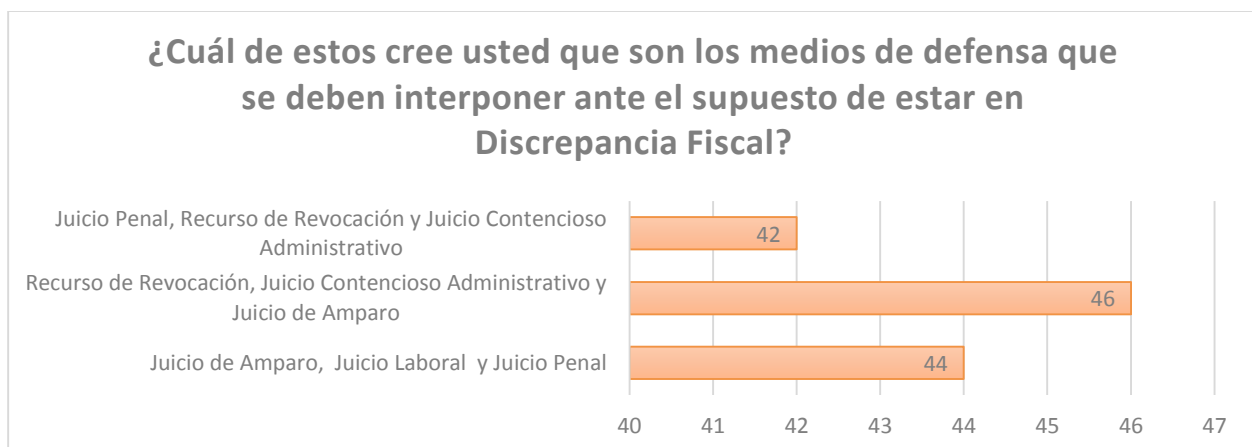


Figura 4: Medios de defensa  
Fuente: Elaboración Propia.

### Comentarios Finales

La discrepancia fiscal prevista por la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR) otorga un mecanismo de comprobación para que la autoridad fiscalizadora pueda atribuir una presunción de ingresos a los contribuyentes personas físicas, esta presunción se actualiza, en principio, cuando una persona física realiza en un ejercicio erogaciones mayores a los ingresos declarados.

El presente artículo muestra los resultados preliminares del estudio que se está desarrollando, el cual tiene como principal objetivo atender requerimientos de la autoridad tributaria en supuestos de discrepancia fiscal establecida por la misma. La discrepancia fiscal, se tipifica con el exceso de egresos no justificado frente a los ingresos declarados, por lo cual la ley presume que el excedente es un ingreso omitido bajo la premisa de que se tuvo que haber obtenido ingresos para satisfacer esos egresos o gastos.

### Referencias

Bazalvilvazo, A. M. (2006). Guía para defenderse ante los actos de las autoridades fiscales. México: Tax Editores Unidos.

Congreso de la Unión (2015). Ley del Impuesto sobre la Renta. México. Artículos 2,91,94,95,105

Congreso de la Unión (2015). Código Fiscal de la Federación. Mexico. Artículos 27,28,32-B,32-E,42,78 y 109

Congreso de la Unión (2015). Constitución de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 16

Rodríguez, M. A. (2013). Detección y control de discrepancias fiscales por la autoridad administrativa. Obtenido de file:///c:/users/Acer/Desktop/nom/CFDI/50-201-1-PB.pdf consultado el 25/11/2015.

### Notas Biográficas

**Esmeralda Aguilar Pérez** es Contadora Pública y Auditora, así como Maestra en Contribuciones por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla actualmente es profesora tiempo completo adscrita a la división de Contaduría del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, Puebla, México donde combina sus actividades de docencia, tutorías e investigación siendo líder del cuerpo Académico de la carrera y responsable de la línea de Investigación Gestión Empresarial y Financiamiento, es Perfil Deseable por parte de PRODEP y beneficiaria de beca para estudios doctorales que inicio en enero de 2016. Es docente Certificada por la Asociación Nacional de Facultades de Contaduría y Administración y ha sido galardonada con el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología en la modalidad de Divulgación de la Ciencia en el área de Ciencias Sociales y Humanidades por parte del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP).

La **M.A. María Elena Hernández Hernández** es Profesora de Tiempo Completo adscrita a la división de Contaduría en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan. Terminó sus estudios como Contador Público y Auditor por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y los de posgrado en Maestría en Administración en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Es docente Certificada por la Asociación Nacional de Facultades de Contaduría y Administración (ANFECA). Ha publicado artículos en las revistas arbitradas de divulgación de innovación científica, también ha participado en foros y eventos de innovación, emprendurismo e investigación y ha participado como ponente en Congresos Internacionales de Investigación.

El **M.C. Luis Ernesto Irigoyen Arroyo** es Jefe del Departamento de Investigación en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, del Tecnológico Nacional de México; es miembro del cuerpo académico Gestión Estratégica, innovación y educación para el desarrollo competitivo de las organizaciones (ITESSMT-CA-3) reconocido por el PRODEP ha sido docente de licenciatura y posgrado en diversas instituciones ubicadas en el D.F., Estado de México, Puebla y Tlaxcala. Curso el doctorado en Pedagogía en la *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla*. La Licenciatura en Administración y la Maestría en Ciencias de la Calidad las curso en la *Universidad Autónoma de Tlaxcala*, donde obtuvo mención honorífica en la maestría. Cuenta con varios diplomados, destacando: Docencia Universitaria, en la *Universidad Iberoamericana Puebla*; Investigación en Docencia Tecnológica en el *Centro de Actualización del Magisterio de Tlaxcala*, y; Formación Docente Centrado en el Aprendizaje por la Dirección General de Educación Superior Tecnológica.

El **M.A. Salvador Pérez Mejía**. Es profesor de tiempo completo de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, Puebla, México. Terminó sus estudios como Ingeniero Industrial por parte del Instituto Tecnológico de Puebla, terminó sus estudios de posgrado en Maestría en Administración en la Universidad Popular Autónoma del estado de Puebla, Puebla, México. Perfil deseable por parte de PRODEP, ha publicado artículos en Academia Journals 2013, 2014 y 2015, ponente en el Congreso Internacional de Cuerpos Académicos 2014 y 2015; y escritor en la revista 100cia Tec; es investigador y líder del Cuerpo Académico: Optimización de Sistemas de Manufactura del ITSSMT, encargado de la línea de investigación: Diseño y Optimización de Sistemas de Manufactura.

El **M.C. Pedro Sánchez Tizapantzi** es Profesor investigador de la Carrera de Ingeniería electromecánica del Instituto Tecnológico de San Martín Texmelucan, Puebla. Terminó sus estudios de Maestría en el Politécnico Nacional cuenta con Beca de Nuevo PTC por parte de PRODEP, ponente en el Congreso Internacional Academia Journals Celaya en 2015; y escritor en la revista 100cia Tec; es investigador del Cuerpo Académico: Energías Renovables e Instrumentación Electrónica del ITSSMT.

# Propuesta de la teoría de colas (modelos de líneas de espera), para la implementación al proceso de producción-etiquetado de envases PET

Ing. Jorge Aguilar Vázquez<sup>1</sup>, Ing. Saúl Olaf Loaiza Meléndez<sup>2</sup>,  
M.L. Guadalupe Conde Paredes<sup>3</sup> e Ing. Juan Manuel García Barros<sup>4</sup>

**Resumen**—Actualmente, las empresas realizan diferentes tipos de análisis en su sistema de producción, con el fin de elevar la efectividad del tiempo que implica dicho proceso, uno de los problemas más comunes en empresas embotelladoras, son los tiempos muertos presentes en la fabricación y etiquetado de botellas PET, los cuales pueden ser aprovechados en otras actividades.

Se propone aplicar la teoría de colas, a partir de la selección de un modelo de la teoría que se asemeje al proceso que se lleva a cabo, comparando el tiempo ideal con el tiempo actual en que se lleva a cabo el proceso y etiquetado de una botella, detectando así, actividades que no aportan valor a la producción.

**Palabras clave**—Teoría de colas, Servicios secuenciales, Soplado biorientado, Etiquetado.

## Introducción

La teoría de colas es una disciplina, dentro de la Investigación Operativa, que tiene por objetivo el estudio y análisis de situaciones en las que existen entes que demandan cierto servicio, de tal forma que dicho servicio no puede ser satisfecho instantáneamente, por lo cual se provocan esperas.

Tal y como queda patente en la definición anterior, el ámbito de aplicación de la teoría de colas es enorme: desde las esperas para ser atendidos en establecimientos comerciales, esperas para ser procesados determinados programas informáticos, esperas para poder atravesar un cruce los vehículos que circulan por una ciudad o esperas para establecer comunicación o recibir información de un servidor web, a través de internet, entre muchas otras (Abad, 2002).

Haciendo referencia a S. Hiller & J. Lieberman (2006) comentan que años recientes, tal vez la teoría de colas se ha aplicado más a los sistemas de servicio interno, donde los clientes que reciben el servicio son internos o parte de la organización.

## Descripción del Método

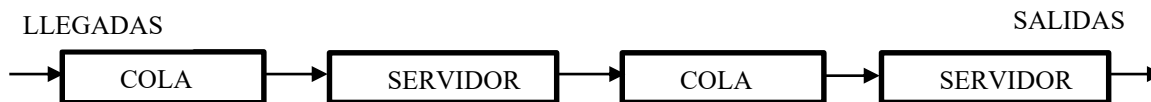
### *Reseña de las dificultades de la búsqueda*

Para este caso, el enfoque del tema en cuestión, se aplicará un estudio comparativo entre la teoría de colas y la producción de botellas PET; para lo cual, se selecciona una clase de las diferentes existentes de teoría de colas, en las que se podrá asimilar este tipo de producción.

Haciendo una comparación con la producción de envases, se tiene que los servidores serían las máquinas que realizan el soplado biorientado (máquina SIDEL) y las etiquetadoras (máquina B&H), y los clientes son las preformas las cuales son transformadas en botellas.

Para dar una idea más clara sobre esta comparación, se diagrama el esquema de una cola con los elementos antes mencionados (Figura 1).

### *Modelo de teoría de colas (un servidor y servicios secuenciales)*



*Modelo con elementos del caso de estudio*

<sup>1</sup> Ing. Jorge Aguilar Vázquez es Docente de Matemáticas y Ciencia e ingeniería al departamento de Ciencias Básicas, en el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. [joragui89@hotmail.com](mailto:joragui89@hotmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Ing. Saúl Olaf Loaiza Meléndez es Docente de Estadística y Matemáticas al departamento de Ciencias Básicas, en el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. [saullolaf@gmail.com](mailto:saullolaf@gmail.com)

<sup>3</sup> La M.L. Guadalupe Conde Paredes es Docente del departamento de Ciencias Básicas, en el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. [pachis791212@hotmail.com](mailto:pachis791212@hotmail.com)

<sup>4</sup> Ing. Juan Manuel García Barros es Docente del departamento de Ciencias Básicas, en el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. [jumargar@hotmail.com](mailto:jumargar@hotmail.com)

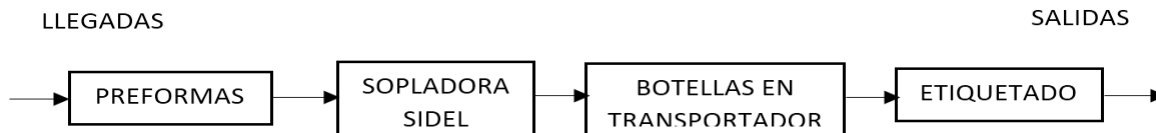


Figura 1. Sustitución de elementos de producción de botellas en un esquema de una cola con servicios secuenciales.

Fuente: Elaboración propia, 2016

Tomando en cuenta la información anterior, ahora, detectamos que el sistema de colas a analizar es de una cola con servicios secuenciales, ya que primeramente, las preformas están en el riel de carga para pasar posteriormente al soplado biorientado y después vuelven hacer cola esas mismas botellas para ser etiquetadas.

Para el correspondiente análisis de esta línea de espera, se tomaran en cuenta las fórmulas de una cola un servidor, y otro similar, con la cola hecha por las botellas hacia el servidor que es la etiquetadora.

### ESTRUCTURA DE LAS COLAS ENFOCADO AL CASO DE ESTUDIO.

A continuación se describen los elementos de la cola que aplica al caso de estudio (Lieberman & Hiller, 2006).

- **FUENTE DE ENTRADA:** Tamaño infinito puesto que no se sabe en qué horario llegarán, esto significa, que la probabilidad de una llegada en cualquier instante de tiempo es la misma que en cualquier otro momento, para los tiempos de llegada se utiliza la distribución de probabilidad exponencial.
- **COLA:** En este caso se generan dos tipos diferentes de colas, una en donde se suministra las preformas mediante el riel de carga a la maquina SIDEL para su soplado biorientado, y otra, es el transportador Zechetti hacia la etiquetadora, pero todo el proceso se hace en una sola línea.
- **DISCIPLINA DE LA COLA:** Es el orden en el que sus miembros se seleccionan para recibir el servicio, en este caso, es un modelo normal a la disciplina de primero en entrar, primero en salir.
- **MECANISMO DE SERVICIO:** Para este estudio, son canales de servicio en serie; para determinar el tiempo de servicio, se usa un modelo determinista, ya que el servicio (soplado biorientado) es constante (considerando que hay paros en la máquina en forma esporádica).

### Características de operación

$\lambda$  = Número promedio de arribos por período de tiempo

$\mu$  = Número promedio de gente o cosas servidos por periodo de tiempo

$n$  = Número de unidades en el sistema

$X=i$  = Número de llegadas por unidad de tiempo

$e= 2.7183$  (que es la base de los logaritmos neperianos)

$L_s$  = Número promedio de unidades (clientes) en el sistema:

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (1)$$

$\rho$  = Factor de utilización n del sistema:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2)$$

$W_s$  = Tiempo promedio que una unidad permanece en el sistema = (tiempo de espera + tiempo de servicio):

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (3)$$

$P(x=i)$  = Distribución de probabilidad que describe la tasa de llegadas

$$P(x=i) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^i}{i!} \quad (4)$$

### Comentarios finales

#### Resumen de resultados

En la Tabla 1 se expone el diagrama de proceso, así como los tiempos actuales que se llevan a cabo en la empresa para el proceso completo.

Se establecen los parámetros necesarios para realizar la distribución exponencial de la máquina SIDEL y la B&H, mostrando estos datos en la Tabla 2 y 3 respectivamente.

| Descripción de la operación        | ● | ➔ | ▭ | ▼ | ◐ | Tiempo (segundos) |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|-------------------|
| Almacén de preforma                |   |   |   |   |   | 0.0               |
| Transporte a línea                 |   |   |   |   |   | 1.52              |
| Transporte a volteador             |   |   |   |   |   | 1.02              |
| Volteador a tolva                  |   |   |   |   |   | 1.06              |
| Banda transportadora sube preforma |   |   |   |   |   | 1.04              |
| Acomodo de preforma                |   |   |   |   |   | 0.82              |
| Riel de preforma                   |   |   |   |   |   | 15.92             |
| Horno de penetración               |   |   |   |   |   | 13.39             |
| Estabilizador                      |   |   |   |   |   | 3.05              |
| Horno de distribución              |   |   |   |   |   | 13.52             |
| Rueda de carga                     |   |   |   |   |   | 2.54              |
| Estirado                           |   |   |   |   |   | 0.75              |
| Pre soplado                        |   |   |   |   |   | 0.65              |
| Soplado                            |   |   |   |   |   | 0.56              |
| Desgasificación                    |   |   |   |   |   | 0.43              |
| Rueda de salida                    |   |   |   |   |   | 1.01              |
| Inspección de botella              |   |   |   |   |   | 4.52              |
| Transportador zecchetti            |   |   |   |   |   | 101.58            |
| Etiquetadora B&H                   |   |   |   |   |   | 02.06             |
| Inspección de etiqueta             |   |   |   |   |   | 4.52              |
| Transportador zecchetti            |   |   |   |   |   | 11.32             |
| Totes                              |   |   |   |   |   | 0.0               |
| Almacén de producto terminado      |   |   |   |   |   | 0.0               |
| <b>TIEMPO TOTAL</b>                |   |   |   |   |   | <b>182.28</b>     |

Tabla 1. Diagrama de proceso producción Pet  
Fuente: Elaboración propia, 2016

| SIDEL  |              |
|--|--------------|
| ELEMENTO   | CANTIDAD     |
| Demanda de botellas por parte de Coca Cola de 112,500 1°T por 7 horas de trabajo | 4 Bot/Seg    |
| Tiempo en que una preforma tarda en la cola hasta llegar a un molde              | 54 Seg/Pref  |
| Cantidad de botellas sopladas por la sopladora SIDEL                             | 7 Bot/Seg    |
| Tiempo que se tarda la sopladora SIDEL en soplar y entregar una botella          | 3.4 Seg/Pref |
| Preformas desde el riel de carga hasta pasar a molde para soplado                | 226 Pref/Min |

Tabla 2. Parámetros necesarios para el cálculo de la distribución exponencial de la máquina Sidel.  
Fuente: Elaboración propia, 2016

| B&H  |                 |
|--|-----------------|
| ELEMENTO   | CANTIDAD        |
| Demanda de botellas por parte de Coca Cola de 112,500 l°T por 7 horas de trabajo       | 4 Bot/Seg       |
| Tiempo en que una botella en la cola hasta llegar a la etiquetadora                    | 101.58 Seg/Pref |
| Cantidad de botellas etiquetadas por la máquina B&H                                    | 6 Bot/Seg       |
| Tiempo que se tarda la etiquetadora B&H en etiquetar y entregar una botella etiquetada | 2.06 Seg/Bot    |
| Botella en el sin fin como línea de espera   | 1 Bot/Seg       |

Tabla 3. Parámetros necesarios para el cálculo de la distribución exponencial de la máquina B&H.

Fuente: Elaboración propia, 2016

Ahora se sustituyen los datos en la fórmula de la distribución de Poisson para cada caso:

### SIDEL

Datos:

$\lambda = 268$  B/Min = 4 B/Seg.

$x = 226$  P/Min = 3 P/Seg.

$$P_{(3)} = \frac{2.71828^{(-4)}[4^3]}{3!} = \frac{0.01831 (64)}{6} = 0.1953$$

### B&H

$\lambda = 268$  B/Min = 4 B/Seg.

$x = 5$  B/Min = 1 B/Seg.

$$P_{(1)} = \frac{2.71828^{(-4)}[4^1]}{1!} = \frac{0.01831 (4)}{1} = 0.073$$

### Modelo básico

#### SIDEL

$\lambda = 268$  B/Min = 4 B/Seg.

$\mu = 410$  B/Min = 7 B/Seg.

Cantidad esperada en el sistema

$$Ls = \frac{4}{7-4} = 1.33$$

Cantidad esperada en la línea de espera

$$Lq = \frac{4^2}{7(7-4)} = 0.76$$

Tiempo previsto de espera (incluye la duración del servicio)

$$Ws = \frac{1}{7-4} = 1.33$$

Tiempo esperado en la línea de espera

$$Wq = \frac{4}{7(7-4)} = 0.19$$

Probabilidad de que el sistema esté vacío

$$Po = 1 - \frac{4}{7} = 0.42$$

#### B&H

$\lambda = 268$  B/Min = 4 B/Seg.

$\mu = 350$  B/Min = 6 B/Seg.

Cantidad esperada en el sistema

$$Ls = \frac{4}{6-4} = 2$$

Cantidad esperada en la línea de espera

$$Lq = \frac{4^2}{6(6-4)} = 1.33$$

Tiempo previsto de espera (incluye la duración del servicio)

$$Ws = \frac{1}{6-4} = 0.5$$

Tiempo esperado en la línea de espera

$$Wq = \frac{4}{6(6-4)} = 0.3$$

Probabilidad de que el sistema esté vacío

$$Po = 1 - \frac{4}{6} = 0.33$$

### Conclusiones

Como se puede observar, los tiempos y cantidades esperadas en la línea son mínimos considerando que son segundos en los que se realiza el proceso, sin embargo, si se genera un análisis más profundo, en donde destaquen problemas que se presentan a lo largo del transporte de dichas botellas, puede ser un tiempo menor comparándolo con

el actual y así convertir ese tiempo muerto en tiempo que agrega valor al proceso, realizando así, otras actividades del mismo.

Tomemos como ejemplo el tiempo en la línea de espera en la máquina sopladora SIDEL, este tiempo si el sistema no tiene ningún retraso tendremos 0.19 segundo, sin embargo, como en alguna de las ocasiones ha sucedido donde el montacarguista se tarda en suministrar preformas, llamándolo desabasto, se tiene 6 minutos más en la línea de espera.

Por lo cual, todo lo anterior demuestra que el tiempo calculado si bien es el ideal no es el que se tiene registrado en el transporte de las botellas.

#### *Recomendaciones*

Al existir un tiempo ideal realizado por los cálculos del modelo seleccionado de la teoría de colas, un tiempo estándar que se tiene que llevar a cabo en el proceso y un tiempo real que se muestra actualmente, el cual no arroja muchos beneficios a la producción, se tiene que realizar una detección de actividades, mismas que están generando tiempos muertos en el transporte de las botellas hasta almacenarlas, así como una simulación de los tres tiempos existentes y una propuesta que determine la forma de aprovechar mejor el tiempo que se tiene como valor no agregado a la generación de botellas PET.

#### **Referencias**

Abad, R. C. (2002). *Introducción a la simulación y la teoría de colas*. Coruña: Netbiblo.

Heizer, Jay. & Render, Barry. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones, decisiones tácticas*. Madrid. Pearson Prentice Hall.

Lieberman, J., & Hiller, F. (2006). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: Mc. Graw Hill.

Taha, A. Hamdy. (1995). *Investigación de Operaciones*. México. Alfaomega.

Winston, L., Wayne. (2005). *Investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos*. México, Thomson.

#### **Notas Bibliográficas**

El **Ing. Jorge Aguilar Vázquez**. Este autor es profesor de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Apizaco, en Apizaco, Tlaxcala, México. Terminó sus estudios de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica así como la Maestría en Ingeniería Administrativa.

El **Ing. Saúl Olaf Loaiza Meléndez**. Este autor es profesor de Ciencias Básica del Instituto Tecnológico de Apizaco, en Apizaco, Tlaxcala, México. Terminó sus estudios de Licenciatura en Computación en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, Pertenece al programa educativo de Ingeniería Química y del programa educativo de Ingeniería en Tecnologías de Información de la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

El **Ing. Juan Manuel García Barrios** es profesor de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México.

La **M.L. Lupita Conde Paredes** es profesora de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México.



# Application of Analytical Hierarchy Process for Selection of a Location for Production Operation

Eng. Ibrahim Aljehani<sup>1</sup>, Dr. Gopalakrishnan Easwaran<sup>2</sup> and Dr. Rafael Moras, P.E.<sup>3</sup>

**Abstract**— We present an application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) for selecting a favorable location to construct a production facility for a manufacturer namely, the A&C Inc., which is headquartered in Houston, Texas. The company designated four candidate sites in cities including Houston (Texas), Guanghan City (China), Salvador (Brazil), and Juarez (Mexico). These location alternatives were ranked by comparing the evaluation criteria such as the easiness of doing business, supply base, location incentives, labor, taxes, security, inflation and logistics. We obtained the relevant data using a survey of executives at A&C. From our analysis, we found that the site in Guanghan City is the best candidate and the site in Houston is the next best candidate for the purpose of building the production facility. We describe our analysis and list the advantages and disadvantages of each candidate location based on the eight criteria.

**Keywords**—facility location, analytic hierarchy process, qualitative decision-making, global logistics.

## Introduction

In this paper, we consider a facility location problem for A&C Inc., which is headquartered in Houston, Texas. The firm was planning to build a production facility to accommodate future growth of their business. The company preferred to invest across international borders to facilitate strategic diversification of their investment portfolio. In particular, they considered candidate sites in cities such as Houston (Texas), Guanghan City (China), Salvador (Brazil), and Juarez (Mexico).

The executives chose a site in Houston because of its proximity to the headquarters. Similarly, the site in Juarez was selected because of its proximity to the company's headquarters in Houston. Moreover, Mexico is the third largest trading partner of the US and the second largest export market for US products (Doing Business in Mexico, 2014). The site in Mexico offers a potential for reducing the company's administrative costs and enhancing its business prospects in both the US and Mexico, which may further nurture growth in sales revenue. The site in China was considered because of the country's fame in vast manufacturing capabilities. Furthermore, their government encourages international businesses to invest in their country by offering significant tax incentives (Gordon, 2014). Similar to China, Brazil is also well known for its excellence in manufacturing and it provides lucrative opportunities for businesses in US to partner with their local businesses (Handfield, 2012).

The selection of an optimal location is a complex problem due to several decision criteria involved in the qualitative decision-making process. Based on a survey of executives at the Texas-Mexico Trade consortium (Texas-Mexico Trade Consortium, 2010), we identified eight criteria, including the ease of doing business, supply base, location incentive, labor, taxes, security, inflation, and logistics. We utilized the criteria within the Analytical Hierarchy Process (AHP) framework to evaluate and rank the candidate sites.

The AHP framework involves an assessment of relative weights based on pairwise comparison of the four candidate locations against each criterion (Viswanadham and Kameshwaran, 2007). The relative weights are expressed in the form of a square matrix for each selection criterion with rows and columns corresponding to the four candidate locations. We performed a survey of executives at A&C, and obtained the relative weights.

A relative weight  $a_{ij}$  from a comparison matrix is used to illustrate the degree of preference of the site representing row  $i$  relative to the location in column  $j$  of the matrix. In particular, weights were chosen to be integer numbers between one to five and its reciprocals such that the magnitude of the weights illustrates the degrees of relative preferences or priorities of the executives. For example, if  $a_{ij} = 5$  in a comparison matrix, then it indicates that the site in row  $i$  is given an extreme preference relative to the site in column  $j$ . Consequently, to maintain consistency of pairwise comparisons, we assign  $a_{ji} = 1/5$  to represent extreme aversion towards site  $j$  relative to site  $i$ . Next, we present the pairwise comparison matrices for the candidate locations along with description of the eight selection criteria.

<sup>1</sup> Eng. Ibrahim Aljehani was a graduate student in the Engineering Systems Management program at St. Mary's University, San Antonio, Texas, USA [ialjehani@mail.stmarytx.edu](mailto:ialjehani@mail.stmarytx.edu)

<sup>2</sup> Dr. Gopalakrishnan Easwaran is an Associate Professor of Engineering at St. Mary's University, San Antonio, Texas, USA [geaswaran@stmarytx.edu](mailto:geaswaran@stmarytx.edu) (corresponding author)

<sup>3</sup> Dr. Rafael Moras is the Graduate Program Director and a Professor of Engineering at St. Mary's University, San Antonio, Texas, USA [rmoras@stmarytx.edu](mailto:rmoras@stmarytx.edu)

## Description of the Selection Criteria

### *Ease of doing business*

Ease of doing business characterizes the openness of a country's economic, legal, social and political environment to foreign investors. For example, China became a major market for investment for many global firms since the Chinese government opened their economy to foreign investments in the 1980s (Jayaraman, 2009). As a result, China attracted millions of joint business ventures, and international investments still continue to grow very successfully (Doing Business in China, 2014). However, the language, cultural and time differences between Houston and Guanghang City pose challenges for A&C in locating and operating a production facility in China.

Mexico offers abundant market opportunities, especially for companies from the US. The trade between Mexico and the US for goods and services averaged approximately USD \$1.5 billion a day (Doing Business in Mexico, 2014). Mexico's geographic proximity to the US is very favorable, especially since the site is closer to the Texas-Mexico border.

Brazil is one of the four largest growth markets in the world (Handfield, 2012). Their government has enacted favorable macroeconomic policies to control inflation and promote economic growth, which was evidenced during the past decade, and thereby, making it favorable for international companies (Doing Business in Brazil, 2014).

The business environment in the US is favorable due to its promising economic, political and financial policies (Sargeant, 2015). Furthermore, the US economy boasts a strong gross domestic product, thereby offering companies with exceptional location advantages for setting up production facilities. The relative weights for ease of doing business, which is denoted by matrix  $R_{Eas}$ , is presented in Figure 1. It illustrates that for the ease of doing business criterion, A&C's executives had the most preference for the site in Houston.

### *Supply base*

A critical requirement for production firms is the availability of supplier networks that are capable of producing quality parts or raw materials at competitive prices within a stipulated lead-time. For instance, many major cities in Mexico (such as Juarez) boast well-established and responsive supply networks, which are capable of production of high quality automotive, aerospace and electronic parts at competitive prices (Gordon, 2014). Similarly, major cities in China possess robust supply bases that support rapid manufacture of new products (Doing Business in China, 2014). Brazil and the US have sufficiently vast natural resources together with well-developed infrastructure. However, the executives ranked the sites in the US and China the highest because of the existing partnership with the US suppliers due to the familiarity of doing business with the current supplier networks as illustrated by the relative weights in matrix  $R_{Sup}$  in Figure 1.

### *Location Incentive*

Many countries offer location incentives to businesses such as reduction or waiver of property taxes for setting up production facilities, especially in designated areas where production activity is low. Such incentives have proven to nurture business growth and consequently result in economic prosperity for the region (Gordon, 2014). For example, Dell launched production operations in its new factory in Chengdu, China besides the existing plant in Xiamen and derived significant benefits in the form of location incentives. The relative weights for the location incentive criterion is presented in Figure 1 using matrix  $R_{Loc}$ .

### *Labor*

Labor availability and the wage laws in a given country are significant considerations in selecting a production site. For example, China held a competitive edge over Mexico on the average wage gap between the two countries in 2003 by a factor of 190%, approximately (Yuk, 2013). However by 2013, the advantage had shifted to Mexico from China by 20%, approximately. Notably, the average hourly wage was nearly USD \$2.5 in Mexico, while it was approximately USD \$3 in China. Consequently, the executives placed the highest preference towards the site in Mexico, as illustrated using matrix  $R_{Lab}$  in Figure 1.

### *Taxes*

Applicable taxes such as the corporate income taxes, inventory taxes, import and export customs taxes associated with the candidate locations play an important role in the location decision. Unlike the case of US, the tax policies in China do not include research and development (R&D) tax credits. However, China offers a favorable corporate income tax of 25% compared to the approximately 40% rate in the US (Doing Business in China, 2014). For taxes, the executives preferred the sites in China and Brazil more than the sites in Mexico and the US as indicated by the relative weights in matrix  $R_{Lab}$  in Figure 1.

### *Security*

Physical security pertains to protection against natural disasters, fire, theft, vandalism and terrorism. While major corporations can afford to invest in providing physical security, medium and small enterprises may not have the adequate capital necessary for protecting their investments. Certain regions in Mexico and Brazil are relatively more

susceptible to organized crime (National Security Council, 2011). Consequently, the lack of security in these regions may threaten new business interests and the decision makers may tend to avoid selecting such regions. The relative weights pertaining to security is represented by matrix  $R_{Sec}$  in Figure 1.

#### Inflation

Inflation refers to declining purchasing power of a country's currency. Hence, selecting a location with a higher inflation rate relative to that in the US may result in diminished returns for A&C. Further, higher inflation rate may result in increased cost of raw material, production and labor, especially if these costs are incurred in the local currency of the foreign site. The inflation rates in 2015 for the currencies of China, Brazil, Mexico and the US were 1.4%, 7.7%, 3% and 0.25%, respectively (Trading Economics, 2015). Consequently, the site in the US was given the most preference as shown in matrix  $R_{Inf}$  in Figure 1.

#### Logistics

Logistics pertains to the management of materials flows across a supply chain. Operational challenges in logistics are primarily attributed to inadequate transportation infrastructure between the suppliers, production facility and customer market regions (Handfield, 2012). For instance, the logistics infrastructure and transportation industry sector in the US is highly competitive, thereby providing a favorable environment for multinational supply chains to manufacture and deliver products on time. The executives preferred the sites in the US and Mexico better than the sites in Brazil and China as shown matrix  $R_{Log}$  in Figure 1.

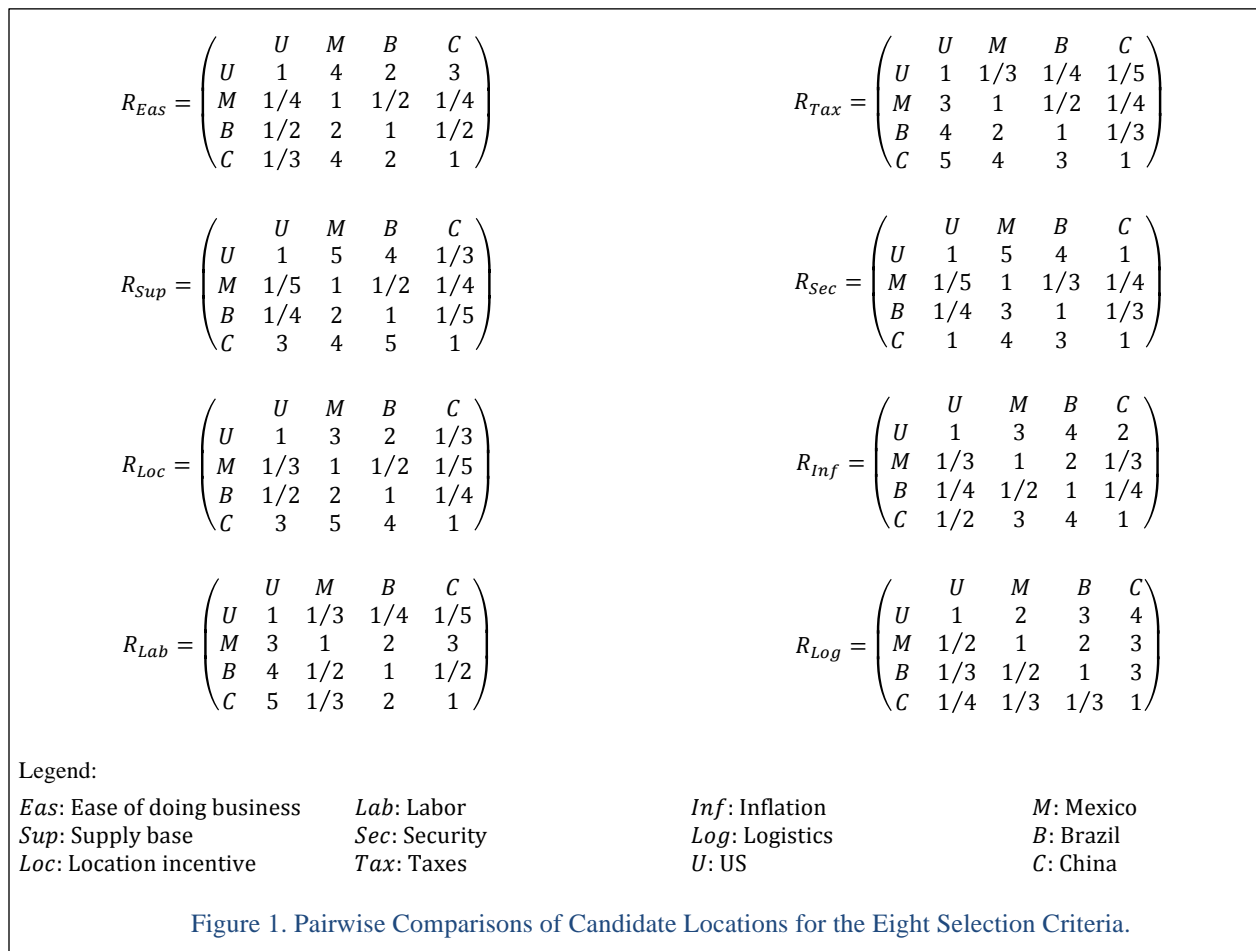


Figure 1. Pairwise Comparisons of Candidate Locations for the Eight Selection Criteria.

In addition to determining the pairwise comparison matrices for the candidate sites based on each criterion, it is essential in AHP framework to determine relative weight matrix associated with pairwise comparison of the eight selection criteria without any consideration of the four candidate sites. The executives indicated an extreme preference to the labor criterion relative to the other seven criterion while they demonstrated an extreme aversion to the location incentive with respect to the other seven criteria. The pairwise comparison matrix is denoted by matrix  $R_{Cri}$  and is presented in Figure 2.

$$R_{Cri} = \begin{pmatrix} & Eas & Sup & Loc & Lab & Sec & Tax & Inf & Log \\ Eas & 1 & 1/5 & 1 & 1/5 & 3 & 1/3 & 1/2 & 1/4 \\ Sup & 5 & 1 & 5 & 1/2 & 4 & 2 & 3 & 2 \\ Loc & 1 & 1/5 & 1 & 1/5 & 1/2 & 1/3 & 1/3 & 1/2 \\ Lab & 5 & 2 & 5 & 1 & 5 & 5 & 5 & 2 \\ Sec & 1/3 & 1/4 & 2 & 1/5 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/4 \\ Tax & 3 & 1/2 & 3 & 1/5 & 2 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ Inf & 2 & 1/3 & 3 & 1/5 & 3 & 2 & 1 & 1/2 \\ Log & 4 & 1/2 & 2 & 1/2 & 4 & 2 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Legend:

*Eas*: Ease of doing business

*Loc*: Location incentive

*Sec*: Security

*Inf*: Inflation

*Sup*: Supply base

*Lab*: Labor

*Tax*: Taxes

*Log*: Logistics

Figure 2. Pairwise Comparison Matrix for the Eight Selection Criteria.

### Determination of the Optimal Location

In order to determine the optimal location, we follow the procedure outlined in Taha (2007). First, we normalize each column of the nine pairwise comparison matrices presented in Figures 1 and 2. Next, for each normalized matrix, we determine a column vector containing row averages of the matrix. The eight column vectors derived from the matrices associated with pairwise comparisons of candidate locations are denoted using  $W_i$ , where  $i$  represents one of the eight criteria. In particular, the column vectors have four elements corresponding to the candidate locations. Whereas, the column vector obtained from the matrix associated with pairwise comparisons of the eight criteria is denoted by  $C$ . Specifically, the column vector  $C$  contains eight elements corresponding to the eight selection criteria. A new matrix, denoted by  $P$ , is constructed by using vectors  $W_i$  as columns in the same order as in matrix  $R_{Cri}$ . Thus, matrix  $P$  has eight columns corresponding to the eight selection criteria and four rows corresponding to the candidate locations. Finally, we multiply matrix  $P$  with the column vector  $C$  to obtain the aggregate weights ( $A$ ) for the candidate locations. The site with the highest aggregate weight in vector  $A$  is chosen as the optimal location for building the production facility. In Figure 3, we present matrices  $P$ ,  $C$ , and  $A$  derived from the comparison matrices presented in Figures 1 and 2. We observe that the candidate site in China has the highest aggregate weight relative to the other three sites.

$$C = \begin{pmatrix} Eas & 0.05 \\ Sup & 0.21 \\ Loc & 0.04 \\ Lab & 0.31 \\ Sec & 0.05 \\ Tax & 0.09 \\ Inf & 0.10 \\ Log & 0.15 \end{pmatrix}$$

$$P = \begin{pmatrix} & W_{Eas} & W_{Sup} & W_{Loc} & W_{Lab} & W_{Sec} & W_{Tax} & W_{Inf} & W_{Log} \\ U & 0.46 & 0.30 & 0.23 & 0.08 & 0.41 & 0.07 & 0.45 & 0.46 \\ M & 0.09 & 0.08 & 0.08 & 0.43 & 0.07 & 0.15 & 0.14 & 0.27 \\ B & 0.18 & 0.11 & 0.14 & 0.21 & 0.15 & 0.24 & 0.09 & 0.18 \\ C & 0.27 & 0.51 & 0.55 & 0.28 & 0.37 & 0.53 & 0.32 & 0.09 \end{pmatrix}$$

$$A = P \times C = \begin{pmatrix} U & 0.26 \\ M & 0.23 \\ B & 0.17 \\ C & 0.34 \end{pmatrix}$$

Legend:

*Eas*: Ease of doing business

*Lab*: Labor

*Inf*: Inflation

*M*: Mexico

*Sup*: Supply base

*Sec*: Security

*Log*: Logistics

*B*: Brazil

*Loc*: Location incentive

*Tax*: Taxes

*U*: US

*C*: China

Figure 3. Matrices  $C$ ,  $P$  and  $A$ .

## Final Comments

### *Summary of results*

In this study, we applied the Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine the best candidate location for setting up a production facility for A&C Inc., based on eight selection criteria including the ease of doing business, supply base, location incentive, labor, taxes, security, inflation, and logistics. We showed that the site in Guanghan City, China was the most suitable choice, followed by the sites in Houston, Juarez and Salvador.

### *Conclusions*

Despite A&C's existing operations in the US and its familiarity of doing business in Juarez with its current suppliers, the associated sites were ranked only below that of the site in China. Moreover, the pairwise comparison matrix  $R_{Cri}$  indicates that the selection criterion based on labor wages was given the extreme preference relative to other criteria. For the labor criterion, the site in Mexico was given the extreme preference relative to the other three sites as shown in matrix  $R_{Lab}$ . Furthermore, the criterion against which the site in Juarez was given an extreme aversion was the security criterion (as shown in  $R_{Sec}$ ), which was assigned a very low preference relative to the other seven selection criteria (as illustrated in  $R_{Cri}$ ). Consequently, we may have anticipated the site in Mexico to be chosen as the best choice. However, a systematic application of the AHP yielded the site in Guanghan City to be the best choice, which was counterintuitive to our anticipation.

### *Recommendations for Future Research*

The AHP provides a systematic framework that facilitates decision making based on qualitative criteria. However, the method does not consider interdependencies of the selection criteria. To address this issue, a possible extension our analysis is to utilize the Analytic Network Process (ANP) that aids modeling such interdependencies.

## References

- Gordon, L. Business Environment: Mexico (online), 2014, accessed on the internet on February 15, 2016. Internet address: <http://blog.euromonitor.com/2012/03/business-environment-mexico.html>.
- Handfield, R. "Three Key Trends in the Brazilian Logistics Market," *Supply Chain Resource Cooperative of the North Carolina State University* (online), accessed on the internet on February 15, 2016. Internet address: <http://scm.ncsu.edu/blog/2012/09/19/three-key-trends-in-the-brazilian-logistics-market>.
- Jayaraman, K. "Doing business in China: A risk analysis," *Journal of Emerging Knowledge on Emerging Markets*, Vol. 1, No. 1, 2009.
- National Security Council, "Transnational Organized Crime: A Growing Threat to National and International Security," Strategy to Combat Transnational Organized Crime, 2011.
- Taha, H. Operations Research: An Introduction, Prentice Hall, NJ, 2009.
- Texas-Mexico Trade Consortium, Texas A&M University, 2010.
- Trading Economics, Inflation Rates (online), 2015, accessed on the internet on February 15, 2016. Internet address: <http://www.tradingeconomics.com/country-list/inflation-rate>.
- U.S. Department of Commerce, "Doing Business in Brazil: 2014," *Country Commercial Guide for U.S. Companies*, 2014.
- U.S. Department of Commerce, "Doing Business in China: 2014," *Country Commercial Guide for U.S. Companies*, 2014.
- U.S. Department of Commerce, "Doing Business in Mexico: 2014," *Country Commercial Guide for U.S. Companies*, 2014.
- Viswanadham, N. and Kameshwaran, S. "A Decision Framework for Location Selection in Global Supply Chains," *Proceedings of the 3rd Annual IEEE Conference on Automation Science and Engineering*, Scottsdale, AZ, USA, Sept 22-25, 2007.
- Yuk, P. K. "Mexican Labour: Cheaper than China," *Financial Times*, April 5, 2013.

## Biographical Notes

**Ing. Ibrahim Aljehani** is a practitioner of Industrial Engineering in Jeddah, Saudi Arabia. He graduated with masters degrees in Industrial Engineering and Engineering Systems Management from *St. Mary's University*, San Antonio, TX.

**Dr. Gopalakrishnan Easwaran** is an associate professor in the Engineering Department at *St. Mary's University*, San Antonio, TX. His research interests include supply chain management and operations research. He has published papers in journals such as *Applied Mathematics and Computation*, *IIE Transactions*, and *Interfaces*.

**Dr. Rafael Moras** is a professor of Engineering and the director of the Engineering Systems Management and the Industrial Engineering graduate programs at *St. Mary's University*, San Antonio, TX. He has published articles in engineering journals such as *Production and Inventory Management Journal*, the *Journal of Applied Mathematics and Computation*, *Production Planning and Control*, and *International Journal of Industrial Engineering*.

# La importancia de aplicar programas de apoyo a microempresarios para incluirlos en el régimen fiscal

M.A.D. Raúl Alonso Lozada<sup>1</sup>, M.I.A. Haynet Rivera Flores<sup>2</sup>,  
M.A.D. Armando Villanueva Meléndez<sup>3</sup>

**Resumen**—De acuerdo a cifras de los Censos Económicos 2014, emitidos por el INEGI en Julio de 2015, el sector micro empresarial, representa el 94.3% de todos los establecimientos que existen en el país, es decir es la principal fuerza económica y de empleo, sin embargo es la que más opera en la informalidad fiscal, por lo que se requiere hacer un proceso demoscópico que nos permita conocer cuáles son las causas principales de este fenómeno mediante encuestas focalizadas, que permitan definir parámetros para la identificación de factores que deben ser considerados para disminuir dicha estadística.

Las entidades gubernamentales federales y estatales han implementado una serie de acciones para tratar de disminuir el crecimiento de la economía informal, sin embargo los esfuerzos no han logrado una total efectividad, al enfrentar a las microempresas a procesos tecnológicos que incrementan el temor a los microempresarios, de ahí la importancia de esta investigación.

Palabras Clave: Microempresarios, economía informal, informalidad, fiscal

## Introducción

Las microempresas son una oportunidad de desarrollo para una comunidad, especialmente porque la mayoría de ellas surgen como una opción para incrementar ingresos económicos y además generar fuentes de empleo e incentivar la propia actividad económica, sin embargo la mayoría de ellas presentan serias deficiencias que las hacen altamente vulnerables, propiciando factores de riesgo que son evidentes ante una serie de elementos que ocasionan que más del 80% de las microempresas de carácter comercial no rebasen el año de vida; una cifra estadística que hace evidente la necesidad de realizar estudios propios del desenvolvimiento micro empresarial y detectar sus deficiencias.

Sin embargo para las autoridades fiscales del país, la necesidad de que este tipo de negocios regule su situación fiscal es primordial, pues con ello se podría hacer frente a los altos índices de informalidad comercial que existe.

La secretaria de Hacienda y Crédito Público a través del Sistema de Atención tributaria (SAT) está implementando una serie de acciones para que las microempresas comerciales puedan incorporarse al sector formal, acompañados de una serie de beneficios, el programa es interesante en contenido sin embargo no ha logrado los efectos esperados, debido básicamente a la falta de conocimiento de los poseedores de este tipo de negocios, pero en especial a incertidumbre de que sucederá con sus negocios a corto plazo.

La ingeniería en Negocios y Gestión Empresarial de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala y como consecuencia de su propia actividad con este tipo de microempresas, percibe que hay una diversidad de temas que pueden desalentar el registro ante la entidad fiscalizable y es necesario realizar un sondeo que nos ayude a dar a conocer algunas de las debilidades o fortalezas que presenta este sector económico, que apoyen a las autoridades competentes a lograr dicho registro fiscal.

<sup>1</sup> Raúl Alonso Lozada, Maestro en Alta Dirección y Profesor de Publicidad y Mercadotecnia en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Tlaxcala, [raulalonso911@hotmail.com](mailto:raulalonso911@hotmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Haynet Rivera Flores, Maestra en Ingeniería Administrativa, y profesora de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Tlaxcala [haynetrivera@uttlaxcala.edu.mx](mailto:haynetrivera@uttlaxcala.edu.mx)



Los resultados obtenidos en una encuesta realizada a 185 micro empresas comerciales de la región centro del Estado de Tlaxcala, ofrecen información que evidentemente puede contribuir a generar alternativas que motiven a los micro empresarios a lograr su cédula de inscripción a algún régimen fiscal existente.

### **Antecedentes**

En julio de 2015 la dependencia dedicada a la realización de estadística pública, en México, INEGI, dio a conocer los resultados de los censos económicos 2014, una fuente de información económica básica, más completa y detallada del país, que aporta de manera estadística, el tipo de empresas que prevalecen en el país, esta información es de vital importancia si se desea contar con aspectos sobre el comportamiento económico por regiones, estados, municipios.

Este tipo de censos son muy favorables, pero en especial debido a que revela que la influencia de las microempresas continua siendo preponderante en la actividad económica del país, hecho que ocasiona que las entidad responsable de la recaudación de impuestos, Secretaria de Hacienda y Crédito Público, busque oportunidades para incorporar al mayor número posible de estas microempresas al régimen fiscal, lanzando desde 2014 un programa ambicioso de incorporación fiscal que por medio de diversos estímulos fomenta dicho propósito.

Este procedimiento fiscal fue denominado Régimen de Incorporación Fiscal (RIF) y persigue la finalidad de poder incorporarse durante unos 10 años a las personas físicas con poca capacidad económica y administrativa, pero básicamente va dirigido a las empresas nivel micro que representan el 94.8% del total de establecimientos detectados en los censos económicos del 2014, por el INEGI. (INEGI, 2015)

Evidentemente es necesario que todas las personas que tienen alguna actividad económica formen parte del padrón fiscal, esto propiciaría importantes diferencias y podría disminuir la carga fiscal de quienes cumplen con esta obligación, pero su efectividad depende directamente de que el sistema tributario mejore sus procedimientos en el pago de contribuciones, para que el contribuyente de manera fácil pueda cumplir con esta responsabilidad.

Bajo esta intención, la Secretaria de Hacienda ha facilitado los procedimientos de registro y cumplimiento de obligaciones, basando sus procedimientos en el uso de la tecnología, mediante el uso del internet y una página web amigable para realizar las responsabilidades en línea. Un esfuerzo muy loable, sin embargo se requiere analizar qué tan efectiva es esta opción para personas que invierten su poco capital en un micro negocio y además conocer qué tanto están dispuestos a utilizar esta opción tecnológica y si existen condiciones de adaptabilidad a estos procesos tecnológicos.

En los meses de octubre y noviembre, la secretaria de finanzas del gobierno del Estado de Tlaxcala, se dio a la tarea de realizar visitas a diversos establecimientos de la región centro del estado, para notificarlos a que registren sus actividades comerciales ante el régimen de incorporación fiscal, uno de los compromisos que adquiere el gobierno estatal ante el federal, que reside en el incremento de afiliados a régimen fiscal, ofreciendo a esta obligación una serie de beneficios, pero también bajo la advertencia de dar cumplimiento a este requerimiento para no ser afectados posteriormente; diversos negocios entendieron esta acción como una amenaza lo que propició una reunión entre ellos buscando soluciones ante dicha situación. Al mes de diciembre más del 90% de los comerciantes agrupados, han hecho caso omiso a este requerimiento, lo que origina el motivo de esta investigación y tratar de detectar realmente que ocasiona esta resistencia a la incorporación fiscal.



## Marco Contextual

Las contribuciones fiscales son una clase de tributo, obligaciones generalmente en favor del acreedor tributario, por derecho público y se caracteriza por no requerir una contra prestación directa o determinada por la administración hacendaria, quien se convierte en el acreedor tributario.

Los impuestos, término usado comúnmente por la población se define por parte de la Real Academia Española como el acto directo de gravar las fuentes de capacidad económica, como la renta y el patrimonio y de manera indirecta como el que grava el consumo y el gasto. (RAE, 2014) Sin embargo básicamente se interpreta como cargas obligatorias que las personas y empresas tienen que pagar para financiar al estado. En pocas palabras: sin los impuestos el estado no podría funcionar, ya que no dispondría de fondos para financiar la construcción de infraestructuras (carreteras, puertos, aeropuertos, eléctricas), prestar los servicios públicos de sanidad, educación, defensa, sistemas de protección social (desempleo, prestaciones por invalidez o accidentes laborales), etc.

En ocasiones, en la base del establecimiento del impuesto se encuentran otras causas, como disuadir la compra de determinado producto (por ejemplo, tabaco) o fomentar o desalentar determinadas actividades económicas. De esta manera, se puede definir la figura tributaria como una exacción pecuniaria forzosa para los que están en el hecho imponible. La reglamentación de los impuestos se denomina sistema fiscal o fiscalidad (Pérez Arroyo, 2006).

Existen dos tipos de impuestos que pueden afectar a cualquier persona física o moral y que se establecen como ingresos tributarios en muchos países del mundo; los impuestos directos son aquellos que grava directamente las fuentes de riqueza, la propiedad o la renta, en México reconocidos como impuesto sobre la renta (ISR), impuestos sobre patrimonio, sobre sucesiones, sobre bienes inmuebles, impuesto sobre la tenencia o uso de vehículos.

El otro tipo son los indirectos, que es aquel que grava el consumo, su nombre radica en que no afecta de manera directa los ingresos de un contribuyente, sino que recae sobre el costo de algún producto o mercancía. (Albi Ibañez, 2008) El impuesto de este tipo más importante es el impuesto al valor agregado (IVA), y que es en consecuencia uno de los ingresos tributarios más importante de México y otros países.

En México el impuesto al valor agregado entro en vigor el 1 de Enero de 1980, según data el diario oficial de la federación del 29 de Diciembre de 1979, sustituyo a otros impuestos pero además aplicó un acto de justicia sobre un impuesto denominado Impuesto sobre impuestos mercantiles (ISIM) que tenía un efecto denominado, en cascada o “piramidal”, pues cada intermediario incrementaba el precio del bien con el ISIM, lo que afectaba directamente al consumidor, quien asumía dichos excesos.

Las personas físicas o morales con una actividad comercial y que no contribuyen fiscalmente, se les ha clasificado como un sector de Comercio informal, el INEGI detalló que las modalidades de empleo informal sumaron 29.1 millones de personas en todo el país, y representó tan solo en el 2015 un total de 697,000 personas más al año anterior (INEGI, 2015), por ello las estrategias del gobierno federal por registrar al mayor número posible de personas al padrón fiscal. Para el Estado de Tlaxcala el comercio informal es una de las principales preocupaciones del gobierno estatal, reconoció la titular de la Secretaria de Turismo y Desarrollo Económico (SETYDE), Adriana Moreno Durán quien además enfatizó que al mes de noviembre de 2014, el Estado se ubica en los cuatro primeros lugares en comercio informal del país, pero confió que el programa “crezcamos juntos” que promueve el Gobierno Federal a través del SAT logre estos comercios se integren a la formalidad. (Guarneros, 2014).

Por su parte el Presidente de la Cámara Nacional de Comercio (CANACO), Joseph Rodríguez Ramos, en entrevista a medios electrónicos a finales del 2015, señaló que por cada comercio que paga impuestos 10 son informales, lo que habla que más del 60% de la población económicamente activa se encuentra en la informalidad. (Santillan, 2015).

Ante esta realidad es necesario identificar las causas que propician que este sector se esté incrementando, muy a pesar de los loables esfuerzos de la Secretaría de Hacienda para revertir dichas cifras.

### Proceso Metodológico:

Derivado de las inconformidades que propicio las notificaciones de la Secretaria de Turismo y Finanzas del Gobierno del Estado a establecimientos de la zona centro del estado, se realizaron diversas entrevistas con los afectados, para tratar de obtener una serie de cuestionamientos que nos permitieran obtener un resultado que sirva como proyección a una posible solución a este problema, evidentemente se obtuvieron diversas respuestas sin embargo las coincidencias nos ayudaron a obtener una encuesta que emitiera resultados que permitan validar de manera analítica es porque esta seria de microempresas comerciales se resisten a darse de alta ante la entidad hacendaria.

La Encuesta se aplicó a un total de 185 microempresas de diversos giros comerciales, se estableció como un requisito propiciar la equidad de género, y como referencia de aplicación deben ser negocios que carecen de un registro ante hacienda, que cuenten con un local o espacio físico fijo y que no rebasen los 10 empleos, una característica propia de la clasificación de microempresas, propia de la secretaria de Hacienda y Crédito público.

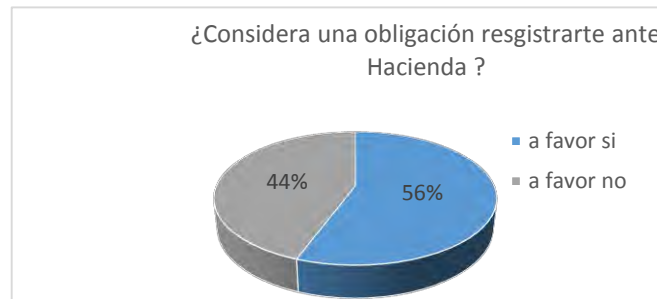
Como toda encuesta de opinión, los datos aquí presentados reflejan el ánimo de los encuestados en el momento de la aplicación, cada cuestionamiento y sus resultados son indicadores de una situación presente, por lo que los resultados pudieran ser totalmente cambiantes en el futuro, derivado de diversos factores propios de la dinámica humana y factores sociales.

### Universo General de la Encuesta.

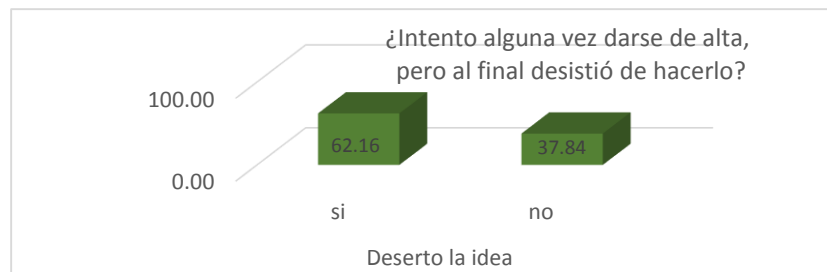
|             |                          |         |    |
|-------------|--------------------------|---------|----|
| SEXO        | Hombre                   | 53.0 %  | 96 |
|             | Mujer                    | 47.0 %  | 89 |
| Edad        | 18 a 29 años             | 39.46 % | 73 |
|             | 30 a 49 años             | 36.76 % | 68 |
|             | 50 y + Años              | 23.78   | 44 |
| Escolaridad | Primaria o Menos         | 31.89 % | 59 |
|             | Secundaria /Preparatoria | 44.32 % | 85 |
|             | Universidad y Más        | 23.78   | 41 |

|                |                         |        |    |
|----------------|-------------------------|--------|----|
| Giro Comercial | Alimentos               | 37.30% | 69 |
|                | Abarrotes               | 15.68% | 29 |
|                | Escolares               | 7.03%  | 13 |
|                | Automotrices/ferretería | 12.43% | 23 |
|                | Vinos y Licores         | 4.86%  | 9  |
|                | Belleza y Cosméticos    | 8.11%  | 15 |
|                | Medicina y Servicios    | 3.24%  | 6  |
|                | Alquiladoras            | 1.62%  | 3  |
|                | Ropa y Accesorios       | 9.73%  | 18 |

El 56% de los encuestados reconocieron que es su obligación registrarse ante hacienda, la clasificación de comerciantes con secundaria y preparatoria fue la mayoritariamente acepto esta responsabilidad.



El 62% de los encuestados reconoció que alguna vez en su trayectoria comercial intentó darse de alta en Hacienda, sin culminar el proceso.



Sin importar el nivel educativo, el 67% de los encuestados refleja como uno de sus obstáculos el no conocer de programas informáticos o manejo de computadoras y el 38% no ha utilizado internet en aspectos relacionados a su giro de trabajo, aunado a que el 23% nunca ha hecho uso de Internet.

Otro resultado relevante se refiere a las personas que no conocen de informática y que manifestaron en un 68% que es necesaria actualmente pero asumen que es demasiado tarde para aprenderla, este dato hace evidente la desatención que presenta un microempresario comercial ante las opciones que da la Secretaría de Hacienda quien basa sus acciones de incremento del padrón fiscal mediante este tipo de procesos.

Este trabajo demoscópico además detectó que existe una seria desconfianza por el microempresario en confiar en personas especializadas en el tema, el 56% de los encuestados reconocieron temor ante la contratación de un contador público y el 64% desconfía en dotar de información a una persona sobre la forma en cómo funciona su negocio.

Finalmente esta actividad manifestó en un 73% de los encuestados que en caso de seguir las presiones para darse de alta ante Hacienda, dejarían su negocio o realizarían sus actividades ajenos a un local, un tema por demás interesante pues se está propiciando un fenómeno inverso al propósito real de la entidad gubernamental.

## Conclusión

La necesidad de incrementar el padrón de contribuyentes es evidente, ya que ayudaría en gran forma a solventar muchos de los problemas que en materia económica se tienen, las acciones que emprende la

Secretaría de Hacienda y Crédito Público en conjunto con las entidades estatales, han logrado importantes avances, sin embargo el crecimiento del comercio informal, hace necesario que se analicen las estrategias pues los resultados no son del todo alicientes; este tipo de comercio, requiere de mayores acciones que los estimulen a su propio crecimiento para que de esta manera los efectos de un registro ante un padrón fiscal sea un efecto necesario para seguir adelante en sus metas y su crecimiento. Es muy cierto que el mundo actualmente está unido a los procesos tecnológicos, sin embargo se requiere hacer mayores estudios para identificar que tan real es esta influencia en las actividades comerciales de este tipo.

Es importantes denotar que evidentemente se han reducido en tiempo y forma los procesos referentes a las responsabilidades fiscales o de contribución que tiene una persona física o moral ante la actividad o giro comercial que realiza, pero si las microempresas estadísticamente son una de las principales fuerzas económicas y de empleo y estas presentan una serie de complicaciones para integrarse a esta responsabilidad entonces se requiere de establecer nuevos programas de acercamiento tecnológico a los microempresarios para después poder incorporarlos a un régimen fiscal.

#### Nota Metodológica

|   |   |
|---|---|
| Personas encuestadas:                     | Propietarios de pequeños negocios de la zona centro del Estado de Tlaxcala, establecidos en un local propio o rentado y que carecen de registro federal de contribuyentes.  |
| Fecha de levantamiento:                   | 17 al 27 de Noviembre del 2015  |
| Tamaño de Muestra                         | 200 encuestados 185 personas accedieron a contestar.  |
| Error máximo y confianza de las preguntas | Aunque cada porcentaje tiene su propio error asociado, la muestra garantiza una efectividad del 95 %, en error no sobrepasa el $\pm 3.1\%$ en las estimaciones.<br>Pueden existir otro tipo de errores propios de la forma de frasear las preguntas y las incidencias propias del trabajo de campo. |

#### Bibliografía

- Albi Ibañez, E. (2008). *Sistema Fiscal Español*. Barcelona : Ariel Economía 23° ed.
- Guameros, C. (14 de Noviembre de 2014). Ocupa Tlaxcala el cuarto lugar a nivel nacional en comercio informal. Tlaxcala, Tlaxcala, México. Obtenido de 365grados.com/?p=36347
- Hacienda y Credito Publico, S. (25 de 09 de 2015). *Régimen de Incorporación Fiscal*. Obtenido de Régimen de Incorporación Fiscal: <http://www.sat.gob.mx/RegimenDeIncorporacionFiscal/paraquienes.htm>
- INEGI, I. N. (2015). *Censos Economicos 2014*. México: Publicación Institucional.
- Peréz Arroyo, F. (2006). *Derecho Financiero y Tributario. Parte Gneral* . Mexico: Thomson Civitas 17° edición.
- RAE, R. A. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Espasa 23°edición.
- Santillan, G. (16 de Noviembre de 2015). Sigue comercio Informal dominando el mercado: CANACO. Tlaxcala, Tlaxcala, México. Obtenido de lineadecontraste.com/?p=46801

# APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PROMOCIÓN DE MICROEMPRESAS DEL SECTOR RESTAURANTERO

Oswualdo Alquisiris Quecha<sup>1</sup>, Dr. Ignacio Algreto Badillo<sup>2</sup>,  
M.C. Francisco Aguilar Acevedo<sup>3</sup> y Dr. Luis Alberto Morales Rosales<sup>4</sup>

**Resumen**— La disponibilidad y prestaciones de los dispositivos móviles de hoy en día, han permitido su uso en áreas tan diversas como el turismo. Este artículo presenta el diseño e implementación de una aplicación para móviles Android dirigido a fomentar la promoción de microempresas del sector restaurantero. La aplicación muestra al usuario de acuerdo a su ubicación los diferentes establecimientos de comida que se encuentren cercanos a él, teniendo la facilidad de poder filtrar el contenido a través de la distancia y los precios. El sistema permite la generación de rutas una vez que el usuario haya seleccionado un establecimiento, pudiendo visualizar el entorno físico del local sin necesidad de trasladarse hasta él, mediante un recorrido virtual. Se presenta el desarrollo y la validación de la aplicación considerando una muestra de comercios ubicados en los estados de Puebla y Tlaxcala.

**Palabras clave**— Dispositivo móvil, Android, Geolocalización, Recorrido Virtual.

## INTRODUCCIÓN

Hoy los dispositivos móviles, en particular los teléfonos móviles y tabletas forman parte del uso cotidiano, permitiendo un gran acceso a la comunicación y la información (Shuler *et. al.*, 2013). Estos dispositivos facilitan tareas tales como la mensajería personalizada, utilidades (calculadoras, editores de texto y documentos), edición de fotografía y video, entretenimiento, entre otros.

En el presente, son las compañías Apple y Google, las que dominan el mercado de los móviles con sus respectivas plataformas iOS y Android. Si bien, estas plataformas han tomado posturas similares, Android ha contado con un apoyo crítico: su base *Open Source*, lo cual ha permitido a los desarrolladores crear soluciones que se adapten a todas las necesidades. Esa versatilidad y adaptabilidad le han permitido de Android hasta el tercer trimestre de 2014 alcanzar una cuota de mercado alrededor del 85% (Barrenechea, 2015). En Julio de 2015 el número de aplicaciones para Android disponible en *Google Play Store* alcanzo los 1.6 millones (Statista, 2015).

Las tendencias actuales en el desarrollo de aplicaciones para móviles y tabletas incluyen aplicaciones enfocadas al apoyo del proceso de gestión y producción en las empresas, compras online, educación, turismo, entre otros. El llamado turismo móvil o *m-tourism* (Huijnen, 2006), es una de las áreas de estudio que se apoyan en funciones específicas de los teléfonos inteligentes como lo son la geolocalización, los contenidos multimedia y la realidad aumentada. En particular, las funcionalidades de geolocalización permiten proporcionar información inmediata en función de la localización del usuario, favoreciendo la oferta de servicios y productos.

Alrededor de esta temática diversos trabajos se han desarrollado. En Ochoa (2014), se integran elementos multimedia a una aplicación para móviles Android, con la finalidad de realizar órdenes y pedidos de los productos ofrecidos en un restaurante, permitiendo visualizar las respectivas características y cualidades de dichos productos. En (Campos de Diago, 2013) se explora la problemática que muchos comensales tienen al momento de localizar un restaurante que cumpla con sus expectativas. Usando geolocalización, la aplicación brinda la opción de encontrar restaurantes en las inmediaciones, que ofrecen la comida deseada. A modo de red social, incluye la opción de puntuar los platos degustados e insertar restaurantes nuevos.

A disposición del usuario se encuentra algunas aplicaciones a través de *Google Play Store*, las cuales agilizan ciertos procesos de promoción del turismo, incluyendo los del sector restaurantero. Sin embargo, la mayor parte de estas aplicaciones funcionan de manera eficaz en países de la Unión Europea y Estados Unidos. Algunas

<sup>1</sup> Oswualdo Alquisiris Quecha, es egresado de la Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec, Oaxaca, México [oswualdoaq@gmail.com](mailto:oswualdoaq@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Dr. Ignacio Algreto Badillo es profesor de tiempo completo de la Universidad Politécnica de Tlaxcala, Tlaxcala, México [ignacio.algreto@uptlax.edu.mx](mailto:ignacio.algreto@uptlax.edu.mx)

<sup>3</sup> M.C. Francisco Aguilar Acevedo es Profesor de Ingeniería en Computación en la Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec, Oaxaca, México [aguilar.afco@gmail.com](mailto:aguilar.afco@gmail.com)

<sup>4</sup> Dr. Luis Alberto Morales Rosales es director de posgrado del Instituto Tecnológico Superior de Mianla, Veracruz, México, [lamorales@itsm.edu.mx](mailto:lamorales@itsm.edu.mx).

aplicaciones representativas de este género son *Foodspotting*, *Yelp* y *Urbanspoon*. En el caso de México, las aplicaciones existentes cuentan con prestaciones limitadas. Algunos ejemplos relevantes son una aplicación del proyecto editorial México Desconocido denominada Pueblos Mágicos; y la aplicación de la empresa mexicana Auto Rentas Aga, S.A. de C.V. llamada *Trippler Travel Guide*, la cual ofrece información sobre 37 ciudades de México y 152 pueblos históricos o mágicos. A mediados del 2015 la Secretaría de Turismo anuncio el desarrollo de una aplicación, para el Atlas Turístico de México que contendrá videos, fotos e infografía de los lugares turísticos, culturales y recursos naturales.

Cabe mencionar que las aplicaciones citadas, permiten la ubicación de establecimientos asociados a medianas y grandes empresas, dejando aún lado la promoción de microempresas, las cuales surgen por iniciativa de un emprendedor o bien ante la falta de oportunidades de empleo, y que en muchos casos son una forma de supervivencia para las familias en nuestro país (Chávez *et al.*, 2015).

En el presente documento se muestra el desarrollo de una aplicación para móviles Android orientada a fomentar la promoción de microempresas del sector restaurantero, ofreciendo a usuario a través de geolocalización la ubicación de establecimientos de comida, una gama de filtros de selección y un recorrido virtual, que les lleven a tomar una adecuada decisión. Se describe el sistema propuesto, su implementación y los resultados obtenidos considerando una muestra de establecimientos ubicados en los estados de Puebla y Tlaxcala.

## SISTEMA PROPUESTO

La aplicación para móviles Android propuesta, muestra los diferentes establecimientos de comida al usuario mediante el despliegue de un mapa como interfaz en el dispositivo. Una vez obtenida la localización, la interfaz proporciona la información correspondiente en el mapa, mencionando el punto exacto en el que se encuentra el usuario con información de la dirección actual. El sistema es capaz de adaptarse cuando el usuario está en movimiento actualizando tanto la ubicación como la dirección en tiempo real. La aplicación muestra la ubicación de los establecimientos listando los más próximos al usuario, pudiendo filtrar los resultados de acuerdo a la distancia (en metros con alcance a un kilómetro) y a un rango de precios de los establecimientos. Las facilidades de un recorrido virtual de los establecimientos es una prestación más de la aplicación.

El objetivo particular del sistema es generar una red de sitios enfocados a la venta de alimentos ofrecidos por microempresarios, fomentando de esta forma la promoción de esta importante actividad económica en los estados de Puebla y Tlaxcala. Un argumento de la aplicación es presentar al usuario una interfaz de fácil uso.

Respecto a la geolocalización, en Android existen diversas formas de obtener la ubicación de un dispositivo móvil, aunque la más conocida y popular es el uso del sistema de posicionamiento global (GPS), el cual es empleado en esta aplicación,

Para el correcto funcionamiento de la aplicación el dispositivo móvil (teléfono inteligente o tableta) deberá contar con recursos adecuados de hardware y software (sistema operativo igual o superior a la versión 4.1 Jelly Bean de Android. Para determinar la localización, el dispositivo deberá contar con GPS. Indispensablemente el equipo habrá de disponer de conexión a internet debido a que la aplicación requiere descarga del mapa correspondiente y acceder al enlace para la visualización del recorrido virtual del establecimiento seleccionado. El sistema emplea la API de Google Maps V3 para el despliegue del mapa.

## IMPLEMENTACIÓN

La aplicación opera sobre plataformas Android con una versión igual o superior a la API 4.2.2. A continuación se describen las pantallas que forman parte de la arquitectura de la aplicación (véase Figura 1), describiendo los métodos empleados para su programación.

### *Pantalla de Bienvenida (Splash Screen)*

La aplicación inicia mostrando información relativa de la empresa desarrolladora y su logotipo además de una barra de progreso que dura aproximadamente 5 segundos. Una vez que la barra logre cargarse por completo se enviará automáticamente a la Ventana Principal. El método implementado en este caso fue configurar la actividad a través archivo del *AndroidManifest.xml* de tal manera que la ventana ocupará la totalidad del dispositivo. El efecto de carga de la barra de progreso se realizó utilizando la función *CountDownTimer*, bajo la cual se deben implementar



dos métodos para su correcta labor (*onTick* y *onFinish*). La memoria utilizada en el dispositivo es liberada al concluir las tareas de la Pantalla de Bienvenida, administrando así de mejor manera los recursos del dispositivo.



Figura 1. Arquitectura de la aplicación.

### *Ventana Principal*

Consta de un mapa que muestra la ubicación actual del usuario identificando el área geográfica, la dirección y la información de los establecimientos que se encuentran en las cercanías. Se presenta además dos botones uno de opciones y otro de ayuda/acerca de. Previo a la visualización del mapa se realiza la validación del GPS.

En esta actividad se hace uso de la API de Google Maps para la visualización de un mapa donde se mostrará la ubicación del usuario y el lugar que ocupa cada establecimiento dentro del mismo. A nivel de programación, el uso de la API requiere una clave proporcionada por Google. Adicionalmente para realizar la conexión a los servidores de Google y descargar el contenido a mostrar, es necesario agregar secciones de código que autoricen el uso de la conexión a internet. El sistema requiere del acceso a la ubicación del usuario con lo que es necesario activar el servicio correspondiente mediante el siguiente código:

```
locationManager = (LocationManager) this.getSystemService(Context.LOCATION_SERVICE);
```

Para la función de localización, la aplicación utiliza como proveedor el dispositivo GPS, mismo que el sistema valida inicialmente, y en caso de no estar activo accede a la configuración del móvil para que el usuario pueda activar el GPS. El sistema es capaz de obtener la última ubicación del usuario para que sea mostrada en la aplicación, esto mediante el siguiente código:

```
location = locationManager.getLastKnownLocation(proveedor);
```

Además, el sistema refresca en tiempo real la ubicación, esto en caso que el dispositivo cambie de lugar, lo cual es detectado y mostrado con el método *onLocationChanged* que se dispara cuando se detecte un cambio de posición.

Cuando las configuraciones para situar la ubicación inicial del usuario concluyen se da paso al posicionamiento de los *Markers* o marcadores los cuales son las representaciones de los comercios asociados con la empresa, para esta tarea se realizó la implementación de una función la cual recibe como parámetros la ubicación (de tipo *LatLng*), el título del marcador y una descripción del mismo. Cuando el usuario ha seleccionado el marcador por primera vez, se notifica la información del mismo, además de mostrar la opción de poder realizar un recorrido virtual por el establecimiento seleccionado. Una vez que la aplicación detecta la ubicación del usuario también es notificada la



dirección exacta en la que se encuentra, esto se efectúa con un método donde se realiza un cálculo de acuerdo a los datos de latitud y longitud obtenidos.

### *Opciones*

Al pulsar sobre el botón Opciones se despliega una ventana emergente, en el cual el usuario podrá filtrar el contenido del mapa. El usuario puede seleccionar con el filtro de distancia un rango de acuerdo a su ubicación generado por el dispositivo GPS. Lo anterior se realiza mediante la implementación de una interfaz en el fragmento Opciones, que no es más que un conjunto de métodos abstractos y de constantes cuya funcionalidad es la de determinar el funcionamiento de una clase. Para el filtrado por precio, el usuario puede seleccionar una de cuatro categorías de acuerdo a su economía, con ello el mapa sólo mostrará locales que cumplan con estos requisitos. Este filtrado se realiza mediante la programación de un arreglo para desglosar los precios y un adaptador en el que se manipulan los mismos. Una vez seleccionada la configuración deseada, el sistema nos notificará que los valores han sido guardados exitosamente y reflejará en el mapa dicha configuración.

En caso que el usuario solo utilice el filtro de distancia, el filtrado por precio marca por defecto la configuración con el precio mínimo señalando la zona y los establecimientos pertinentes. La implementación del filtrado por distancia consta de una barra de progreso seleccionable. La configuración que se obtiene de las funciones anteriores pasa por la interfaz que se ha implementado a la ventana principal en el cual se debe implementar el método y además especificar las funciones de la interfaz.

### *Navegación Guiada*

Al seleccionar un establecimiento nos mostrara su información, pero además es posible generar un cálculo de rutas, en caso de ser seleccionada esta opción se abrirá una nueva ventana en la cual el sistema, utilizando las ventajas de la API de Google, nos muestra la mejor ruta desde nuestra ubicación actual hasta el establecimiento seleccionado, además nos muestra la distancia y el tiempo que requerirá en el traslado hasta llegar al local.

### *Recorrido Virtual*

Pulsando dos veces sobre el marcador de un establecimiento, es posible acceder a un recorrido virtual, mostrando al usuario una imagen en la cual es posible interactuar moviéndola los 360°, a través de las acciones de arrastre de los dedos en la dirección que se desee. Para salir de esta visualización solo es necesario pulsar el botón de retroceso del dispositivo. Para esta función se hace uso de un visualizador web en el dispositivo, el cual funge como contenedor de la página web que se muestra. Cabe señalar que la generación del recorrido virtual se realiza de manera independiente de la aplicación con lo cual solo es necesario conocer la dirección web donde se encuentre almacenado el recorrido.

### *Otras Opciones*

El sistema cuenta con una sección denominada Acerca de, en el cual se cuenta con información referente a la aplicación, en ella es posible compartir la aplicación y enviar comentarios al desarrollador con el fin de generar una retroalimentación que permitan agregar futuras funcionalidades. También es posible seguir al organismo desde su página de Facebook y visitar su página web oficial.

## **RESULTADOS**

Una vez desarrollada e implementada la aplicación y sus diversas funcionalidades se procedió a la realización de pruebas y validaciones del sistema para descartar posibles fallas y en su caso implementar medidas correctivas. Para dichas pruebas se realizaron un registro de diez establecimientos con sus respectivos recorridos virtuales. El sistema reporta resultados de satisfactorios sobre el uso de la aplicación, los establecimientos son mostrados correctamente en el lugar exacto que ocupan en el mapa, además se verificaron que los filtros cumplen con su objetivo. Se interactuó con el sistema de tal manera que el usuario se desplazara por un lugar aleatorio en donde inicio la aplicación con una conexión a internet por medio de datos 3G y la activación del GPS. El usuario seleccionó un establecimiento y le fue mostrado las características del local, de igual manera también pudo realizar la validación del recorrido virtual. Cabe mencionar que la velocidad de carga del mapa y el recorrido virtual está dada

directamente por la velocidad de conexión de internet con la que cuente el equipo. Las pruebas sugieren una conexión a una red Wifi, ya que con esto se obtiene una velocidad de conexión más rápida, reduciendo adicionalmente el costo que genera la conexión de datos 3G. En la Tabla 1 se listan algunas ventajas y desventajas observadas durante las pruebas.

| VENTAJAS   | DESVENTAJAS  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Similitud en funcionalidad con otras aplicaciones.</li> <li>➤ Información exacta de la dirección en tiempo real.</li> <li>➤ Recorrido virtual.</li> <li>➤ Navegación guiada al establecimiento seleccionado.</li> <li>➤ Retroalimentación a través de comentarios.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desglose de los locales en listas.</li> <li>➤ No se presentan detalles de los establecimientos.</li> <li>➤ Limitado para el estado de Puebla y Tlaxcala.</li> <li>➤ Solo establecimientos asociados serán mostrados en el sistema.</li> </ul> |

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la aplicación.

## CONCLUSIONES

En la actualidad muchas empresas hacen uso de las aplicaciones móviles como estrategia para abrirse paso en el mercado y elevar tanto su posición como su impacto en la sociedad.

El uso generalizado de los dispositivos móviles y sus presentaciones actuales han facilitado el uso de esta tecnología en diversos ámbitos sociales. Un área actualmente en exploración es el turismo móvil. Aunado a ello, la gran cantidad de información existente para el desarrollo de aplicaciones móviles, y las facilidades otorgadas por plataformas como Android brinda los elementos necesarios para otorgar soluciones adecuadas a problemáticas de la vida real.

El sistema desarrollado agrupa algunas de las características más representativas de las aplicaciones existentes para la promoción de empresas del sector turístico. Las pruebas realizadas validaron la funcionalidad del sistema. La aplicación presentada se encuentra dirigida a establecimientos considerados como microempresas, las cuales no cuentan con una difusión por parte de las aplicaciones comerciales existentes, otorgando a este sector un mecanismo de promoción a un costo reducido.

## REFERENCIAS

- Barrenechea T. I. "Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos según su sistema operativos hasta el tercer trimestre de 2014 en el mundo", consultado por Internet el 23 de noviembre del 2015. Dirección de internet: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/taylorbarrenechea/2015/04/29/porcentaje-de-tel-fonos-inteligentes-vendidos-seg-n-su-sistema-operativos-hasta-el-tercer-trimestre-de-2014-en-el-mundo/>
- Campos de Diago, E. "Aplicación móvil de localización de ocio para Android". Universidad Politécnica de Madrid, 2013.
- Chávez A. G., M. C. Peña y M. Hernández (2015). "Impacto de la Reforma Fiscal en las Microempresas". *Revista Global de Negocios*. Vol. 3, No. 2, 2015. Institute for Business and Finance Research. U.S.A.
- Huijnen C. "Mobile Tourism and Mobile Government", European Centre for Digital Communication, April 2006.
- Ochoa P. A. "Aplicación interactiva para la gestión de órdenes y pedidos en un restaurante". Tesis de Maestría, Universidad de Azuay, 2014.
- Shuler C., N. Winters y M West. "El Futuro del Aprendizaje Móvil Implicaciones para la Planificación y la Formulación de Políticas", Serie de documentos de trabajo de la UNESCO sobre aprendizaje móvil, consultado por Internet el 30 de Noviembre de 2015. Dirección de internet: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219637s.pdf>
- Statista. "Number of available applications in the Google Play Store from December 2009 to July 2015". The Statistics Portal, Statista Inc., consultada por Internet el 11 de octubre de 2015. Dirección de internet: <http://www.statista.com/statistics/266210/number-of-available-applications-in-the-google-play-store/>

## NOTAS BIOGRÁFICAS

El **C. Oswaldo Alquisiris Quecha** es egresado de la Ingeniería en Computación por la Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Ha participado en diversos proyectos universitarios, ferias de ciencias y cuenta con publicaciones en congresos nacionales.

El **Dr. Ignacio Alfredo Badillo** es profesor-investigador de la Universidad Politécnica de Tlaxcala. Recibió el grado en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Puebla (ITP) en el 2002 y los grados de Maestría y Doctorado en Ciencias Computacionales del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) en el 2004 y 2008, respectivamente. Él es miembro del SNI desde el 2011, tiene más de 70 artículos científicos, es revisor en varios comités nacionales e internacionales, lidera varios proyectos y sus líneas de investigación son enfocadas en el diseño y desarrollo de sistemas digitales, arquitecturas reconfigurables, plataformas basadas en el concepto radio software, seguridad, prototipos didácticos, sistemas criptográficos, implementaciones en FPGA, sistemas basados en microcontroladores y microprocesadores y aceleración en hardware para aplicaciones específicas

El **M en C. Francisco Aguilar Acevedo** es profesor-investigador de la Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Tiene una maestría en Ingeniería Mecatrónica por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Cuenta con experiencia en instrumentación y sistemas embebidos. Ha participado en eventos de creatividad, ferias de ciencias y congresos nacionales e internacionales. Sus áreas de interés son la dirección de proyectos de ingeniería, los sistemas embebidos, la instrumentación electrónica y la automatización de procesos

El **Dr. Luis Alberto Morales Rosales** es profesor-investigador del Instituto Tecnológico Superior de Misantla (ITSM). Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Colima en el 2001. Obtuvo los grados de maestría y doctorado del Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE) en los años 2005 y 2009 respectivamente. Cuenta con más de 30 artículos científicos, sus líneas de investigación son enfocadas al cómputo móvil, sistemas distribuidos, desarrollo de algoritmos bio-inspirados, computación inteligente, sistemas evolutivos, desarrollo aplicaciones inteligentes para educación, minería de datos, seguridad informática, visión artificial y realidad aumentada.

## Medición de la gestión del conocimiento en el Instituto Tecnológico de Apizaco, propuesta de un modelo general

M. en A. Carolina Anica González<sup>1</sup>, Lic. Sandy Isabel Islas Aguilar<sup>2</sup>,  
M. C. Ma. Janai Sánchez Hernández<sup>3</sup> y M. I. Guadalupe Ortega Cruz<sup>4</sup>

**Resumen**— La presente investigación tiene como objetivo identificar las variables necesarias que conformarían el estudio diagnóstico para la medición de la gestión del conocimiento en el Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA) la cual no cuenta con algún modelo de gestión de conocimiento y se propone uno.

Este estudio presenta el estado del conocimiento con respecto a la medición y gestión del conocimiento, presentando y describiendo conceptos, antecedentes de la gestión del conocimiento en el ámbito mundial, en México y en Tlaxcala, se muestran algunos de los modelos propuestos por investigadores y estudiosos del tema referido, se realiza la identificación de las variables que son necesarias para conformar un estudio diagnóstico para la medición del conocimiento en una organización referida en el marco contextual y se propone un acrónimo relacionado con las tecnologías de la información y comunicación para la gestión del conocimiento TICGC.

**Palabras clave**—Conocimiento, gestión del conocimiento, modelos de gestión de conocimiento, tecnologías de la información y comunicación para la gestión del conocimiento TICGC, moodle.

### Introducción.

Los cambios constantes que se gestan en las organizaciones, requieren de diversas herramientas para enfrentarlos y a su vez crear ventajas competitivas, mismas que se apoyan en el desarrollo de nuevas tareas cada vez más orientadas a desarrollar estrategias y mecanismos relacionados con la creación del conocimiento y su gestión, de la identificación y administración de sus nuevos valores intangibles que conforman la nueva economía (Berumen y Arriaza 2008), de la profesionalización del factor humano y de la vertiginosa evolución tecnológica en dichas organizaciones.

Por lo anterior es preciso identificar previamente qué es el conocimiento y sus implicaciones dentro de la organización, cómo aprovechar el conocimiento que poseen las personas, cómo transmitirlo y hacerlo disponible para otras personas coadyuvando al cumplimiento de los objetivos de la organización y apoyen a su vez a la solución de problemas para posteriormente considerar los procesos de gestión de conocimiento.

Hoy por hoy se considera tanto a la información como al conocimiento uno de los mayores activos en las organizaciones por lo que es importante su administración como recurso valioso e intangible en las mismas, mantener un inventario del capital intelectual que se genera en dichas instituciones para evaluar el desempeño en cuanto a productividad ayudando a integrar la sociedad de la información.

López (2007), expresa que el conocimiento para generar ventajas competitivas debe ser gestionado adecuadamente, surgiendo así la gestión de éste considerado como una disciplina.

Es importante señalar que se sugiere realizar el análisis en cualquier institución de educación superior, cómo se gestiona el conocimiento en el Instituto Tecnológico de Apizaco, en la presente investigación se consideraron los principales modelos de gestión del conocimiento, donde se observan, características y variables de los mismos, considerándolos como estrategias determinantes en la competitividad de las organizaciones a fin de proponer su adecuación.

### Planteamiento y desarrollo de la investigación.

En una sociedad globalizada, en la que todo es cambiante, algo que garantiza una ventaja competitiva es el conocimiento, por lo tanto su estudio y gestión es importante para el desarrollo de las organizaciones. El conocimiento es un activo intangible y es un tanto complicado gestionarlo, puede medirse a través de la gestión del conocimiento determinando variables que la integran. Está representado en las capacidades y aptitudes individuales y de grupo que están asociadas con la comprensión y el desarrollo de habilidades para organizar, interpretar y asimilar información en la resolución de problemas y logro de objetivos (Cohendet y Stainmueller, 2000). Así la información

<sup>1</sup> Carolina Anica González es Profesora del Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala, México [anikage@hotmail.com](mailto:anikage@hotmail.com)

<sup>2</sup> Lic. Sandy Isabel Islas Aguilar es Profesora del Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala, México [aiis.tec@hotmail.com](mailto:aiis.tec@hotmail.com)

<sup>3</sup> M. C. Ma. Janai Sánchez Hernández es Profesora del Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala, México [shmj90@hotmail.com](mailto:shmj90@hotmail.com)

<sup>4</sup> M. I. Guadalupe Ortega Cruz es Profesora del Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala, México [lupita0226@yahoo.com](mailto:lupita0226@yahoo.com)

sólo representa datos, el conocimiento representa significado de esos datos y puede llevar a crear nuevos significados y estructuras, nuevas ideas y estrategias para aplicarlo en diferentes aspectos. (Berumen y Arriaza 2008).

Pero no sólo el conocimiento genera ventajas competitivas sino que las tecnologías de información también son parte de la generación de esas ventajas y que a la vez son medios para gestionarlo. Gutiérrez-Cuevas, (2004) dice que “Las tecnologías de la información y comunicaciones TIC están transformando la economía, los comportamientos, la educación, las experiencias y relaciones de poder, las organizaciones y la vida”. Asimismo, las herramientas informáticas ayudan a añadir valor a los datos en su proceso de conversión de la información y conocimiento con respecto a un contexto específico. En las organizaciones deben gestionarse los recursos basados en conocimientos por lo que deben disponer de modelos de gestión del conocimiento y por tanto auxiliarse de herramientas para medir el capital intelectual para así gestionar eficiente y eficazmente sus recursos intangibles, las instituciones de educación superior deben hacer lo propio haciendo que éstas sean más competitivas a nivel región.

En cuanto a la Institución objeto de estudio donde se centra la presente investigación cabe mencionar que no se cuenta con algún modelo de gestión del conocimiento y mucho menos una estrategia de medición del mismo, por lo que se pretende sugerir adoptar alguno para el desarrollo de ventajas competitivas de la institución y fortalecer en la planeación estratégica, considerando el desarrollo institucional se han reflejados en los objetivos propuestos de la organización, mismos que son abordados tanto por el capital humano como por el capital intelectual para ser alcanzados, la gestión del conocimiento parte de los objetivos y procesos de la organización, donde existe la necesidad de gestionar los flujos de información, compartiendo el conocimiento donde se requiera.

El no gestionar el conocimiento en alguna organización, como el (ITA), la información se dispersa, no se garantiza su disponibilidad desaprovechando su valor al no tener acceso a ella, esta situación provoca cierta lentitud en las operaciones y en la información obtenida al final de cada semestre por ejemplo, la carpeta de evidencias del curso académico que se guarda solamente en discos compactos y no se concentra en una base de datos o repositorios sistematizados para reutilizarla y mejorarla posteriormente, no hay retroalimentación, es decir, sólo se cumple con un proceso dentro de gestión de calidad; hay deficiencia de la aplicación de la información y el conocimiento, impactando en baja productividad del capital humano. También es necesario definir las políticas para compartir información y gestionar el conocimiento generado.

Hay cursos de capacitación y evaluación de instrumentos pedagógicos y didácticos, pero no hay una estrategia de evaluación de planeación didáctica e intercambio de experiencias a partir de la capacitación recibida, no hay un instrumento de medición que permita evaluar y asegurar que el conocimiento obtenido por el personal docente aplique las estrategias que se implementan y se aplican al modelo pedagógico por competencias, lo cual no asegura que la transmisión del conocimiento se desarrolle claramente.

#### *Concepto y acepciones de la gestión del conocimiento.*

El intelectual, el cual según Molina y Sierra (2001) es la posesión de conocimientos, experiencia aprovechada, tecnología organizacional, relaciones con los clientes, habilidades profesionales y está constituido por: el capital humano (capacidades individuales y colectivas, cultura organizativa, competencias, experiencias, destrezas, habilidades, etc.) y el capital estructural (procesos, estructura organizativa, sistemas, metodologías, tecnología, el *know-how*, cultura organizacional, secretos de la empresa como diseño de productos, etc.) y el capital social refiere Molina y Sierra (2001) reside en la red de las relaciones (personas o de organizaciones), es decir, que existen recursos a los que solamente se puede acceder y movilizar a través de las relaciones (marcas, la lealtad, reputación, contratos, etc.).

Nonaka, y Takeuchi, (1995) Sugieren que hay dos tipos de conocimiento:

- a) El explícito: es aquél que puede expresarse con palabras y números, y puede transmitirse y compartirse fácilmente en forma de datos, fórmulas científicas, procedimientos o principios universales.
- b) El tácito: este tipo es muy personal; tiene sus raíces en lo más profundo de las acciones y la experiencia individual, así como en los ideales, valores, creencias, experiencias y emociones de cada persona. El conocimiento tácito se compone del capital humano y el intelectual, es decir, de los aportes individuales y la generación de conocimiento que se da por la interacción entre los miembros de la organización.

#### *Administración o Gestión del Conocimiento:*

Dado lo antes citado en el presente trabajo de investigación, se considera la gestión del conocimiento como un proceso organizacional que se basa en el uso de las TIC que desarrolla capacidades para originar, organizar, almacenar, acceder, transferir, aplicar y proteger el conocimiento de una organización a fin de incrementar su competitividad. (Martínez, 2011). La gestión del conocimiento entonces de manera concreta es la administración de bienes intangibles y su relación con el capital humano, para el logro de los objetivos de la institución, implica la creación, captura, organización, almacenamiento, distribución, transferencia y aplicación del conocimiento de la organización para incrementar su competitividad.

#### *Modelos de la Gestión del Conocimiento.*

Existen diversos modelos de Gestión del Conocimiento, se presenta un cuadro 1.1 con un resumen que considera los modelos de gestión del conocimiento más representativos y que se acercan al contexto de la investigación para determinar los elementos y variables para la medición de los activos intangibles en una organización y establecer la medición de la gestión del conocimiento de la misma.

#### *Herramientas tecnológicas de la Gestión del Conocimiento.*

En la actualidad en las organizaciones para enfrentar los cambios constantes requieren de adaptación y empleo de las Tecnologías de la Información y comunicaciones (TIC) como un medio para transmitir contenidos y gestionar información y conocimiento.

Pérez y Dressler (2007), señalan que uno de los aspectos esenciales para que la gestión del conocimiento se lleve a cabo de manera eficiente es determinar las herramientas disponibles para la gestión del conocimiento tales como las TIC, mismas que han coadyuvado a que el conocimiento explícito se extienda e incluso el conocimiento tácito se convierta en conocimiento explícito por medio de las redes de comunicación, los archivos multimedia y las tecnologías audiovisuales entre otras TIC donde dicho conocimiento se almacene en bases de datos empresariales y relacionales, intranets, incluso en la nube por medio de la virtualización; para ello en este reporte de investigación se menciona a la plataforma *moodle*, como una herramienta para la gestión del conocimiento. *Moodle* es un paquete de software para la creación de cursos y sitios Web basados en Internet. (Dougiamas, M. 2005).

Cuando se aplica un modelo de gestión del conocimiento, se deben identificar las variables necesarias para ser medidas y se deben considerar cuáles herramientas utilizar para llevar a cabo tanto el proceso de gestión del conocimiento como la medición del mismo. Las herramientas seleccionadas deben ser en función de las necesidades de la organización y de la disponibilidad de recursos para optimizar el uso de los mismos.

Con respecto a la clasificación de los modelos de gestión del conocimiento, se observa que hay 5 procesos básicos de la gestión del conocimiento los cuales son; creación, adquisición, almacenamiento, transferencia y aplicación del conocimiento, Andersen (1999) sugiere que se debe incluir otro proceso que es la medición del conocimiento para determinar que la gestión del conocimiento contribuye a la mejora de la organización obteniendo resultados positivos. La mayoría de modelos considera a las TIC como elemento fundamental en la gestión del conocimiento tanto para adquirir, transferir, almacenar y aplicar el conocimiento, así también otro elemento importante para la medición del conocimiento es el capital humano y que la mayoría de modelos consideran medir.

#### *Variables de modelos de gestión de conocimiento.*

Son diversas las variables o indicadores que se identifican entre ellas: recursos humanos, aplicaciones informáticas, instrumentos tecnológicos, liderazgo, clima organizacional, instrumentos no tecnológicos como transferencia de conocimiento, equipos, competencia de personal, entre otras.

#### *Criterios utilizados para seleccionar el modelo de gestión de conocimiento.*

Dado que no existe claramente una taxonomía de modelos de gestión de conocimiento es necesario considerar una visión teórica, es decir, tomar algunos elementos de los modelos descritos en el presente trabajo de investigación siendo tres los elementos principales recursos humanos, tecnología y la organización misma.

#### *Selección del modelo de gestión de conocimiento adecuado para la institución objeto de estudio.*

Una vez analizado los modelos, señalando sus características primordiales e identificando tanto las dimensiones como las variables y sus respectivos indicadores, se tomaron como referencia dichos criterios para seleccionar algunos modelos y otros rechazarlos.

### **Conclusión**

El modelo presentado como idóneo, identificado como el más adecuado para la evaluación del estado que guarda la gestión del conocimiento, como el capital intangible, contiene los indicadores y criterios suficientes conforme a los aspectos y variables considerados como guía para la selección del mismo modelo, sin embargo, se debe considerar que aún cuando se trate de un modelo preestablecido, será necesario, hacer ajustes para adaptarlo a las realidades particulares y contar con elementos que permitan una toma de decisiones o la construcción de estrategias para la implementación de políticas y programa de gestión del conocimiento en la institución de educación superior como la referida en este estudio. Entre las principales actividades que se realizaron en el presente trabajo de investigación son: definición de las dimensiones y las variables que integrarían una estrategia de evaluación de gestión del conocimiento en el ITA, la evaluación de algunos modelos existentes, el análisis de variables y alcances de sus indicadores seleccionando el modelo de gestión del conocimiento acorde a la institución educativa.

#### *Propuesta de Modelo de gestión del conocimiento:*

A partir del análisis obtenido se identifica que es necesario medir el conocimiento identificando previamente las variables que integran el modelo seleccionado a través del seguimiento del proceso de gestión del conocimiento. Los elementos que integran el proceso de la gestión del conocimiento que se propone en esta investigación constituida de 6 elementos principales retomados a partir de (Martínez, 2011) y (Gómez, 2009), dicho



proceso integra en sí la conceptualización de la gestión del conocimiento: *Origen del conocimiento, Organización, Acceso, Uso, Protección y Medición del conocimiento.*

| RESUMEN DE MODELOS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO |  |   |  |   |   |  |   |   |  |
|--|--|---|--|---|---|--|---|---|--|
| Modelo   | SECI   | Modelo Wiig   | Modelo de Grant  | Modelo de Leonard Barton  | Modelo Arthur Andersen  | Modelo KPMG  | Modelo KMAT   | Modelo de Sveiby  |  |
| Autores  | Nonaka & Takeuchi, 1995  | Wiig, 1993  | Grant, 1997  | Leonard Barton, 1998  | Arthur Andersen, 1999   | Tejedor y Aguirre, 1998  | KMAT, 1999  | Modelo de Sveiby, 1994  |  |
| <b>Descripción</b>                             | Proceso de transformación del conocimiento (proceso de interacción del conocimiento tácito y explícito) conformando una espiral de 4 fases: Socialización, Exteriorización, Combinación e Interiorización.   | La gestión del conocimiento se basa en ciertas funciones que permiten a la organización crear, mantener, utilizar y transmitir el conocimiento.   | La gestión del conocimiento para Grant es individual donde la empresa coordina, integra y aplica el conocimiento especializado de sus miembros para la producción de bienes y servicios. | Se basa en dos componentes, las capacidades básicas de la organización y las actividades de creación del conocimiento.  | Modelo para compartir y hacer explícito el conocimiento   | Propone un modelo donde se incrementa la capacidad de aprendizaje y se basa en el análisis de los factores que condicionan el aprendizaje.   | Se basa en procesos de gestión del conocimiento que realiza una organización aplicados sobre el conocimiento organizativo. Se consideran instrumentos o factores de influencia que intervienen de manera positiva o negativa en la puesta en marcha de dichos procesos.                                 | Modelo para medir activos intangibles llamado "monitor de activos intangibles"  |  |
| <b>Objetivos</b>                               | Informa como las organizaciones crean y promueven el conocimiento  | Reforzar el uso del conocimiento  | Reconocer la eficiencia de la integración del conocimiento individual  | Determina las capacidades básicas y las actividades de creación del conocimiento.   | El conocimiento individual y el conocimiento organizacional.  | Incrementar la capacidad de aprendizaje de las organizaciones.   | Identifica los procesos de gestión del conocimiento aplicados sobre el conocimiento organizativo, por medio de la cultura organizativa que se oriente al aprendizaje.   | Medir activos intangibles y presentarlos mediante un formato donde pueda mostrar algunos indicadores relevantes de la organización. Monitor de activos intangibles.   |  |
| <b>Aportación</b>                              | Dos tipos de conocimiento: Tácito y explícito. La gran mayoría de modelos de gestión de conocimiento se basan en este modelo.  | Describe el conocimiento, su localización, recolección, distribución y utilización.   | El conocimiento organizativo como una integración del conocimiento individual  | Dos tipos de componentes: Las capacidades básicas y las actividades de creación del conocimiento.   | Dos tipos de sistemas: Sharing Networks (comunidades virtuales o reales) y Conocimiento empaquetado (prácticas, metodologías, herramientas, etc.)   | Verificar los elementos culturales de las organizaciones. Interacción del liderazgo, mecanismos de aprendizaje, actitudes de las personas, trabajo en equipo. Procesos: crear, captar, almacenar, transmitir e interpretar.  | Los procesos que se aplican sobre el conocimiento organizativo: intercambio, creación, identificación, recopilación, adaptación, organización y aplicación. Se consideran cuatro facilitadores que favorecen la gestión del conocimiento en la organización: liderazgo, cultura, tecnología y medición. | Interacción hacia el exterior para informar a clientes, accionistas y proveedores y hacia el interior, dirigida al equipo directivo para conocer el comportamiento de la empresa.   |  |
| <b>Medios</b>                                  | Los cuatro modos de conversión del conocimiento: Socialización, combinación e interiorización.   | Recoge, formaliza, codifica el conocimiento.  | Reglas y procedimientos. Diseño de actividades como secuencia de tiempo, rutinas organizativas, formación de grupos para solución de problemas.  | Capacidades básicas: Fuentes y actividades de gestión del conocimiento. Las actividades de creación del conocimiento orientadas al desarrollo de productos.   | Captura, análisis, síntesis, aplicación, valor, distribución del conocimiento. Aceleración del flujo de información. Facilitadores: procesos, cultura, tecnología, sistemas.  | Aprendizaje a todos los niveles: equipos y org. Infraestructura organizativa, estrategia, estructura, liderazgo, gestión de personas, sistemas de información, comunicación y cultura. Procesos de OC: adquisición de conocimiento, indexación, filtrado y enlace (clasificación, integración e interconexión del conocimiento). Distribución y aplicación del conocimiento. | Procesos (intercambio, creación, identificación, recopilación, adaptación, organización y aplicación), facilitadores (liderazgo, cultura, tecnología y medición) y estrategias (las redes de comparación de conocimiento y sistemas de conocimiento).   | Propone tres tipos de indicadores dentro de cada uno de los tres tipos de activos intangibles: a) Indicadores de crecimiento e innovación; b) Indicadores de eficiencia; c) Informan hasta qué punto los activos intangibles son productivos, estabilidad; indican el grado de permanencia de los activos intangibles de la organización. |  |
| <b>Variables</b>                               | -Conocimiento Tácito-Tácito Socialización: experiencia<br>-Conocimiento explícito-Explícito Combinación: ordenar, agrupar la información.<br>-Conocimiento Tácito-Explícito Exteriorización: diálogo (metáforas y analogías)<br>-Conocimiento explícito-Tácito Interiorización: modelos mentales y prácticas de trabajo. | -Experiencia práctica<br>-colección de información<br>define, describe y adquiere el conocimiento (bases de datos, libros, documentos).<br>-Compartir conocimiento por medio de las TICs. | -Reglas y procedimientos<br>-Actividades productivas<br>-Rutinas organizativas<br>-grupos de trabajo   | Capacidades básicas (sistemas físicos, conocimientos, normas)<br>-Actividades de creación del conocimiento, resolución de problemas, implementación de nuevas metodologías y técnicas, experimentación y creación de prototipos, adquisición, importación de tecnología). | -Conocimiento individual (responsabilidad de compartir conocimiento)<br>-Conocimiento organizacional (procesos, cultura, tecnología, sistemas, redes virtuales, conocimiento empaquetado-prácticas, metodologías y herramientas.) | - La estrategia organizativa<br>- El liderazgo<br>- Gestión de personas<br>- Sistemas de información<br>-Comunicación<br>-Cultura  | -liderazgo<br>- Cultura organizativa<br>- tecnología<br>- Medición  | Los activos intangibles: competencias, estructura interna, estructura externa, indicadores:<br>-de crecimiento e innovación<br>-de eficiencia<br>-de estabilidad  |  |



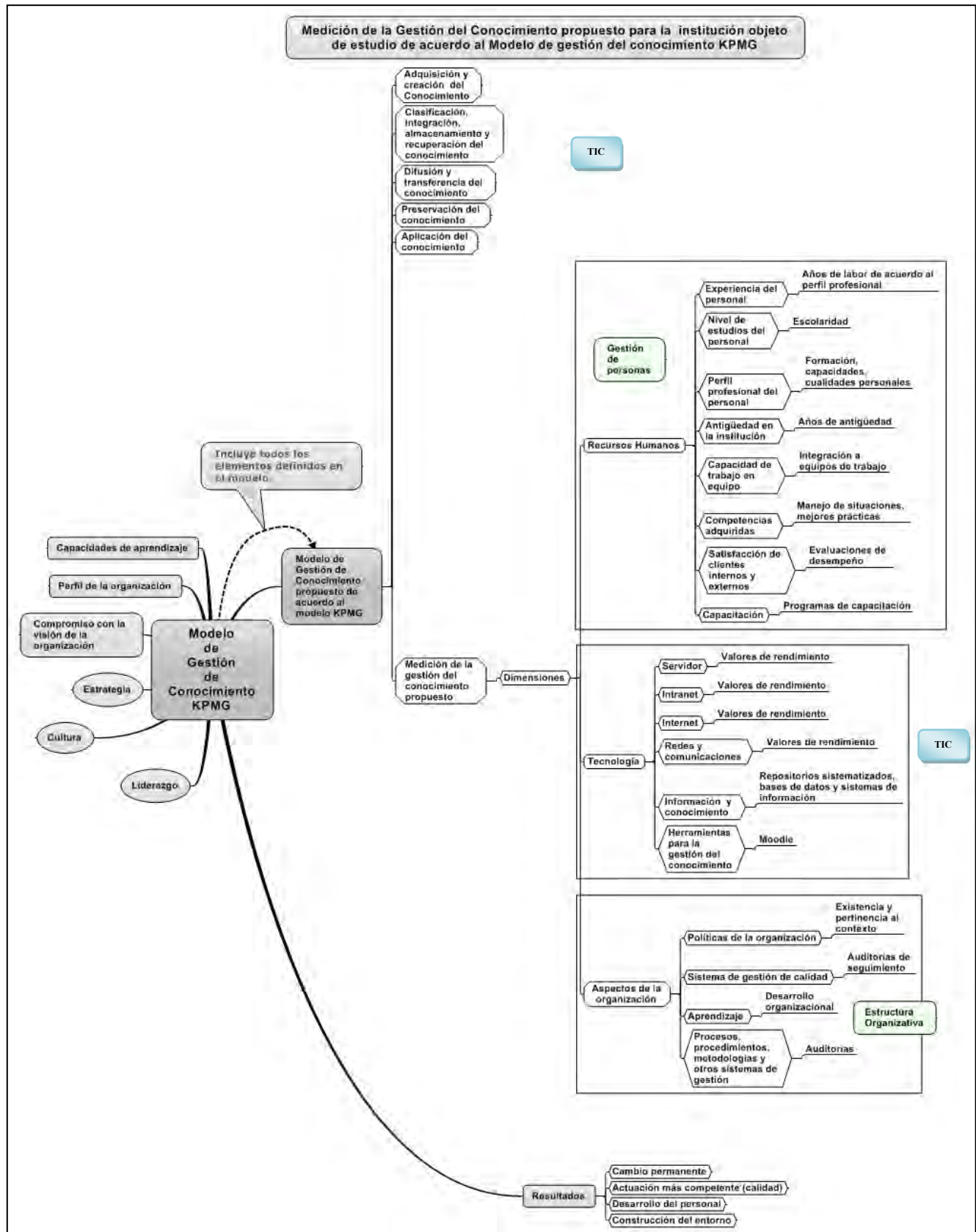


Figura 1.1 Medición de la gestión del conocimiento propuesto de acuerdo al modelo KPGM. (Elaboración propia, 2013). Fuente: Tejedor y Aguirre, (1998).

El dar seguimiento a la gestión del conocimiento y la posible medición de las variables que integran el modelo permite de alguna manera una conservación y análisis tanto de los activos intangibles de la entidad objeto de estudio así como su relación con su capital humano, haciendo de ésta una organización que aprende y conserva su conocimiento a través de la apropiación y aplicación del mismo tal como lo sugiere Andersen(1999), al considerar la medición del conocimiento como una parte más del proceso de gestión del conocimiento. El reto es generar la cultura del conocimiento e institucionalizar los procesos de gestión del conocimiento para hacer más eficiente el saber hacer, aprovechando la tecnología y las comunicaciones mismas que cada vez van modificándose constantemente.

Se sugiere adecuar el modelo KPMG descrito en Tejedor y Aguirre (1998) (ver figura 1.1), al contexto de la organización en estudio, así también utilizar los criterios propuestos previamente que permitan una medición del estado que guarda la gestión del conocimiento en dicha institución y pueda representar una ventaja competitiva en la región utilizando y haciendo eficientes sus recursos disponibles.

De lo que se ha presentado, se propone que el modelo de la medición de la gestión del conocimiento se aplique en una institución con modelo pedagógico basado en competencias y se incentive el uso de las TICGC para que el proceso de gestión de conocimiento sea lo más apegado al modelo propuesto, identificando áreas de oportunidad para desarrollarlas y acrecentarlas; así también reconociendo áreas de fortaleza para su conservación, como uno de los alcances del instrumento de medición del modelo de gestión del conocimiento, que de alguna manera se generen ventajas competitivas al gestionar los bienes intangibles de la organización referida, de tal forma que se considere una estrategia institucional en el desempeño educativo de la institución, generando un impacto relevante, fomentando la innovación educativa y contribuir de algún modo en el cumplimiento de metas institucionales de la misma, resaltando su valor, logrando competitividad como institución que aprende. A medida que se desarrolla la gestión del conocimiento incluyendo su medición, permite un impulso de la mejora continua.

### Referencias

- Andersen, A. (1999). *El management del siglo XXI*, Ed. Gránica, Buenos Aires.
- Berumen, S. A., y Arriaza Ibarra, K. (2008). *Evolución y desarrollo de las TIC en la economía del conocimiento*. Madrid: Ecobook Editorial del economista, consultada por Internet el 19 de agosto del 2013. Dirección de internet: <http://books.google.com.mx/books?id=0nytijTFCVIC&printsec=frontcover&dq=Evoluci%C3%B3n+y+desarrollo+de+las+TIC+en+la+econom%C3%ADa+del+conocimiento&hl=es&sa=X&ei=0yQjUvqQK6Gr2QWr4YDwBQ&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=Evoluci%C3%B3n+y+desarrollo+de+las+TIC+en+la+econom%C3%ADa+del+conocimiento&f=false>
- Cohendet, P. y Stainmueller, W.E. (2000). *The Codification of Knowledge. A Conceptual and Empirical Exploration*. En Industrial and Corporate Change No. 9.
- Dougiamas, M. (2005). *Moodle*. en moodle, consultada por Internet el 15 de julio del 2013 de Moodle.org. Dirección de internet: <https://moodle.org>
- Gómez Hernández, M. (2009). *Desarrollo de un modelo de evaluación de la gestión del conocimiento en empresas de manufactura*. Tesis doctoral en Archivo Digital UPM, consultada por Internet el 8 de agosto del 2013, de la Universidad Politécnica de Madrid del website. Dirección de internet: [http://oa.upm.es/5972/1/MARIAN\\_GOMEZ\\_HERNANDEZ.pdf](http://oa.upm.es/5972/1/MARIAN_GOMEZ_HERNANDEZ.pdf)
- Gutiérrez-Cuevas, C. (2004). ISBN: 958-33-71-60-2. *Gestión del conocimiento en la práctica* (1a.). Ciudad Real: Knowledge Management Center KMC.
- López, Yorilde (2007). *Diseño de un modelo de Gestión del Conocimiento para generar ventajas competitivas en el proceso de entrenamiento del personal académico del Departamento Organización y Gerencia de la UNEG*, Trabajo de grado de Maestría, Universidad Nacional Experimental de Guayana, República Bolivariana de Venezuela, consultada por Internet el 5 de julio del 2013. Dirección de internet: [http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCs/tesis/tesis\\_POSTGRADO/MAESTRIAS/GERENCIA/RRHH/TGMHL66Y672007.pdf](http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCs/tesis/tesis_POSTGRADO/MAESTRIAS/GERENCIA/RRHH/TGMHL66Y672007.pdf)
- Martínez Soto, M. E. (2011). *Desarrollo de un Modelo de Gestión del Conocimiento en la cadena de suministro de la industria Agroalimentaria*. Tesis de doctorado, consultada por Internet el 1 de agosto de 2013, de Universidad Politécnica de Madrid. Dirección de internet: [http://oa.upm.es/6199/1/MOISES\\_ENRIQUE\\_MARTINEZ\\_SOTO.pdf](http://oa.upm.es/6199/1/MOISES_ENRIQUE_MARTINEZ_SOTO.pdf)
- Molina, J. L., y Serra, M. M. (2001). *La gestión del conocimiento en las organizaciones*. LibrosEnRed. Consultada por Internet el 5 de julio del 2013. Dirección de internet: [http://books.google.com.mx/books?id=0TemaGyqdZ8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=0TemaGyqdZ8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Nonaka, I., y Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press, consultada por Internet el día 8 de Julio del 2013 Dirección de internet: <http://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=B-qxrPaU1-MC&oi=fnd&pg=PA3&dq=The+knowledge+creating+company:+how+Japanese+companies+create+the+dynamics+of+innovation&ots=XgXNkyyj8Y&sig=jPWpdggcIE2rXyhBzcwC1JKdII#v=onepage&q=The%20knowledge%20creating%20company%3A%20how%20Japan%20create%20the%20dynamics%20of%20innovation&f=false>
- Pérez, D., y Dressler, M. (2007). *Tecnologías de la información para la gestión del conocimiento*. Intangible Capital, 3(15), 31-59, consultada por Internet el 1 de agosto del 2013. Dirección de internet: <http://www.intangiblecapital.org/index.php/ic/article/view/12/18>
- Tejedor, B y Aguirre, A. (1998). Proyecto Logos: investigación relativa a la capacidad de aprender de las empresas españolas. Boletín de Estudios Económicos, Vol. LIII, agosto, No. 164.

## Enfoque a Procesos de las Auditorías de Calidad

M. en C. Francisco Baños Islas, Dr. Hugo Carrillo Rodríguez,  
Dr. Aldo Humberto Verde Trujillo  
M. en C. Isael Meneses Juárez M. en C. Ismael Nava Lumbrreras

### **Resumen—**

Existen similitudes entre los conceptos de gestión de la calidad, gestión medio ambiental y gestión de la prevención de riesgos los principios de una buena gestión son los mismos, así como sus implantaciones y puntos normativos. La medición de los indicadores de desempeño, indican Tendencia, comportamiento son la prevención de riesgos y son la base para la mejora de los procesos con enfoque a resultados e interrelación con los procesos. Es por ello que el artículo se basa en el proceso de auditorías internas considerando una ruta de auditoría como parte integradora de la norma ISO 9001:2012. Aplicado en la evaluación de los sistemas de gestión de calidad ISO 9001:2015 e ISO 14000 y otro sistema evaluable de las normas ISO.

### **Abstract-**

There are similarities between the concepts of quality management, environmental management and the prevention of risks the principles of good governance, as well as their locations and normative points. Measurement of performance indicators, trend, indicate behavior are the prevention of risks and are the basis for the improvement of processes with focus on results and interrelation with processes. Therefore, the article is based on the internal audit process whereas a route audit as part of ISO 9001:2012 inclusive. Applied in the assessment of ISO 9001:2015 and ISO 14000 quality management systems and other measurable system of ISO standards.

**Palabras clave—** Calidad, Rutas de auditoría, Auditorías, Procesos, y Riesgos

**Calidad;** grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto, cumplen con los requisitos (FUENTE: ISO DIS 9000:2014, 3.5.2).

**Rutas de auditorías:** evaluación sistémica de los procesos, aplicados a sistemas de gestión de calidad. Investigación.

**Auditoría;** proceso sistémico e independiente para obtener evidencia objetiva y evaluada de manera objetiva con el fin de determinar el grado en el que se cumplen los criterios de auditoría (FUENTE: ISO DIS 9000:2014, 3.10.1).

**Procesos;** conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, que transforman elementos de entrada en elementos de salida (FUENTE: ISO DIS 9000:2014, 3.6.1).

**Riesgo;** efecto de la incertidumbre sobre un resultado esperado (FUENTE: ISO DIS 9000:2014, 3.7.4).

### **Introducción**

Hoy en día los elementos cualitativos y cuantitativos de los productos o servicios que presta una organización, tales como el impacto sobre el medio ambiente, las prestaciones o la propia confianza de la organización, han adquirido mayor importancia en las decisiones de los directivos y empresarios. Por lo que hay que hacer hincapié en la mejora continua de estos elementos para mantener el nivel de competencia de las organizaciones. De este modo, las empresas, que en un futuro próximo quieran competir en igualdad de condiciones a nivel nacional e internacional deberán desarrollar un sistema de Gestión de la Calidad más confiable, la implantación de sistemas de gestión de calidad se presenta como una alternativa válida y necesaria para que las organizaciones puedan afrontar con éxito los retos que les depara esta nuevo milenio.

Una organización o cualquier parte de ella, proporciona una serie de servicios (o productos) que consume un cliente (interno o externo). Para la entrega de dicho servicio (o producto) las organizaciones ejecutan un proceso. En este artículo, pretende proporcionar la comprensión de los principios de la mejora continua de los procesos, a través del análisis del desarrollo del proceso auditorías internas que sirvan como base en la mejora de los procesos. Se tomará como fundamento la Serie de Normas ISO para comprender el aspecto conceptual y el enfoque fundamentado en procesos para el sistema de gestión de la calidad. La Serie de Normas ISO, promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos. Este enfoque también se basa en la estructura de la 9004:2009 Sistemas de Gestión para el éxito sostenido de una organización- Enfoque de gestión de la calidad, ISO 19011:2012 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión e ISO 9000:2008 Sistema de

gestión de la calidad Fundamentos y Vocabulario.

El principio de gestión de la calidad se basa en el enfoque basado en procesos dice a la letra de la Norma ISO 9001:2015 "Se alcanzan los resultados coherentes y previsibles de manera más eficaz y eficiente cuando las actividades se entienden y gestionan como procesos interrelacionados que funcionan como un sistema coherente" donde se promueve la adopción de un enfoque basado en procesos al desarrollar, implementar y mejorar la eficacia de un sistema de gestión de la calidad para aumentar la satisfacción del cliente cumpliendo con los requisitos del cliente.

El enfoque basado en procesos aplica sistémicamente la definición y gestión de procesos y sus interacciones a fin de alcanzar los resultados pretendidos con la política de calidad y la dirección estratégica de la organización", por lo que según la norma ISO 9001:2015, "la gestión de los procesos y el sistema en su conjunto puede alcanzarse utilizando la metodología Planear – Hacer - Verificar y Actuar.

#### **Auditorías internas:**

La norma ISO 9001:2015 divide los productos en cuatro categorías genéricas: Hardware, Software, materiales, procesos y servicios, los requisitos de los sistemas de calidad en esencia son los mismos para todas las categorías de los productos, los lineamientos dados en la norma Directrices para la auditoria de los sistemas de gestión ISO 19011:2012 están basados en los siguientes principios:

a) **Integridad:** el fundamento del profesionalismo, los auditores y la persona que maneja el programa de auditoría deberían, llevar a cabo su trabajo con honestidad, diligencia y responsabilidad, observar y cumplir con todos los requisitos legales aplicables, demostrar su competencia durante el desarrollo del trabajo, llevar a cabo su trabajo de manera imparcial, es decir, ser justo e imparcial en todos sus negocios, ser sensible a cualquier influencia ejercida sobre su juicio durante el curso de una auditoría.

b) **Presentación ecuánime:** obligación de reportar con veracidad y exactitud los hallazgos, conclusiones e informes de la auditoría deberían reflejar con veracidad y exactitud las actividades de la auditoría. Se informa de los obstáculos significativos encontrados durante la auditoría y de las opiniones divergentes sin resolver entre el equipo auditor y el auditado.

c) **Debido cuidado profesional:** la aplicación de diligencia y juicio al auditar los auditores deberían proceder con el debido cuidado, de acuerdo con la importancia de la tarea que desempeñan y la confianza depositada en ellos por el cliente de la auditoría y por otras partes interesadas.

d) **Confidencialidad:** seguridad de la información, los auditores deberían ejercitar la discreción en el uso y protección de la información adquirida en el curso de sus labores. La información de auditoría no debería ser usada de manera inapropiada para ganancia personal del auditor o del cliente de auditoría ni de manera tal que vaya en detrimento de los intereses legítimos del auditado.

e) **Independencia:** la base para la imparcialidad de la auditoría y la objetividad de las conclusiones de la auditoría, los auditores deberían ser independientes de la actividad que es auditada mientras esto sea posible, y en todo caso actuarán de manera tal que estén libres de sesgo y conflicto de intereses. Para auditorías internas, los auditores deberían ser independientes de los gerentes operativos de las funciones a ser auditadas. Los auditores deberían mantener una actitud objetiva a lo largo del proceso de auditoría para asegurarse de que los hallazgos y conclusiones de la auditoría estarán basados sólo en la evidencia de la auditoría. Para organizaciones pequeñas, es posible que los auditores no puedan ser completamente independientes de la actividad a auditar, pero se debería hacer todo esfuerzo para quitar los sesgos y animar la objetividad.

f) **Enfoque basado en la evidencia:** el método racional para alcanzar conclusiones de auditoría fiables y reproducibles en un proceso de auditoría sistemático, la evidencia de la auditoría deberá ser verificable en general, está basada en muestras de la información disponible, una auditoría se lleva a cabo durante un período de tiempo delimitado y con recursos finitos

#### **Gestión del programa de auditoria**

Una organización que requiera llevar cabo auditorías deberá establecer un programa que apoye en la determinación de la efectividad del sistema de gestión del auditado. Este programa puede incluir auditar uno o más sistemas de gestión, de manera independiente o combinada. El programa debe definir los recursos necesarios para llevarlo a cabo de manera efectiva, además de la siguiente información:

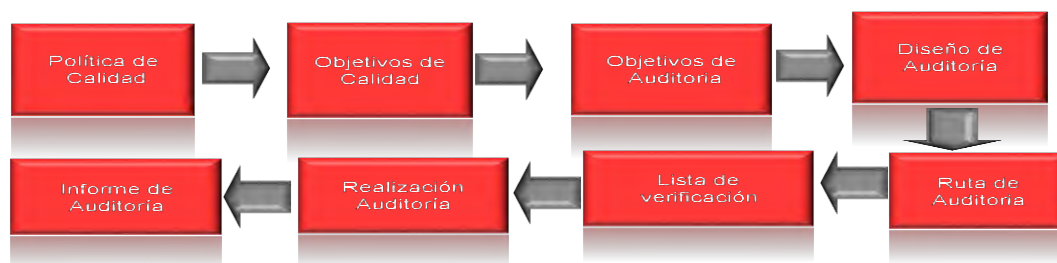
### Enfoque a los Procesos

La auditoría puede realizarse usando una variedad de métodos de auditoría. En el Anexo B de la Norma ISO 19011:2012 establece una explicación de los métodos de auditoría usados comúnmente “los métodos de auditoría elegidos para una auditoría dependen de los objetivos de la auditoría, el alcance y los criterios definidos, así como de la duración y la ubicación. También deberían considerarse la competencia disponible de los auditores y cualquier duda que surja de la aplicación de los métodos de auditoría”. Aplicar una variedad y combinación de diferentes métodos de auditoría puede optimizar la eficiencia y eficacia del proceso de auditoría y sus resultados. La realización de una auditoría implica una interacción entre individuos con el sistema de gestión que se audita y la tecnología utilizada para llevar a cabo la auditoría.

### Descripción del Método

Se propone en este artículo un método para desarrollar las auditorías internas basados en la norma ISO 19011 y aplicados en las normas de sistemas de gestión de calidad ISO 9001:2015 e ISO14000, con la finalidad de establecer rutas de auditorías que sean consistentes y objetivas en el proceso de evaluación de las organizaciones, consiste en establecer etapas importantes en el desarrollo de la auditoría como son; la política de calidad es decir considerar las directrices orientan los esfuerzos y recursos Mediante el S.G.C, los objetivos de la auditoría donde el sistema de gestión de la calidad diseña y establece para lograr los objetivos de la calidad donde, estén orientados a verificar el cumplimiento de los objetivos de la calidad, algunos ejemplos de objetivos de un programa de auditoría incluyen los siguientes: a) cumplir los requisitos para la certificación de conformidad con una norma de sistema de gestión; b) verificar la conformidad con los requisitos contractuales; c) obtener y mantener la confianza en la capacidad de un proveedor; d) contribuir a la mejora del sistema de gestión.

El realizar el plan de auditorías debe estar orientado a la secuencia sistémica del proceso auditorías. El líder del equipo auditor debería preparar un plan de auditoría que proporcione la base para el acuerdo entre el cliente de la auditoría, el equipo auditor y el auditado, respecto a la realización de la auditoría. Este plan debería facilitar el establecimiento de los horarios y la coordinación de las actividades de la auditoría, el realizar el diseño de auditoría debe considerar todos los elementos y/o recursos necesarios para su realización, al elaborar la ruta de auditoría, sin duda la lista de verificación por apartado de la norma con forme a la ruta de auditoría es la revisión de la interrelación de los procesos en una secuencia planificada a través del SGC con base al el enfoque a procesos y a sus prioridades del sistema como análisis de riesgos y acciones correctivas el ejecutar la auditoría con base a procesos establecido por la ruta de auditoría es de gran ayuda debido a que garantiza que la auditoría tenga ese enfoque a procesos establecido por la norma ISO 9001: 2015 y por último un informe completo del proceso de auditoría fig. 1.1



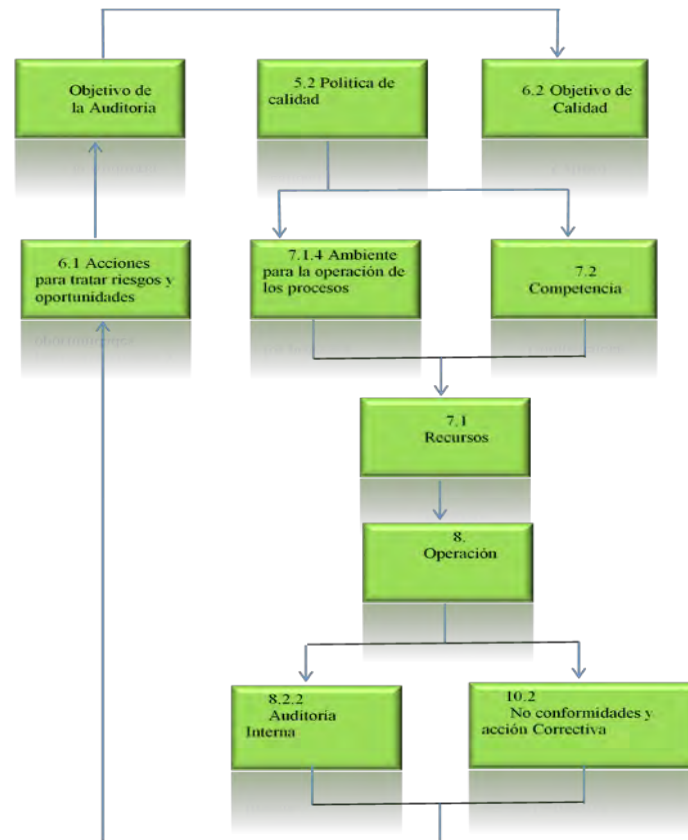
**Figura 1.1. Plan de auditoría.**

**Fuente Propia de la Investigación**

La ruta de auditoría se basa los apartados de la norma ISO 9001:2005, esta establece que se deben definir primero los objetivos de auditoría, la política de calidad, los objetivos de calidad y planificación para lograrlos apartado 6.2 , establecer el ambiente para la operación de los procesos apartado 7.1.4, para evaluar la competencia apartado 7.2 , el establecer los recursos apartado 7.1, de las personas apartado 7.1.1, de infraestructura apartado 7.1.3, y del ambiente para la operación de los procesos , el verificar la operación de los procesos del apartado 8, para realizar auditorías



internas apartado 9.2 , y verificar las no conformidades y acciones correctivas 10.2, por último pero muy importante revisar el apartado de la norma 6.1 las acciones para tratar los riesgos finalizando con la revisión el cumplimiento de los objetivos de la auditoría establecidos y los objetivos de calidad evaluados. fig. 1.2. Con base a esta ruta propuesta de auditoría se tiene la certeza de realizar una evaluación de manera sistémica enfocada al proceso como lo establece los apartados de la norma ISO 9001:20015.



**Figura 1.2. Plan de auditoría.**

**Fuente Propia de la Investigación**

Los resultados de este enfoque basado en el proceso y en el riesgo permitirán a la organización definir el programa de auditoría, la frecuencia, duración y alcance de la auditoría interna considerando que ISO 19011, No propone los métodos de evaluación y seguimiento considera que que deben ser determinados por la organización, a través de su proceso de auditoría interna, que debe considerar el uso de un enfoque basado en procesos y análisis de riesgo basado en el desarrollo del plan de auditoría interna, para asegurar la eficiente y eficaz utilización de los recursos. Esto también debe asegurarse que los riesgos inherentes de la falta de auditoría en el proceso de auditoría y los resultados de la auditoría, se reducen al mínimo. La organización debe tener un proceso para la utilización más allá de los resultados de la auditoría en la planificación de futuras auditorías internas, por lo que se establece una ruta de auditoría para la evaluación de los procesos considerados en los requerimientos de la norma ISO 9001:2015.

### **Resumen de resultados**

La ruta de auditorías sirve para asegurar las interacciones entre los procesos quedando unidos de manera sistémica permitiendo el cumplimiento de los objetivos planteados en las auditorías que fortalecen a los sistemas de calidad ISO. La auditoría con enfoque a procesos ayuda a analizar, diagnosticar y establecer recomendaciones a las empresas, con el fin de conseguir con éxito su estrategia. Uno de los motivos principales por el cual una empresa puede decidir emprender una auditoría de procesos es por el cambio que se hace indispensable para reajustar la gestión o la organización de la misma,



### **Conclusiones**

De lo expuesto anteriormente y a través del análisis empírico realizado, podemos extraer las siguientes conclusiones de carácter particular sobre el desarrollo de las auditorías utilizando rutas de auditoría con enfoque a procesos en la evaluación de los sistemas de gestión de calidad.

- Mejora y racionaliza los sistemas de gestión administrativos de la empresa.
- Mejora la transparencia y, en consecuencia, la información.
- Permite clarificar la estructura organizacional de la empresa.
- Apoya la motivación de los recursos humanos en la organización.
- Optimiza la gestión y suministra información en la toma de decisiones.
- Mejora el control al simplificar el proceso de retroalimentación.

Además, debemos constatar que mientras la auditoría con base a procesos y análisis de riesgos está legislada y las opiniones normalizadas, en la auditoría de gestión, la falta de unos principios de auditoría hace que las opiniones reflejen más la idiosincrasia del auditor, lo que obliga a una máxima objetividad por parte de éste. Finalmente, el proceso de la auditoría constituye una herramienta a la hora de formular e implementar las estrategias que nos permitan alcanzar los objetivos de la empresa.

### **Recomendaciones**

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en desarrollar nuevas rutas de auditorías en diferentes sistemas de calidad como ISO 14000, ISO 9001:2015 que ayuden al auditor y al auditado, en realizar un proceso de auditoría más confiable y objetivo que ayude en verdad a las organizaciones en la búsqueda constante de la mejora continua considerando las nuevas técnicas de auditar los procesos de forma sistémica, el realizar estas rutas de auditorías se deberá hacer con personal ampliamente conocedor del proceso, de los alcances del sistema de gestión y por su puesto deberá conocer e interpretar la norma ISO 9001:2015 o algún otro sistema auditable considerado en las normas ISO.

### **Referencias**

- NMX-CC-9000-IMNC-2008, Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario.  
NMX-CC-9004-IMNC-2009 Gestión para el éxito sostenido de una organización –Enfoque de gestión de la Calidad.  
NMX-CC-19011-IMNC-2012, Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión.  
ISO DIS 9001:2015 Sistema de gestión de la calidad Requisitos, Biblioteca Levinton de México, Traducción AENOR  
NMX-SAST-001-IMNC-2008, Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo – Administración del riesgo, Keit Baxter editorial Trillas  
Casos de Auditoría administrativa Joaquín Rodríguez Valencia, editorial Trillas  
Manual de la administración de la calidad Tomas Pyzdek, Paull Keller, editorial Trillas.

# Manufactura esbelta como estrategia de rentabilidad para la PyME (TLAXCALLAN) propuesta de un modelo de mejora

Ing. Armando Barraza Hiniesta<sup>1</sup>, Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez<sup>2</sup>,  
Dr. Miguel Ángel Lozada<sup>3</sup> y Dr. Héctor Domínguez Martínez<sup>4</sup>

**Resumen**— La globalización y el desarrollo de estrategias que satisfagan los estándares de calidad de un producto para el gusto y aceptación del cliente requiere mecanismos de mejora continua, las empresas necesitan un sistema integral el cual se centra en los procesos mediante la reducción de la variación. Para alcanzar el objetivo de calidad y rentabilidad, estas empezaron a adoptar algunos métodos de Manufactura Esbelta desarrollados en Japón, y que les ayudan a competir en el mercado internacional. El objeto de estudio de la presente investigación será la PyME (TLAXCALLAN), siendo del giro de apicultura, sus procesos de elaboración de productos los realizan de forma manual, cuasi artesanal. Mediante el uso de las herramientas antes mencionadas atenderemos la solución a las problemáticas en sus procesos, con la intención de satisfacer las expectativas del cliente.

**Palabras clave**—Mejora Continua, Manufactura Esbelta, Desperdicios, Procesos.

## Introducción

La economía global es cambiante, esta se ve afectada por la fortaleza de cada país, al interior las empresas pequeñas (PyMES) contribuyen en gran manera generando un desarrollo en las últimas 2 décadas, creando mejor economía y concibiendo empleos en México. Las PyMES juegan un papel muy importante en la economía ya que estas también son consideradas como lucha contra la pobreza que se vive en México. Actualmente, estas son de gran importancia en países industrializados así como en vías de desarrollo, ya que son las creadoras de empleos y representan un 90% de la economía, siendo estas el motor de un crecimiento y desarrollo sostenible que probablemente no cambie a un futuro esta situación.

Existen obstáculos para su crecimiento como lo son el uso de la tecnología, tiempos de entrega, costo, retrabajo, inventario, tiempo de preparación, material en proceso, y número de defectos. Las estrategias y herramientas provenientes de un sistema de Manufactura esbelta (Lean manufacturing) traen beneficios resolviendo la problemática antes mencionada. Sin embargo, las metodologías de implementación se han desarrollado desde la perspectiva japonesa y estadounidense, por lo que es importante, establecer una metodología que sea capaz de adaptarse al contexto de la pequeña y mediana empresa manufacturera en México, con el objetivo de obtener el mayor beneficio de la filosofía así como de las herramientas provenientes de esta.

## Descripción del Método

### *Reseña de las dificultades de la búsqueda*

Se Describirá la manera en que se pretende abordar la problemática planteada en la presente investigación, mostrando los pasos que se realizarán para la recolección de datos que nos llevarán a los resultados.

Comentaremos a partir de la concepción y formulación del problema de la empresa en estudio y la necesidad de aportar un proyecto de mejora integral, concentrándonos en la mejora de sus operaciones. Por lo cual se realizará la búsqueda de literatura relacionada con la aplicación de Manufactura Esbelta, buscando principalmente bases científicas aplicadas, es decir, información referente a aplicaciones prácticas realizadas en alguna industria, pero en algunos casos las metodologías se aplican de manera separada. La investigación que se realiza es una combinación de investigación descriptiva, explicativa y experimental.

Posteriormente se realiza un listado de todas las familias de producto, se indican las operaciones y/o procesos por donde pasan en la cadena productiva, determinar la demanda del cliente en función de la familia de producto identificada, determinar el tack time (tiempo de entrega en segundos al cliente), flujo de proceso, recolección de datos como: tiempos ciclo, operadores, eficiencia de proceso, inventarios de materia prima, proceso y producto final, así como el mapeo de la cadena de valor (por sus siglas en inglés VSM, Value Stream Mapping). Es una proyección de

<sup>1</sup> Ing. Armando Barraza Hiniesta es estudiante de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el ITA, Tlaxcala.  
armando\_taurus@yahoo.com

<sup>2</sup> El Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez es Coordinador de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el ITA, Tlaxcala.  
jorgeluis.castaneda@upaep.edu.mx

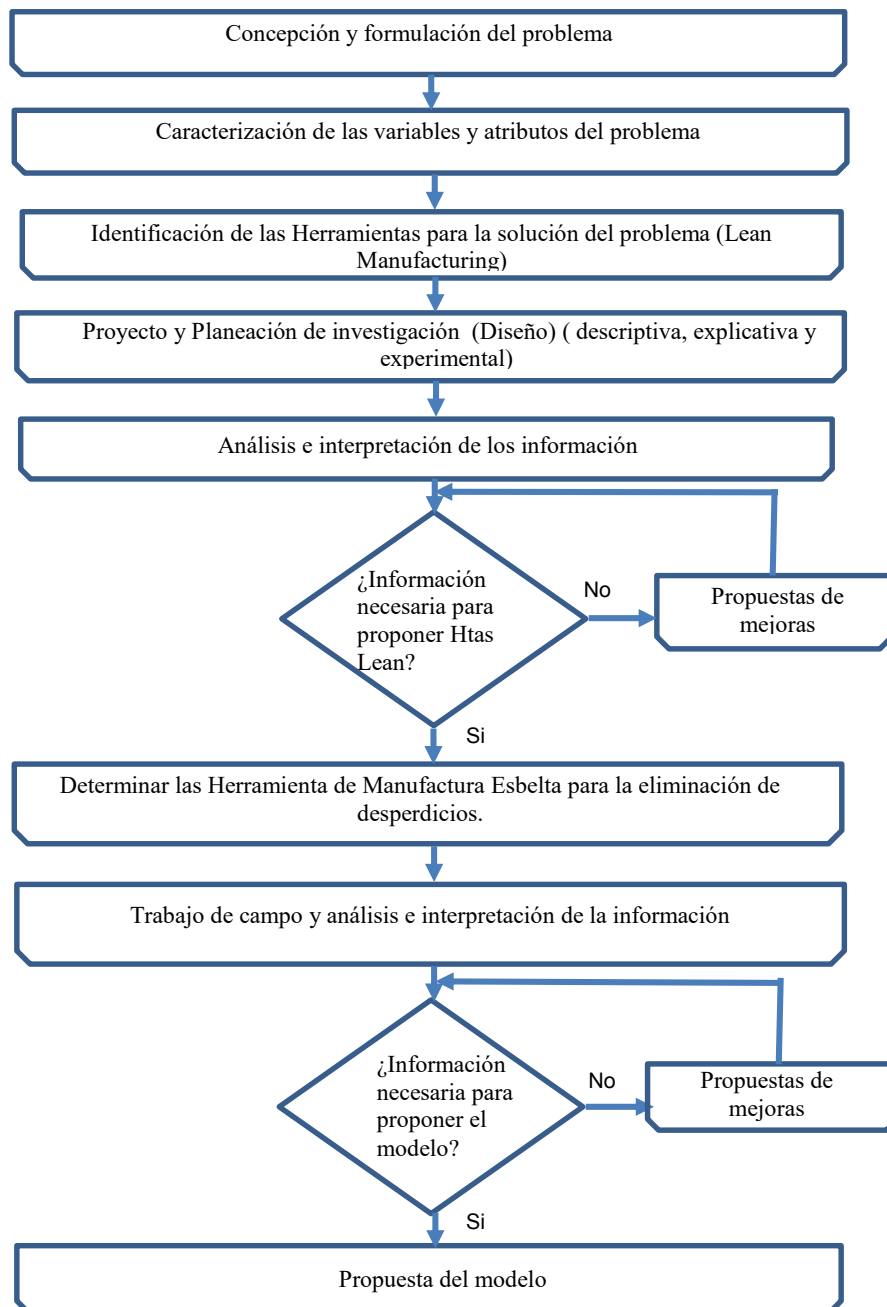
<sup>3</sup> El Dr. Miguel Ángel Rodríguez Lozada es Docente de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el ITA, Tlaxcala.  
marodriguez@itapizaco.edu.mx

<sup>4</sup> El Dr. Héctor Domínguez Martínez es Docente de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el ITA, Tlaxcala.  
thor\_dom@hotmail.com

mejora para establecer el estado ideal del flujo de la planta, siempre buscando eliminar procesos innecesarios que alargan el proceso; Se recopila toda información analizada, así como la interpretación de los datos obtenidos. Dentro de esta etapa los elementos de enfoque son: Clientes, procesos, hechos y datos y proveedores, y las herramientas a utilizar en una proyección de mejora para establecer el estado ideal del flujo de la planta son el VSM actual, VSM futuro, así como la aplicación de herramientas y principios de mejora.

A partir de la descripción e interpretación de la información recabada se hace la propuesta, en la cual se considera la estructura general del PyME (TLAXCALLAN) y la adaptación de la Manufactura Esbelta y se determina si la información cubre todos los aspectos para la propuesta del modelo de mejora continua.

El modelo busca obtener beneficios como el aumento del valor en los procesos y la reducción de costos, esto a través del aumento de velocidad y reducción de desperdicios.



Fuente: Elaboración propia.

### Comentarios Finales

Las siguientes mejoras han sido atribuidas a los conceptos de Lean y sus herramientas, esperamos los estimados siguientes en la empresa TLAXCALLAN:

- Aumento de más del 30% de eficiencia productiva anual.
- Reducción de inventario en más de un 75%.
- Reducción de un 20% de defectos por año.
- Mejora de más de un 10% en la utilización de labor directa.
- Mejora de un 50% en la utilización de labor indirecta.
- Mejora de un 30% del espacio y maquinaria.
- Reducción de costos.
- Esto lleva adicionalmente a una reducción de la energía utilizada.

### Conclusiones

Mediante la implementación de la filosofía Lean Manufacturing conseguiremos mejorar la calidad, productividad y competitividad de los procesos para tener rentabilidad, mientras fomenta el perfeccionamiento de capital humano, logrando la mejora continua y permitiendo generar productos, procesos y servicios de alto valor agregado.

Encontramos que la metodología *Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta)*, nos ayudara a identificar y optimizar el proceso de producción y para la eliminación de desperdicios en la PyME (TLAXCALLAN), así como para eliminar las causas que originan los desperdicios de mayor impacto en el proceso productivo, Mediante el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM: Value Stream Mapping), y proponer una estrategia para la reducción del desperdicio en el mismo. Por lo cual se ve en la necesidad de tener documentación de empresas que han implementado estas herramientas y que las consideramos como casos de éxito.

### Recomendaciones

Como sugerencias generales y por los resultados esperados del proyecto, para que se pueda llevar a cabo la mejora completa dentro de la organización son las siguientes:

- ✓ Las actividades de Manufactura Esbelta deben coordinarse entre sí, para lograr mayor eficiencia en todo el sistema productivo; esto quiere decir todas aquellas actividades que no agregan valor al producto deben de ser identificadas para su optimización.
- ✓ El movimiento de materias primas, materiales y otros insumos forman parte de los procesos logísticos, al igual que todas aquellas tareas que ofrecen un soporte adecuado para la transformación de dichos elementos en productos terminados: las compras, el almacenamiento, la administración de los inventarios, el mantenimiento de las instalaciones y maquinarias, la seguridad y los servicios de planta, si no existe una relación y comunicación entre ellos se generan los problemas reflejados dentro del proceso productivo, exceso de movimientos, almacenamientos, inventarios, entre otros.
- ✓ Realizar un análisis al sistema de planeación de producción y el proceso existe, para identificar que existen puntos de acumulación de inventario, esto quiere decir que alguna parte de la planeación no se está llevando de manera adecuada y podría ser este proceso susceptible de mejora.
- ✓ Continuar con el proyecto de Manufactura Esbelta, ya que si es posibles hacer extensible a los demás productos y departamentos de la empresa, hasta su completa implementación.

### Referencias bibliográficas.

Aguirre Alvarez y.. (2014) *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes*, (Tesis de Maestría Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas), departamento de Ingeniería de la Organización Medellín, Colombia.

Fuentes, P. J. (2011). *Lean Production y Gestion de la Cadena de Suministro en la Industria de la Aeronáutica. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 137-157.

Howald, Félix, obstáculos al desarrollo de las PyMES causadas por el estado, (chile: McGraw-Hill, 2001, pág. 8.

Lean Manufacturing, los orígenes de Lean. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/60218/fichero/04.+LEAN+MANUFACTURING.pdf>

Suárez I. (2014-2015), Lean Manufacturing: Análisis de la Evolución de la herramienta SMDED en MIVISA). Universidad de OviedoTejeda,

Anne Sophie Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos Ciencia y Sociedad, vol. XXXVI, núm. 2, abril-junio, 2011, pp. 276-310 Instituto Tecnológico de Santo Domingo Santo Domingo, República Dominicana.

# Influencia del Método de Tolerado en las Regiones de Contacto de Ensamblajes a Presión

Dr. Jorge Bedolla Hernández <sup>1</sup>, Dr. Vicente Flores Lara <sup>2</sup>,  
Dr. Marcos Bedolla Hernández <sup>3</sup> y Dr. José Víctor Galaviz Rodríguez <sup>4</sup>

**Resumen**— En el proceso de diseño de cualquier componente mecánico estructural el análisis de las tolerancias constituye un aspecto primordial, ya que las decisiones relacionadas con éstas influyen en la calidad y los costos del producto. Los requerimientos funcionales se consideran como el modo más adecuado para capturar las intenciones funcionales del diseñador relacionado con el tolerado. En un ensamble, se asignan tolerancias a cada pieza que lo conforman; sin embargo, en ocasiones éstas no son cuantificadas en el requerimiento funcional del ensamble en conjunto. En esta investigación, el análisis de tolerancias se realiza en elementos cónicos de ensamble para cuantificar los claros que se presentan en las regiones de unión. Ya que con base en estos se pueden determinar los desplazamientos axiales relativos de las piezas para alcanzar un ajuste determinado, lo cual afecta directamente sus necesidades funcionales.

**Palabras clave**— claros y ajustes, ensamble mecánico, tolerancia, requerimiento funcional.

## Introducción

Una tolerancia de manufactura es el límite permisible de variación en una dimensión física de una parte y varias características geométricas que la componen (Bhachu et al., 2015). En diseño mecánico las tolerancias geométricas y dimensionales se usan para especificar el rango dentro del cual un componente mecánico puede variar, mientras mantiene su desempeño respecto de los requerimientos funcionales, esto en cuanto a su geometría y tamaño. En ese sentido, se considera que asignar tolerancias en la etapa de diseño de las piezas mecánicas individuales tiene efecto directo no solo en el maquinado requerido, sino también en la calidad final del producto. Las tolerancias en un componente mecánico tiene que asegurar el cumplimiento de los requerimientos de desempeño funcional de los productos y mantener éste en un costo de producción satisfactorio (Martin et al., 2015). Tradicionalmente se consideran a las tolerancias de diseño como el compromiso entre los requerimientos funcionales de la pieza y los costos de manufactura asociados, por lo que el análisis de tolerancias es una herramienta que ayuda a los diseñadores a obtener un balance entre la calidad y el costo final (Li et al., 2014).

Cualquier dimensión en un ensamble rígido no puede considerar por anticipado la demanda de una tolerancia virtual en el conjunto ensamblado. Esto porque la teoría de tolerancia actual considera que la tolerancia virtual con la desviación superior más pequeña que la desviación inferior no existe o no tiene significado en el proceso de producción de las piezas (Xiaohui, 2013). Las tolerancias de cada una de las partes diseñadas se acumulan y causan variación en los requerimientos funcionales del ensamble. La asignación apropiada de las tolerancias de las partes que forman el ensamble puede resultar en costos más bajos de producción y una mayor probabilidad de ajuste, reduciendo el número de ensambles con defecto, evitando así volver a maquinar las partes (Bedolla et al., 2005). Para garantizar que el ensamble de elementos funcione apropiadamente es necesario analizar los efectos de la acumulación de tolerancias de las partes individuales en sus claros críticos. Dattaguru (2013) presenta un estudio que involucra el análisis de esfuerzo de unión con pasadores con claros, presión e interferencia; donde concluye que a causa de la pérdida de información del comportamiento de contacto en la región de unión se requiere de la exploración de diversos métodos iterativos para ese análisis. Cheng et al. (2015), presentan el estudio de ensambles en muebles de madera, donde se considera el ajuste entre el agujero y la saliente de ensamble para unión sin remaches ni clavos. Los cuales posteriormente realizan ensayos de tensión a la unión en T para revisar la carga de separación de la unión.

En la actualidad existen numerosos enfoques e investigaciones relacionados con el análisis de variación de tolerancias (Shen et al., 2005; Davison et al., 2002; Mujezinovic' et al., 2004), donde a menudo se requiere un conocimiento detallado de la geometría de las piezas que conforman el ensamble, y son aplicables en su mayoría en

<sup>1</sup> Dr. Jorge Bedolla Hernández es Profesor-Investigador del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Apizaco, en Apizaco, Tlaxcala. [lbedolla@cenidet.edu.mx](mailto:lbedolla@cenidet.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Dr. Vicente Flores Lara Profesor-Investigador del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Apizaco, en Apizaco, Tlaxcala. [f117u2@yahoo.com](mailto:f117u2@yahoo.com)

<sup>3</sup> Dr. Marcos Bedolla Hernández es Profesor-Investigador del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Apizaco, en Apizaco, Tlaxcala. [mbedollah@hotmail.com](mailto:mbedollah@hotmail.com)

<sup>4</sup> Dr. José Víctor Galaviz Rodríguez es Profesor Investigador de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala. [Galaviz\\_4@hotmail.com](mailto:Galaviz_4@hotmail.com)

el proceso de diseño. Sin embargo, la información que se tiene respecto al ensamble de elementos cónicos es reducida, ya que la verificación de la región de tolerancia para estos elementos no es un proceso de amplia aplicación, como para otras geometrías de ensamble. Mientras que para elementos cilíndricos, las variaciones de diámetro que representa su perfil, están dentro de cierto orden de magnitud, que depende del diámetro y del ajuste, y pueden ser identificadas de manera directa. Para los elementos cónicos no se aprecia de forma directa la variación del perfil dentro de la zona de tolerancia. Esto como resultado de las variaciones de diámetro propias de la región cónica (Bedolla et al., 2005).

Las tolerancias son posibilidades de desplazamientos lineales y angulares de un elemento funcional respecto a su posición nominal, orientación y forma. Por lo tanto, se pueden representar usando teorías de pequeños desplazamientos, las cuales se basan en principios cinemáticos (Laperrière y ElMaraghy, 1999). Srinanth (1999) relaciona los principios cinemáticos con el enfoque de variación de tolerancias que incluyen las características de contacto entre las partes individuales. Las relaciones cinemáticas se combinan con información geométrica creando un modelo completo del ensamble mecánico.

Los principios generales con los cuales se realiza en este estudio el análisis de tolerancias en elementos cónicos en contacto, considera la variación de la dimensión nominal de diseño, en función de las tolerancias de las dimensiones componentes en el ensamble. Toma en cuenta variaciones dimensionales y de forma geométrica. Funciona tanto para análisis de caso crítico como para análisis estadístico, y puede ser integrado con un sistema CAD del cual se extraen los datos dimensionales. Además, se considera que los elementos con los cuales se trabaja para crear el modelo son de fácil comprensión para los ingenieros de diseño.

### Descripción del Método

Se presenta una alternativa para cuantificar los claros que se presentan en ensambles a presión entre elementos que presentan una geometría cónica. Para tal efecto se calcula el desplazamiento axial nominal máximo de las piezas individuales para alcanzar un ajuste determinado. Las dimensiones con tolerancias unilaterales se convierten a dimensiones con tolerancias bilaterales. Se toma en cuenta la variación de las superficies cónicas dentro de su zona de tolerancia y se calcula el desplazamiento axial real para lograr un ajuste al variar el ángulo básico. Se realiza un análisis de tolerancias en el cual se calcula el claro máximo de las piezas cuando están unidas.

#### *Ajustes cónicos.*

Las piezas cónicas de ensamble se manufacturan por separado de acuerdo a las zonas indicadas por sus diámetros del cono básico. Los claros que se forman al momento de ensamblar las piezas son normales a sus superficies cónicas, pero para efectos prácticos, en este caso se cuantifican normales al eje de las piezas. De forma representativa de un ensamble con elementos cónicos, la Figura 1 muestra el cono interno, el cono externo y la zona de tolerancia del ensamble, en el que ZT representa la tolerancia bilateral de la región de ensamble, que corresponde a cada una de las piezas cónicas que intervienen en la unión mecánica. Una característica importante de los ajustes de conos es que el claro o interferencia se hace al definir la posición axial relativa de las piezas externas e internas. Para obtener el claro o interferencia requerida del ajuste de los conos en la posición final de las partes ensambladas se puede realizar por diferentes métodos: a) Por formación construccional, b) Por ubicación dimensional, c) Por desplazamiento axial y d) Por un desplazamiento axial actual con una fuerza del ensamble definida.

En este estudio para obtener el claro o interferencia requerida se considera el ajuste hecho por desplazamiento axial, ya que en el ensamble físico de partes se puede usar como una alternativa para aplicar la fuerza de apriete en dirección axial en los aros, que en el intervalo elástico del material se considera una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada y el desplazamiento obtenido. El análisis de fuerzas y deformaciones en la unión se considera fuera del enfoque de este trabajo de investigación. Donde si bien es una parte importante de la unión, para el presente caso se restringe el análisis a consideraciones cinemáticas.

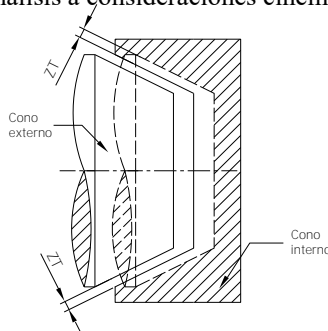


Figura 1. Ensamble con elementos cónicos.



### Ajuste con base en un desplazamiento axial

Se basa en un desplazamiento axial relativo de los conos por una cantidad fija, comenzando en la posición de partida inicial. Para alcanzar el claro o interferencia requerido del ajuste, se indica el desplazamiento axial necesario de la posición de partida. En la figura 2a) se representa este desplazamiento axial relativo  $X_a$  de una pieza de su posición inicial  $P_a$  (pieza sombreada) a la posición final  $P_f$  para alcanzar un ajuste de interferencia.

Para obtener un determinado ajuste nominal de la pieza individual, ésta se desplaza axialmente respecto del cono básico, dependiendo del claro o interferencia que se requiera. Para obtener un claro, la pieza se desplaza axialmente en sentido contrario del cono básico, y para una interferencia, la pieza se desplaza axialmente hacia el cono básico. La ecuación 1 muestra el desplazamiento que se calcula de la desviación fundamental y el grado de tolerancia requerido para un ajuste determinado inicialmente. La cual está en función de la conicidad  $C$  de las piezas.

$$EN_i = \frac{1}{C} \times \text{Desviación fundamental} + \frac{1}{C} \times \text{Grado de tolerancia} \quad (1)$$

En la Figura 2 se muestran los desplazamientos axiales relativos al cono básico considerando un sistema de ajuste de agujero único. En la figura 2b) se muestran las posiciones de desviación del cono externo relativo al cono básico. El primer desplazamiento axial de la pieza es determinado por la desviación fundamental y el segundo desplazamiento axial por el grado de tolerancia de la pieza. En la Figura 2c) se muestra la posición de desviación del cono externo relativo al cono básico; el desplazamiento axial es determinado solo por el grado de tolerancia, ya que en la posición  $h$  la desviación fundamental es cero. La Figura 2d) muestra el desplazamiento axial del cono externo respecto al cono básico. La Figura 2e) representa el desplazamiento axial del cono interno respecto del cono básico para la posición  $H$ .

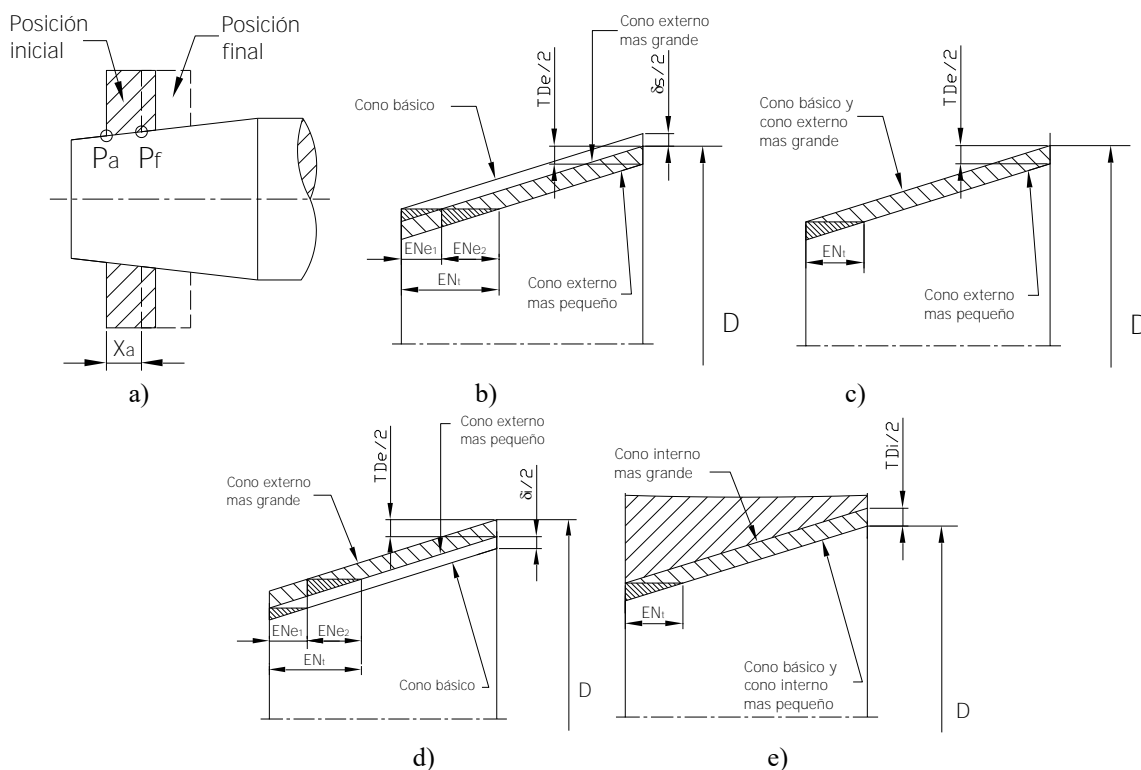


Figura 2. Desplazamiento axial nominal de piezas en ensamble, donde: a) desplazamiento axial relativo, b) cono externo con posición de desviación de  $a$  hasta  $g$ , c) cono externo con posiciones de desviación  $h$ , d) cono externo con posiciones de desviación  $a$  hasta  $z$ , e) cono interno con posiciones de desviación  $H$ .

La cantidad de desplazamiento axial está en función directa de la dimensión real dentro de su zona de tolerancia. La aplicación de las tolerancias del diámetro del cono como se da en la norma BS 4500 (1988), significa que cada cono interno y externo debe conformar en sus respectivas fronteras de condición de material máximo y condición de material mínimo, sobre toda la longitud del cono. Sin embargo, en estas fronteras el ángulo real difiere del nominal, lo cual puede tener efectos para el primer contacto de las piezas y puede existir un claro inicial cuando las piezas

están en contacto en su posición inicial; por tal razón, el desplazamiento axial relativo real de las piezas es diferente al nominal. De esta manera, es importante conocer en qué dirección se mueve el ángulo real del nominal, porque con base en ello se determina dónde se presenta el primer contacto (ya sea diámetro mayor o menor de las piezas), y qué cantidad máxima se tienen que desplazar las piezas reales, una con respecto de la otra para lograr el ajuste de diseño. La variación máxima del ángulo del ajuste, por ejemplo la posible variación del ángulo del ajuste entre el cono interno y el cono externo que se presenta cuando las piezas están en contacto en su posición inicial, está en función de las tolerancias de los ángulos nominales de cada una de las piezas, y el primer contacto depende en qué dirección varía el ángulo real de las piezas en el ensamble.

El primer contacto entre las piezas cónicas a ser ensambladas depende del ángulo del cono real, y ocurre ya sea en el diámetro mayor o menor del cono. Si en el dibujo se indica la variación del ángulo básico del cono externo e interno, y estas variaciones son indicadas con el mismo signo, ya sea más/menos (+/-), mas (+) o menos (-) y con la misma cantidad de tolerancia, la variación máxima del ángulo del ajuste de las piezas es  $2AT$ . La Figura 3 ilustra dónde ocurre el primer contacto al asignar este tipo de tolerancias. Cuando las superficies cónicas presentan este tipo de variaciones, se presentan claros en la parte opuesta del contacto inicial, lo que hace que el desplazamiento axial de las piezas para lograr un ajuste sea diferente al nominal. En la Figura 3a, en la condición límite se presentan 2 casos; en el primero si el ángulo del cono interno es menor que el del cono externo (es decir cono externo  $+\frac{AT_e}{2}$  y

cono interno  $-\frac{AT_i}{2}$ , Figura 3b), entonces el primer contacto es en el diámetro mayor del cono dependiendo del ángulo del cono real. Para el segundo caso si el ángulo del cono real interno es mayor que el ángulo real del cono externo (es decir cono externo  $-\frac{AT_e}{2}$  y cono interno  $+\frac{AT_i}{2}$ , Figura 3c) el primer contacto es en el diámetro menor del cono. Las figuras 3 b y 3c presentan los casos en que la variación angular es máxima dentro de la zona de tolerancia del ensamble cónico. El primer contacto puede ocurrir en el diámetro mayor o menor dependiendo del ángulo real de los conos, y generando un claro máximo en el lado opuesto al del primer contacto. .

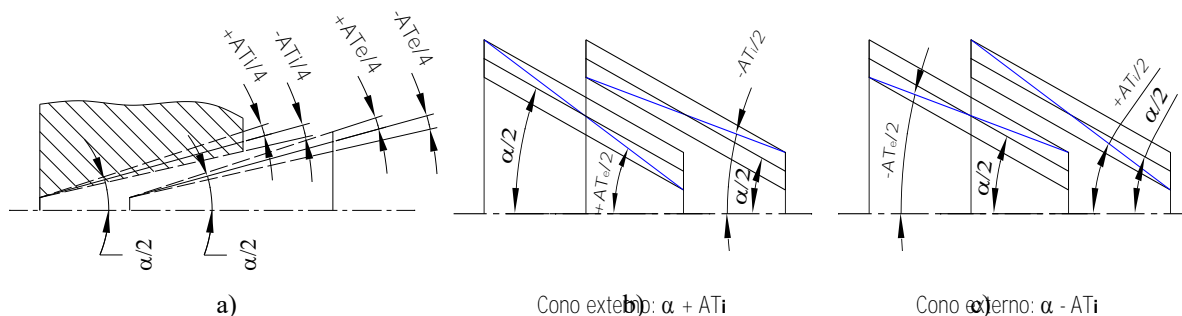


Figura 3. Variación angular máxima en la zona de tolerancia.

Tomando en cuenta el análisis anterior, se obtienen los desplazamientos axiales del ensamble de las piezas para lograr el ajuste predeterminado. Estos desplazamientos son diferentes, ya que, cuando las piezas están en contacto en su posición inicial, existe un claro inicial como resultado de las variaciones de los ángulos nominales de las piezas.

La consideración planteada en este estudio para obtener los desplazamientos reales máximos y lograr el ajuste especificado consiste en considerar que la dimensión de la superficie cónica de las piezas varía en toda la zona de tolerancia dada por las tolerancias de los diámetros; es decir, la tolerancia del diámetro de las piezas incluye la tolerancia del ángulo de los conos, tanto interior como exterior. Al hacer esta consideración, el primer contacto puede ocurrir en el diámetro mayor o menor de las piezas, dependiendo del ángulo real del cono. Con base en esta consideración se implementó un algoritmo propio para calcular el desplazamiento axial nominal de las piezas, y el desplazamiento axial real. En forma general el procedimiento para ese cálculo consiste en los siguientes pasos. 1.- Especificar las dimensiones nominales de cada pieza, diámetro mayor, diámetro menor y la longitud, se especifican los ajustes correspondientes con base en el sistema ISO 286. 2.- Calcular zonas de tolerancia de las superficies cónicas y el claro máximo del ajuste de las piezas. 3.- Convertir a tolerancias bilaterales para realizar el análisis con el método implementado de lazo de vector. 4.- Con los datos de entrada, el programa genera el lazo para realizar el análisis, y asigna las variables de manufactura y del ensamble. 5.- Se considera que el ángulo de la superficie puede ser máximo o mínimo dentro de la zona de tolerancia. 6.- Se repite el paso anterior pero ahora considerando que el primer contacto es en el diámetro mayor de las piezas. 7.- Los resultados son los desplazamientos axiales nominales

relativos de las piezas de acuerdo a un ajuste determinado y los desplazamientos axiales actuales. En el programa también se calcula el claro inicial cuando las piezas están en contacto sin interferencia.

*Caso de aplicación del método.*

En el ensamble de la Figura 4 las superficies internas y externas están contenidas en respectivos elementos. Se considera una zona de tolerancia de H9 para el cono interno y h10 para el cono externo (BS 4500), con las medidas nominales de la Figura 4. La tolerancia para el cono interno IT 9 se aplica sobre la línea cero. La tolerancia para el cono externo se aplica por debajo de la línea cero.

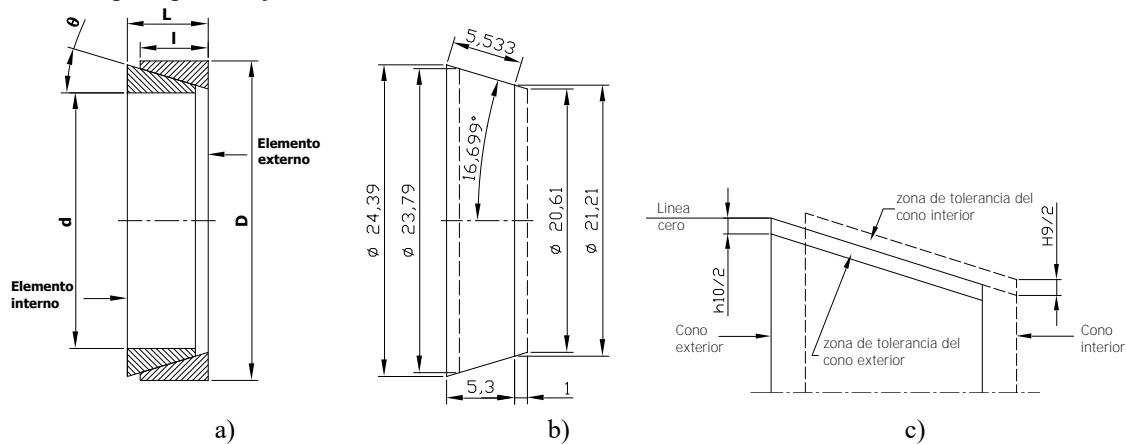


Figura 4. Ensamble de piezas cónicas, a) elementos cónicos nominales, b) dimensiones nominales y c) representación de las zonas de tolerancia.

La tolerancia se especifica como  $23.790^{+0.052}_{-0}$ ; la cual es unilateral, y para implementarse en el método del lazo del vector se convierte a una dimensión con tolerancia bilateral. De esta manera la dimensión media con su respectiva tolerancia bilateral queda determinada como  $23.816 \pm 0.026$ . Lo mismo se hace con todas las dimensiones que tienen tolerancias unilaterales. Una vez que se tienen todas las dimensiones con tolerancias bilaterales se determina el lazo del ensamble, se generan las ecuaciones del lazo, se obtienen la matriz de las variables de manufactura y la matriz de las variables del ensamble, y se encuentra la matriz de sensibilidad del ensamble. Se multiplica por las tolerancias de las variables de manufactura y se obtienen las variaciones de las variables del ensamble, las cuales tienen los siguientes valores:  $\begin{Bmatrix} \delta b \\ \delta g \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \pm 0.1183 \text{ mm} \\ \pm 0.1183 \text{ mm} \end{Bmatrix}$ . De esta manera, el desplazamiento axial máximo de las piezas

para cumplir con el ajuste asignado es de 0.2267 mm, que está en función del ángulo de las piezas y de las variaciones de las dimensiones del ensamble mostradas en el caso de estudio. El programa de ajustes cónicos, determina el desplazamiento considerando que las superficies de contacto pueden variar de manera crítica dentro de la zona de tolerancia. Utilizando la secuencia mostrada se encuentra el desplazamiento axial actual, el cual tiene un valor de 0.043 mm, que es menor al nominal considerado. En la Figura 5 se muestra el ajuste determinado por este desplazamiento. Se verifica que con este desplazamiento el ajuste obtenido es igual al planteado. En la figura 5b se muestra la zona donde ocurre el ajuste (sin escala). Se representa la posición inicial de contacto y el claro que se presenta en esta posición, resultado de la inconsistencia de las superficies, que se produce al manufacturar los elementos.

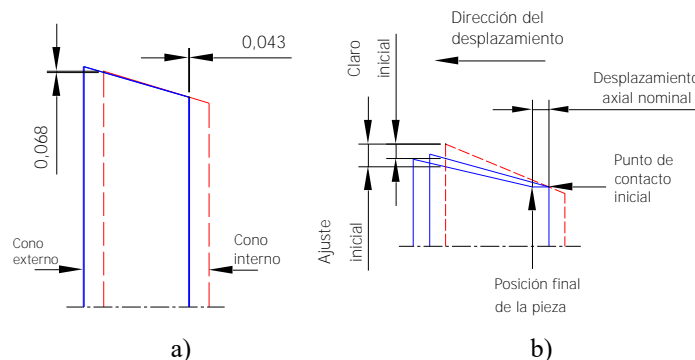


Figura 5. Desplazamiento axial, a) representación del desplazamiento axial real, b) zona que representa el ajuste.

### Comentarios Finales

Con base en los resultados presentados se obtiene que el desplazamiento axial real considerando que las superficies de contacto de las piezas en el ensamble varían respecto al valor nominal, y ese valor es menor que el desplazamiento axial nominal; esto en función de la modificación de la geometría final del cono y del punto donde se realiza el contacto inicial. Esto como resultado de los claros iniciales que se presentan cuando las piezas están en contacto en su posición inicial, es decir, cuando las piezas están unidas sin que exista interferencia. Los claros que se presentan cuando las dimensiones de las piezas a unir presentan variaciones respecto al valor nominal, es importante cuantificarlos cuando se requiere un ajuste con interferencia; ya que con base en estos se puede determinar si el desplazamiento axial especificado permite contacto en toda la zona potencial de las piezas de unión. Por esta razón es importante conocer o establecer claramente en las fases de diseño de los componentes, antes de maquinar las piezas, las tolerancias que se les asigna a cada uno de los elementos que intervienen en el ensamble, ya que con base en éstas, se puede determinar el desplazamiento axial relativo de las piezas para lograr un ajuste especificado. Sin embargo, dependiendo del desplazamiento axial relativo, las piezas quedan o no dentro de su correspondiente intervalo elástico del comportamiento del material. Lo cual no fue el caso del enfoque de este estudio, pro que se considera de particular importancia para garantizar que el ensamble pueda realizarse de acuerdo a las dimensiones, ajustes y resistencia de los materiales de la unión.

Se considera que de manera general, para obtener un ajuste cónico determinado, no solo es necesario tomar en cuenta las piezas nominales, sino las variaciones que se presentan en sus superficies, resultado de los procesos de manufactura. Cuantificar los claros en el contacto inicial es una manera de determinar el desplazamiento real relativo de las piezas para lograr el ajuste especificado. Para determinar estos desplazamientos, se consideró que las superficies cónicas de los elementos pueden variar de manera crítica dentro de su zona de tolerancia. En base a esta consideración, se calculó el desplazamiento relativo de las piezas con el programa de ajustes cónicos. El ajuste especificado no se logra al aplicar el desplazamiento axial nominal, varía como resultado de los claros iniciales que se presentan en el ensamble.

### Referencias

- Bedolla, J., Szwedowicz, D., Martínez, E., García, C., "Ondulaciones de la Zona de Tolerancia de Superficies de Revolución de Elementos Mecánicos", IV Congreso Bolivariano de Ingeniería Mecánica, Morelia, Mich. México, septiembre, 2005, pp. 355-361, 2005.
- Bhachu K. S., Haftka R. T., Waycaster G., Kim N. H., y Hurst C. "Probabilistic Manufacturing Tolerance Optimization of Damage-Tolerant Aircraft Structures Using Measured Data", *Journal of Aircraft*, Vol. 52, No. 5 (2015), pp. 1412-1421.
- BS 4500: Part 5: 1988, ISO Limits and Fits, Specification for System of Cone Tolerances for Conical work pieces from C=1:3 to 1:500 and Lengths from 6 mm to 630 mm
- Chen M., Cai Z. G., Yang Y.Q., y Lyu J. H., Influence of fit tolerance between tenon width and mortise length on joint performance of ovla-tenon manufactured by Alnus formosana wood, "Manufacturing and Engineering Techilogy – Shen and Wang (Eds)", Taylor and Francis Group, London ISBN 978-1-138-02645-2, 2015.
- Dattaguru B., "Effect of Non-linear Behaviour of Joints on the Damage Tolerance Analysis in Aerospace Structures", *Proc. Indian Natn. SAcI. Acad.* 79, No. 4, December 2013, Apl. Issue, Part A., pp. 553-562, 2013.
- Davison, J. K., Mujezinovic', A. and Shah, J. J., "A New Mathematical Model for Geometric Tolerances as Applied to Round Faces", *ASME, Journal of Mechanical Design*, Vol. 124, pp.609-621, 2002.
- Laperrière, L., ElMaraghy, H. A., 1999, "Tolerance Analysis and Synthesis Using Jacobian Transforms", *Annals of the CIRP* Vol. 49/1/2000.
- Li H., Zhu H., Li P., y He F., "Tolerance analysis of mechanical assemblies based on small displacement torsor and deviation propagation theories", *Int J Adv Manuf Technol* (2014) 72, pp. 89–99, Springer-Verlag London 2014.
- Martin A.J., Padmanaban, K.P., y Thiagarajan K., "Manufacturing Tolerance Design Based on Fuzzy Binary Approach" *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, Vol. 39, No. 1, 2015.
- Mujezinovic', A., Davidson, J. K. and Shah, J. J., "A New Mathematical Model for Geometric Tolerances as Applied to Polygonal Faces", *Transactions of the ASME*, Vol.126 pp.504-517, May 2004.
- Shen, Z., Ameta, G., Shah, J. J., Davison, J. K., "A Comparative Study of Tolerance Analysis Methods", *ASME, Journal of Computing and Information Science in Engineering*, September 2005, Vol. 5, pp 247-256, 2005.
- Xiaohui W., y Shouhua R., "Research on Theory and Applications of Virtual Tolerance", *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, Vol. 36, No. 3, 2012.

## Modelo para Mejorar la Calidad de la Producción

Lic. Angelina Briones Cerezo<sup>1</sup> y José Manuel López Sánchez<sup>2</sup>

**Resumen.** La mejora de la calidad es necesaria para aumentarla y reducir costos. Si consideramos el hecho, de que toda empresa, está expuesta a mermas por cambios en diferentes ámbitos, es importante tener un modelo que nos permita adelantarnos a estos hechos y evitar las mermas. Es por eso que después de realizar un análisis a las diferentes situaciones y herramientas de calidad, proponemos un modelo que nos permita prevenir y evitar las mermas.

### Introducción

Toda empresa que cuenta con procesos de fabricación está expuesta a mermas en su sistema de producción, esto es un tema no menor. Pocas empresas son plenamente conscientes de sus costos de calidad. Si nos fuera posible aproximarnos a cero defectos la disminución de costo sería considerable. La Pérdida de material que ocurre durante los procesos, debido a muchos factores en las líneas de producción como: la falta de conocimiento en el proceso, el diseño de los equipos, y la cantidad de productos que se elaboran a diferencia de la capacidad de producción específica de cada equipo; forman parte de estadísticas reales de los productos mermados. Problema que mediante una metodología utilizando las diversas herramientas de calidad nos permitirá minimizar de manera considerable las pérdidas. Dicho modelo incluye los siguientes niveles: 1). – Identificación del problema, 2). - Análisis (Identificación de variables), 3). – Determinar el objetivo a lograr -, 4). – Aplicación de la herramienta 5's, 5). - Análisis de Mejora de la falla 6). -Propuestas (verificación de procedimientos), 7). - Verificación de Resultados (volver al paso 2). Para llevar a cabo las etapas antes mencionadas se recomienda la utilización de las diversas herramientas de calidad como: Ishikawa, Pareto, Hojas de verificación, 5 's, Poka Yoke, AMEF. Dichas etapas fueron aplicadas para disminuir el porcentaje de Pérdida de material que ocurre durante el proceso de envasado, las cuales nos permitieron lograr el objetivo de disminuir el número de latas abolladas.

### Descripción del Método

Vamos a iniciar por puntualizar lo que es la calidad; en la norma ISO 9000 se define como: "el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos". Kaoru Ishikawa define a la calidad como: "Desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el útil y siempre satisfactorio para el consumidor". Por lo tanto, es importante implementar estrategias que busquen garantizar, a largo plazo, la supervivencia, el crecimiento y la rentabilidad de las empresas, optimizando su competitividad mediante el aseguramiento permanente de mejorar la calidad de la producción. Dado lo anterior, la calidad y productividad son de suma importancia, ya que al producir con calidad se disminuyen los costos, y se eleva la productividad. De manera que, la empresa se vuelve más competitiva.

La merma que ocurre durante los procesos, genera grandes pérdidas económicas, para las empresas y estas se deben a diversos factores dentro de los cuales tenemos: el desconocimiento parcial del proceso, el diseño de los equipos como, datos poco exactos del material (ensayo de tensión, dureza), mal uso o abuso de los equipos como por ejemplo la cantidad de productos que se elaboran a diferencia de la capacidad de producción específica de cada equipo, empleo de criterios erróneos en la selección del material, el darle mayor importancia al costo del material que a su calidad, imperfecciones en el material, Segregaciones, porosidades, incrustaciones, grietas (generadas en el proceso del material) que pueden conducir a la falla del material, marcas de maquinado pueden originar grietas que conducen a la fallas, Esfuerzos residuales causados en el proceso de deformación en frío o en el tratamiento térmico que no se hacen bajo las normas establecidas (Temperatura, Tiempo, Medio de enfriamiento, Velocidad), recubrimientos inadecuados, Soldaduras y/o reparaciones inadecuadas, mantenimiento inadecuado.

Problemas que por medio de una metodología conformada por 8 etapas como se muestra en la figura 1 podemos disminuir considerablemente.

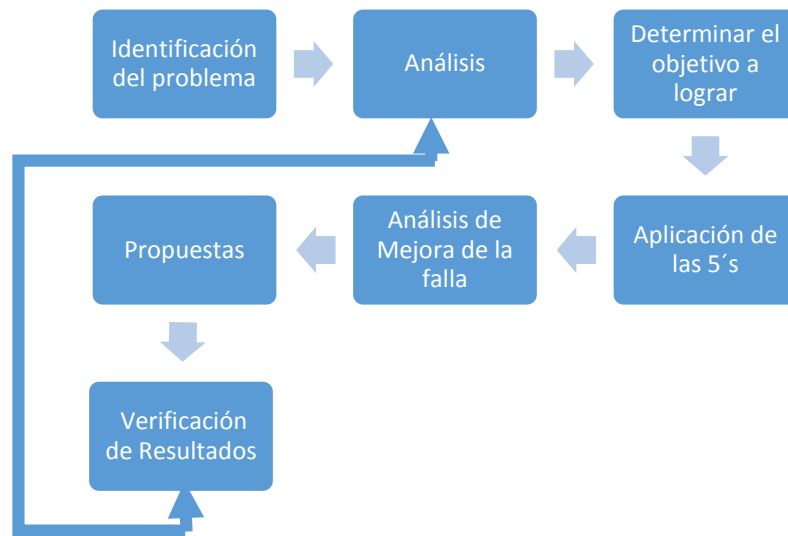


figura 1

Primera etapa: Identificación del problema, el problema se puede identificar a través de varias acciones que se enlistan a continuación:

- Entrevistarse con el personal involucrado en el proceso
- Por medio de la observación
- Detectar disfuncionalidades
- Utilizar referencias de variables productivas

Segunda Etapa: Análisis, en esta etapa se identificarán las variables que se involucran en el proceso:

- Variables de entrada como por ejemplo la calidad de la materia prima e insumos: los materiales que son necesarios para elaborar el producto y que deben tener las características adecuadas para el consumidor final. Otra variable son los recursos humanos: Personas que deben tener un nivel de conocimientos, habilidades y destrezas para el desarrollo de un proceso. Máquinas y equipos: Nivel de tecnología acorde con los requerimientos del producto a procesar.
- Variables del Proceso aquí podemos mencionar los diferentes elementos que involucran de forma directa el proceso, por ejemplo: presión del vacío, sellado. Temperatura, cantidades, peso, maquinaria, operadores, medio ambiente, medición, calibración.
- Variables de Salida aquí se deben considerar los atributos y especificaciones que se requieren del producto.

Una vez identificadas las variables, se realizará un análisis, para determinar las causas que están afectando el proceso. Para realizar este análisis se hará uso de herramientas de calidad como:

- Diagrama de Ishikawa también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de causa-efecto, diagrama de Grandal o diagrama causal; Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Y es utilizado para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios.
- El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite



asignar un orden de prioridades. El diagrama facilita el estudio de las fallas en las industrias. Este diagrama nos permite evaluar todas las fallas.

- La hoja de verificación se utiliza para reunir datos basados en la observación del comportamiento de un proceso con el fin de detectar tendencias, por medio de la captura, análisis y control de información relativa al proceso. Básicamente es un formato que facilita la toma de datos en una forma ordenada y de acuerdo al estándar requerido en el análisis que se esté realizando.

Tercera Etapa: Determinar el Objetivo a lograr. Después de que tenemos los resultados del análisis, ya podemos determinar el objetivo a lograr, es decir que resultados queremos obtener.

Cuarta Etapa: Aplicar la herramienta de las 5's, Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al "Mantenimiento Integral" de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad.

Su aplicación mejora los niveles de:

1. Calidad.
2. Eliminación de Tiempos Muertos.
3. Reducción de Costos.

La aplicación de esta Técnica requiere el compromiso personal y duradera para que nuestra empresa sea un auténtico modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene.

Los primeros en asumir este compromiso son los Gerentes, los Jefes y la aplicación de esta es el ejemplo más claro de resultados acorto plazo. Sus iniciales son:

| JAPONES  | CASTELLANO               |
|----------|--------------------------|
| Seiri    | Clasificación y Descarte |
| Seiton   | Organización             |
| Seiso    | Limpieza                 |
| Seiketsu | Higiene y Visualización  |
| Shitsuke | Disciplina y Compromiso  |

Sus resultados son:

- Reducción del 40% de sus costos de Mantenimiento.
- Reducción del 70% del número de accidentes.
- Crecimiento del 10% de la fiabilidad del equipo.
- Crecimiento del 15% del tiempo medio entre fallas.
- Menos productos defectuosos.
- Menos averías.
- Menor nivel de existencias o inventarios.
- Menos accidentes.
- Menos movimientos y traslados inútiles.
- Menor tiempo para el cambio de herramientas.

Quinta etapa: Análisis de la Mejora de la falla; en esta etapa se recomienda el uso de una herramienta llamada análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema. utilizado habitualmente por empresas manufactureras en varias fases del ciclo de vida del producto. Se desarrolla en tres fases principales en las cuales las acciones adecuadas deben ser definidas. Pero antes de comenzar con un AMFE es importante completar un trabajo previo que asegure qué información sobre la resistencia y la historia del producto son incluidas en el análisis. Un análisis de resistencia puede obtenerse mediante una interfaz de matrices, diagramas de límites y diagramas de

parámetros. Mucho de los fallos se deben a la interacción con otros sistemas y partes, ya que los ingenieros suelen centrarse solo en lo que controlan directamente.

Para comenzar, es necesario describir el sistema y su función, ya que un buen entendimiento del mismo simplifica su análisis. De esta forma un ingeniero puede comprobar que usos del sistema son adecuados y cuáles no. Es importante considerar los usos tanto intencionados como no intencionados. Los usos no intencionados son un tipo de entorno hostil.

debe crearse un diagrama de bloques del sistema. Este diagrama ofrece una visión general de los principales componentes o pasos en el proceso, y como estos están relacionados entre sí. Esto recibe el nombre de relaciones lógicas, alrededor de las cuales puede desarrollarse un AMFE. La creación de un sistema de codificación para identificar las diferentes partes o procesos es muy recomendable y útil. El diagrama de bloques debe ser incluido siempre con el AMFE.

Antes de comenzar el AMFE debe crearse una hoja de trabajo con las necesidades y que contenga la información importante sobre el sistema como fecha de revisión o nombre de los componentes. En esta hoja de trabajo todos los ítems o funciones o el título deben ser listados de una forma lógica, basada en diagramas de bloques.

El primer paso es: Severidad Determinar todos los modos de fallos basados en los requerimientos funcionales y sus efectos Ejemplos de modos de fallos son: cortocircuitos eléctricos, corrosiones o deformaciones.

Es importante apuntar que un fallo en un componente puede llevar a un fallo en otro como modo de fallos debe ser listado en términos técnicos y por función. Así, el efecto final de cada modo de fallo debe tenerse en cuenta. Un efecto de fallo se define como el resultado de un modo de fallo en la función del sistema percibida por el usuario. Por lo tanto, es necesario dejar constancia por escrito de estos efectos tal como los verá o experimentará el usuario. Ejemplos de efectos de fallos son: rendimiento bajo, ruido y daños a un usuario. Cada efecto recibe un número de severidad (S) que van desde el 1 (sin peligro) a 10 (crítico). Estos números ayudarán a los ingenieros a priorizar los modos de fallo y sus efectos. Si la severidad de un efecto tiene un grado 9 o 10, se debe considerar cambiar el diseño eliminando el modo de fallo o protegiendo al usuario de su efecto. Un grado 9 o 10 está reservado para aquellos efectos que causarían daño al usuario.

El segundo paso es: Incidencia en este paso es necesario observar la causa del fallo y determinar con qué frecuencia ocurre. Esto puede lograrse mediante la observación de productos o procesos similares y la documentación de sus fallos. La causa de un fallo está vista como un punto débil del diseño. Todas las causas potenciales de modo de fallos deben ser identificadas y documentadas utilizando terminología técnica. Ejemplos de causas son: algoritmos erróneos, voltaje excesivo o condiciones de funcionamiento inadecuadas.

El tercer paso es: Detección Cuando las acciones adecuadas se han determinado, es necesario comprobar su eficiencia y realizar una verificación del diseño. Debe seleccionarse el método de inspección adecuado. En primer lugar, un ingeniero debe observar los controles actuales del sistema que impidan los modos de fallos o bien que lo detecten antes de que alcance al consumidor.

Posteriormente deben identificarse técnicas de testeo, análisis y monitorización que hayan sido utilizadas en sistemas similares para detectar fallos. De estos controles, un ingeniero puede conocer qué posibilidad hay de que ocurran fallos y como detectarlos.

Sexta etapa: Propuestas; la actualización de los procedimientos de operación. (para esto primero se deberán revisar los que tienen en la empresa).

Séptima etapa: Verificación de resultados, para esto es importante volver a realizar otro análisis, por lo tanto, se vuelve a la etapa 2.

### *Conclusiones*

Las 7 etapas del modelo propuesto, fueron ideadas a partir de un proyecto denominado “Cero latas aboyadas”, realizado en una empresa de productos alimenticios, lo cual nos demuestra la necesidad de contar con un modelo que nos permita obtener un resultado final satisfactorio. Al finalizar la última etapa pudimos verificar que, si es posible disminuir de manera considerable la cantidad de merma y por ende incrementar la productividad, este modelo es propuesto como una guía para resolver los problemas que con frecuencia aquejan a las empresas como lo son las pérdidas; aunque es muy importante puntualizar, que la clave del éxito es la disciplina, pues si se llevan a cabo de manera ordenada y disciplinada cada una de las etapas del modelo, podremos verificar que los resultados son satisfactorios.

### *Referencias*

Barrio, J. F. (s.f.). *Las 7 Nuevas Herramientas para la mejora de la calidad*. Mesena: Fundacion Confemetal.

*Herramientas para la Mejora de la Calidad*. (2009). Montevideo - Uruguay.

Hodson, W. K. (1996). *Maynard "Manual del Ingeniero Industrial"*. Mexico, d.f.: Mc Graw Hill.

Tremosa, L. (1987). *Diseño y fabricacion, estandarizacion y planificacion*. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/gestion/3.pdf>

(Herramientas para la Mejora de la Calidad, 2009)

<sup>1</sup> Lic. En Informática Angelina Briones Cerezo es Profesora en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala. [abriones@hotmail.com](mailto:abriones@hotmail.com) y [angelina.briones@uttlaxcala.edu.mx](mailto:angelina.briones@uttlaxcala.edu.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El T.S.U. José Manuel López Sánchez es alumno en de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, [merri.hecl12@live.com](mailto:merri.hecl12@live.com)

## Determinación de la cadena de valor de una MiPyME de servicios bajo el enfoque del Balanced Scorecard

Ing. Martha Beatriz Bueno Sánchez<sup>1</sup>, Dra. Alejandra Torres López<sup>2</sup>,  
M. en A. Kathy Laura Vargas Matamoros<sup>3</sup>

**Resumen**— La cadena de valor es una herramienta que permite visualizar las actividades que se llevan a cabo dentro de una empresa, y para tal efecto se puede trabajar mediante el Balanced Scorecard, que encausa las acciones que en gran medida puede ser utilizada por las MiPyME para la generación conocimientos administrativos que permitan desarrollar de una forma más sencilla y organizada su operación. Esta perspectiva se enfocó en una MiPyME de servicios, donde la cadena de valor ayudó a identificar y desarrollar las perspectivas del BSC dentro de las áreas y procesos del objeto de estudio, permitiendo reconocer las principales áreas de oportunidad y exponer una propuesta de generación de procedimientos que enriquezcan y orienten la dirección de la organización.

**Palabras clave**— MiPyME, Cadena de Valor, Balanced Scorecard, Servicio.

### Introducción

La cadena de valor dentro del contexto organizacional de la empresa permite visualizar las actividades que se llevan a cabo dentro de ella de una forma ordenada y funcional. De igual forma permite identificar procesos clave como parte de un sistema que da soporte al funcionamiento de la organización e incrementa el valor monetario del producto.

El término cadena de valor se refiere a la idea de que una empresa es una cadena de actividades para transformar los insumos en productos que los clientes valoran. El proceso de transformación implica varias actividades primarias y de soporte que agregan valor al producto. (Hill & Jones, 2011)

Dentro del sector de las MiPyMEs de servicios, la cadena de valor, permite una determinación teórica de los procesos que conforman la compañía y conlleva a la visualización integral del funcionamiento de la microempresa, lo cual es un punto de partida para el conocimiento, análisis y soporte del área administrativa.

Por su parte, El Balanced Scorecard interviene de una forma positiva en el desarrollo estratégico de la empresa. Lo anterior, tomando en cuenta la afirmación que hacen los autores en el libro titulado Administración estratégica, Teoría y Casos: “El Cuadro de Mando Integral es una herramienta muy utilizada para contribuir a que una empresa alcance sus objetivos financieros al vincularlos a objetivos estratégicos específicos derivados de su modelo de negocio”. (Thompson, Peteraf, Gamble, & Strickland, 2012)

Siendo una herramienta de control interno, visualiza el desempeño de la empresa desde cuatro perspectivas primordiales para su buen funcionamiento:

- La perspectiva financiera comprende el propósito de un negocio: su rentabilidad y generación de ganancias para los dueños.
- La perspectiva del cliente que enmarca la satisfacción y fidelidad del mismo.
- La perspectiva de procesos internos que evalúa la ejecución de las operaciones dentro de la compañía.
- La perspectiva del aprendizaje y desarrollo que se presenta dentro de la organización.

El CMI permite que las empresas puedan seguir la pista de los resultados financieros, al mismo tiempo que observan los progresos en la formación de aptitudes y la adquisición de los bienes intangibles que necesitan para un crecimiento futuro. (Kaplan & Norton, 2012)

El conjunto de dichas perspectivas se puede identificar dentro de cualquier organización, incluyendo a las

<sup>1</sup> La Ing. Martha Beatriz Bueno Sánchez es Alumna de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala. [m.beatrizbueno.s@gmail.com](mailto:m.beatrizbueno.s@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> La Dra. Alejandra Torres López es Profesora de Maestría y Licenciatura en el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala. [tesistamia.ale@hotmail.com](mailto:tesistamia.ale@hotmail.com)

<sup>3</sup> La M. en A. Kathy Laura Vargas Matamoros es Profesora de Maestría y Licenciatura en el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala. [posgradovargas@hotmail.com](mailto:posgradovargas@hotmail.com)

microempresas.

Adaptando este par de herramientas al sector micro empresarial se persigue proveer de un diagnóstico relevante a la empresa como antesala de una administración formal dentro de la misma.

Para lo cual se tomó el estudio de caso de una microempresa dedicada a la enseñanza de idiomas ubicada en el estado de Tlaxcala.

Dicha empresa ha superado los índices promedio de mortandad para las microempresas al tener 30 años de operación, por lo que ahora requiere de formalizar su proceso administrativo con el fin de encausar la dirección al entorno estratégico.

La formalización propone una mejora sustancial en la composición estructural de esta empresa con el fin de crear la guía que le permita una expansión territorial a largo plazo.

### Descripción del Método

#### *Análisis de Proceso*

De acuerdo con Michael Porter (2010) se deben identificar dos tipos de actividades dentro de la empresa: las primarias (que agregan valor al producto o servicio) y las secundarias (que son actividades de soporte para las actividades primarias)

Mediante el método de observación y entrevistas con el personal se realizó la identificación de las Actividades primarias y secundarias que se llevan a cabo dentro de la empresa, que se presentan en el Cuadro 1.

| Tipo de Actividad | Denominación                               | Descripción   | Conformación                            |
|-------------------|--|---|---|
| Primarias         | Investigación y Desarrollo                 | Se investiga, desarrollan y mejoran constantemente los planes de estudio para cada idioma que se oferta   | Desarrollo                              |
|                   |  |   | Innovación                              |
|                   | Publicidad                                 | Implementación de herramientas publicitarias en beneficio de la institución   | Selección                               |
|                   |  |   | Contratación de servicios publicitarios |
|                   | Ventas y Contratación                      | Conjunto de actividades que se efectúan con el fin de adherir nuevos clientes a la cartera  | Recepción                               |
|                   |  |   | Promoción de servicios                  |
|                   |  |   | Contratación del servicio               |
|                   | Proceso de Enseñanza-Aprendizaje           | Actividades que se llevan a cabo con el fin de que el cliente adquiera conocimientos en el idioma contratado y desarrolle habilidades en dicha lengua | Enseñanza                               |
|                   |  |   | Atención                                |
|                   |  |   | Evaluación                              |
|                   |  |   | Seguimiento                             |
|                   | Servicio de Postventa                      | Actividades adicionales que la institución lleva a cabo con el fin de brindarle el mejor servicio al cliente  | Ofrecer materiales                      |
|                   |  |   | Recuperación de clases                  |
|                   |  |   | Asesorías extras                        |
|                   |  |   | Adaptación de horarios                  |
| Secundarias       | Infraestructura de la empresa              | Se conforma de la parte directiva de la organización  | Planeación                              |
|                   |  |   | Administración general                  |
|                   | Recursos Humanos                           | Organiza al personal docente conforme a la demanda  | Administración de R.H.                  |
|                   | Administración de los Recursos Financieros | Asignación de recursos monetarios   | Pago de nómina                          |
|                   |  |   | Pago de servicios                       |
|                   |  |   | Compra de materiales                    |
|                   |  |   | Pago de impuestos                       |

Cuadro 1. Identificación de las actividades primarias y secundarias.

Definidos los elementos anteriores se conforma la representación gráfica de la cadena de valor, la cual se presenta a continuación mediante la Figura 1.

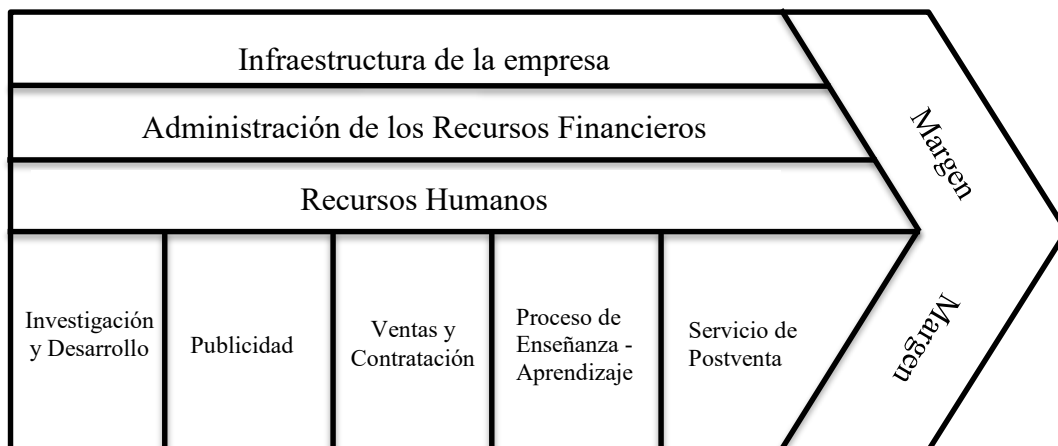


Figura 1. Cadena de valor del estudio de caso

#### *Adaptación de las perspectivas del Balanced Scorecard.*

Para interrelacionar las dos técnicas fue necesario determinar la actuación de cada perspectiva dentro de las actividades previamente descritas de la cadena de valor. A continuación se explica la concordancia de cada una de las perspectivas con ésta.

#### *Perspectiva Financiera.*

La organización en estudio concuerda con las características ausentes de las microempresas al no poseer indicadores que auxilien a la toma de decisiones dentro de la misma.

En relación a la situación económica de la empresa es vital generar indicadores que permitan guiar su dirección financiera. Además de ser la perspectiva más importante para cualquier empresa con fines de lucro y representar el impacto resultante de las estrategias en otras perspectivas.

Por tanto, el objetivo de esta perspectiva será dar al administrador un panorama entendible sobre la situación financiera de la empresa de una forma periódica.

#### *Perspectiva del Cliente.*

Toda empresa cuenta con clientes, ya que ellos son la razón de su presencia, de manera que esta perspectiva auxiliará a nuestra microempresa en diversos ámbitos como lo son: la determinación de los nichos de mercado a los que da servicio, sus necesidades y la forma en la que éstas serán cubiertas por las actividades de la empresa.

Esta perspectiva dará paso a emprender acciones estratégicas que impacten positivamente en el proceso de fidelización del cliente y el aumento en las ventas.

#### *Perspectiva de Procesos Internos*

Sin importar el giro de la empresa, todas ellas poseen procesos que permiten su funcionamiento diario.

La importancia de la perspectiva de los procesos internos dentro del caso de estudio radica en definir y controlar su operatividad.

La evaluación de los procedimientos que se tienen actualmente en cuanto a contenido y operación permitirá determinar el estado de partida de los procesos internos.

La identificación de procesos necesarios que conformarían un proceso administrativo organizado es de vital importancia para el proyecto de expansión que se ha visualizado a largo plazo por los administradores actuales.

#### *Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento*

La perspectiva de aprendizaje y crecimiento se encarga de proporcionarle a la empresa las bases para su desarrollo y proyección. Específicamente en tres categorías: los empleados, la información y la motivación.

Esta perspectiva enfocada a una microempresa debe comenzar en la formación de sus empleados, ya que ellos son los medios en que la institución brindará el servicio para satisfacer las demandas de sus clientes, continuar con la motivación al personal y finalizar conjuntando un buen sistema de información sencillo y manejable.

Entonces, esta perspectiva manejará las capacidades del personal adecuadas al servicio de enseñanza para cada alumno.

#### *Conformación de la Cadena de Valor bajo el enfoque del Balanced Scorecard*

Bajo el análisis que se generó acerca del caso de estudio se desprende la concepción de la cadena de valor dentro de la microempresa antes evaluada. Misma que se presenta en la Figura 2.



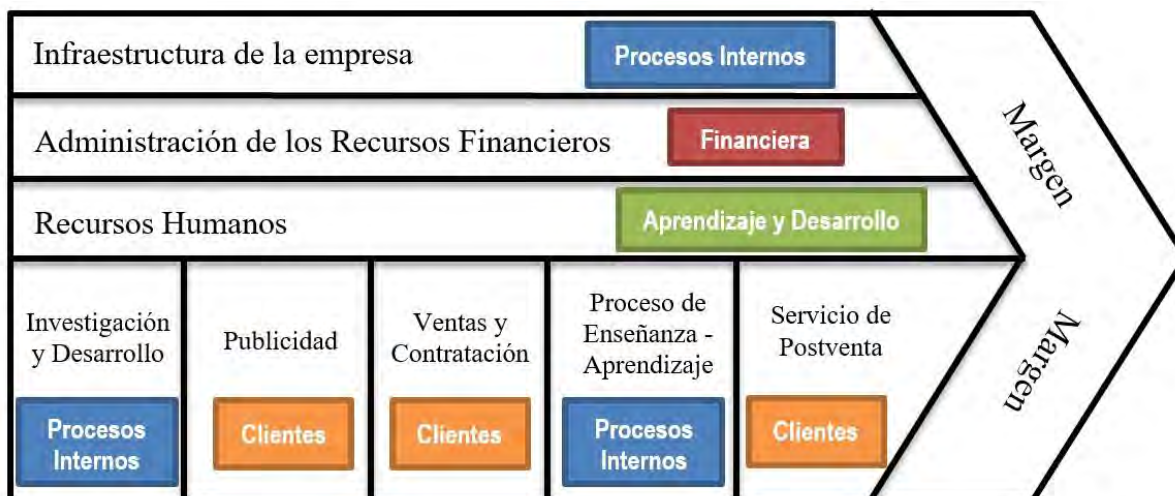


Figura 2. Cadena de Valor bajo el enfoque del Balanced Scorecard.

### Generación de Estrategias

Como ya se ha mencionado antes, la cadena de valor en conjunto con las perspectivas del Balanced Scorecard permite desarrollar un grupo de estrategias para el manejo encausado de la organización de una manera práctica y formal, tal como lo proponen los autores Chiavenato & Sapiro (2010) "El CMI permite crear mapas estratégicos que revelan el potencial para crear valor que tienen las estrategias formuladas con base en cuatro perspectivas diferentes."

Para el desarrollo de estrategias se llevó a cabo un diagnóstico interno y externo de la empresa bajo las cuatro perspectivas del Balanced Scorecard, lo que derivó un análisis FODA por cada perspectiva valorada y, a su vez desencadenó la propuesta de estrategias enfocadas a la maximización de las Fortalezas y Oportunidades y a la minimización de Debilidades y Amenazas de la MiPyME en estudio.

El análisis posterior a la definición de las estrategias dio como resultado una serie de planes a desarrollar reafirmando la necesidad de procesos internos formales.

La descripción gráfica del proceso llevado a cabo de diagnóstico y generación de estrategias se muestra en la Figura 3.

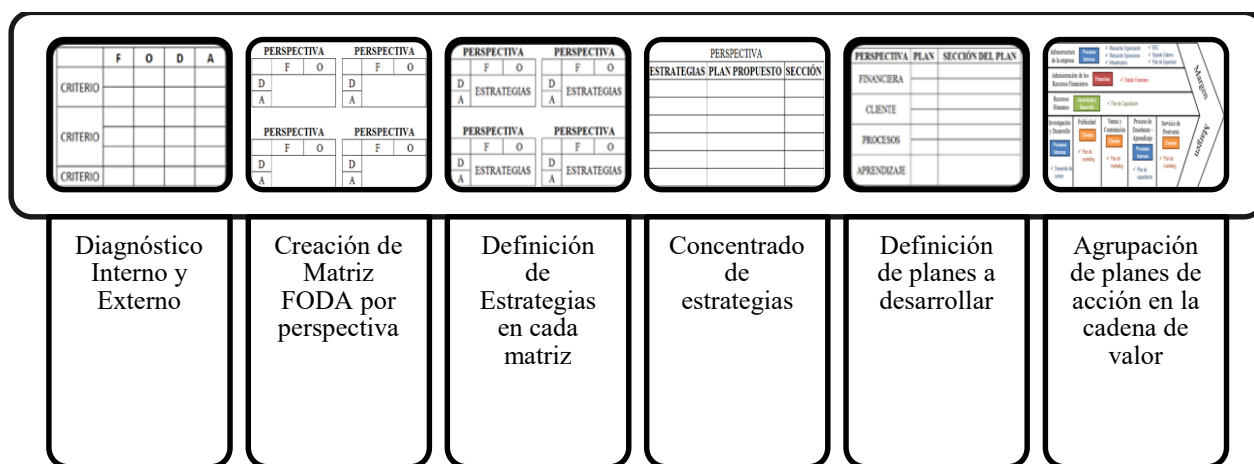


Figura 3. Proceso para determinar los planes de acción conforme al Balanced Scorecard y la cadena de valor en el estudio de caso

## Comentarios Finales

### Resumen de resultados

Como resultado de la aplicación del proceso descrito en la Figura 3, se lograron identificar líneas de acción que permitirán un mejor desenvolvimiento en la organización de la empresa. Los planes propuestos para generar se muestran en la Figura 4.

Es así como en la Figura 4 se presentan los elementos de cadena de valor, las perspectivas del BSC y las líneas de acción propuestas.



Figura 4. Cadena de Valor bajo el enfoque Balanced Scorecard incluyendo líneas de acción.

### Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados demuestran la necesidad de un sistema formal de administración para aquellas MiPyMEs que han logrado superar los niveles de mortandad que existen dentro de nuestro entorno.

En un mercado cada vez más globalizado es imprescindible para las microempresas adoptar sistemas de administración y evaluación del desempeño que las mantenga en un buen nivel de competitividad y les permita proyectarse a futuro.

Las MiPyMEs no se direccionan bajo alguna técnica administrativa haciendo que su deceso sea previo a los dos años de funcionamiento.

Por lo anterior, es recomendable para los investigadores que han visualizado este tipo de oportunidades dentro de un sector con tal importancia, promover el desarrollo de un modelo genérico de organización y administración para las microempresas fácil de implementar y a un bajo costo.

## Referencias

- Chiavenato, I., & Sapiro, A. (2010). Planeación Estratégica, Fundamentos y aplicaciones. México: McGraw-Hill.
- Hill, C. W., & Jones, G. R. (2011). Administración estratégica: Un enfoque integral. México: Cengage Learning.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2012). El Cuadro de Mando Integral. Barcelona: Gestión 2000.
- Porter, M. (2010). *La ventaja competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México: Grupo Editorial Patria.
- Thompson, A., Peteraf, M., Gamble, J., & Strickland, A. (2012). Administración estratégica, Teoría y Casos. México: McGraw-Hill.

# Cómo aplicar en instituciones de nivel superior la economía doméstica para lograr la inclusión financiera

*Verónica Cabrera Molina<sup>1</sup> , Martha Elena Rabadán Serrano<sup>2</sup>*

## RESUMEN

La inclusión Financiera forma parte de los cambios estructurales de la Reforma Financiera; pretende incluir estrategias nacionales con regulación internacional, innovación de productos por parte de la Banca, educación financiera, protección para los usuarios de servicios financieros e impulso y desarrollo económico a sectores vulnerables. La Economía doméstica juega un papel importante por su campo de estudio formal, incluye temas de educación, gestión del dinero con asesoría para llevar adecuadamente el entorno familiar.

El presente trabajo mostrará resultados de la primera, segunda y avances de la tercera etapa del proyecto: Inclusión Financiera en sectores vulnerables como estrategia de innovación para el desarrollo económico"; que emana del cuerpo Académico "innovación y Tecnología Educativa" y de la línea de investigación "Estrategias de enseñanza aprendizaje para la formación de competencias docentes", que se desarrollan en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli con una población de más 5,000 jóvenes Y sus familias pertenecientes a éste sector.

Palabras clave— Inclusión financiera, sectores vulnerables, asesoría, economía doméstica

## ABSTRACT

Financial inclusion is part of the structural changes in the financial reform ; It is intended to include national strategies with international regulation , product innovation by the Banking, financial education, protection for users of financial services and boost economic development and vulnerable. The domestic economy plays an important role in their field of formal study, including issues of education, money management advice for the proper conduct of the family.

This paper shows results of the first, second and third stage of progress of the project: Financial Inclusion in vulnerable sectors such as innovation strategy for economic development "; emanating from the faculty " Innovation and Educational Technology " and the research "Strategies of learning for the training of teaching skills ", taking place at the Technology for Advanced Studies in Cuautitlan Izcalli with a population of over 5,000 youth and their families belonging to this sector

Key- words: Financial inclusion, vulnerable sectors, advice, home economics

## INTRODUCCIÓN

La inclusión Financiera es un tema que forma parte de los cambios estructurales del país como un pilar de la Reforma Financiera; pretende incluir estrategias nacionales con regulación internacional, innovación de productos por parte de la Banca, educación financiera, protección para los usuarios de servicios financieros e impulso y desarrollo económico a sectores vulnerables (mujeres, jóvenes etc.). De tal forma, cobra importancia el brindar asesoría a éstos sectores de manera pertinente.

El objetivo es brindar asesoría de economía doméstica a sectores vulnerables del TESCO y de Pymes de zonas aledañas; ya que se identificó que éste sector accede a algún tipo de mecanismo de ahorro o crédito de carácter informal, principalmente por desconocimiento, miedo o falta de interés al uso consciente del Sistema Bancario. Por lo cual, se ven imposibilitados para recibir los beneficios que el sector financiero otorga en una economía moderna; esto los pone en desventaja aun cuando representan una parte considerable de la población.

<sup>1</sup> Verónica Cabrera Molina. M en A es Profesora Investigadora adscrita a la División de Contaduría Pública en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. [cabreramolina.veronica@hotmail.com](mailto:cabreramolina.veronica@hotmail.com)

<sup>2</sup> Martha Elena Rabadán Serrano M en D.A.E.S es Profesora Investigadora adscrita a la División de Contaduría pública en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. [martharabadanserrano@yahoo.com.mx](mailto:martharabadanserrano@yahoo.com.mx).

La presente propuesta emana del cuerpo académico “Innovación y Tecnología Educativa” y de la línea de investigación “Estrategias de enseñanza aprendizaje para la formación de competencias docentes”, que se desarrollan en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli; el cual cuenta con una población de más 5,000 jóvenes y sus familias, pertenecientes a éste sector. En una primera fase se brindó asesoría por medio de talleres a la comunidad estudiantil y, posteriormente, en las Pymes de zonas aledañas.

El presente trabajo mostrará resultados de la primera etapa, inicios de la segunda y avances de la tercera etapa del proyecto: “Inclusión Financiera en sectores vulnerables como estrategia de innovación para el desarrollo económico”. Esta etapa consiste en la identificación de necesidades, usando como instrumento un cuestionario y conferencias dirigidas a padres de familia. En el diagnóstico se identificó el nivel de ahorro, inversión, crédito para vivienda, reestructuración de créditos, deducibilidad fiscal, uso del dinero de fondo inteligente y administración del fondo para el retiro.

### Descripción del Método

Para lograr la inclusión financiera es necesario tener una buena gestión de las finanzas personales la cual debe ser ordenada, planeada y sistematizada; sin embargo, estas características difícilmente las lleva a cabo una familia del sector vulnerable por sus múltiples tareas y su desinformación; es por ello que se crea este diagnóstico que permitirá conocer los puntos fuertes y débiles del sector vulnerable en cuestión. “La Inclusión Financiera se está convirtiendo en un tema muy popular a nivel mundial. El G-20 ha puesto en marcha un Grupo de Expertos que trabajan con Inclusión Financiera; las Naciones Unidas han designado a la Princesa Máxima de Holanda como representante especial para la Inclusión Financiera; y quienes diseñan las políticas públicas desde India a Brasil a México están publicando documentos y llevando a cabo conferencias sobre cómo brindar más servicios a más personas.” El equipo del Centro para la Inclusión Financiera que trabaja en el proyecto Inclusión Financiera 2020 ha puesto su definición y visión de Inclusión Financiera a prueba aplicándola en México. La pregunta era: ¿Qué le haría falta a México para alcanzar inclusión plena para el año 2020? Como respuesta a esta interrogante el Gobierno Federal plantea estrategias nacionales con regulación internacional, innovación de productos por parte de la Banca, educación financiera, protección para los usuarios de servicios financieros e impulso y desarrollo económico a sectores vulnerables.

El presente trabajo plantea 4 fases para lograr la inclusión financiera (figura1) y los resultados de la primera etapa del proyecto; la cual consiste en la identificación de necesidades, usando como instrumento un cuestionario y conferencias dirigidas a padres de familia; en el cometido final de brindar asesoría financiera de forma innovadora a sectores vulnerables del TESCO, que cuenta con una matrícula de casi 5000 jóvenes estudiantes de nivel Licenciatura. “La educación financiera involucra a todo ser humano que tenga contacto con dinero, esto es, se entiende como la formación de un individuo en el área financiera” (Higareda Torres, Rosario y Gerardo Serrano, Francisco, 2014) así como los avances de la tercer etapa.



Figura 1

Para el desarrollo de la fase diagnóstica: Identificación de necesidades, se procedió a realizar entrevistas, usando como instrumento innovador un cuestionario elaborado previamente para los sectores vulnerables se identificó que éste sector accede a algún tipo de mecanismo de ahorro o crédito de carácter informal, principalmente por desconocimiento, miedo o falta de interés al uso consciente del Sistema Bancario. Por lo cual, se ven imposibilitados para recibir los beneficios que el sector financiero otorga en una economía

moderna; esto los pone en desventaja aun cuando representan la mayoría de la población. También se detectaron las principales necesidades tales como su nivel de ahorro, inversión, crédito para vivienda, retiro, restructuración de créditos, entre otros. Dándole dirección a sus decisiones armando un plan financiero (Un plan es diseñar una estrategia para alcanzar tus metas.)

Poner en números esas metas; es decir, determinar en pesos y centavos cuánto costará alcanzarlas (para que el plan tenga éxito debe existir compromiso. Una forma de hacerlo es poner por escrito: lo que se quiere lograr, en qué tiempo, cómo se planea transformar eso que se quiere en una realidad, los recursos que se necesitan para hacerlo y el costo estimado de las metas).

Tener un plan financiero también significa estar preparado para el futuro. Es pensar en lo que se quiere a largo plazo. Para lo cual se sugiere escribir todas las cosas que desean alcanzar, por ejemplo: educación, vacaciones, comprar un auto, tener una casa propia, asegurar el patrimonio, dejar de trabajar a temprana edad. Ordenar las metas según su importancia, esto servirá para tener claro en qué se debe enfocar. Se debe considerar siempre el costo de oportunidad, es decir, las implicaciones de elegir una alternativa y renunciar a otra.

Las metas probablemente cambiarán conforme a la edad del grupo analizado; de igual manera serán diferentes de acuerdo a las condiciones personales. A medida que pasa el tiempo se puede ir añadiendo o descartando metas; un plan financiero debe ser dinámico.

Depurar las metas con características específicas, alcanzables, medibles, mesurables y relevantes. Definiendo plazos, calendarizando las metas a una fecha de término para cumplirlas; a corto plazo (un año), mediano plazo (entre uno y cinco años) y largo plazo (más de cinco años). El plazo de las metas tiene que ver con las alternativas que se tienen para conseguir las y cómo se van a financiar. Se pueden utilizar distintas herramientas, servicios y productos financieros innovadores según el tiempo que se tiene para alcanzarlas; es por esto que el detectar las necesidades cobra vital importancia para que la asesoría financiera se brinde a temprana edad.

Calcular los costos, cuánto va a costar la meta, definir cuáles son los recursos con los que se cuenta para lograrlas considerando tres tipos de recursos; Capacidades (habilidades, conocimientos, talentos y experiencias que ayudan a desarrollar proyectos), Tiempo (es un recurso que debe aprender a administrar, dado que es limitado hay que establecer prioridades en este renglón), Monetarios (son el dinero y los buenos hábitos que permiten hacer crecer el ahorro y las inversiones). Utilizando bien estos recursos se puede alcanzar más rápido las metas.

Una vez definida la estrategia para alcanzar las metas se utilizan herramientas innovadoras que ayuden a esta tarea y el presupuesto es una de ellas (registro por escrito de los ingresos y gastos). Este debe adaptarse a las circunstancias de vida, a las prioridades familiares y a la relevancia que tiene cada gasto.

Lo primero que se tiene que hacer es identificar los ingresos (el dinero que se recibe por salarios u otros conceptos). Y estos pueden ser fijos o variables. Una vez conocidos los ingresos se sabrá cuál es el presupuesto y qué cantidad limite se tiene como gasto, pago de deudas y ahorro.

En este punto, debemos considerar que el ahorro es un gusto, cuando con ello se van logrando las metas propuestas en el plan financiero. "Dentro de la educación financiera y la inversión, no se debe olvidar que una correcta toma de decisión, en cuanto a la inversión, permitirá obtener un mayor ingreso a través de los rendimientos obtenidos. El ahorro debe ser inculcado a temprana edad, se deben difundir los beneficios que se obtienen al llevar a cabo una planeación de ahorro". (Higareda Torres, Rosario y Gerardo Serrano, Francisco, 2014).

Dentro de la conferencia desarrollada en el TESCO a los jóvenes estudiantes y padres de familia (la cual fue enfocada hacia la economía doméstica para identificar la forma en que las familias administran, ahorran e invierten sus ingresos); se identificó que uno de los principales problemas y, a su vez, de las necesidades principales es que no saben planear sus gastos en base a sus ingresos.

En la fase dos predomina Diseño de propuesta de inversión inteligente e innovadora para este sector vulnerable: con el análisis de identificación de necesidades se propone un instrumento de inversión inteligente para cada necesidad. Del catálogo de productos financieros que existen en el mercado y los de reciente creación por parte de la Banca.

Estos instrumentos deben contemplar la regla de oro: No gasto corriente, No patrimonio y No capital de trabajo. Cabe mencionar que no todos los instrumentos son para inversión, también existen instrumentos que permiten subsanar los créditos pendientes de pago, créditos de consumo, créditos para impulsar el desarrollo de las Pymes, créditos de producción, educativos, entre otros.

Entre los productos financieros que ofrece la Banca están los denominados beneficios adicionales, los cuales consisten en contratar un producto financiero y la banca ofrece de manera gratuita otros servicios tales como servicio de ambulancia, servicio de grúa, etc.



## Resumen de resultados:

Como resultado del diagnóstico aplicado a padres de familia del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (se anexa el instrumento en el apéndice de este trabajo), se identificó que una de las necesidades principales es que no saben planear sus gastos en base a sus ingresos; motivo por el que se generó una conferencia para padres de familia, mediante el programa Institucional de Tutorías titulada “Economía Doméstica” en la cual se les explicó la manera de planear los ingresos que las familias reciben, la forma de ahorrar y la inversión con miras al futuro; es decir, para el retiro.

Nuevamente cobra importancia el atender a nuestros jóvenes y padres de familia en estado de inequidad para incorporarlos a la brevedad en el grupo de personas asesoradas en temas de Inclusión Financiera. Para lograr la inclusión financiera es necesario tener una buena gestión de las finanzas personales la cual debe ser ordenada, planeada y sistematizada; sin embargo, estas características difícilmente las lleva a la práctica una familia del sector vulnerable por sus múltiples tareas y compromisos de corto plazo; es por ello que se crea este diagnóstico que permitirá conocer sus puntos fuertes y débiles de este sector vulnerable.

Los resultados se interpretan de la siguiente manera:

### Mayoría a)

La educación financiera está de su lado, y esto porque seguramente usted está consciente de que es una base para tomar mejores decisiones y tener una práctica sana de sus finanzas personales. No olvide que siempre hay algo por aprender, aunque en este autodiagnóstico refleja que sabe lo que quiere y lo que necesita para no vivir preocupado por sus deudas o por estar desamparado ante circunstancias adversas.

### Mayoría b)

Usted está consciente de que existen soluciones a sus problemas de finanzas personales, sin embargo no ha permitido adueñarse de ellas y obtener la educación financiera necesaria para mejorar o evitar preocupaciones por sus deudas o por estar desamparado ante circunstancias adversas. La información siempre es una ganancia, por lo que se recomienda mejorar todas esas situaciones que no le permiten tener una vida tranquila, y conocer todo lo que el mercado le ofrece para tomar mejores decisiones.

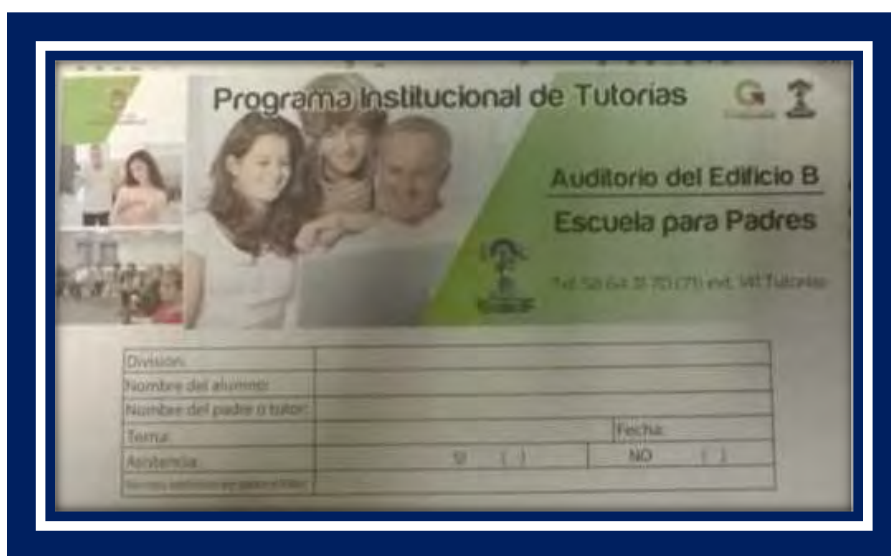
### Mayoría c)

Usted tiene mucho por aprender. La educación financiera es básica tanto para usuarios de servicios financieros como para aquellos que todavía no lo son. El uso de los mismos debe ser una práctica que le permita facilitar y mejorar su vida financiera, para que pueda tomar mejores decisiones y lograr tener finanzas personales sanas.

Informarse siempre es una ganancia, por lo que no deje de investigar programas de educación financiera que ofrece el mercado.

De la figura 2 a la 5 nos muestra evidencia de la asistencia de los padres de familia y jóvenes a la conferencia ofrecida en el TESCO, con el tema de “Economía doméstica”.

En la tercera etapa se ayuda a los estudiantes y padres de familia involucrados en el proyecto a elaborar su plan financiero, dando seguimiento, diseñando una propuesta y analizando la viabilidad y sostenibilidad que garanticen el bienestar de dichas familias.



**Figura 2. Evidencia del programa escuela para padres de la conferencia para jóvenes y padres de familia ofrecida en el TESCO.**





**Figura 3** conferencia para padres de familia Sobre economía Doméstica



**Figura 4** asistencias de padres de familia



**Figura 5 desarrollo de conferencia impartida en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli.**

## Conclusiones

Durante el primer año de desarrollo de este proyecto, como muestra, se ha concientizado a un 50% aproximadamente del grupo vulnerable; destacando como principales necesidades la falta de efectivo proveniente de una mala o nula planeación financiera. Razón por la cual, accedieron a aprender a desarrollar una planeación financiera en un 30% del grupo diagnosticado. A ellos se les está brindando seguimiento oportuno de observación y cumplimiento de dicha planeación.

## Apéndice

### *Cuestionario para diagnóstico de necesidades:*

- 1.- ¿Planea un límite mensual para gastar de sus ingresos?
  - a) Sí, cuento con un presupuesto mensual.
  - b) Me limito cuando tengo un gasto fuerte.
  - c) No me limito, incluso si me hace falta pido prestado.
- 2.- ¿Aparta mensualmente cantidades específicas para cada tipo de deuda o gastos especiales?
  - a) Sí, llevo un control de los pagos, fechas límite y tasas de interés.
  - b) Solo si me cobran intereses.
  - c) Espero la fecha límite de pago.
- 3.- ¿Cuánto acostumbra pagar cada mes a su cuenta de tarjeta de crédito?
  - a) El pago mínimo.
  - b) Lo máximo que pueda
  - c) No siempre puedo pagar, por lo que termino pagando con otra tarjeta de crédito.
- 4.- ¿Tiene un fondo de ahorro para su retiro?
  - a) Sí
  - b) Todavía no, pero creo que en algún momento será necesario crearlo.
  - c) No.
- 5.- ¿Cuenta con un fondo para emergencias?
  - a) Sí, tengo una cuenta de ahorro específicamente para eso.
  - b) Lo he intentado, pero no logro concretarlo.
  - c) No, me resulta complicado.
- 6.- ¿Tiene en orden sus papeles de seguros, inversiones, financiamientos, otras deudas y los localiza con Facilidad?
  - a) Sí
  - b) No
  - c) No y veces los doy por perdidos.
- 7.- ¿Qué hace usted al recibir un dinero extra?
  - a) Pago deudas y guardo algo.
  - b) Compró algo que realmente necesito.
  - c) Lo gasto.
- 8.- ¿Cancela las cuentas de tarjetas de crédito que no utiliza con regularidad?
  - a) Trato y no lo consigo

- b) Sí  
c) No  
9.- ¿Qué haría si recibe una llamada ofreciéndole una nueva oportunidad de invertir y hacer mucho dinero?  
a) Lo ignoro,  
b) Lo considero y pido consejo de un experto.  
c) Acepto la oferta, pues nadie se hace rico sin tomar riesgos.  
10.- ¿Qué hace si su auto llegara a tener algún siniestro?  
a) No me preocupo, pues sé que mi seguro lo cubrirá

### Referencias

Center For Financial Inclusion, At Acción International, Inclusión Financiera: ¿Cuál es la visión?, consultada por Internet el 18 de septiembre del 2014. Dirección de internet: <http://www.shcp.org.mx>.  
Higareda Torres, Rosario y Gerardo Serrano, Francisco. La importancia de la educación financiera en las inversiones y el crédito. Consultada por internet el día 20 de septiembre del 2014.  
Dirección de internet: [http://emprendedoresunam.com.mx/revista/wp-content/uploads/userFiles/117\\_La%20importancia%20de%20la%20educacion%20financiera%20en%20las%20inversiones%20y%20el%20credit-o0.pdf](http://emprendedoresunam.com.mx/revista/wp-content/uploads/userFiles/117_La%20importancia%20de%20la%20educacion%20financiera%20en%20las%20inversiones%20y%20el%20credit-o0.pdf)

### INFORMACIÓN ACADÉMICA

La **M en A. Verónica Cabrera Molina** es profesora de la carrera de Contaduría Pública del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, en el Estado de México. Terminó sus estudios de postgrado en administración de empresas en la Universidad de Cuautitlán Izcalli en el Estado de México. Ha desarrollado Manuales de Gestión Financiera para PyMES en algunos municipios del Estado de México. Fue nombrada Profesora Asociada “A” Tiempo Completo por el TESCO, lo que la acerca más al área de la Investigación. Es líder del Cuerpo Académico: “Innovación y tecnología educativa”

La **M en D.A.E.S Martha Elena Rabadán Serrano** es Profesora Investigadora adscrita a la División de Contaduría Pública en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Estado de México; es Licenciada en Contaduría y Finanzas por la UNAM, con Maestría en Docencia y Administración de la Educación Superior por el Colegio de Estudios de Posgrado de la Ciudad de México. Cuenta con nombramiento como Profesora Asociada “A” Tiempo Completo por el TESCO, desde septiembre del 2011. Es líder de la línea de investigación: “Estrategias de enseñanza aprendizaje para la formación de competencias docentes”; con la que ha participado con 10 ponencias, 2 carteles y un curso-taller corto, en algunos congresos nacionales e internacionales.

# La inversión extranjera directa y su impacto en el desarrollo regional de México, 1989-2013

José Fernando Camacho Acevo<sup>1</sup>

**Resumen**— Se analiza el papel que ha jugado la inversión extranjera directa en el desarrollo de México. Ante la postura de que la IED es fundamental para detonar el crecimiento económico y el empleo, se indagan sus efectos colaterales y las externalidades que acarrea. Se analiza el flujo de inversiones hacia México a partir de los noventa señalando los efectos indeseables como la profundización de un esquema de desarrollo desigual entre las entidades federativas dado que las inversiones se dirigen fundamentalmente hacia los estados con mayor desarrollo e infraestructura. Mientras 4 entidades con el mayor ingreso per cápita del país recibieron cerca del 80 % de los flujos de IED en el periodo 2000 – 2013, los 3 Estados más pobres no recibieron en conjunto ni el 0.2 %, lo cual amplía la brecha de desarrollo al interior del país y profundiza un esquema de desigualdad y heterogeneidad.

**Palabras clave**—Inversión extranjera directa, desigualdad, desarrollo regional.

## Introducción

En el presente trabajo abordamos el tema de la inversión extranjera directa y su impacto en el desarrollo regional. Partimos de un cuestionamiento acerca de las implicaciones que tiene el recurrir a dichas inversiones como un instrumento de desarrollo. Así, se plantea la pregunta ¿la inversión extranjera directa, como estrategia de desarrollo, contribuye a un desarrollo económico armónico que promueva la reducción de la desigualdad entre las regiones y estados del país?

Desde la corriente hegemónica del pensamiento económico se considera que la inversión extranjera directa (IED) juega un papel fundamental para el desarrollo económico y la modernización de los países en desarrollo, algunos autores de esta corriente le atribuyen efectos positivos en el crecimiento económico. En un estudio reciente (Toulaboe, Terry y Johansen, 2009) abordan el efecto en el crecimiento económico de la inversión extranjera directa, y reportan un efecto positivo. Según la OCDE, existen diversos estudios que muestran cómo los flujos de inversión extranjera directa ayudan a la formación de capital humano, desencadenan un desbordamiento de la tecnología y ayudan a crear un clima de mayor competencia en los negocios, lo cual incide en el crecimiento económico, y se constituye en herramienta fundamental para aliviar la pobreza de los países en desarrollo (OCDE, 2002). Desde esta perspectiva, la IED juega un papel fundamental en el desarrollo. Sin embargo, es importante señalar que existen también efectos colaterales y externalidades, dependiendo el sector al que llega la IED, por ejemplo, la minería, el sector forestal y la extracción de hidrocarburos presentan externalidades negativas, como la contaminación provocada en las minas a cielo abierto. Por otra parte, es importante considerar el efecto de la inversión extranjera sobre la región a la que llega y el efecto que tiene en cuanto a un desarrollo equilibrado de las distintas regiones y estados de la república. Uno de los problemas que presenta el considerar a la IED como una panacea para el desarrollo económico es que se reduce el complejo problema de la competitividad a una asociación simple con el flujo de inversiones donde la estrategia económica nacional queda relegada a un segundo plano, porque lo importante son los flujos de capital.

## Consideraciones Teóricas

La importancia de la inversión ha sido ampliamente analizada desde distintos enfoques teóricos. En la Teoría General, Keynes (2003) señala que el problema de las economías industrializadas es un problema de insuficiencia de la demanda de inversión. El papel jugado por los *animal spirits* y las expectativas de los empresarios sobre la rentabilidad futura de la inversión dan lugar a que la inversión no se presente en la cuantía necesaria para lograr un estado de equilibrio con pleno empleo. Para Keynes se requiere, por lo tanto, de inversión para subsanar el problema del desempleo.

En América Latina, se encuentra difundida la idea de que para lograr el crecimiento y resolver los problemas de la pobreza y el desarrollo se requiere el concurso de la inversión extranjera con la que, casi de manera automática, se resolvería todos estos problemas. Sin embargo, Prebisch (1949) plantea un argumento para justificar la necesidad transitoria de capital extranjero en las economías latinoamericanas. Considera dicho autor que la inversión extranjera directa es necesaria, dada las necesidades de formación de capital y la insuficiencia del ahorro y menciona que

<sup>1</sup> José Fernando Camacho Acevo es Profesor Investigador en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y Candidato a Doctor en Desarrollo Económico y Sectorial Estratégico por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.  
[fercamacho58@yahoo.com](mailto:fercamacho58@yahoo.com) (autor correspondiente)

podría contribuir al aumento de la productividad por hombre. Señala que el margen de ahorro depende de la productividad del trabajo y, en la mayoría de los países de América Latina, la productividad del trabajo no es suficiente por lo que no hay ahorro suficiente y se requiere el concurso del capital extranjero. Muestra la existencia de un círculo vicioso, la productividad del trabajo es baja porque hay falta de capital, y falta capital porque existe un margen de ahorro estrecho a causa de la baja productividad. Para romper el círculo se requiere, entonces el concurso *transitorio* del capital extranjero. Así, si su aplicación es eficaz, aumentará la productividad lo que, con el tiempo, redundará en un margen de ahorro propio que permitirá sustituir el capital extranjero en las nuevas inversiones.

Por otra parte, la teoría neoclásica plantea la teoría de la convergencia según la cual, suponiendo productividad marginal decreciente de los factores, los países que han alcanzado una mayor acumulación de capital dirigen sus inversiones hacia los países con menor stock de capital. La argumentación que esta corriente realiza parte de las características de la función de producción neoclásica, que presenta rendimientos constantes a escala y productividad marginal decreciente de los factores. Los países desarrollados, al tener una mayor acumulación de capital, presentan una menor productividad marginal del capital, lo cual implica que los capitales se dirijan a otros países donde hay escasez de capital, buscando mayores beneficios. Esto explicaría que los flujos de inversión se dirijan a los países más atrasados. Al aumentar el stock de capital en el país receptor, la tasa de crecimiento aumenta y, con el tiempo, se presenta convergencia entre ambas economías. Al contrastar lo que ha ocurrido con las economías de los países desarrollados y de los países atrasados, se puede constatar que la teoría de la convergencia no es corroborada por la evidencia empírica. Los países desarrollados han crecido más y los países atrasados se han mantenido en condición de atraso.

Una síntesis de la visión ortodoxa sobre los determinantes del crecimiento económico es presentada por Sala i Martin (2001) quien señala que dentro de los elementos decisivos para el crecimiento se encuentran primero, la acumulación de factores, capital físico y humano, la educación; segundo, una variedad de instituciones favorables a los mercados y tercero, la apertura comercial, de capital, tecnológica, de ideas, de inversión extranjera y de información. Es decir, el tercer elemento hace énfasis en la apertura en distintos ámbitos y en la IED.

Desde una perspectiva teórica diferente, cuando se habla del crecimiento y de las implicaciones que tiene la balanza de pagos en el mismo, la presencia de déficit en cuenta corriente aparece como una restricción al crecimiento, por lo que toma importancia el encontrar fuentes de financiamiento de las importaciones. Al señalar que los países pueden estimular los flujos de capital, Thirlwall (2003) advierte que se debe tener cuidado con el tipo de flujos. Señala que probablemente la inversión directa de largo plazo sea la más estable y benéfica, sin embargo, la IED también puede causar problemas en relación a la naturaleza de los bienes producidos, las técnicas de producción empleadas y la remisión de las utilidades. Es decir, el nexo entre la IED y el desarrollo es complejo y no se puede banalizar pensando que la IED es condición suficiente para el desarrollo. En conclusión, debe tomarse con cautela las afirmaciones acerca de las bondades de la IED. Los requerimientos del desarrollo económico trasciende la idea simple de que la IED es condición suficiente en términos de desarrollo y crecimiento económicos.

### ***La IED en México***

En este apartado analizaremos cómo se han presentado los flujos de IED en México, atendiendo a una caracterización por periodos, encontrando que en el lapso de tiempo analizado se presentan tres periodos bien definidos. Estos periodos coinciden con las décadas de los años ochenta, noventa y dos mil. En primer término, durante la década de los ochenta la economía mexicana había dejado atrás el modelo de sustitución de importaciones, el auge petrolero de inicios de la década implicó un aumento considerable de la deuda pública y un crecimiento considerable del PIB que alcanzó 9% en los años 1979-1981. Sin embargo, en 1982 el PIB el crecimiento económico es cercano a menos uno por ciento, el peso sufre una fuerte devaluación, el país se declara en moratoria de pagos al extranjero y estalla el problema de la deuda de los países latinoamericanos, teniendo como resultado que los flujos de IED sean muy escasos durante toda la década. A raíz de la crisis de la deuda se presenta un periodo de profundas transformaciones que incluye la liberalización comercial y se realiza un cambio estructural en la economía. Ante el agotamiento del modelo de sustitución de importaciones, las antiguas fuentes de financiamiento externo como fueron el superávit agropecuario, el petrolero y el endeudamiento externo no lograban cubrir los requerimientos de divisas, lo cual llevó a que la principal fuente de financiamiento de la nueva estrategia de desarrollo se orientara a partir de los años noventa hacia la inversión extranjera directa.

De esta manera, durante la década de los años noventa, se presenta un segundo periodo en que los cambios estructurales en la economía y la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica en el año 1994 ejercen un atractivo sobre las inversiones. Como resultado de las políticas de ajuste estructural y de la renegociación de la deuda externa, a inicios de la década de los noventa se presentó un incremento de los flujos de inversión extranjera directa que buscaban participar en los procesos de privatización. Sin embargo, con la crisis de diciembre de 94 y la grave recesión del año 95, la confianza en la economía mexicana disminuyó considerablemente, el riesgo



país aumentó y los capitales de corto plazo salieron, afectando considerablemente también a los flujos de IED. Hay que señalar que, en este periodo, un flujo importante de IED se realizó a través de fusiones y adquisiciones debido a las privatizaciones realizadas durante esa década, lo que implica que ese tipo de inversiones no se dirigía a la creación de nuevas plantas.

El tercer periodo se presenta a partir del año 2000, década durante la cual hay un crecimiento importante de los flujos de IED, los cuales van a estar condicionados, en buena medida, por la evolución de la economía mundial. De esta manera, los flujos de IED fueron afectados de manera importante, tanto por la crisis de las empresas de alta tecnología, las llamadas empresas punto com, alrededor de 2002, como por la crisis de las hipotecas subprime en el 2008 y 2009. Sin embargo, la característica que hace diferente a este tercer periodo es que, a pesar de las crisis mencionadas, la IED muestra una tendencia a una mayor cuantía como se muestra en la Figura 1, los flujos de IED son mayores con respecto a la década de los noventa, a pesar de que a nivel mundial se presentó una contracción de la IED a nivel mundial. En el año 2011 los flujos de IED a nivel mundial ascendieron a 1.5 billones de dólares, aun así fueron inferiores en 23 % al máximo alcanzados en el 2007 (UNCTAD, 2012)

Una vez planteado en términos generales la evolución de la inversión extranjera en los tres periodos señalados, es importante discutir cual es el papel que jugaron estos mayores flujos en el desarrollo del país.



Figura 1. Flujos de inversión extranjera directa en México, 1980-2013 Fuente: Banco de México. Consulta en línea.

Si tomamos en cuenta la opinión general de la corriente representada por los países desarrollados representados por la OCDE, la entrada de IED genera crecimiento económico para el país receptor además de otros beneficios que hemos mencionado. Si esto fuera cierto, esperaríamos que el crecimiento en México fuera mayor en los años noventa que en los ochenta y mayor aún en la década del dos mil. No obstante, el crecimiento en México no se ajusta al patrón de aumento de IED en los tres periodos analizados. La tasa de crecimiento promedio del PIB per cápita en los ochenta y en los noventa es negativa. Tomando juntas esas dos décadas tenemos una tasa de crecimiento promedio del PIB per cápita de 0.27%, mientras que en la década del dos mil el mismo indicador alcanza apenas el 0.48%, (Feenstra, Inklaar y Timmer, 2015) una cifra muy pequeña para el aumento en la entrada de capitales que se registró. Lo que llama la atención es ver que en la década del setenta la tasa de crecimiento del PIB per cápita alcanzaba el 4%, mientras la entrada de inversiones extranjeras era menor a la década del dos mil. Es decir, la mayor entrada de IED no se ha traducido en mayor crecimiento ni en una mejora en el nivel de vida de la población.



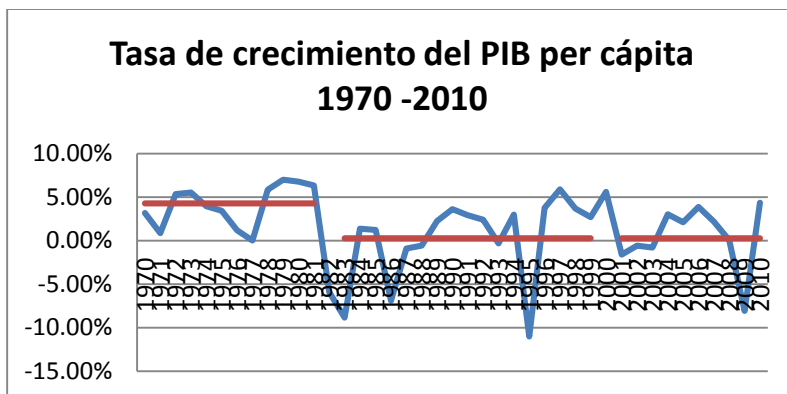


Figura 2 Tasa de crecimiento del PIB per cápita. Fuente: Penn World Table 8.1

### IED por Entidades Federativas.

Cuando analizamos lo ocurrido con la llegada de inversión extranjera directa al país, se constata que al contrario de lo que plantea la teoría de la convergencia, la brecha entre regiones desarrolladas y atrasadas es cada vez mayor, y las condiciones de atraso y subdesarrollo se reproducen en las regiones y estados más pobres. La llegada de flujos de IED tiende a reproducir, al interior del país receptor, la desigualdad entre regiones, pues estos flujos arriban a las zonas de mayor desarrollo, dejando a las regiones pobres en condiciones que perpetúan su condición de atraso y pobreza. El destino de las inversiones extranjeras tiene una lógica que responde a la rentabilidad, es decir, se dirige hacia aquellas entidades que tienen mejor infraestructura y donde se encuentran los mercados que garanticen que las inversiones sean remuneradas a la mayor tasa. Este esquema profundiza las desigualdades entre regiones al atraer la inversión a los estados que tienen un mayor desarrollo económico. En México, durante el periodo 2000-2013, el 56 % de la IED se dirigió hacia el Distrito Federal (Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras, 2013). Considerando los cuatro Estados que recibieron la mayor proporción de flujos, junto con el Distrito Federal, captaron el 80 % de la inversión extranjera, estos Estados son Nuevo León, Estado de México, Chihuahua y Baja California, como puede apreciarse en la figura 3. El Distrito Federal, la capital de la república, que concentra la infraestructura, los servicios y la población más grande de la república, junto con los Estados del norte, los cuales tienen una condición de una alta dinámica económica que ha sido favorecida por su cercanía a los mercados estadounidenses y también por el flujo de recursos e inversiones a lo largo de los años, recibiendo el 80 % de IED, determina, para el país en su conjunto, un esquema distorsionado de desarrollo que reproduce de manera esquemática el desarrollo para estas regiones, y la falta de desarrollo para las regiones más atrasadas.

En el otro extremo, los Estados que tienen menor desarrollo económico, menor infraestructura carretera, menor ingreso per cápita, que no han sido beneficiados con recursos federales, son los que menos inversión reciben. Entre estos se encuentran los Estados más pobres del país, Chiapas, Guerrero y Oaxaca, entre otros. Esta situación, lleva a un círculo vicioso, los Estados con menor infraestructura, reciben menos inversión, lo cual lleva a que se reproduzcan las condiciones que los mantienen en condiciones de un pobre desarrollo. De esta manera la IED, al seguir la lógica de la rentabilidad reproduce el esquema de un desarrollo que no es pertinente a las necesidades del país, asimismo reproduce la desigualdad, perpetuando las condiciones de pobreza y bajo ingreso per cápita de los Estados de menor desarrollo.

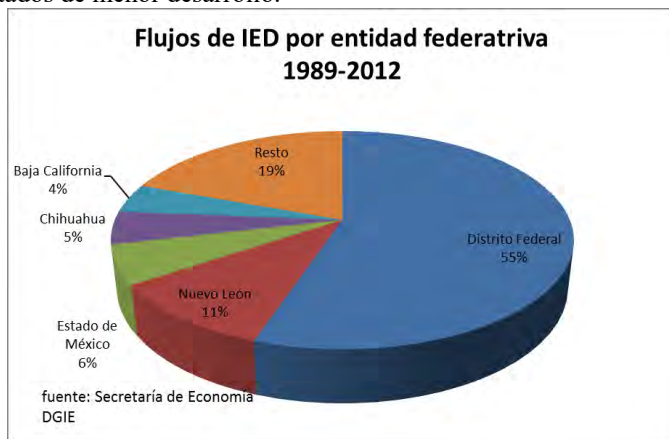


Figura 3. Inversión extranjera directa por entidad Federativa 1989-2012 Fuente: Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras (2013)

El Distrito Federal, con el mayor ingreso per cápita del país, ha recibido históricamente, la mayor proporción de los flujos de inversión. Después de la crisis de la deuda, y a partir de las reformas estructurales iniciadas en los años ochenta, que se plasmaron en las cartas de intención con el FMI, en la década de los noventa, se inicia una etapa de aumento en los flujos de inversión del exterior, algunos de los cuales buscaban insertarse aprovechando las privatizaciones realizadas por el gobierno durante los ochenta e inicio de los noventa. Estos flujos arribaron de manera mayoritaria al Distrito Federal. En el otro extremo, entidades federativas como Oaxaca, Chiapas y Guerrero, que tienen el menor ingreso per cápita y donde las carencias sociales son muchas, apenas alcanzaron el 0.2%. Tenemos entonces, una situación en la que el esquema y la lógica que siguen las inversiones del exterior han ahondado las desigualdades en el desarrollo del país. No siguen una lógica que busque zanjar esas diferencias, siguen la lógica de la rentabilidad, es por ello que las prioridades del desarrollo nacional han quedado condicionadas por la lógica del capital.

Con la llegada del nuevo milenio, y a consecuencia de que las reformas estructurales se habían consolidado, los flujos de inversión aumentaron considerablemente. A nivel global estos flujos de IED aumentaron a inicios del 2001, sin embargo la crisis de las empresas punto com tuvieron un efecto adverso en esta dinámica. El punto crítico para los flujos de inversión durante la década se presentó a raíz de la crisis financiera del 2008 la cual llevó a una reducción drástica de la inversión a nivel mundial y, por supuesto, en el país.

#### Comentarios Finales

En este trabajo se analizó cómo los flujos de inversión extranjera directa distorsionan el desarrollo económico regional del país dando como resultado una mayor desigualdad entre los distintos estados de la república debido al flujo de inversiones que mayoritariamente se dirigen a los estados que tienen mayor desarrollo y manteniendo en condiciones de atraso a los estados más pobres. Los resultados de la investigación muestran que no existe una correspondencia entre la entrada de inversión extranjera en la década del dos mil y el ritmo de crecimiento económico, lo cual contradice el postulado neoclásico de que se requiere mayor IED para un mayor crecimiento económico. Los resultados demuestran la necesidad de considerar los efectos de la IED y de replantear los objetivos del desarrollo nacional considerando que la IED no es una panacea y subrayando los efectos indeseables de la misma.

#### APENDICE

##### Inversión extranjera directa por entidad federativa.

|                         | 1989 1999 | 2000 2012  | 1989 2012  | Porcentaje |
|-------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| <b>Distrito Federal</b> | 44,839.90 | 160,118.90 | 204,958.80 | 55.19%     |
| <b>Nuevo León</b>       | 7,594.30  | 31,149.70  | 38,744.00  | 10.43%     |
| <b>Estado de México</b> | 5,132.20  | 16,338.60  | 21,470.80  | 5.78%      |
| <b>Chihuahua</b>        | 3,355.30  | 14,749.40  | 18,104.70  | 4.88%      |
| <b>Baja California</b>  | 4,243.70  | 11,762.10  | 16,005.80  | 4.31%      |
| <b>Jalisco</b>          | 2,149.00  | 9,648.90   | 11,797.90  | 3.18%      |
| <b>Tamaulipas</b>       | 2,450.10  | 4,763.20   | 7,213.30   | 1.94%      |
| <b>Puebla</b>           | 823.90    | 5,338.30   | 6,162.20   | 1.66%      |
| <b>Sonora</b>           | 1,070.40  | 4,151.80   | 5,222.20   | 1.41%      |
| <b>Querétaro</b>        | 814.80    | 3,604.60   | 4,419.40   | 1.19%      |
| <b>Baja California</b>  | 816.40    | 3,556.20   | 4,372.60   | 1.18%      |
| <b>Sur</b>              |           |            |            |            |
| <b>Coahuila</b>         | 935.80    | 3,265.60   | 4,201.40   | 1.13%      |
| <b>Quintana Roo</b>     | 433.00    | 2,945.10   | 3,378.10   | 0.91%      |
| <b>Guanajuato</b>       | 367.80    | 2,625.00   | 2,992.80   | 0.81%      |
| <b>Aguascalientes</b>   | 371.80    | 2,531.10   | 2,902.90   | 0.78%      |
| <b>Zacatecas</b>        | 82.50     | 2,758.60   | 2,841.10   | 0.77%      |
| <b>Durango</b>          | 420.20    | 2,363.20   | 2,783.40   | 0.75%      |
| <b>San Luis Potosí</b>  | 599.00    | 1,721.00   | 2,320.00   | 0.62%      |
| <b>Michoacán</b>        | 556.10    | 1,697.90   | 2,254.00   | 0.61%      |

|                 |           |            |            |         |
|-----------------|-----------|------------|------------|---------|
| <b>Morelos</b>  | 608.00    | 1,399.70   | 2,007.70   | 0.54%   |
| <b>Veracruz</b> | 306.80    | 1,214.70   | 1,521.50   | 0.41%   |
| <b>Nayarit</b>  | 61.70     | 947.70     | 1,009.40   | 0.27%   |
| <b>Sinaloa</b>  | 297.00    | 580.40     | 877.40     | 0.24%   |
| <b>Yucatán</b>  | 263.40    | 494.30     | 757.70     | 0.20%   |
| <b>Tabasco</b>  | 66.80     | 576.10     | 642.90     | 0.17%   |
| <b>Colima</b>   | 343.60    | 236.90     | 580.50     | 0.16%   |
| <b>Tlaxcala</b> | 116.40    | 458.20     | 574.60     | 0.15%   |
| <b>Guerrero</b> | 292.10    | 164.70     | 456.80     | 0.12%   |
| <b>Hidalgo</b>  | 128.40    | 158.80     | 287.20     | 0.08%   |
| <b>Oaxaca</b>   | 20.70     | 204.60     | 225.30     | 0.06%   |
| <b>Campeche</b> | 14.70     | 195.20     | 209.90     | 0.06%   |
| <b>Chiapas</b>  | 34.10     | 21.30      | 55.40      | 0.01%   |
| <b>Total</b>    | 79,609.90 | 291,741.80 | 371,351.70 | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaría de Economía. Dirección General de Inversión Extranjera.

### Referencias bibliográficas.

Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras, (2013) *Informe estadístico sobre el comportamiento de la inversión extranjera directa en México (enero-junio 2013)*. Dirección de internet:

[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/estadistica\\_oficial\\_ied/informe\\_congreso\\_enero\\_diciembre\\_2013.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/estadistica_oficial_ied/informe_congreso_enero_diciembre_2013.pdf)

Dirección General de Inversión Extranjera, Secretaría de Economía (2013) *Inversión Extranjera Directa en México y en el Mundo*, dirección de internet: [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/ied/analisis\\_publicaciones/carpeta\\_informacion\\_estadistica\\_0913.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/ied/analisis_publicaciones/carpeta_informacion_estadistica_0913.pdf)

Feenstra, R. C., Inklaar, R. y Timmer, M. P. (2015) *The next generation of the Penn World Table*. American Economic Review, dirección de internet [www.ggdc.net/pwt](http://www.ggdc.net/pwt)

Keynes, J.M. (2003) *Teoría general de la ocupación el interés y el dinero*. México: Fondo de Cultura Económica.

OCDE, (2002) *Inversiones Extranjeras Directas en Desarrollo: un máximo de beneficios por un costo mínimo*, dirección de internet: <http://www.oecd.org/investment/investmentfordevelopment/1959795.pdf>

Prebisch, R. (1949) *El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas*, CEPAL.

Sala-i-Martin, X. (2001). La apertura y la flexibilidad son ingredientes importantes del crecimiento económico. Boletín del FMI, 20 de agosto: 267-269.

Thirlwall, A. P. (2003) *La naturaleza del crecimiento económico. Un marco alternativo para comprender el desempeño de las naciones*. México: Fondo de Cultura Económica.

Toulaboe, Dosse, Rory Terry y Thomas Johansen (2009), "Foreign direct investment and economic growth in developing countries", *Southwestern Economic Review*, vol. 36, N° 1, Southwestern Economic Society

UNCTAD, *Informe sobre las inversiones en el mundo 2012. Panorama general. Hacia una nueva generación de políticas de inversión*. Recuperado de [http://unctad.org/es/PublicationsLibrary/wir2012overview\\_es.pdf](http://unctad.org/es/PublicationsLibrary/wir2012overview_es.pdf)

## Análisis de esfuerzos en ensamblajes mecánicos, utilizando ANSYS

M.C. Ariana Cano Corona<sup>1</sup>, M.C. Rodrigo Hernández Zempoaltecatl<sup>2</sup>, M.I. Froylán Pérez Serrano<sup>3</sup>, M.C. Álvaro Aguilar Aguilar<sup>4</sup>, M.C. Elías Méndez Zapata<sup>5</sup>

**Resumen—** En la actualidad, las áreas de Ingeniería en la mayoría de las Instituciones de Educación Superior en el Estado de Tlaxcala se enfocan en el análisis y diseño de mecanismos de manera clásica; sin embargo el campo profesional exige herramientas cada vez más diversificadas como el manejo de herramientas computacionales de primer nivel, por ejemplo el software especializado ANSYS. El objetivo central del presente trabajo es proporcionar una herramienta de apoyo en la formación profesional de los futuros ingenieros, al diseñar prácticas para el análisis de diferentes sistemas mecánicos que incluyen la transformación de energía en sus diferentes formas. El desarrollo del trabajo se basa en diseño de un mecanismo de manera clásica para posteriormente realizar análisis de esfuerzos del elemento utilizando el software Ansys, proporcionando mayor rapidez en el cálculo de los parámetros que puedan afectar su funcionamiento, así como una apreciación visual de las áreas de mayor concentración de esfuerzos, obteniendo finalmente los datos numéricos de los límites permitidos de uso del componente en un sistema mecánico.

Con el uso del software se tiene una herramienta visual que permite corroborar los resultados obtenidos de forma clásica, destacando las ventajas del sistema al trabajar en tiempo real, obteniendo gráficas inmediatas del comportamiento, así como una simulación de su desempeño al estar sometido a un trabajo. Finalmente con el uso de este software, se presentan otras alternativas a los estudiantes para analizar sistemas mecánicos ya sea en su desempeño laboral o innovando en proyectos tecnológicos locales y regionales.

**Palabras clave—**Ansys, Ingeniería Mecatrónica, Sistemas Mecánicos.

### Introducción

El avance exponencial de la tecnología para mejorar los procesos industriales exige que las simulaciones, basadas en métodos numéricos sean utilizadas para solucionar problemas con alto grado de dificultad, obteniendo información confiable de un objeto, haciendo una predicción de un como un objeto real reaccionará ante fuerzas, calor, vibración y su comportamiento ante un flujo de fluidos o fenómenos eléctricos y magnéticos.

Actualmente la mayoría de las instituciones de Educación Superior en el Estado de Tlaxcala se han enfocado en proveer conocimientos teóricos, que en el contexto real pueden afectar el desempeño de los egresados de cualquier área, por lo que es recomendable que en un área de constante crecimiento tecnológico como la Mecatrónica, se utilicen diferentes softwares de simulación de primer nivel, como el ANSYS para validar los diseños obtenidos de los productos que se desean producir.

El uso del software ANSYS propiciará el uso de metodologías de simulación que permitan un aprendizaje significativo sobre las situaciones que los futuros profesionales podrían encontrar en un contexto laboral. Es importante resaltar que el uso del programa no solo se limita al cálculo de algoritmos, ya que también genera datos y resultados numéricos que permiten un análisis más integral para la toma de decisiones, por lo tanto en el área de Ingeniería Mecatrónica se puede utilizar el software ANSYS para la simulación de flujo de fluidos, análisis de esfuerzos estructurales, transferencia de calor y determinación de secuencias mecánicas.

Cuando se realiza un análisis de mecanismo, es básico tenerlos bien identificados para proceder a realizar el análisis de esfuerzos y conocer el comportamiento que puede llegar a tener cada uno de estos elementos dentro del ensamble final de cualquier prototipo, por lo tanto la metodología de diseño es una herramienta básica de trabajo para los estudiantes (Shigley y Michel, 1986). La forma clásica de estudiar los elementos requiere de la obtención de resultados por métodos analíticos, sin embargo los análisis con el uso de software se efectúan de una manera rápida

<sup>1</sup> M.C. Ariana Cano Corona es Profesor de Tiempo Completo del P.E. de Ing. Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Tlaxcala, México. [ariana.cano@uptlax.edu.mx](mailto:ariana.cano@uptlax.edu.mx) (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup> M.C. Rodrigo Hernández Zempoaltecatl es Profesor de Tiempo Completo del P.E. de Ing. Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Tlaxcala, México [rodrigo.hernandez@uptlax.edu.mx](mailto:rodrigo.hernandez@uptlax.edu.mx)

<sup>3</sup> M.I. Froylan Pérez Serrano es Profesor de Tiempo Completo del P.E. de Ing. Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Tlaxcala. [froylan.perez@uptlax.edu.mx](mailto:froylan.perez@uptlax.edu.mx)

<sup>4</sup> El M.C. Alvaro Aguilar Aguilar es Profesor de Tiempo Completo del P.E. de Ing. Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Tlaxcala. [alvaro.aguilar@uptlax.edu.mx](mailto:alvaro.aguilar@uptlax.edu.mx)

<sup>5</sup> El M.C. Elías Méndez Zapata es Profesor de Tiempo Completo del P.E. de Ing. Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Tlaxcala. [elias.mendez@uptlax.edu.mx](mailto:elias.mendez@uptlax.edu.mx)

y eficaz, propiciando que se puedan tener más elementos de decisión a la hora de comparar los resultados teóricos y los experimentales, permitiendo un desempeño exitoso en que los futuros profesionales.

### Descripción del Método

#### *Análisis por el método teórico*

Al realizar el análisis estático de un sistema mecánico se considera el modelado de varios sólidos rígidos unidos entre sí, estableciendo las condiciones de trabajo a las cuales estará sometido el sistema, identificando las condiciones de operación y sus propiedades mecánicas, la metodología clásica contra el uso del software muestra en la figura 1.

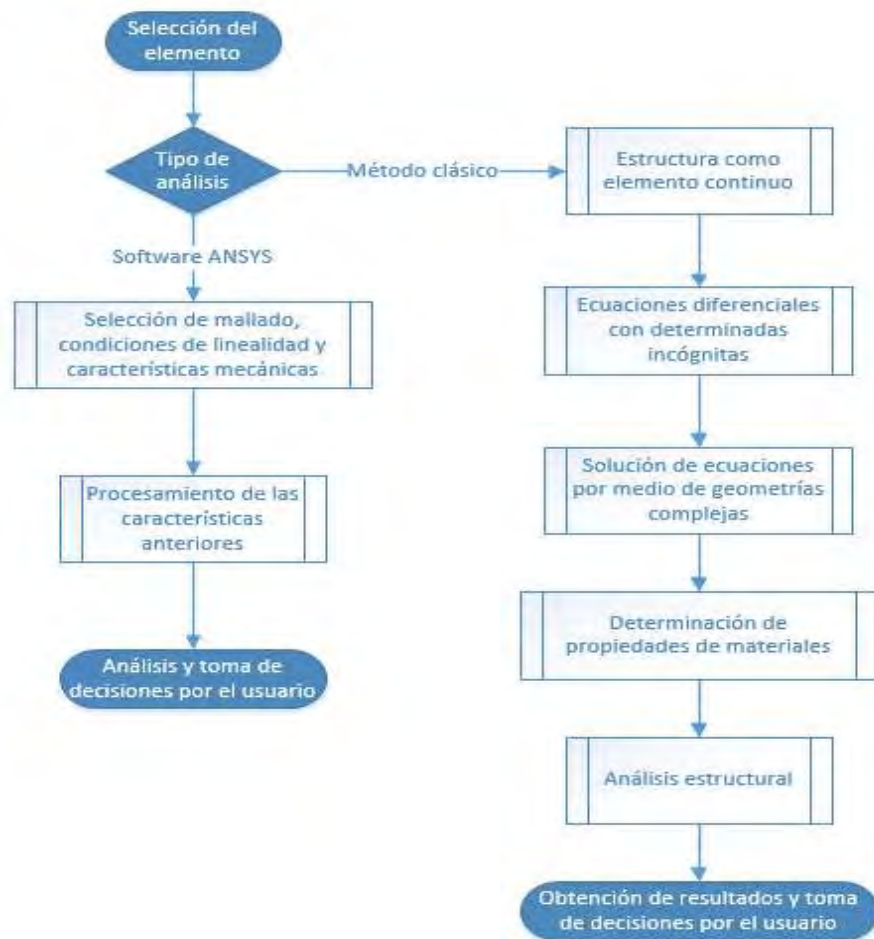


Fig. 1 Metodología teórica y software de análisis

En la deformación de cualquier elemento del mecanismo se relacionan diversas variables como son, el área, la aplicación de la fuerza, el ángulo de aplicación de la fuerza, la longitud del elemento y el módulo de elasticidad, considerando la siguiente expresión

$$\delta = \frac{PL}{AE}$$

donde: P, es la fuerza aplicada,

L, es la longitud inicial del elemento

A, es el área de la sección transversal donde se aplica la fuerza

$E$ , es el módulo de elasticidad del material  
 $\delta$ , es la deformación total

Para realizar de forma teórica el cálculo de esfuerzos y tensiones se utilizará el método de Von-Mises, el cual considera las tensiones y esfuerzos principales en cualquier punto de un sólido deformable, usando la siguiente expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Donde:  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  son las tensiones principales y  $\sigma_{VM}$  es la tensión máxima

### Simulación con el programa ANSYS

El funcionamiento del software ANSYS se basa en el análisis del método del elemento finito (MEF), que de forma analítica es posible realizar solo para geometrías y condiciones de carga sencillas, por lo tanto es un método aproximado que tiene como ventaja la obtención rápida de solución sobre un problema complejo.

En el caso de estudio se pretende realizar el análisis estático estructural usando el software, resaltando las ventajas del tiempo de solución del problema planteado, así como las herramientas visuales de apoyo para la toma de decisiones.

En la siguiente figura, se muestra a detalle la metodología para el análisis de esfuerzos utilizando como principal herramienta el software ANSYS.

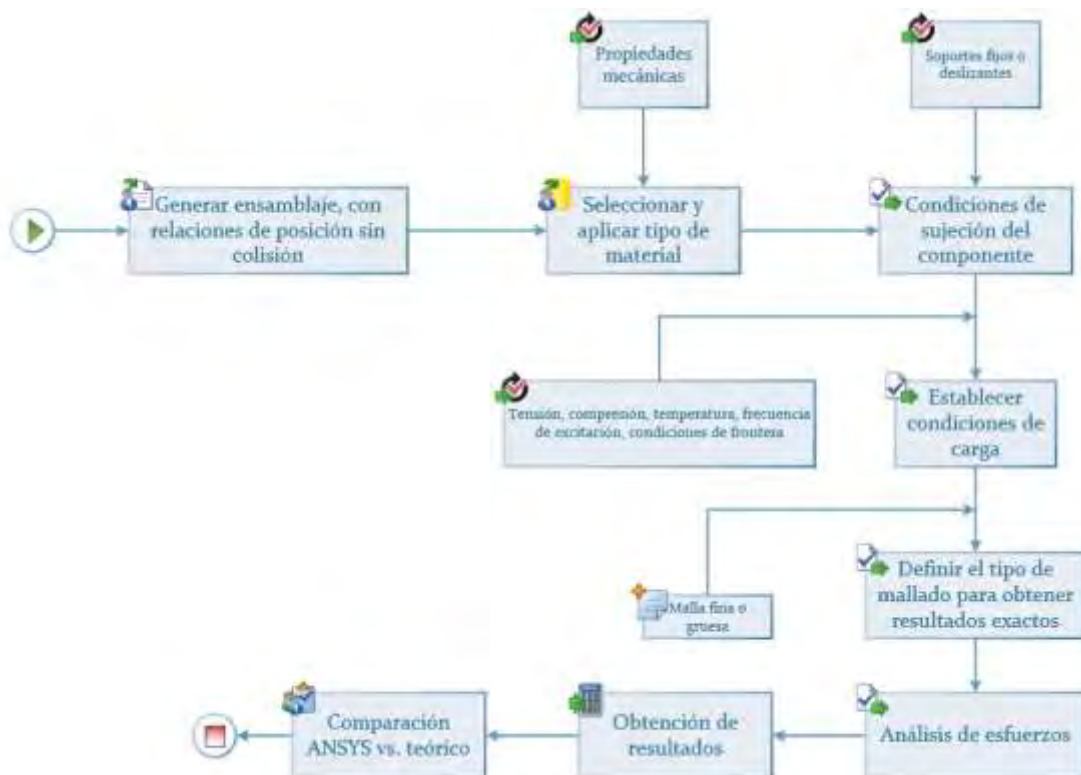


Fig. 2 Metodología de análisis con software ANSYS



El primer sistema mecánico que se eligió para el estudio es un mecanismo Punzonadora Manual Fija, (en la parte del porta herramientas se coloca el punzón que al jalar la palanca hará presión en la matriz que se colocara en la base ) que se muestra en la figura 3.

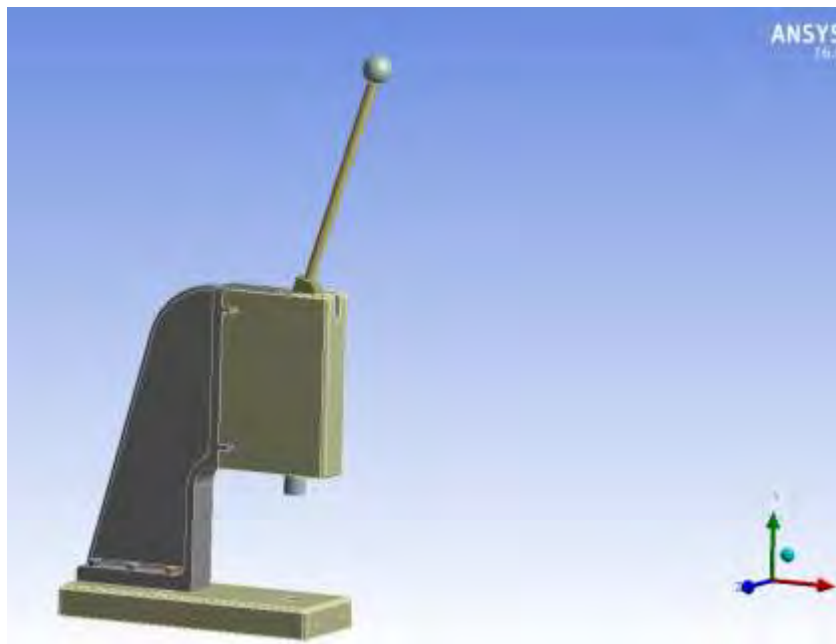


Fig. 3 Punzonadora Manual Fija

El segundo sistema mecánico que se eligió para el estudio es un mecanismo Punzonadora Manual Portatil, (en la parte del porta herramientas se coloca el punzon que al jalar la palanca hará presión en la matriz que estará fijamente anclada a una base independiente) que se muestra en la figura 4.

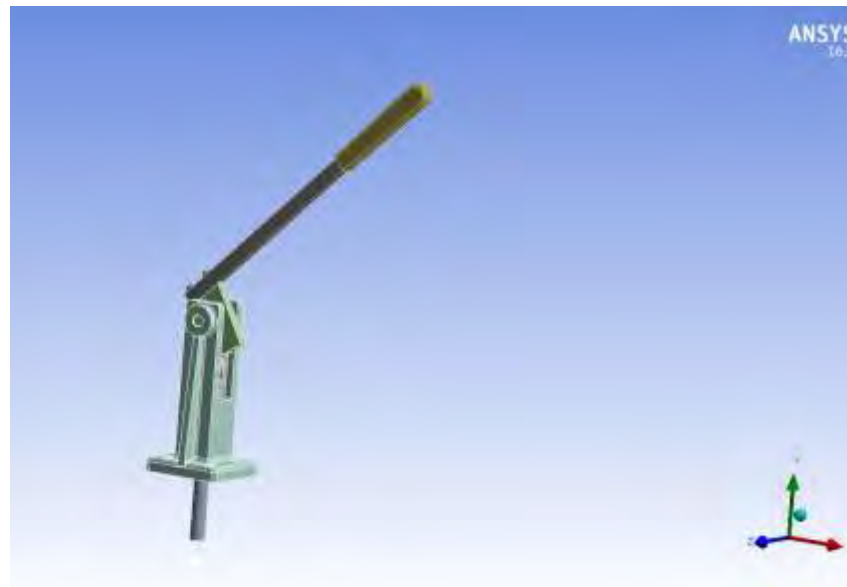


Fig. 4 Mecanismo de tracción

## Resultados

Una vez que se realizó el análisis con el apoyo del software ANSYS, se obtuvieron los resultados para el primer mecanismo que se muestran en el cuadro 1 y que especifica los parámetros analizados sobre deformación total, la tensión de Von-Mises, los esfuerzos equivalentes y la energía de tensión.

| Propiedades mecánicas                    | Análisis con ANSYS |             |
|--|--------------------|-------------|
|  | Tipo               |             |
|  | Mínimo             | Máximo      |
| Deformación total (m)                    | 0                  | 2.2166e-003 |
| Tensión de Von-Mises (m/m)               | 1.6351e-010        | 3.9643e-003 |
| Esfuerzos equivalentes de Von-Mises (Pa) | 10.863             | 7.8431e+008 |
| Energía de Tensión (J)                   | 1.4856e-018        | 2.5911e-003 |

Cuadro 1. Comparación de resultados a través de ANSYS

De igual manera se incluyen las gráficas 5 y 6 en las que se muestran rangos de los esfuerzos a los que fue sometido el sistema, lo cual proporciona una idea más clara del comportamiento y ayudaría en cierto momento a la toma de decisiones.

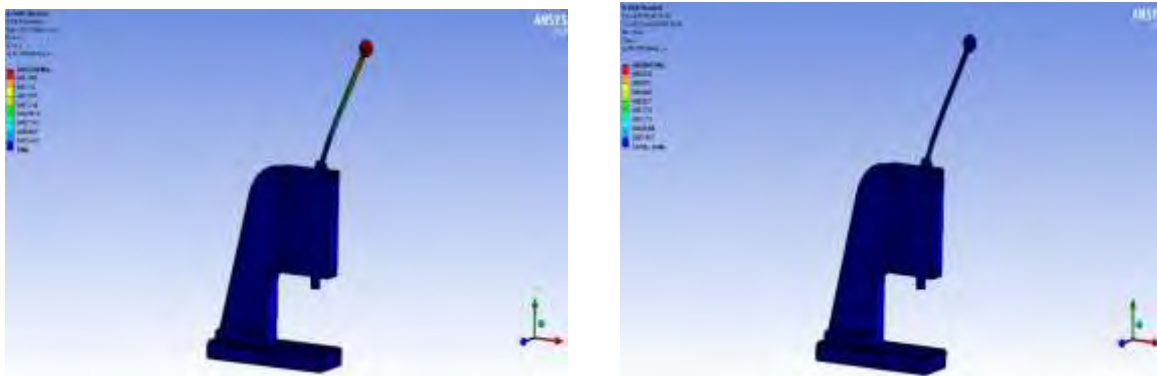


Fig. 5 Deformación total y tensión elástica del mecanismo 1

Posteriormente también se obtuvieron los resultados para el segundo mecanismo que se muestran en el cuadro 2 y que también especifica los parámetros analizados sobre deformación total, la tensión de Von-Mises, los esfuerzos equivalentes y la energía de tensión.

| Propiedades mecánicas                    | Análisis con ANSYS |             |
|--|--------------------|-------------|
|  | Tipo               |             |
|  | Mínimo             | Máximo      |
| Deformación total (m)                    | 0                  | 2.9488e-003 |
| Tensión de Von-Mises (m/m)               | 6.9743e-015        | 7.7131e-004 |
| Esfuerzos equivalentes de Von-Mises (Pa) | 6.1878e-004        | 1.5416e+008 |
| Energía de Tensión (J)                   | 1.7128e-025        | 8.1438e-003 |

Cuadro 2. Comparación de resultados a través de ANSYS

Nuevamente se incluyen las gráficas 6 en las que se muestran rangos de los esfuerzos a los que fue sometido el sistema.

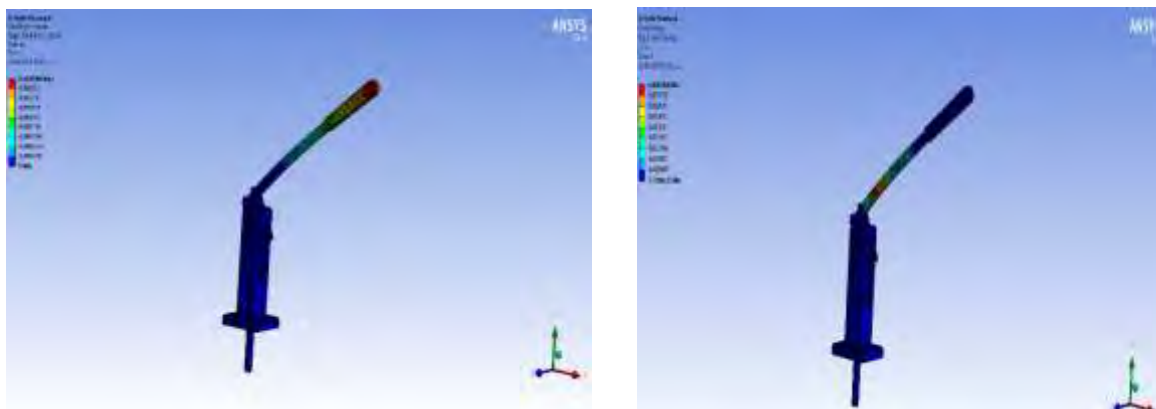


Fig. 6 Deformación total y energía de tensión

Como se observa en las figuras 5 y 6, de los resultados en ANSYS la paleta de colores indica como fluyen los esfuerzos a lo largo del mecanismo, identificando el color rojo como el valor máximo y azul el valor mínimo, evitando dentro de lo posible someter al mecanismo a un esfuerzo máximo y que pueda presentar fallas de funcionamiento.

### Conclusiones

Con los resultados se demuestra que el uso del software ANSYS facilita mucho la tarea de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica para realizar análisis y diseño de sistemas mecánicos, ya que en los procesos de enseñanza en el aula los cálculos se realizan de forma tradicional y es muy laborioso para ellos. Por lo tanto este software brinda herramientas más gráficas para la interpretación de resultados y por lo tanto tener un panorama más amplio del comportamiento de los prototipos.

Es importante destacar que el software facilita el proceso de simulación de los ensamblajes de los proyectos interdisciplinarios que se realizan por parte de los alumnos al término de cada cuatrimestre, logrando las competencias propuestas para cada ciclo de formación.

De acuerdo con la demanda del sector laboral de la región, es recomendable que los alumnos dominen el uso de este tipo de herramientas de diseño para solventar las necesidades profesionales del sector automotriz.

### Referencias

Shigley J.E., Mitchell Larry D. Mechanical Engineering Design. Mc Graw Hill. Cuarta edición. México, (1986). [[Links](#)]

Puebla Romero, T., C. Dominguini y T. T. Micrognelli. "Situaciones inesperadas por el uso de las ecuaciones libres en la industria cocotera," *Congreso Anual de Ingeniería Mecánica*, Instituto Tecnológico y Científico Gatuno, 17 de Abril de 2005.

### Notas Biográficas

La **M.C. Ariana Cano Corona** es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresada de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (E.S.I.M.E), del Instituto Politécnico Nacional. Tiene Maestría en Ciencias de Ingeniería en Microelectrónica con especialidad de Procesamiento de Señales por el Instituto Politécnico Nacional. Ha realizado varios Diplomados en Educación Superior y Basada en Competencias, desde hace 10 años se dedica a la docencia en nivel superior y actualmente trabaja como Profesor de tiempo Completo en la Universidad Politécnica de Tlaxcala con proyectos diferentes relacionados con Procesamiento de Señales, Automatización y Control de Sistemas, Sistemas de Manufactura, así como ponencias sobre Educación Superior a nivel nacional e internacional, cuenta con Reconocimiento Perfil Deseable PRODEP.

El **M.C. Rodrigo Hernández Zempoaltecatl** es Ingeniero Electromecánico, egresado del Instituto Tecnológico de Apizaco. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con la especialidad de Diseño Mecánico en 2005 en el Instituto Tecnológico de Puebla. Ha realizado diplomados en Educación basada en competencias, en mecatrónica, automatización de sistemas hidráulicos y neumáticos y automatización de sistemas mecatrónicos, hace 9 años se dedica a la docencia en nivel superior y actualmente trabaja como Profesor de tiempo Completo en la Universidad Politécnica de Tlaxcala con proyectos diferentes relacionados con sistemas mecánicos, manufactura y automatización. Actualmente cursa el Doctorado en Ciencias en Ingeniería Mecánica con la especialidad en Diseño Mecánico en el Instituto Politécnico Nacional SEPI-ESIME, ZACATENCO.

El **M.I Froylan Pérez Serrano** es Ingeniero Electromecánico, egresado del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala. Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería con la especialidad Automatización de Procesos Industriales en el año 2012 en la Universidad Politécnica de Puebla. Los diplomados que ha obtenido son en Docencia Universitaria, Educación basada en competencias, en Automatización Industrial, hace 10 años se dedica a la docencia en nivel superior y actualmente trabaja como Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Politécnica de Tlaxcala con proyectos de investigación y desarrollo tecnológico con las empresas del estado de Tlaxcala en diferentes áreas relacionadas con manufactura y automatización.

El **M.C. Álvaro Aguilar Aguilar** es Ingeniero Mecánico, egresado de la Escuela Universidad Autónoma de Tlaxcala del departamento de Ingeniería y Tecnología. Terminó la Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con la especialidad de Diseño Mecánico en 2005. Ha realizado diplomados en Educación basada en competencias, en mecatrónica, automatización de sistemas hidráulicos y neumáticos y automatización de sistemas mecatrónico, hace 7 años se dedica a la docencia en nivel superior y actualmente trabaja como Profesor de tiempo Completo en la Universidad Politécnica de Tlaxcala con proyectos diferentes relacionados con sistemas mecánicos, manufactura y automatización.

El **M.C. Elías Méndez Zapata** es Ingeniero en Electrónica con especialidad en Instrumentación y Control egresado del Instituto Tecnológico de Apizaco. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Electrónica opción en Automatización por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ha tomado cursos de Programación Básica y Avanzada de Robots Industriales ABB, Kuka y Motoman, así como cursos de capacitación por la empresa National Instruments, Festo y NCTech. Hace 5 años se dedica a la docencia en nivel superior y actualmente es Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Politécnica de Tlaxcala desarrollando proyectos con la Industria y organizador de eventos académicos y de desarrollo tecnológico.

# Remoción de Metales y Colorantes por medio de Hongos Comestibles

Maribel Cano Hernández<sup>1</sup>, Dr. José Hugo Castorena García<sup>2</sup>, Víctor Santiago Santiago<sup>3</sup>, Dr. Joel Díaz Reyes<sup>4</sup>, y Dr. José Alberto Ariza Ortega<sup>5</sup>.

## Resumen—

La contaminación de agua por metales pesados y compuestos recalcitrantes provocan un daño severo al medio ambiente. Se utilizaron zetas y champiñones comestibles para la absorción de plomo, níquel, zinc así como de los colorantes rojo Congo y anaranjado de metilo. La bioadsorción de metales se efectuó a una velocidad 100 rpm y a una temperatura de 25 °C. Los análisis de metales en la solución acuosa se determinaron por medio de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica y la decoloración en un espectrofotómetro UV-Vis. Los porcentajes de remoción utilizando champiñón como bioadsorbente para Plomo y Zinc fueron de 86 % y 66 % respectivamente, en tanto que con el Níquel no se observó remoción. Las zetas se absorbieron un 68.56 % de Níquel con la concentración de 10 g/L de hongo. En el caso de la adsorción de colorantes, las zetas fueron el sustrato que tuvo mayor capacidad de adsorción tanto para el rojo Congo, como para el anaranjado de metilo.

**Palabras clave—** Bioadsorción, champiñón, zetas, colorantes

## Introducción

La contaminación del agua debida a las descargas de metales pesados y colorantes provenientes de la industria de galvanoplastia, minera, de pigmentos, textil y fabricación de tintes entre otras, se incrementa cada día más. Si bien es cierto que metales como el Cu, Zn y Mg son necesarios para el crecimiento de algunos organismos vivos, las concentraciones superiores a las permisibles causan toxicidad en las diferentes biotas (Azevedo, 2007). Otros elementos como el Cd o el Pb no son reconocidos en las rutas metabólicas y pueden bioacumularse en los mismos y de esta forma incorporarse en la cadena alimenticia. Los iones metálicos producen malestar físico, daños irreversibles al sistema de órganos vitales y enfermedades que pueden amenazar la vida del ser humano (Malik, 2004). Además la presencia de éstos iones en ríos y lagunas también inhiben la reproducción de Hyphomycetes acuáticos, los cuales desempeñan un papel clave en la descomposición de la hojarasca de plantas en los arroyos (Azevedo, 2007). Es importante considerar que límite máximo permisible de plomo en agua potable de 0,001 ppm. (Lavado et al. 2010). En el caso de la contaminación por colorantes, éstos impiden el paso de la luz hacia las aguas profundas lo que inhibe el desarrollo de los procesos fotosintéticos. Éste tipo de moléculas generalmente está conformada por grupos azo, aromáticos y algunos halógenos, que hacen que sean tóxicos, recalcitrantes y difíciles de degradar. La liberación de este tipo de contaminantes hacia las aguas residuales, puede causar un daño eco-tóxico e introducir un daño potencial de biocumulación, tanto en los animales como en vegetales (Lin, 2008).

Existen métodos fisicoquímicos convencionales que tratan por separado tanto a las aguas contaminadas por metales pesados como por colorantes. Para el caso de contaminación por metales pesados se utiliza la floculación y sedimentación, así como la adsorción con carbón activado. Sin embargo este tipo de tratamiento genera residuos tóxicos, además de consumir reactivos químicos poco amigables para el medio ambiente. En el caso de contaminación por colorantes, varios métodos físicos, químicos y biológicos se han utilizado. Un ejemplo de ello, es la oxidación química donde se emplea ozono, hipoclorito de sodio, o la combinación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-radiación Uv. La inconveniencia de este tipo de tratamientos son los subproductos generados, los cuales pueden ser más tóxicos que el propio colorante, debido a la formación de aminas aromáticas (Robinson et al. 2001). La tecnología de bioadsorción proporciona una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas tanto por metales como por colorantes, que no son fácilmente biodegradables (Vijayaraghavan y Yun 2008). Los materiales biológicos de origen fúngico, como los hongos de pudrición blanca entre los que se encuentran el *Pleurotus ostreatus* comúnmente conocido como zetas, y *Agaricus bisporium* (Champiñón) pueden ser utilizados para este propósito. Ambos hongos son comestibles que a diferencia de los hongos filamentosos pueden degradar compuestos recalcitrantes además de adsorber metales pesados. Otros adsorbentes que han surgido como alternativa son: la ceniza volante (Lin et al. 2008; Li et al. 2006;

<sup>1</sup>Maribel Cano Hernández es Profesora del Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. México.  
maribel\_cano@hotmail.com (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup>J. Hugo Castorena García es Profesor del Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, México. casmin@prodigy.net.mx

<sup>3</sup>Víctor Santiago Santiago es Profesor del Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, México. santiago@colpos.mx

<sup>4</sup>Joel Díaz Reyes es Investigador del CIBA-IPN, Tepetitla Tlax. México. joel\_diaz\_reyes@hotmail.com

<sup>5</sup>José Alberto Ariza Ortega.- Es Profesor de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.  
ariza\_ortega@yahoo.com.mx

Weng et al. 2006); turba, bentonita (Ramakrishna y Viraraghavan 1997), arcilla, mazorca de maíz (El-Geundi, 1991), residuo de lodos (Gupta et al, 2000), celulosa, caña de azúcar, cáscara de arroz (Chuah et al., 2005). Sin embargo, en este tipo de materiales solo se adsorben colorantes. El empleo de hongos comestibles puede ser una opción para la remoción no solo de colorantes, sino también de metales pesados, con lo cual se reducen costos y se pueden hacer eficientes los tratamientos de aguas residuales. El objetivo de este trabajo fue utilizar los hongos: zetas y champiñón como bioadsorbentes de los metales Plomo, Zinc y Níquel y de los colorantes Rojo Congo y Anaranjado de Metilo.

### Descripción del Método

#### *Hongos comestibles*

Las zetas (*Pleurotus ostreatus*) y los champiñones (*Agaricus bisporus*) se obtuvieron del mercado de Tlaxcala, estos se seleccionaron y lavaron, posteriormente se cortaron en rodajas delgadas y se colocaron en una estufa Shell-Lab a una temperatura de 45 °C por cuatro horas. Después de la deshidratación los hongos por separado, se molieron en un mortero de porcelana y se mantuvieron en refrigeración a 5 °C hasta su aplicación.

#### *Reactivos*

Rojo Congo (3,3'-([1,1'-bifenil]-4,4'-diil)bis(4-aminonaftalen-1-sulfonato)de sodio), con No. CAS 73-58-0. Y el anaranjado de metilo, ácido p-[(p-Dimetilamino)fenil]-azo]bencensulfónico, sal de sodio fueron grado analítico. Se utilizaron soluciones estándar certificados de 1000 ppm de zinc, plomo y níquel.

#### *Adsorción de Plomo con champiñón*

Se ensayaron concentraciones de 1, 2 y 3 g/L de champiñón, los bioensayos se llevaron a cabo a temperatura ambiente, y el tiempo de contacto fue de 30 min. La concentración inicial de plomo fue de 50 ppm.

#### *Adsorción de Zinc con champiñón*

En la bioadsorción de Zinc con champiñón se emplearon 1, 2 y 3 gramos de hongo por litro de solución, el tiempo de contacto fue de 30 minutos y la concentración inicial de cada uno de los metales fue de 50 ppm, los bioensayos se realizaron a una velocidad de 100 rpm y a temperatura ambiental

#### *Adsorción de Níquel con champiñón*

Se prepararon soluciones de 0.5, 1,2 y 40 g/L de hongo, la concentración inicial de Níquel fue de 50 ppm. El tiempo de contacto fue de 22-23 h.

#### *Adsorción de Níquel con zetas*

Se emplearon concentraciones de 0.5, 1, 2 y 10.58 g/L, el tiempo de contacto para las tres primeras concentraciones fue de 22 horas y para la última de 4 horas. La concentración inicial de Níquel fue de 50 ppm. Después de realizada la adsorción de cada metal, las muestras se filtraron, y centrifugaron a 4000 rpm, posteriormente se leyeron en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica GBC-900A. Se utilizó una curva de calibración a tres puntos preparada con soluciones estándar. Todos los ensayos se realizaron en matraces Erlenmeyer de 25 mL.

#### *Bioensayos con colorantes*

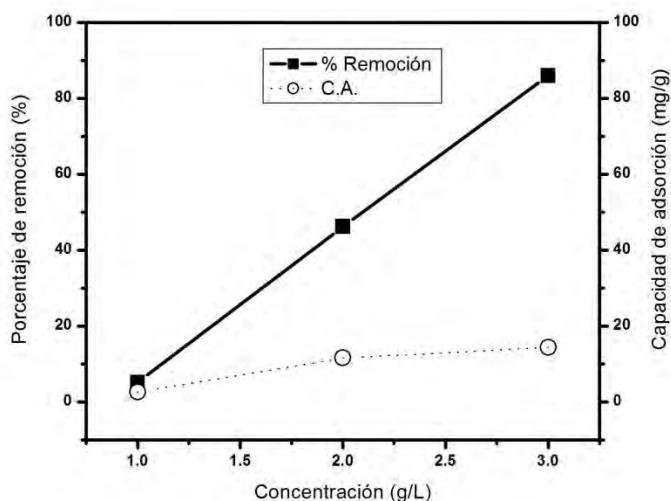
En los bioensayos se emplearon concentraciones de 5 g/L de zetas y champiñones, la concentración de los colorantes fue de 100 ppm. Los bioensayos se realizaron a temperatura ambiente y a un pH de 5.0, las muestras fueron centrifugadas y filtradas a 4000 rpm. La evaluación de la decoloración se realizó en un espectrofotómetro Uv-Vis marca Hanna-3800. Para cada bioensayo se tuvo como referencia un blanco preparado en las mismas condiciones que las muestras ensayas pero sin colorante. Mismo que se utilizó como línea base para cada medición.

### Comentarios Finales

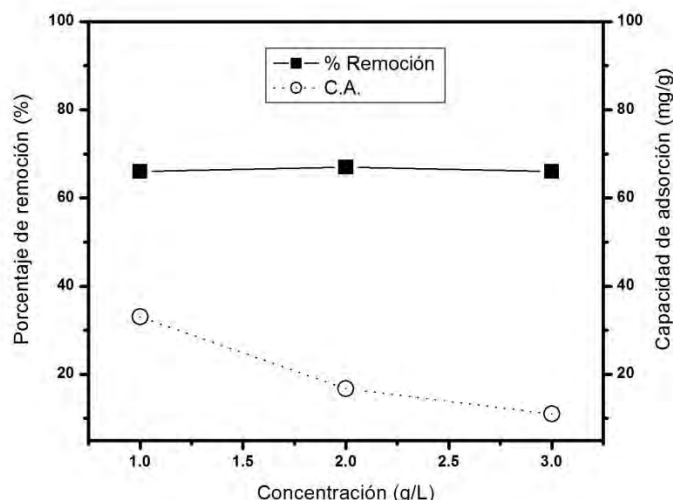
#### *Resumen de resultados*

Adsorción de metales. Como se puede observar en la **Figura 1**, a medida que se incrementa la concentración del champiñón el porcentaje de remoción de plomo también aumenta, alcanzado un porcentaje de remoción del 86 %, con una capacidad de adsorción de 14.33 mg/g en 30 minutos de contacto. Lavado et al. (2010), reportan una capacidad de adsorción de plomo en carbón activado químicamente de 142.1 mg/g. A pesar de que la capacidad de adsorción es diez veces mayor, el tratamiento del carbón activado incrementa los costos de preparación, lo cual pudiera ser un inconveniente en su aplicación. Por otro lado el tiempo que se requirió para este resultado fue de 3 horas. Dentro de las técnicas tradicionales utilizadas para la remoción de colorantes se ha empleado el carbón activado por su alta capacidad de adsorción (Lin, 1993), pero debido a su elevado costo de regeneración restringe su aplicación (McKay, 1987). En el caso de la adsorción de Níquel con champiñón no se observó adsorción en concentraciones de 0.5, 1, 2 y 40 g/L aún después de 24 h. Mientras que con el polvo deshidratado de las zetas alcanzó un 68.56 % con una capacidad de adsorción de 3.24 mg/g después de 4 horas.





**Figura 1.** Porcentaje de remoción de plomo y capacidad de adsorción del champiñón a temperatura ambiente, después de un tiempo de contacto de 30 minutos

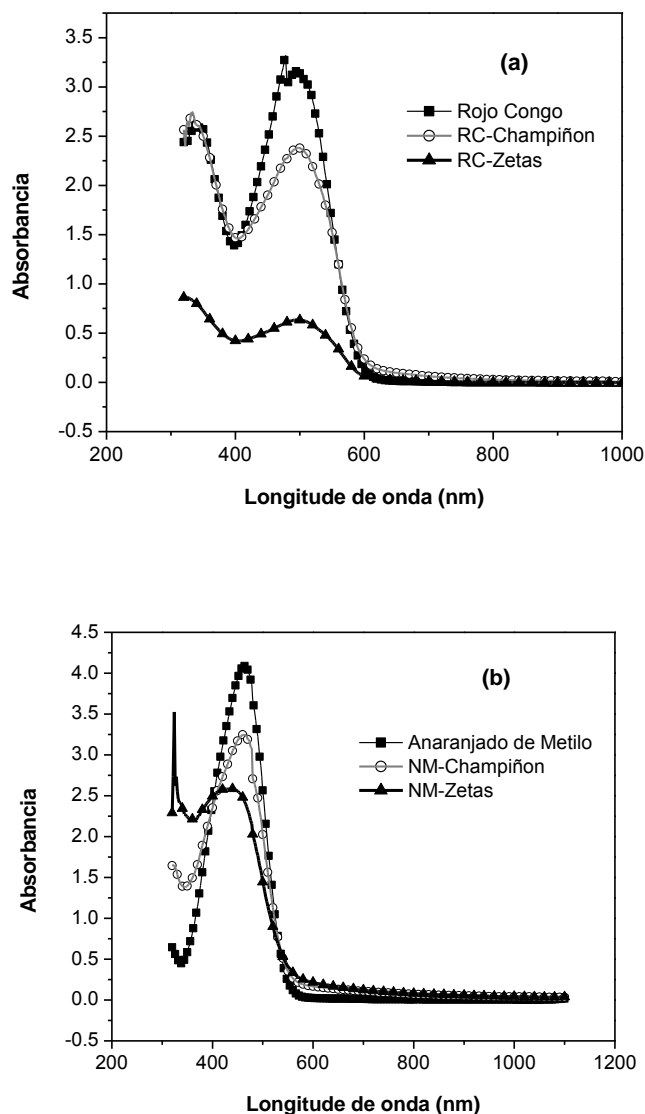


**Figura 2.** Adsorción de Zinc con champiñón, después de 30 minutos de contacto sin control de pH y a temperatura ambiente y con una velocidad de agitación de 100 ppm.

En la **Figura 2**, se muestra que no existe variación en la capacidad de adsorción del champiñón utilizando concentraciones de 1, 2 y 3 g/L, lo que sugiere que la saturación de Zinc se logra por debajo de 1 g/L. Es importante mencionar que en este sistema el porcentaje de remoción de zinc alcanzó un promedio del 66 % y una capacidad de adsorción de 33 mg/g en 30 minutos. Estos resultados son superiores a lo reportado por Sánchez et al. (2008), quienes reportan un máximo de capacidad de adsorción de 20 mg/g utilizando como bioadsorbente a la alga *Chorella* sp., inmovilizada. En la adsorción de Níquel con las concentraciones de 0.5, 1 y 2 g/L de zetas no se detectó una absorción apreciable, en tanto que con la concentración de 10.58 g/L se obtuvo un 68.56 % de remoción con una capacidad de adsorción de 3.24 mg/g después de 4 horas de contacto.

Adsorción con colorantes. En la **Figuras 3a**, se presenta la comparación entre el espectro de absorción del colorante rojo Congo sin tratamiento y la disminución del mismo cuando este es tratado con el champiñón y zetas (Po). El hongo que tuvo mayor capacidad de adsorción fue la zeta, con un 72.91 % de remoción, mientras que con el champiñón se removió un 36.61% del colorante. Con el anaranjado de metilo se observó un comportamiento similar

pero con menor porcentaje de decoloración; el champiñón y las zetas removieron el 21 y el 24.45 % respectivamente (**Figura 3b**). Estos estudios muestran que es posible que los hongos comestibles puedan ser utilizados como bioadsorbentes tanto de colorantes como de metales pesados. La adsorción se puede presentar por la porosidad como por la polaridad de los diferentes grupos funcionales que conforman a los polisacáridos de los hongos. Lo que permite la adsorción de colorantes y metales pesados, mismos que pueden quedar atrapados por medio de enlaces covalentes, iónicos o puentes de hidrógeno. Por otro lado, las características bioquímicas de los hongos comestibles pueden oxidar a los colorantes por medio de las enzimas ligninolíticas presentes en sus células.



**Figura 3.** Espectros de absorción de: a) rojo Congo; b) anaranjado de metilo, después de estar en contacto con el champiñón y zetas.

La bioadsorción con este tipo de hongos tiene ciertas ventajas como son: los bajos costos, pues se pueden utilizar materiales de desechos industriales o agrícolas, se puede trabajar en un rango amplio de pH, el tratamiento puede ser continuo y a temperatura ambiente, además no se requiere un pretratamiento adicional de activación antes de su aplicación, lo cual también ha sido sugerido por Won et al. (2006) y pueden ser aplicados in situ tal como lo propuso Vijayaraghavan y Yun (2008) para otro tipo de materiales biológicos.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos sugieren que el tratamiento de efluentes contaminados con colorantes y metales pesados puede realizarse por medio de hongos comestibles como el champiñón y las zetas, los cuales tienen la capacidad de adsorber el rojo congo y anaranjado de metilo. El Plomo y el Níquel pueden ser adsorbidos por el champiñón, mientras que el Níquel fue adsorbido solo por el hongo zeta bajo las condiciones ensayadas.

### Recomendaciones

Los autores sugieren continuar con la determinación de isothermas de adsorción, con la finalidad de determinar el tipo de mecanismo de adsorción tanto para metales como para colorantes. Es importante señalar que se requiere la exploración de los diferentes parámetros que afectan a la adsorción como son: la temperatura, pH, concentración entre otros factores.

### Referencias

- Azevedo M.M. (2007) "Toxicity of metals in aquatic hyphomycetes : cellular targets and defense mechanisms". Tesis Ph.D. Universidad deMinho. Escuela de Ciencias. consultada por Internet el 8 de diciembre del 2015. Dirección de internet:<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7710>
- Chuah TG, Jumariah A, Azni I, Katayon S, Choong SYT. "Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: an overview", *Desalination*, Vol. 175, No. 3, 2005.
- El-Geundi M.S. "Color removal from textile effluents by adsorption techniques", *Water Research*, Vol. 25, No. 3, 1991.
- Lavado Mezaa C, Sun Koua Ma. R. y Bendezeb Salvador. "Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>". *Revista de la Sociedad Química del Perú versión impresa*, Vol.76, No.2, 2010.
- Li, L., Wang, S., Zhu, Z. "Geopolymeric adsorbents from fly ash for dye removal from aqueous solution". *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 300, No.1, 2006.
- Lin J.X., Zhan S.L., Fang M.H., Qian X.Q., H. Yang. "Adsorption of basic dye from aqueous solution onto fly ash". *Journal of Environmental Management*, Vol. 87, No. 1, 2008.
- Lin, S.H. Adsorption of disperse dye by powdered activated carbon. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 57, No. 2, 1993.
- Malik A. "Metal bioremediation through growing cell". *Environment International*, Vol. 30, No.2. 2004.
- McKay, G., Ramprasad, G., Mowli, P. "Desorption and regeneration of dye colours from low-cost materials", *Water Research*, Vol. 21, No.3, 1987.
- Ramakrishna K.R., Viraraghavan T. "Dye removal using low cost adsorbents", *Water Science Technology*. Vol. 36, No.1, 1997.
- Robinson T., McMullan G, Marchant R., Nigam P.R. "Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative", *Bioresource Technology*, 77, No. 3, 2001.
- Sánchez T. E L, Garza G. Ma. T., Almaguer C. V., Saéz T. I. del C., Liñan M. A. "Estudio Cinético de Isothermas de adsorción de Ni (II) y Zn (II) utilizando biomasa del alga *Chorella* sp. Inmovilizada", *Ciencia UANL*. Vol. 11, No. 2. (2008).
- Vijayaraghavan K, Yun Yeoung-Sang. "Bacterial biosorbents and biosorption", *Biotechnology Advances*, Vol. 26, No. 3, 2008
- Weng, C.H., Pan, Y.F. "Adsorption characteristics of methylene blue from aqueous solution by sludge ash". *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 274, No. 1-3, 2006.
- Won S.W., Wu G., Mab H, Liu Q, Yan Y. , Cui L, Liu C, Yun Y. "Adsorption performance and mechanism in binding of Reactive Red 4 by coke waste". *Journal of Hazardous Materials B*, Vol.138, No. 2, 2006.

# PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA INTERFEROMETRIA ÓPTICO DIGITAL EN UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD, USANDO COMO PRUEBA OBJETOS DE FASE (ETAPA 1)

Dr. José Federico Casco Vásquez<sup>1</sup>, Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez<sup>1</sup>,  
Ing. Juan Carlos Castañeda Gutiérrez<sup>1</sup>, Lic. Esperanza Sánchez Domínguez<sup>1</sup>

**Resumen**— La aplicación de sistemas interferométricos en la reconstrucción de objetos de fase puede ser propuesta para ser usada en un sistema de procesos de fabricación de piezas automotrices y objetos transparentes (objetos de fase) como método de prueba en un sistema de control de calidad. Los altos estándares de control de calidad en la fabricación de piezas mecánicas, de plástico, etc, conllevan a tener la implementación de nuevos métodos que coadyuven a una disminución en pérdidas dentro de los procesos de fabricación. En esta primera etapa del trabajo se explica la técnica de interferometría óptico-digital en su proceso de digitalización de un objeto, en mapas de fase (arreglo de datos numéricos en forma bidimensional). Se presentan resultados previos.

**Palabras clave**—Interferencia, Fourier, Filtraje Espacial, Cambios de fase, Mapas de fase, Control de Calidad.

## INTRODUCCIÓN

La interferometría óptica ha sido ampliamente usada tanto en investigación científica, como en aplicaciones de mejora de reconstrucción de información. Los interferómetros de cambio de fase (siglas en inglés PSI) forman parte de esta gran familia de sistemas interferométricos, los cuales se pueden representar mediante variados arreglos ópticos, donde cada uno tiene sus ventajas y desventajas de uno con respecto a otro; por ejemplo, si un sistema interferométrico puede generar corrimiento de fase, éste puede generar mejoras entre más interferogramas se tengan. Pero esto es de gran cuidado, ya que los cambios de fase deben de ser controlados para obtener la construcción de los objetos digitalizados, o en el peor de los casos, si los cambios de fase son desconocidos, deben de ser obtenidos esos pasos entre fases mediante algoritmos diseñados usando métodos numéricos. Los cambios de fase de un objeto pueden ser cuantificados mediante el concepto de corrimiento de franjas, la cual es una técnica ampliamente usada en pruebas ópticas (Bruning, 1974). La interferometría de cambio de fase es una técnica segura para extraer la información de la fase de interferogramas.

Esta técnica ha sido actualmente investigada en diferentes campos, tales como las mediciones de alta precisión óptica, holografía digital, metrología de Speckle, encriptación de datos en sistemas de seguridad y otros casos que pueden ser también usados.

Los arreglos interferométricos de cambios de fase, basados en desplazamiento lateral han sido propuestos para pruebas de superficies esféricas (Hariharan, Oreb, F. y Wanzhi, Z 1984).

Los interferómetros de desplazamiento de camino común proporcionan amplia estabilidad. Los interferómetros clásicos de desplazamiento basados en arreglos de camino común son descritos en la literatura (Malacara, Cap. 4 y 5, 1978).

El desplazamiento de franjas es presentado a través de diferentes técnicas. Smythe-Moore (1984), Koliopoulos (1992) y Sivakumar (2003), los cuales emplearon 4 cámaras CCD para llevar a cabo cuatro desplazamientos con cambio de fase y posteriormente ser capturados simultáneamente los interferogramas. Sin embargo, el empleo múltiples sensores de imágenes en un sistema interferométrico no aporta una configuración simple sino compleja, llevando a altas dificultades en el mapeo de los píxeles entre sensores. Chen propuso un interferómetro de cambio de fase simple el cual emplea una sola placa de vidrio para generar simultáneamente cambios de fase en los interferogramas, pero el efecto reflectante de la placa de vidrio influye en el contraste de las franjas. En el presente trabajo, se propone una modificación al sistema óptico 4F tradicional. Un Sistema Óptico con Filtraje en el plano de frecuencias es usado mediante la aplicación de una ventana para generar un filtraje de un solo orden de difracción. Esta técnica llamada interferometría de Fourier, es usada para obtener la fase del objeto. Un proceso para obtener la

<sup>1</sup> Dr. José Federico Casco Vásquez, Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de Apizaco, Código Postal 90300, Apizaco, Tlaxcala. México, autor: [jfcasco2001@gmail.com](mailto:jfcasco2001@gmail.com)

fase del objeto es proyectar franjas bien definidas y generadas con control de espacios y anchos de estas sobre el objeto a digitalizar.

La cuantificación del objeto digitalizado a través de un arreglo matricial de datos reales, conlleva a usar algoritmos numéricos para manipular adecuadamente los datos obtenidos y así poder cuantificar el objeto en perspectiva 3D.

Se han observado múltiples técnicas de comparación de datos (imágenes) en un sistema de comparación de una imagen con respecto al objeto real, para mejorar la calidad de fabricación (sistema de comparación de imágenes: método de autocorrelación ) y así poder tener una mejora en el control de calidad de material fabricado llevando a una disminución de piezas erróneamente fabricadas. Más sin embargo, la digitalización del objeto es solo bidimensional, por lo que la autocorrelación de la fase del objeto y el objeto en si, dará mucha mejor precisión en la comparación de imágenes de piezas fabricadas en serie en un sistema de procesos automatizados.

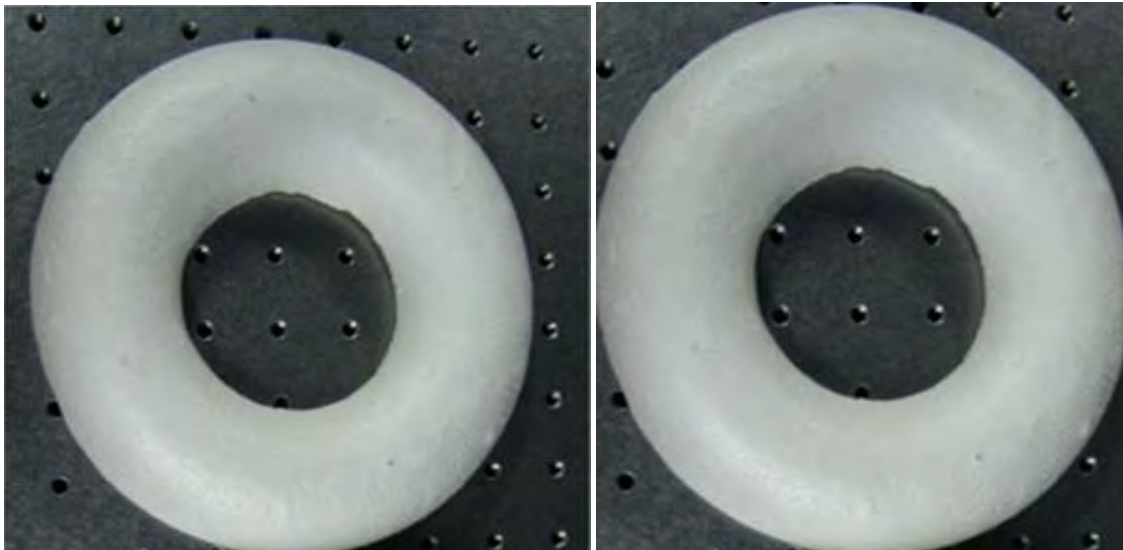


Fig. 1 Autocorrelación de imágenes para mejora del producto fabricado.

## ARREGLO ÓPTICO PROPUESTO

La Figura 2 muestra un patrón de franjas (luz estructurada), la cual es proyectada sobre un objeto opaco (Fig.3)

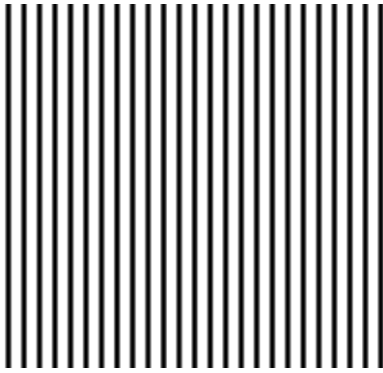


Fig. 2: Franjas usadas como regillas

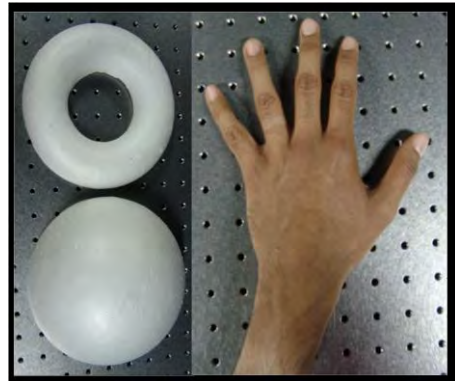


Fig. 3 Objetos usados como cuerpos opacos.

La proyección de estas franjas es mostrada en la Fig. 4.

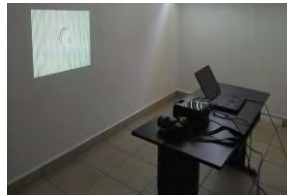


Fig. 4 Proyección de la rejilla sobre el objeto a digitalizar.

Una vez que la imagen es digitalizada, mediante la toma fotografica del objeto, se procede a obtener mediante algoritmos numéricos su fase. Esta fase está envuelta, es decir, está dada como una composición de funciones. El proceso requiere de ir realizando aproximaciones y calcular al mismo tiempo el error de medición hasta obtener de nuevo los datos originales. A este proceso anterior se le denomina desenvolvimiento de la fase del objeto.

El uso del algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier es una herramienta poderosa para poder usar solo uno de los ordenes de difracción , filtrarlo, centrarlo y obtener la fase envuelta, siendo este proceso muy similar al desenvolver una función. Los pasos a seguir a través de un proceso automatizado para reconstruir el objeto en 3D es:



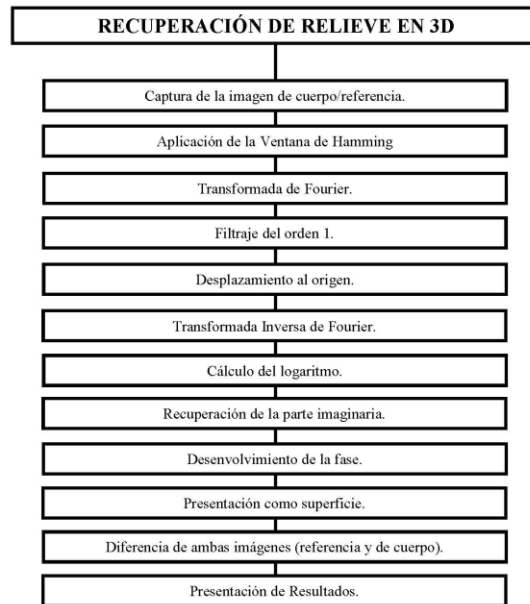


Fig. 5. Proceso de recuperación del relieve en 3D

Lo anterior es, por tanto, aplicado a diferentes cuerpos opacos.

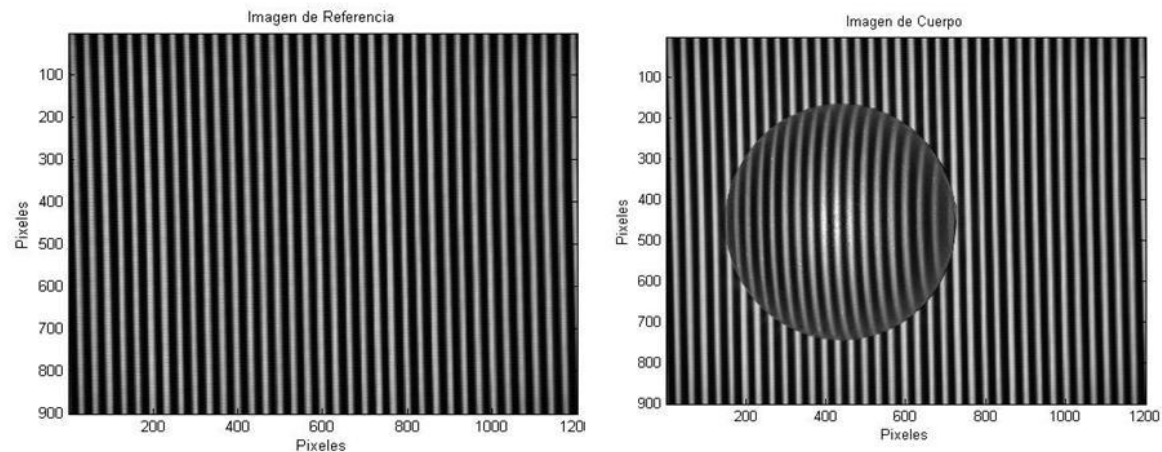


Fig. 6. Imágenes de proyección de luz estructurada para la media esfera:  
(a) Imagen de Referencia; (b) Imagen de Cuerpo.

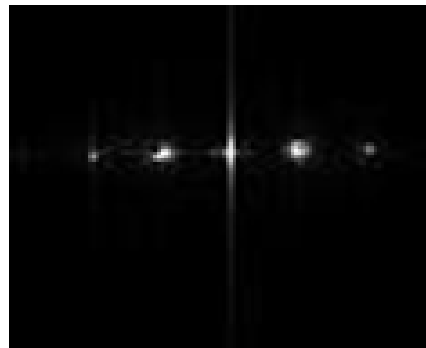


Fig. 7. Transformada de Fourier de la Imagen de Cuerpo

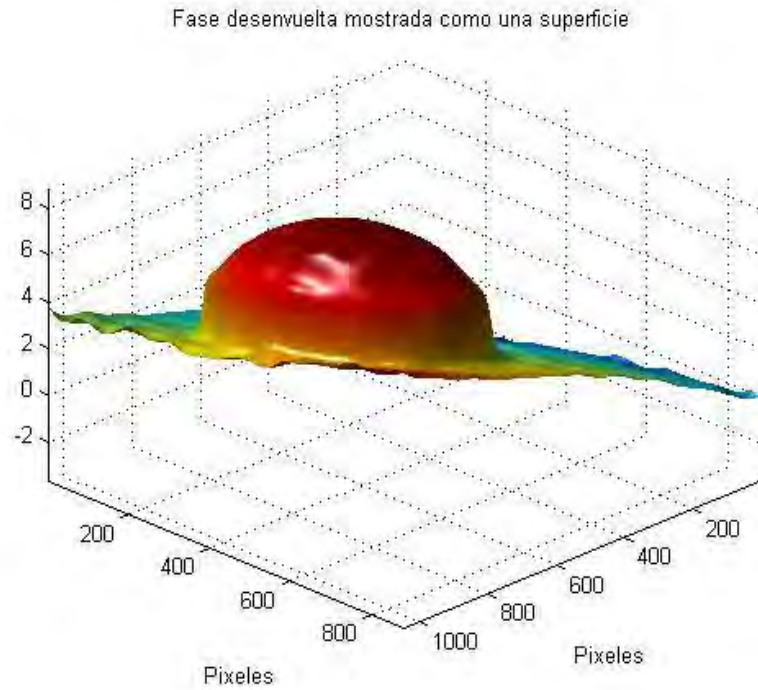


Fig. 8. Resultado de Fase Desenvuelta situado sobre un plano inclinado mostrado como una superficie

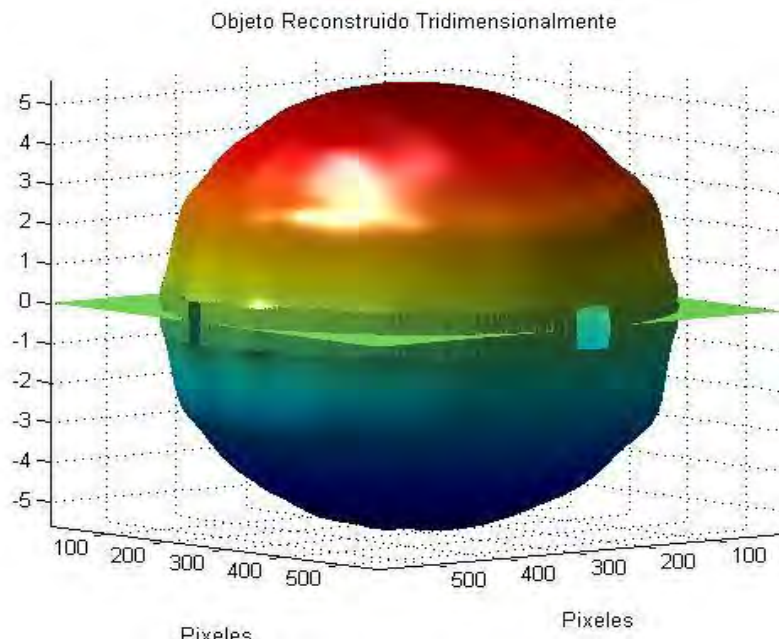


Fig. 9. Reproducción digital del objeto de estudio

## CONCLUSIONES

- Se presentó una técnica de proyección de franjas para la reconstrucción en perspectiva 3D.
- Se mostró un método de evaluación 3D de objetos reales haciendo uso de una reconstrucción numérica mediante algoritmos diseñados para trabajar en una interface gráfica en plataforma de MatLab.
- Se observa que la reconstrucción en 3D dará una mejor aproximación en la autocorrelación de las imágenes, para disminuir costo en una cadena de producción
- La resolución de la imagen da una disminución del error que se obtiene al comparar las imágenes. El análisis de los tiempos y movimientos estará regido para realizar una autocorrelación de pieza por pieza

## AGRADECIMIENTOS

Uno de los autores<sup>1</sup> agradece el soporte dado para la realización de este trabajo al Instituto Tecnológico de Apizaco, a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a CONACYT, por el soporte de los proyectos apoyados.

## REFERENCIAS

Bruning, J. H., Herriott, D. R, Gallagher, J. E., Rosenfeld, D. P., White, A. D., and Brangaccio, D. J, "Digital wavefront measuring interferometer for testing optical surfaces and lenses," Appl. Opt. 13, 2693–2703 (1974).

Hariharan, P., B., Oreb, F. and Wanzhi, Z., "Measurement of Aspheric Surfaces using a Microcomputer-Controlled Digital Radial-Shear Interferometer," Opt. Appl 31, 981 (1984).

J. F. Casco Vásquez, C.I. Robledo Sánchez, M. Ortiz Gutiérrez, L.M. Arévalo Aguilar and P. Nanco Hernández; "Optical arrangement coupled to a radial shear cyclic interferometer to generate simultaneously two interferograms with a phase shift of  $\pi / 2$ "; Proc. SPIE 8287, 82870D (2011);

Junwei, M., J., Yao, B., Gao, P., Guo, R., Zheng, J. and Ye, T., "Parallel phase-shifting interferometry based on Michelson-like architecture", Appl. Opt / Vol. 49, No. 34 / 1 December 2010.

Koliopoulos, C. L., "Simultaneous phase shift interferometer," Proc. SPIE 1531, 119–127 (1992).

Malacara, D., Ed., *Optical Shop* Domínguez

# Genetic algorithms applied to the Reverse Logistic Management

Jorge Luis Castañeda Gutiérrez<sup>1</sup>, Héctor Domínguez Martínez<sup>2</sup>, Miguel Ángel Rodríguez Lozada<sup>3</sup>, Juan Carlos Castañeda Gutiérrez<sup>4</sup> y Alejandra Torres López<sup>5</sup>

**Resumen**—The supply chain describes the flow of information, products and services through networks of suppliers, customers and associates. Reverse logistics (LI) deals with issues arising in the management of the supply chain of material moving from the user or consumer to the manufacturer or to the collection points, reuse or recycling or destruction eventually. LI management as a problem in decision making aims to optimize the costs incurred therein, to the problem of search and optimization, it is estimated that the use of genetic algorithms (GAs) can help to significantly shorten resolution times problem, since they are characterized by their ability to explore the search space efficient solution. This paper deals with the design an algorithm that solves optimization problems in LI networks using differential evolution in generating new solutions. Will use an example to illustrate the properties of the problem of a 3PL model (indicating: customers, warehouses, recovery centers and three periods of a planning horizon), the same as was discussed earlier by the traditional method and solved in Lingo. This problem is solved by GAs based heuristics, making another alternative solution with an approximation to the optimal value and low computational cost.

**Palabras clave**— Supply chain Reverse Logistics, Optimization, Genetic Algorithms.

## Introducción

Management of Supply Chain Management and Logistics in particular, have become an important factor in achieving competitive advantage of the company. Reverse Logistics (LI) is increasingly important in the area of industry in general because of the environmental and business factors. In the first papers on the recovery of life products (PFU) in the field of business, date from the early 90s, but in the 70's and published some works that analyzed the problem distribution in the recycling industry. Guiltinan and Nwokoye (1975) and Ginter and Starling (1978) give the first steps in this direction by studying the structure of distribution channels for recycling. Another significant work is to Thierry, Salomon, Van Numen and Van Wassenhove (1995) in defining the concept of recovered product management, which aims to recover as much economic value as possible, thus reducing the final amounts of waste by 1998 Carter and Ellram perform a comprehensive review of the existing literature on LI to date, analyzing the main contributions made in three distinct themes: general and theoretical developments, transport and packaging and end markets; Stock (1998) recovered the issue of LI, analyzing the role of logistics in areas such as product returns, reduced waste generation, recycling, repair and remanufacturing through developing management models that combine engineering and logistics business decision models in order to capitalize the PFU. Dowlatsahi (2000) groups the studies carried out on LI and takes a step in this direction by identifying strategic and operational factors.

## Descripción del Método

Ortega-Mier (2008), summarizes a classification of location problems by horizon decision rule, finding that: many location problems where strategic decisions are made, showing localization problems characterizations in Table 1 where:

Table 1 Evolution from the MPMCFLP to CFLP problem. (Ortega-Mier, 2008)

| Problem        | Descripción  | References                            |
|----------------|--|---------------------------------------|
| <b>CFLP</b>    | Facilities with a unique capability defined (location)   | Klose y Drexel, 2000 and Shetty, 1990 |
| <b>MCFLP</b>   | Facilities with several possible capacities (location and capacity)                            | Ortega-Mier and Delgado, 2002         |
| <b>MPMCFLP</b> | Facilities with several possible capacities at various periods (Dynamic tracking and capacity) | Ortega-Mier and García-Sánchez, 2005  |

<sup>1</sup> Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez, es Profesor de Investigador del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México.  
[jlcastgu@gmail.com](mailto:jlcastgu@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El Dr. Héctor Domínguez Martínez, Profesor de Investigador del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México.  
[Thor\\_dom@hotmail.com](mailto:Thor_dom@hotmail.com)

<sup>3</sup> El Dr. Miguel Ángel Rodríguez Lozada, Profesor de Investigador del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México.  
[marodriguez@itapizaco.edu.mx](mailto:marodriguez@itapizaco.edu.mx)

<sup>4</sup> El Mtro. Juan Carlos Castañeda Gutiérrez, Profesor de Investigador del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala.  
[jcar\\_castañeda@hotmail.com](mailto:jcar_castañeda@hotmail.com)

<sup>5</sup> La Dra. Alejandra Torres López, Profesor de Investigador del TNM Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala.  
[atorreslo@hotmail.com](mailto:atorreslo@hotmail.com)

The model is an **MPMCFLP** extension of model **MCFLP**, which in turn is a variant of the known **CFLP**, noting that **MPMCFLP** to generalize **MCFLP** to a more complex situation, because it considers several periods in a projection horizon, but there is a mathematical model which is called this model **STPNTCLP**: (necessary Single Treatment Plant and Transfer Centres Location Problem). Where the problem is contextualized in a common situation as **LI** and designing a system collection and transportation of **PFU** from the producers of the same to the treatment plant. (Ortega-Mier, and Garcia-Sanchez, 2006). By treating the **LI**, leads us to approach the structure of a network model of recovery, where the model considers the reverse flow in a recovery center where they perform the inspection and separation, and then the recovered products are sent to manufacturers over time, in this model we consider the recovery center as a hybrid store since products collected are stored and / or repaired in the same place.

**Description of Method.** This paragraph shall use an example to illustrate the properties of the problem and the model. The tables 2-5 show the 3PL model data, which indicates that there are two customers, 10 warehouses and 10 recovery centers possible, consider three periods of a planning horizon.

Table 2 Localition data.

| Índex | Warehouse |        | Recovery Center |        | Customers Plants |        | $M_{it}$ |
|-------|-----------|--------|-----------------|--------|------------------|--------|----------|
|       | $x$       | $y$    | $x$             | $y$    | $x$              | $y$    |          |
| 1     | 122.67    | 34.76  | 122.67          | 34.76  | 38.73            | 100.55 | 3000     |
| 2     | 36.56     | 94.63  | 36.56           | 94.63  | 117.05           | 60.94  | 6000     |
| 3     | 116.01    | 64.09  | 116.01          | 64.09  |                  |        |          |
| 4     | 8.16      | 140.26 | 8.16            | 140.26 |                  |        |          |
| 5     | 97.32     | 1.06   | 97.32           | 1.06   |                  |        |          |
| 6     | 130.63    | 65.96  | 130.63          | 65.96  |                  |        |          |
| 7     | 137.39    | 110.19 | 137.39          | 110.19 |                  |        |          |
| 8     | 98.50     | 95.59  | 98.50           | 95.59  |                  |        |          |
| 9     | 41.64     | 95.97  | 41.64           | 95.97  |                  |        |          |
| 10    | 82.41     | 146.71 | 82.41           | 146.71 |                  |        |          |

Table 3 Customer data 1, based on a linear model

| Index | Coordinate |        | $t = 1$ |        | $t = 2$ |        | $t = 3$ |        |
|-------|------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|       | $x$        | $y$    | Demand  | Return | Demand  | Return | Demand  | Return |
| 1     | 148.06     | 31.36  | 104     | 11     | 102     | 11     | 101     | 10     |
| 2     | 24.80      | 16.81  | 94      | 11     | 105     | 11     | 94      | 10     |
| 3     | 35.48      | 12.38  | 96      | 10     | 95      | 11     | 99      | 10     |
| 4     | 138.98     | 127.80 | 108     | 11     | 95      | 10     | 100     | 11     |
| 5     | 98.60      | 138.7  | 110     | 10     | 107     | 11     | 108     | 10     |
| 6     | 28.22      | 14.07  | 94      | 11     | 103     | 11     | 94      | 10     |
| 7     | 91.95      | 17.89  | 0       | 0      | 98      | 11     | 109     | 11     |
| 8     | 94.79      | 48.55  | 0       | 0      | 99      | 11     | 95      | 10     |
| 9     | 22.03      | 136.17 | 0       | 0      | 106     | 11     | 100     | 10     |
| 10    | 84.21      | 97.08  | 0       | 0      | 99      | 10     | 101     | 10     |
| 11    | 60.34      | 89.21  | 0       | 0      | 0       | 0      | 93      | 10     |
| 12    | 117.39     | 0.72   | 0       | 0      | 0       | 0      | 101     | 10     |
| 13    | 34.96      | 14.13  | 0       | 0      | 0       | 0      | 96      | 10     |
| 14    | 10.03      | 52.38  | 0       | 0      | 0       | 0      | 97      | 10     |
| 15    | 118.57     | 115.08 | 0       | 0      | 0       | 0      | 108     | 10     |

The market potential locations for customers, warehouses, recovery centers, plants and customers are generated by a uniform distribution with a minimum to maximum from 0 to 150 km (in the x and y coordinate system). Also assume that we know the demands of customers in the area, with a minimum of 90 to 120 units. And the amount of return products will be 10% of customer demand. As extensive data, and simplifying, we assume that the product warehouse space is regarded as a unit, and the cost parameters are constant along the horizon. Table 5 shows the additional costs based on the linear model.

Table 4 Customer data 2, based on a linear model

| Índex | Coordinate |        | $t = 1$ |        | $t = 2$ |        | $t = 3$ |        |
|-------|------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|       | $x$        | $y$    | Demand  | Return | Demand  | Return | Demand  | Return |
| 1     | 85.06      | 74.91  | 191     | 20     | 0       | 0      | 207     | 21     |
| 2     | 142.28     | 53.39  | 207     | 20     | 0       | 0      | 198     | 20     |
| 3     | 146.86     | 126.00 | 205     | 21     | 0       | 0      | 194     | 20     |
| 4     | 72.97      | 86.95  | 199     | 20     | 0       | 0      | 201     | 21     |
| 5     | 89.88      | 141.82 | 202     | 21     | 207     | 20     | 203     | 20     |
| 6     | 13.93      | 52.39  | 197     | 21     | 210     | 20     | 205     | 20     |
| 7     | 9.30       | 37.89  | 202     | 20     | 195     | 21     | 205     | 20     |

|    |        |        |     |    |     |    |     |    |
|----|--------|--------|-----|----|-----|----|-----|----|
| 8  | 35.05  | 44.90  | 200 | 21 | 191 | 21 | 196 | 20 |
| 9  | 121.52 | 2.90   | 196 | 20 | 208 | 21 | 194 | 21 |
| 10 | 94.80  | 125.85 | 0   | 0  | 204 | 20 | 206 | 20 |
| 11 | 132.83 | 29.85  | 0   | 0  | 201 | 21 | 200 | 20 |
| 12 | 26.38  | 46.43  | 0   | 0  | 197 | 21 | 204 | 20 |
| 13 | 95.08  | 139.79 | 0   | 0  | 201 | 20 | 210 | 20 |
| 14 | 108.91 | 98.62  | 0   | 0  | 194 | 20 | 201 | 21 |
| 15 | 141.36 | 37.98  | 0   | 0  | 196 | 21 | 195 | 21 |

Table 5 Linear model parameters

|   |               |  |
|---|---------------|--|
| Fixed costs for operating the warehouse   | $CfA_{jt}$    | \$ 8,000                                   |
| Cost of installation of a warehouse   | $CIA_{jt}$    | \$ 120,000                                 |
| Maximum capacity of the warehouse   | $A_{jt}$      | 3000 units                                 |
| Warehouse modular expansion   | $EA_{jt}$     | 600 units                                  |
| Fixed costs of the warehouse expansion  | $CEfA_{jt}$   | \$ 2,100                                   |
| Variable costs for a warehouse expansion  | $CEvA_{jt}$   | \$ 15,000                                  |
| Fixed operating costs recovery center   | $CfCrec_{lt}$ | \$ 3,000                                   |
| Cost to install a recovery center   | $CiCrec_{lt}$ | \$ 30,000                                  |
| Maximum capacity of a recovery center   | $Crec_{lt}$   | 300 units                                  |
| Modular Expansion Recovery Center   | $ECrec_{lt}$  | 100 units                                  |
| Fixed costs to expand a recovery center   | $CACrec_{lt}$ | \$ 200                                     |
| Variable costs to expand a recovery center  | $CvCrec_{lt}$ | \$ 4,500                                   |
| Savings for operating a hybrid system Recovery Center - warehouse   | $CH_t$        | \$ 6,000                                   |
| Maximum expansion modular warehouse   | $MEA_{jt}$    | 4  |
| Modular expansion Maximum recovery center   | $MCrec_{lt}$  | 4  |
| Unit cost of transportation of the customer's plant to warehouse  | $Ctr_{ijt}^f$ | 0.05                                       |
| Unit cost of transport from the warehouse to the customer's plant   | $Ctr_{jkt}^f$ | 0.50                                       |
| Euclidean distance between the location $x$ and $y$ in time $t$   | $K_{xyt}$     |  |
| Unit cost of direct flow  | $C_{pijkt}^f$ | $C_{ijk}^f * K_{ij} + C_{jkl}^f * K_{jkt}$ |
| Unit cost of transportation of customer collection point  | $C_{kl}^r$    | 0.05                                       |
| Unit cost of transporting the recovery center to the customer's plant   | $C_{li}^r$    | 1.50                                       |
| Unit cost of reverse flow   | $C_{pklit}^r$ | $C_{kl}^r * K_{kl} + C_{li}^r * K_{li}$    |
| Variable costs for meet the demand of product $p$ at customers $k$ in plant $i$ and warehouse $j$ in period $t$ , considering transportation costs and workmanship. | $Cvd_{pijkt}$ |  |
| Variable cost performance products $p$ to clients $k$ through recovery centers $l$ plant $i$ at time $t$ , considering transportation costs and workmanship.        | $Cvr_{pklit}$ |  |

**Model proposed of solution.** It identifies the need to propose a solution to a problem of dynamic localization of LI multi-period, multi-product, with both forward and reverse flow, The objective of the model is to incur the lowest possible cost for a projection horizon of several periods, placing a recovery center where you take the PFU from each customer (plant), once inspected and separated, is transported to the plant where it will be reused or recovered, and in the worst case this PFU be removed and sent to a central confinement. From the above is shown in Tables 6 to 7, parameters and variables used in the model.

Table 6 Problem Indices

| Index | Description   | Range       |
|-------|---|-------------|
| $i$   | Plant locations set of customers                        | $1 \dots I$ |
| $j$   | Set current warehouse and potential new sites           | $1 \dots J$ |
| $k$   | Set fixed customer locations                            | $1 \dots K$ |
| $p$   | Set of types of products customers                      | $1 \dots P$ |
| $l$   | Joint recovery centers existing and new potential sites | $1 \dots L$ |
| $t$   | Periods   | $1 \dots T$ |



Table 7 Variables del modelo *LI*.

| Variables     | Description   | Type     |
|---------------|---|----------|
| $ddP_{pijkt}$ | Direct flow: Product Quantity $p$ demanded by customers $k$ who answers the plant $i$ and warehouse $j$ in the period $t$                   | Continua |
| $drP_{pkilt}$ | Reverse Flow: Number of products returns $p$ form customer $k$ to be returned via recovery center $l$ at the plant $i$ in the horizon $t$ . | Continua |
| $V_{jt}$      | Integer modular expansion to the warehouse $j$ in the period $t$ , in the warehouse $j$ is installed.                                       | Binary   |
| $W_{lt}$      | Integer modular expansion to the recovery center $l$ in the period $t$ if the recovery center $l$ has been installed.                       | Binary   |
| $Z_{jt}$      | Value 0 (1) if the warehouse $j$ is closed (open) in the period $t$ .   | Binary   |
| $A_{jt}$      | Value 0 (1) if the warehouse $j$ is not expanded (expanded) in the period $t$ .   | Binary   |
| $G_{lt}$      | Value 0 (1) if the recovery center $l$ is closed (open) in the period $t$ .   | Binary   |
| $B_{lt}$      | Value 0 (1) if the recovery center $l$ is not expanded (expanded) in the period $t$ .   | Binary   |

**Objective Function.** The objective function LI model (equation 1), states that we want to minimize the total costs, which include fixed operating costs and the costs of conducting hybrid (warehouse and recovery center), transportation costs, the cost savings of integrated facilities and expansion costs of forward and reverse flow. The mathematical model corresponding linear programming mixed with 13 constraints and the model as follows:

$$\begin{aligned}
 \min \sum_{t=1}^T & \left[ \sum_{j=1}^J CfA_{jt} \cdot Z_{jt} + \sum_{j=1}^J \sum_{y=1}^J CIA_{jt} \cdot Z_{jl} + \sum_{j=1}^J \sum_{y=t \geq 1} CIA_{jt} \cdot Z_{jt} \right. \\
 & + \sum_{l=1}^L CfCrec_{lt} \cdot G_{lt} + \sum_{l=1}^L \sum_{y=1}^L CiCrec_{l1} \cdot G_{l1} + \sum_{l=1}^L \sum_{y=t=2}^L CiCrec_{lt} \cdot G_{lt} \\
 & + \sum_{j=1}^J (CfEA_{jt} \cdot A_{jt} + CEA_{jt} \cdot V_{jt}) + \sum_{l=1}^L (CACrec_{lt} \cdot B_{lt} + ) - \sum_{\theta=j=l} CH_{it} \\
 & \left. + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Cvd_{pijkt} \cdot ddP_{pijkt} + \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^{I_0} Cvr_{pkilt} \cdot drP_{pkilt} \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K ddP_{pijkt} \leq Pr_{it}, \quad \forall i, \forall p, \forall t \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J CfA_{pijkt} \geq A_{it}, \quad \forall p, \forall k, \forall t \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K AP_p \cdot ddP_{pijkt} \leq A_{jt} \cdot Z_{jt} + \sum_{\theta=1}^t EA_{j\theta} \cdot V_{j\theta}, \quad \forall j, \forall t \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$V_{jt} \leq MEA_j \cdot A_{jt}, \quad \forall j, \forall t \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$(T - t + 1)A_{jt} \leq \sum_{\theta=t}^T Z_{j\theta}, \quad \forall j, \forall t \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I drP_{pkilt} \geq Pr_{it} \quad \forall k, \forall p, \forall t \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K drP_{pikt} \geq Crec_{lt} \cdot G_{lt} + \sum_{\theta=1}^t ECrec_{l\theta} \cdot W_{l\theta}, \quad \forall k, \forall l, \forall t \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$W_{lt} \leq MECrecP_l \cdot B_{lt} \quad \forall l, \forall t \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$(T - t - 1) \cdot B_l \leq \sum_{\theta=t}^T G_{l\theta} \quad \forall l, \forall t \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$0 \leq ddP_{pijkt}, \quad drP_{pkilt}, \quad \forall p, \forall i, \forall l, \forall t \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$V_{jt} \in \{0, 1, 2, \dots, MEA_j\}, \quad W_{lt} \in \{0, 1, 2, \dots, MEA_l\}, \quad \forall j, \forall l, \forall t \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$Z_{jt}, G_{lt}, A_{jt} B_{lt} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, \forall j, \forall l, \forall t \quad \dots\dots\dots(14)$$

The constraints are: (2) ensures that the plants of clients have limited capacities in terms of the contract. (3) This constraint guarantees that the customer demand is satisfied market. Constraint (4) is the capacity limitations on warehouses including expansion size across the time period. Constraint (5) ensure that the expansion is possible, if the one warehouse has been open. In this Constraint (6) guarantees that if there is an decision to expand a locality, this should not be closed. Constraint (7) ensures no backflow in unopened facilities. (8) Ensure that all returned products must be sent to customers. (9) Impose the capacity limitations on recovery center including the expansion size throughout the period. (10) This restriction ensures that the expansion is only possible if a repair center has been opened. (11) This ensures that if there is a decision to expand at any recovery center, this location will not be closed. (12) This constriction preserves the nonnegativity on the decision variables. The constraint (13) and (14) ensures the integer and binary variable.

#### Proposal Tool.

The tool we propose is to use on modeler and GAs, which were designed in two blocks, one of which consists of a meta-heuristic code, which controls the entire process of resolution and only when you need obtain information from the fitness call modeler, sending already built much of the solution. Thus the modeler receives a combination of data values or parameters used as a model for a particular configuration to complete the resolution process, the modeler called GAs which solves the model with mixed linear programming methods. It should be mentioned that the problem was solved previously heuristics and the optimal solution was in LINGO mathematical programming software with a computational time of 8.77 minutes, and the best solution was one million three hundred and fourteen thousand four hundred and sixty-three dollars, indicating the opening of two warehouse and two recovery centers. This problem was solved with GAs based heuristic, where parameter values are set through numerous experiments that were run computationally same, with a maximum population of 300, crossing within 80%, ratio 02 to 05% mutation, cloning of 20% y maximum number of generations 50.

Table 8. Chromosome of final solution.

| Index | Warehouse |   |   |   |   |   | Recovery Center |   |   |   |   |   |
|-------|-----------|---|---|---|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|
|       | 1         |   |   | 2 |   |   | 1               |   |   | 2 |   |   |
|       | Z         | A | V | Z | A | V | G               | B | W | G | B | W |
| t = 1 | 0         | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1               | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| t = 2 | 1         | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1               | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| t = 3 | 1         | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1               | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |

### Computational results.

For best results were generated 50 initial populations, allowing you to choose the best solution, the replica that had the lowest total cost, so in Figure 3 shows the best solution with a total cost of one million two hundred and five thousand eight hundred seventy-two dollars, and we consider as the best response to both conform warehouse as recovery centers, the above shows that this result was obtained in generation 26, and meets the demand of the customers of the problem posed 3PL. Table 8 shows the costs resulting from the best response to the analyzed case.

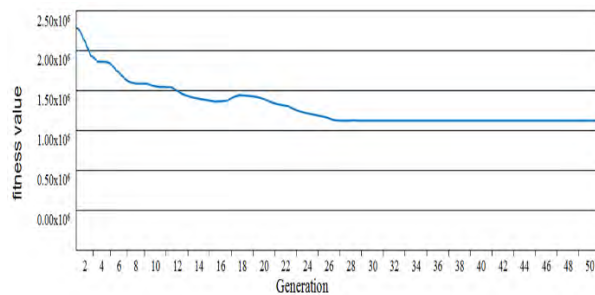


Figure 3. Best solution for generation.

Table 9. Total Cost.

| Costs                              |    |              |
|------------------------------------|----|--------------|
| Cost of warehouse operation        | \$ | 341,150.00   |
| Cost of transport in direct flow   | \$ | 672,534.00   |
| Cost of operation recovery center  | \$ | 82,400.00    |
| Cost of transportation in backflow | \$ | 106,918.00   |
| Cost savings                       | \$ | 2,870.00     |
| Total de costs                     | \$ | 1'205,872.00 |

Analyzing the bit string of the chromosome found in figure 2, that:

**Period 1:** Warehouse 1 closed, Warehouse 2 open and expands to 600 units extras, Recovery Center 1 and 2 are open without expansion.

**Period 2:** Warehouse 1 open and expands to 600 units extras, Warehouse 2 open without expansion, Recovery Center 1 and 2 open without expansion.

**Period 3:** Warehouse 1 y 2 open without expansion, Recovery Center 1 open with double modular expansion for 1200 extra units, finally Recovery Center 2 open without expansion.

### Comentarios Finales

The purpose of this work was to create a reverse logistics network under a model of genetic algorithms, which easily learn and classify certain kind of data, they found themselves the best topology to fulfill this task. We present the implementation and experimentation resulting system using GAs to search the solution space of a reverse logistics network, a way to find an optimal topology. Proving the worth of GAs as an alternative to solutions very close to optimal. The reason for the growing interest in GAs is that these are a comprehensive and robust search for solutions to problems. The main advantage of these features is the balance achieved between efficiency and effectiveness in solving various complex and large problems.

### Referencias

- Gultinan, J. P., y Nwokoye, N. G., "Developing distribution channels and system in the emerging recycling industry", International Journal of physical Distribution 1, 28-38, 1975
- Ginter, P. M., y Starling, J. M., "Reverse distribution channels for recycling", California Management Review 20, 73-82, 1978
- Thierry, M. C., Salomon, M., Van Numen, J. A. E. E., y Van Vassenhove, L. "Strategic issues in product recovery management", California Management Review 37 (2), 114-135, 1995.
- Dowlatschahi, S., "Developing a reverse logistics theory", interfaces 30 (3), 143-145, 2000.
- Ortega-Mier, M., "Using quantitative methods for analyzing location problems in reverse logistics ", Technical University of Madrid, School of Industrial Engineering (PhD Thesis) 2008..
- Ortega-Mier, M., y García-Sánchez, A., y Ponce-Cueto, E., "The multiple-period, multiple capacities facility location problem MPMCFLP", Background different approaches and chakkenges. En ECCO XIX-CO2006.
- Gupta, S., Veerakamolmal, P., "A bidirectional supply chain optimization for reverse logistics", En proceedings of
- Jayaraman, V., Patterson, R., y Rolland, E., "The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures", European Journal of Operational Research, 150(1), 128-14, 2003

# Métodos de Análisis Modal utilizados en el estudio de Estructuras Dinámicas

Juan Carlos Castañeda Gutiérrez<sup>1</sup>, M.C. Benjamín Darío Ramírez Angulo<sup>2</sup>,  
Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez<sup>3</sup>, Dr. José Federico Casco Vásquez<sup>4</sup>

**Resumen—** El desarrollo de un modelo dinámico en términos del análisis modal puede utilizarse para la simulación, diagnóstico, monitoreo y optimización de una estructura, debido a que la vibración es causada por el cambio de energía potencial y energía cinética, y la energía puede ser caracterizada como una fuerza balanceada que involucra la inercia (masa) y las fuerzas de restauración con una estructura, y por lo tanto, la dinámica lineal de una estructura, puede representarse completa y eficientemente por los modos de vibración, ya que estos son las soluciones de las ecuaciones homogéneas de movimiento, y los parámetros del modelo lineal de las estructuras dinámicas que dependen de sus propiedades mecánicas (masa, rigidez, amortiguamiento, geometría, y condiciones de límite).

**Palabras clave—**Análisis modal, modos de vibración, modelo dinámico, dinámica lineal, vibración.

## Introducción

El análisis modal se define como los procesos de caracterización de las propiedades dinámicas de una estructura en términos de modos de vibración.

Las vibraciones ocurren por todas partes. En la mayoría de los casos las vibraciones no son deseables, ya que estas pueden causar daño en las propiedades mecánicas de una estructura. Por consiguiente, es importante saber las características de vibración de una estructura durante el diseño, sobre todo si la estructura debe perfeccionarse. El análisis modal ayuda determinar características de vibración, ya que calcula las frecuencias naturales y las formas modales de una estructura. La vibración es causada cuando la energía queda atrapada en los límites de una estructura, se mueve libremente en los límites, y no puede escapar rápidamente.

La energía atrapada causa ondas permanentes deformando la estructura en frecuencias naturales. Estas ondas permanentes son llamadas modos de vibración.

Cuando la energía es atrapada en una estructura se presentan dos fenómenos:

- La vibración es causada por el cambio de energía potencial y energía cinética en la estructura.
- La vibración puede ser caracterizada como una fuerza balanceada que involucra la inercia (masa) y las fuerzas de restauración con una estructura.

Matemáticamente hablando, los modos de vibración son las soluciones de las ecuaciones homogéneas de movimiento (eigenvalores y eigenvectores), y los parámetros del modelo lineal de las estructuras dinámicas [1]. Por lo anterior la dinámica lineal de una estructura, es completa y eficientemente representada en términos de modos de vibración.

$$M\ddot{x}(t) + Kx(t) = 0 \dots \dots \dots (1)$$

La vibración total de una estructura puede ser descrita como la suma de la vibración de cada una de los modos. Los modos de vibración (ondas) dependen en una estructura de sus propiedades mecánicas (masa, rigidez, amortiguamiento, geometría, y condiciones de límite).

## Descripción del modelo

### Métodos de Análisis Modal

El objetivo del análisis modal es el desarrollo de un modelo dinámico de una estructura la cual puede ser usada para:

- Simulación

<sup>1</sup> Juan Carlos Castañeda Gutiérrez es profesor de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Apizaco, México [castaneda\\_jcar@hotmail.com](mailto:castaneda_jcar@hotmail.com),

<sup>2</sup> El M.C. Benjamín Darío Ramírez Angulo, es profesor de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Apizaco, México [bdraman@yahoo.com](mailto:bdraman@yahoo.com)

<sup>3</sup> Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez es coordinador de la maestría en ingeniería administrativa en el Instituto Tecnológico de Apizaco, México [jlcastgu@gmail.com](mailto:jlcastgu@gmail.com)

<sup>4</sup> Dr. José Federico Casco Vásquez es coordinador de la maestría en ingeniería mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Apizaco, México [jfcasco@itapizaco.edu.mx](mailto:jfcasco@itapizaco.edu.mx)

- Optimización
- Diagnostico
- Monitoreo

Las frecuencias naturales y los modos de vibración se forman en todas las estructuras que se diseñan. Hay características que dependen de la masa y rigidez de la estructura que determina básicamente, donde estas frecuencias naturales y formas modales existirán.

Existen dos métodos de análisis modal, el experimental y el analítico:

Para el estudio de las vibraciones se utilizan tres tipos de modelos:

- *Modelo de cuerpo rígido (parámetros almacenados)*: Se considera un modelo en el que intervienen las variables masa, rigidez y amortiguamiento, y su solución analítica es por medio de la segunda ley de Movimiento de Newton.
- *Modelo Continuo (Parámetro distribuido)*: Se aplica a modelos de cuerpos elásticos de Geometría simple y propiedades homogéneas, la solución analítica es por medio de la ecuación deferencial de segundo orden de la energía.
- *Modelo Complejo Discreto*: Se consideran modelos con geometría simple y propiedades no homogéneas, la solución es por medio de modelos de elementos finitos.

Las soluciones de las ecuaciones de movimiento, proporcionan información importante para el análisis modal.

Los eigenvalores y eigenvectores (valores propios) de las ecuaciones son encontradas por una solución de computadora, y estos resultados representan:

- a) Eigen valores = frecuencias modales
- b) Eigen Vectores = Formas de modales

Las fuerzas de disipación (amortiguamiento) usualmente se consideran como despreciables

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & \cdots \\ 0 & m_2 & \\ \vdots & \ddots & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{q}_1(t) \\ \ddot{q}_2(t) \\ \vdots \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 & 0 & \cdots \\ 0 & k_2 & \\ \vdots & \ddots & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} q_1(t) \\ q_2(t) \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots \\ u_{21} & \ddots & \\ \vdots & & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots \\ u_{21} & \ddots & \\ \vdots & & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} q_1(t) \\ q_2(t) \\ \vdots \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

*Ecuaciones de Movimiento<sup>5</sup>.*

#### *Metodología de análisis*

Básicamente, el análisis modal es el estudio de las características naturales de las estructuras. Entendiendo que la frecuencia natural y los modos de vibración ayudan a diseñar el sistema estructural en aplicaciones que intervienen el ruido y vibración. Los análisis modales experimentales se basan en estudios de la función de repuesta de frecuencia. La función de repuesta de frecuencia, es la relación de la respuesta de una estructura debido a una fuerza aplicada. Para el estudio se mide la fuerza aplicada y la respuesta de la estructura a la fuerza aplicada simultáneamente. La repuesta obtenida puede medir desplazamiento, velocidad o aceleración de la estructura. Los datos medidos en el tiempo se transforman a dominio en el tiempo de la frecuencia que usa el algoritmo de la Transformada de Fourier Rápida, encontrado en cualquier señal procesada en un analizador y en paquetes computacionales de software.

La función de respuesta de frecuencia usualmente se describe con subíndices que denotan las situaciones de entrada y salida. La función de respuesta de la frecuencia es una matriz que contiene una parte real y una parte imaginaria. Es importante mencionar que la función de respuesta de la frecuencia es una matriz simétrica. Esto es debido al hecho que la masa, amortiguamiento y matriz de rigidez que describen el sistema son simétricos.

#### *Métodos de pruebas modales.*

En general existen dos métodos de pruebas modales: *Método de modo normal* y *Método de Función de Transferencia*, y estos a su vez se subdividen.

<sup>5</sup> [m][x(t)] = fuerzas de inercia, [c][x(t)] = fuerzas de disipación, [k][x(t)] = fuerzas restitutivas

| NORMAL MODE METHOD     | TRANSFER FUNCTION METHOD          |
|------------------------|-----------------------------------|
| Multi-Shaker           | Single Point Excitation           |
| Sinusoidal             | Broadband                         |
| One Mode at a Time     | Many Modes at a Time              |
| Analog Instrumentation | FFT-Based Digital Instrumentation |

*Cuadro 1. Métodos de Pruebas Modales [1].*

#### *Prueba de Impacto*

Este método es económico y conveniente para probar muchas clases de estructuras. Consiste en colocar un acelerómetro tri-axial<sup>6</sup> a la estructura y aplicar una fuerza de excitación de Impacto, las señales obtenidas del acelerómetro se registran en un analizador de señales dinámicas.

#### *Prueba del temblador (shaker)*

Este método consiste en excitar la estructura, colocando una celda de carga en el punto de excitación, y un acelerómetro tri-axial, que se conecta a un analizador de señales dinámicas. El método de prueba a través de la Función de Transferencia presenta las siguientes características:

1. Muchos modos pueden ser excitados inmediatamente.
2. Se hacen medidas de FRF (respuesta / fuerza entrada).
3. Se usan parámetros de estimación (curva fit) para obtener parámetros modales.

La función de transferencia se define como la relación de la transformada de Laplace de una respuesta dividida por la transformada de una señal de entrada al sistema.

$$H(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{\overline{G_{yx}}(f)}{\overline{G_{xx}}(f)} \dots \dots \dots (3)$$

Las ventajas del método de la función de transferencia son:

1. Facilidad para hacer las dimensiones.
2. Exactitud digital y repetitividad.
3. Frecuencia de resolución casi ilimitada.
4. Reducción de efectos de ruido y distorsión.
5. Estimación estadística de parámetros modales.
6. Amplia variedad de técnicas de la excitación.
7. Animación de modos en pantalla.

#### *Parámetros modales de la función de transferencia (frfs)*

Mediante la utilización de las funciones de transferencia, se obtienen los parámetros modales de la siguiente forma:

\* Frecuencia modal = frecuencia de cresta de resonancia

\* Amortiguamiento modal = Anchura de la cresta de resonancia

\* Formas Modales se ensamblan de los residuos (la amplitud, o fuerza) de cada cresta.

Del punto vista teórico, no importa si las funciones de la repuesta de la frecuencia se obtienen mediante una prueba del temblador o de impacto.

La medida más importante que se necesita para el análisis modal experimental es la función de respuesta de la frecuencia [2]. Esta es la relación de la respuesta de la salida entre la fuerza de excitación de entrada:

Esta medida, se obtiene usando un instrumento especializado como un analizador de frecuencia o un sistema de adquisición de datos con software que realiza el FFT. El proceso de la transformada de Fourier requiere que los datos

$$H(f) = \frac{\text{respuesta\_del\_sistema}}{\text{entrada\_del\_sistema}} = \frac{S_y(f)}{S_x(f)} \dots \dots \dots (4)$$

<sup>6</sup> acelerómetro Tri-axial: sensor capaz de convertir una aceleración o movimiento en señales eléctricas, en un sistema de tres ejes coordenados.



probados sean una representación completa de todos los valores en el tiempo que contienen una repetición periódica de los datos medidos. Cuando esto se cumple la transformada de Fourier produce una representación apropiada de los datos en el dominio de frecuencia. La figura 1 muestra los modos de vibración y los parámetros modales de una estructura analizada mediante la función de transferencia.

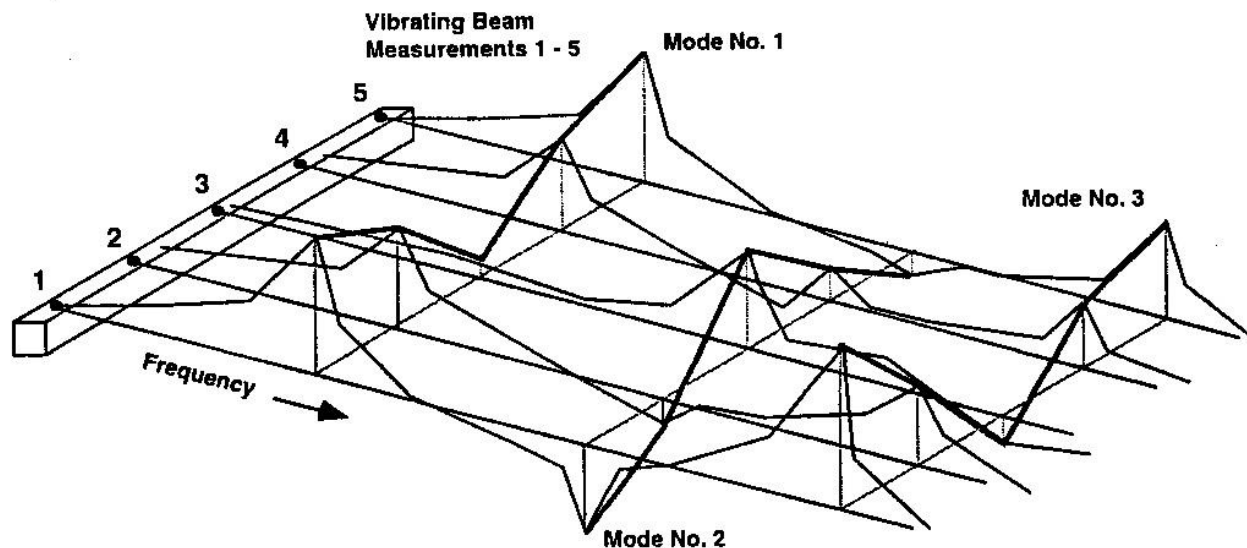


Figura 1. Parámetros modales (FRFs) y modos de vibración. [1]

Sin embargo, cuando éste no es el caso, entonces causarán una distorsión seria de los datos en el dominio de la frecuencia. Estas funciones se promedian y calculan dos funciones importantes que se usan para la adquisición de los datos modales: la función de respuesta de frecuencia (FRF) y la coherencia. La función de coherencia se usa como herramienta que asegura la calidad del rendimiento de las señales de salida que se relacionan con las señales de entrada medidas [1]

La FRF contiene información con respecto a la frecuencia del sistema y amortiguamiento y una colección de FRFs contiene información con respecto a la forma del modo del sistema a las situaciones medidas. Ésta es medida muy importante relacionada al análisis experimental modal.

Los parámetros modales son las soluciones a las ecuaciones de movimiento de las estructuras en estudio.

Cualquier cambio en la masa, rigidez, amortiguamiento o condiciones de límite de una estructura puede cambiar los parámetros modales.

#### *Análisis Modal Analítico*

El análisis por elementos finitos implica tres etapas fundamentales para el análisis de una estructura: preprocesamiento, procesamiento y posprocesamiento [3].

La etapa del *preprocesamiento* es básicamente la definición del problema, implica la preparación de datos, como las coordenadas nodales, la conectividad, las condiciones de frontera y la información sobre cargas y material. Tomando como referencia el programa computacional ANSYS [4] el preprocesamiento para el análisis modal implica la definición del tipo de análisis, método de extracción de modos (reducción de matrices del sistema), y la aplicación de las cargas en las estructuras.

La etapa de *procesamiento* implica la generación y la modificación de la rigidez, así como la solución de ecuaciones que resulta en la evaluación de las variables nodales. Otras cantidades relacionadas como los gradientes o los esfuerzos pueden evaluarse en esta etapa. La etapa de *posprocesamiento* es la solución del sistema de ecuaciones de la estructura.

La *etapa de posprocesamiento* trata de la presentación de resultados. En general, en esta etapa se calculan y muestran la configuración deformada, las formas modales, la temperatura y la distribución de esfuerzos. En ANSYS <sup>[4]</sup> la etapa de posprocesamiento consta de tres pasos:

- a) Verificación de los modos extraídos (frecuencias) contra las predicciones teóricas. Se compara los valores de frecuencia obtenida por teoría y por elemento finito de cada modo.
- b) Vista de los modos obtenidos, se muestra en pantalla los desplazamientos y frecuencias obtenidas gráficamente.
- c) Animación de los modos. Permite visualizar en forma animada cada uno de los modos obtenidos

Un análisis completo por elemento finito es una interacción lógica de las tres etapas. La preparación de los datos y su posprocesamiento necesitan de un esfuerzo considerable si todos los datos van a ser manejados manualmente.

### Conclusiones

Los datos modales representan información extremadamente útil que ayuda al diseño de cualquier estructura. El desarrollo de un modelo modal es usado para la simulación y estudios de modificaciones de estructura dinámica. Esto es un proceso matemático que utiliza datos modales (frecuencia, amortiguamiento y formas modales) para determinar los efectos de cambio en las características del sistema a cambios en la estructura física real. Estos cálculos pueden realizarse sin tener que modificar la estructura físicamente hasta obtener un grupo conveniente de cambios del diseño realmente. Además del estudio de la modificación dinámica estructural, pueden realizarse otras simulaciones como simulación de respuesta de fuerza para predecir respuesta del sistema debido a fuerzas aplicadas. Otro aspecto muy importante de la comprobación modal es la correlación y corrección de un modelo analítico como un modelo del elemento finito. Éstos son unos de los aspectos más importantes relacionados al uso de un modelo modal.

### Referencias bibliograficas

- [1] Navxom Engineering Networt (April 1998); Hands-On Modal Testing & analysis Course: EUA: pp 02-90
- [2] Avitabile P.(February 2001); Experimental Modal Analysis a simple Non-Mathematical Presentation, Sound & Vibration,
- [3] Chandrupatla, T. R., Belengudu A. D (1999); Introducción al estudio del elemento finito en Ingeniería (primera edición): Prentice Hall Hispanoamericana S.A: pp
- [4] Universidad de Alberta (January 2002), <http://www.mece.ualberta.ca/tutorials/ansys/AT/Modal/Modal.html>.

## Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad en Niños de Primer a Tercer Año de Educación Primaria

Carolina Y. Castañeda Roldán<sup>1</sup>, Raquel Espinosa Castañeda<sup>2</sup>

**Resumen—** Contemplar las características didácticas principales con respecto al déficit de atención en un software educativo dirigido a niños con éste problema es de suma importancia, por lo que se presenta la prueba realizada con docentes de la primaria federal “Manuel Ávila Camacho” (Puebla, México), y cinco niños. De los cuales 3 fueron diagnosticados con déficit de atención e hiperactividad y 2 con déficit de atención sin hiperactividad. Se concluye por los datos obtenidos de las pruebas, que el software realizado potencia la memoria operativa, la atención, la planificación y el control inhibitorio. Además de que apoya de manera eficiente el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.

**Palabras clave—** Hiperactividad, Déficit de Atención en niños, Problemas de aprendizaje en niños, proceso enseñanza-aprendizaje en niños con déficit de atención, proceso enseñanza-aprendizaje en niños con hiperactividad.

### Introducción

La primaria federal “Manuel Ávila Camacho”, detectó que un 6% de sus alumnos entre 6 a 8 años sufre del Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Se trata de un trastorno de conducta que aparece en torno a los 7 años de edad, y puede prevalecer hasta la edad adulta, afectando a cuatro hombres por cada mujer a nivel mundial, (León de Lara, 2016). Se caracteriza por síntomas de inatención, impulsividad e hiperactividad, por lo que el Proceso Enseñanza-Aprendizaje (PEA) se vuelve complejo, implicando que un Niño con TDAH (NTDAH) generalmente tenga Problemas de Aprendizaje (PA). Dichos PA se entremezclan causando trastornos como la dislexia en un 60%. Los NTDAH presentan déficit en las funciones ejecutivas que son las capacidades básicas del ser humano. Ellos no son “malos”, ni “intentan llamar la atención”, ni “se portan mal a propósito”, ellos tienen dificultad para controlar su comportamiento. Su tratamiento es por medicación y/o tratamiento conductual. Por lo que se desarrolló un software empleando las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), para NTDAH con o sin hiperactividad, con el fin de disminuir/erradicar el TDAH. El software se probó en la escuela “Manuel Ávila Camacho” y se encuentra disponible en línea para la escuela “Lic. Miguel Alemán de Mazatlán, Sinaloa”, en la dirección: <http://lola-lulis.wix.com/thda>, ver Figura 1.



Figura 1. Sitio en <http://lola-lulis.wix.com/thda>.

El software es creativo, colorido, ameno, y divertido para motivar al NTDAH, desarrollando su imaginación y concentración, a través de sus propias vivencias, enseñándole funciones psicoeducativas, en los conceptos de construcción, memoria, atención, comparación, concentración y lógica. Los ejercicios son breves, porque los NTDAH no alcanzan a centrar la atención en una actividad que perdure por largo tiempo, ver Figura 2.

<sup>1</sup> La M. en C. Carolina Y. Castañeda Roldán es Profesor del Instituto Tecnológico de Puebla, México. [ycastane@hotmail.com](mailto:ycastane@hotmail.com)

<sup>2</sup> La MDes. Raquel Espinosa Castañeda es Profesora Investigadora de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. [raquel.espinosa@uaslp.mx](mailto:raquel.espinosa@uaslp.mx). (corresponsal)



Figura 2. Software dirigido a niños con TDAH.

### Objetivo General

Desarrollar un software educativo, que apoye en los procesos terapéuticos dirigidos a sostener y captar la atención del NTDAH con o sin hiperactividad y apoyar en la mejora de su PEA.

### Marco teórico

La herramienta de software (página web) producto de este estudio se desarrolló usando las siguientes metodologías:

#### TDAH

Barkley, R. lo define como “un trastorno que se caracteriza por dificultades para mantener la atención, exceso de movimiento y dificultades en el control o inhibición de las emociones y comportamiento”(2008). Un TDAH es incapaz de inhibir o controlar las respuestas automáticas o impulsivas por lo que no puede dar respuestas inducidas por la atención y el razonamiento. Cuando el déficit en la inhibición es conductual se expresa mediante actitudes impulsivas, si es a nivel atencional por la distractibilidad y si es a nivel motor por la hiperactividad. En la edad madura un TDAH sufre de trastornos en su estado de ánimo llegando a padecer depresión severa ocasionando en algunos casos que terminen en suicidio. Tiene además, altas probabilidades de padecer de trastornos neurológicos más severos como el Trastorno Obsesivo Compulsivo (TOC), que se caracteriza por la repetición de un acto o por tener pensamientos que le provocan angustia. Si se le proporcionan medicamentos, puede volverse farmacodependiente, lo que puede ocasionar drogadicción o alcoholismo (León de Lara, 2016). Otros factores de riesgo, son las circunstancias socio-ambientales adversas, problemas durante el parto, alteraciones neurológicas y déficits sensoriales, entre otros (Burgos, Barrios, García y Guijarro, 2009). Estas limitaciones implican dificultades para aprender, adquirir conocimientos y lograr su dominio y representación; como en la adquisición de la lectura y la escritura, la noción de números, los conceptos de espacio y tiempo, las operaciones de sumar, restar, multiplicar y dividir, etc., DuPaul, GJ., y Fisher, M. (2003).

#### Síntomas

El TDAH se divide en varios subtipos, dependiendo de qué grupo sintomático predomine, (León de Lara, 2016). En el cuadro 1 se muestra un resumen de las categorías de los síntomas del TDAH, (KidsHealth, 2012).

|   |  |
|---|--|
| <b>1. De tipo inatento (TDA)</b>              | -Incapacidad para prestar atención a los detalles.<br>-Dificultad para seguir instrucciones.<br>-Tendencia a perder objetos, como juguetes, cuadernos o deberes escolares. |
| <b>2. De tipo hiperactivo-impulsivo (TDH)</b> | -Gestos o movimientos repetitivos que denotan nerviosismo o intranquilidad.<br>-Dificultad para permanecer sentado y callado.<br>-Tendencia a interrumpir o a inmiscuirse. |
| <b>3. De tipo combinado (TDAH)</b>            | -Incluye una combinación de los dos tipos anteriores, siendo estos síntomas los más frecuente.   |

Cuadro. 1. Clasificación de los síntomas.

#### Inclusión educativa y sistemas de apoyo

Se trata de ofrecer las mismas oportunidades de participación a todos los niños con o sin TDAH, así como de tener los mismos derechos y obligaciones para eliminar o minimizar las barreras que dificultan el PEA y la participación (Lujambio, A., et al., 2011, p.12).

#### TIC como apoyo en el TDAH

Para lograr las experiencias de aprendizaje favorables, se dispone del apoyo de TIC y multimedia. La multimedia

utiliza múltiples medios de expresión físicos o digitales para presentar o comunicar información. Los medios pueden ser variados, desde texto e imágenes, hasta animación, sonido, video, etc. Para este estudio se emplea la multimedia educativa, que son todos los materiales didácticos multimedia que orientan y regulan el PEA de los estudiantes, mediante la combinación de texto, color, gráficas, animaciones, video, sonido, en un mismo entorno. Con ello, se permitirá capturar el interés del NTDAH y avanzar de manera rápida y significativa en la disminución/erradicación del TDAH y mejorando su PEA, además de favorecer:

- Los procesos comunicativos.
- La participación y autonomía del alumnado, convirtiéndolo en un agente más activo en el PEA.
- La motivación del alumno.
- El control y regulación de la propia actividad, permitiendo la evaluación continua.
- El espíritu investigador.
- Potenciar la memoria operativa, la atención, la planificación y el control inhibitorio.

#### *Wix para la aplicación de páginas web*

Wix es una herramienta on line para sitios web que permite en forma fácil la construcción de páginas con gran atractivo. Esto se debe a que está basado en tecnología flash lo que le permite a estos sitios, grandes posibilidades de animación y personalización a partir de una serie de diseños predeterminados de planillas a elección, (Wix.com, 2016). Wix contiene las bondades de flash (multimedia); pero además, funciona totalmente en línea. Esta característica le permite crear sitios web con widgets. Un widget es una pequeña aplicación usualmente presentada en archivos pequeños, su objetivo es dar fácil acceso a funciones frecuentemente usadas y proveer de información visual. Como por ejemplo el contacto o comentarios, tarjetas de presentación, recursos pedagógicos, e incluso animaciones en flash para después usarlas en otro sitio web o en un blog. Una característica común a los widgets, es que son de distribución gratuita a través de Internet.

### **Descripción del Método**

Se diseñó y desarrolló un software interactivo para la disminución del TDAH, como se describe a continuación.

#### *Página web*

El software educativo desarrollado contempla las siguientes características:

- Creativo, para que despierte y desarrolle la imaginación y la fantasía del niño.
- Cuenta con actividades breves, ya que los niños que padecen este desorden de comportamiento no alcanzan a centrar la atención en una actividad que perdure mucho tiempo.
- Instruccional, es decir que lo guie paso a paso para llegar a un objetivo.

Para desarrollar esta aplicación web se implementaron diferentes actividades de los conceptos de construcción, memoria, atención, comparación, concentración y lógica, como se mencionó anteriormente. De los cuales se describirán solo algunos:

• Proceso de comparación. Consiste en fijar la atención en un objeto o situación para identificar sus características y al compararlas encontrar sus similitudes o sus diferencias. La observación mejora al detectar similitudes o diferencias entre dos o más dibujos que tienen entre si similitudes o diferencias que solo prestando atención concienzuda y minuciosa pueden detectarse, Thurstone y Yela, (2012). En el software, del menú de la Figura 2 en “Comparación”, la liga lleva a ejercicios de diferencias, ver Figura 3a y Figura 3b.



Figura 3. Juegos de diferencias.

Al seleccionar un ejercicio de la Figura 3b, por ejemplo al número 1, aparece en la Figura 4a el ejercicio correspondiente. El cual al resolverlo es evaluado. El NTDAH debe hacer clic donde observe una diferencia y el



software marcará con un círculo si la diferencia ha sido localizada y con una cruz el número de diferencias encontradas (Figura 4b). En la Figura 4a se muestra un menú ubicado en la parte inferior izquierda de la figura para realizar tres actividades, que se describen a continuación.

- Si se desea clarificar en qué consiste el ejercicio, hacer clic en la incógnita de color rojo, y aparecerá la palabra “info” y después aparecerá un cuadro de diálogo especificando cómo debe realizarse el ejercicio (Figura 4c).
- Si se desea seleccionar otro ejercicio, hacer clic en el ícono de la doble flecha semicircular de color rojo (a) de la Figura 5a, apareciendo un letrero que dice “cambiar el dibujo” y al accionar la liga, ésta regresará al usuario al menú de la Figura 3b.
- Si se hace clic en la cruz roja de la Figura 4a, aparece un letrero que dice “cerrar” y la liga regresa a la página principal al menú de opciones de ejercicios (Figura 2).



Figura 4. Diferencias, evaluación e información.



Figura 5. Ícono para cambiar y cerrar un ejercicio.

La forma de trabajar de todos los ejercicios es semejante al descrito anteriormente.

- Proceso de Memorización. Es la capacidad mental de recibir, almacenar, organizar, modificar y recuperar información. Por lo que la memoria (o recuerdos) es la expresión de que ha ocurrido un aprendizaje (Buela, et al., 2005). En el software se implementaron memoramas.
- Procesos Lógicos y de concentración. Es la capacidad para analizar de manera efectiva y razonar adecuadamente (Buela, et al., 2005). Los procesos que se usan en esta inteligencia son: clasificación, categorización, inferencia, generalización, cálculo y demostración de la hipótesis. Los ejercicios implementados en el software fueron series numéricas, de dibujos y de figuras geométricas.

### Pruebas del Sistema

La pasante de la Licenciatura en Informática **Guerrero Martínez Karina**, del ITP, fue la encargada de la implementación del software, asesorada por las autoras del artículo y participó activamente con el equipo de docentes y un terapeuta en las pruebas realizadas, en la primaria “Manuel Ávila Camacho”, ubicada en el Estado de Puebla. En la primera prueba el software fue probado por los docentes de primer a tercer grado y un terapeuta, los cuales aportaron observaciones respecto a la eficacia y alcance del objetivo requerido para la disminución/erradicación del TDAH, y sobre el apoyo que requiere el PEA. Las reflexiones obtenidas permitieron mejorar los ejercicios, como en el color, el diseño de la página, y el tipo de letra. Después de las correcciones, los comentarios fueron que los ejercicios realizan lo que fue planeado, por lo que cumplen con el objetivo



correspondiente.

La segunda prueba fue con cinco niños, de los cuales 3 fueron diagnosticados con TDAH y 2 con TDA. a los cuales se les realizó una evaluación diagnóstica usando los ejercicios de la herramienta (Cuadro 2 columna ED). Se trabajó con la página durante 3 días, 3 veces al día en periodos de media hora, se les realizó la evaluación final (Cuadro 2 columna EF). En el cuadro 2 columna A, se muestran las actividades aplicadas a los niños y la puntuación obtenida en cada evaluación. En la prueba cada actividad fue evaluada en el número de aciertos correctos y en el tiempo de realización. Por ejemplo el tiempo 00:02:35, significa que los usuarios en promedio tardaron 00 hrs., 02 min., 35 seg. en realizar el ejercicio. Después de trabajar varias veces, diferentes ejercicios del mismo tipo, el tiempo de realización disminuyó. Esto puede deberse a que ya conocían el manejo de la herramienta. Sin embargo, se complementó con el número de aciertos que aumentó en número. La herramienta se diseñó para que no se les diga a los niños aprobado o reprobado, dado que psicológicamente son susceptibles a sentirse menospreciados y relegados. Por lo que esto se resolvió implementando el resultado como aciertos y tiempo de respuesta. Al final de las sesiones diarias se les realizó una evaluación para checar sus tiempos de trabajo, (columna EF, del Cuadro 2). Al analizar los tiempos de ejecución y el número de aciertos, se observa que además de mejorar su estrategia de solución de un ejercicio sus tiempos de ejecución mejoraron considerablemente.

| Actividad (A)         | PUNTUACIÓN PROMEDIO  |  |
|-----------------------|--|--|
|                       | ANTES<br>Evaluación diagnóstica (ED)<br>Tiempo(hrs.:min.:seg.) | DESPUES<br>Evaluación Final (EF)<br>Tiempo(hrs.:min.:seg.) |
| Las cinco diferencias | Aciertos: 3 de 5<br>Tiempo: 00:02:35                           | Aciertos: 5 de 5<br>Tiempo: 00:01:12                       |
| Encuentra las parejas | Aciertos: 1 de 3<br>Tiempo: 00:02:30                           | Aciertos: 3 de 3<br>Tiempo: 00:01:00                       |
| Series de lógica      | Aciertos: 2 de 3<br>Tiempo: 00:04:30                           | Aciertos: 2 de 3<br>Tiempo: 00:03:12                       |
| Test de atención      | Aciertos: 2 de 4<br>Tiempo: 00:02:40                           | Aciertos: 4 de 4<br>Tiempo: 00:01:12                       |
| Adivina adivinanza    | Aciertos: 3 de 10<br>Tiempo: 00:05:35                          | Aciertos: 5 de 10<br>Tiempo: 00:03:00                      |

Cuadro 2. Actividades y Puntuación

Los datos arrojados sugieren que los niños además de poner más atención descubrieron el conocimiento. Por ejemplo en “Las cinco diferencias” los aciertos fueron 3 de 5 en la evaluación diagnóstica (ED) mejorando a 5 de 5 en la evaluación final (EF), optimizando el tiempo de 2 min. con 35 seg. a 1 min. con 12 seg. (ver Cuadro 2). El hecho de bajar el tiempo 01 min. 23 seg., implica, según la terapeuta que estuvo presente en la evaluación, “una mejora considerable en su atención, la observación, la concentración en el desarrollo de estrategias para la solución del juego (planificación), memoria operativa y la inhibición de respuestas”. Se recopilaban los comentarios de los niños, de los cuales algunos opinan que “les gustaron muchos los juegos” y “que les gustarían más de ellos”. Lo que sugiere que un juego se convierte en un excelente componente para el aprendizaje y la comunicación, donde un concepto puede captar mejor su atención aumentando el PEA de mejor manera que una clase tradicional. En la Figura 6 se puede apreciar a una de las niñas que participó en la prueba.



Figura 6. Prueba realizada por los niños con TDAH

## Comentarios Finales

### Resumen de resultados

En este trabajo investigativo se presentaron los resultados de la implementación de un software como herramienta TIC para el soporte en la disminución/erradicación del TDAH y el fortalecimiento del PEA, para ello se contemplaron las características didácticas principales respecto al déficit de atención. Los resultados de la investigación incluyen las observaciones de mejora por parte de los docentes de la primaria federal “Manuel Ávila Camacho” (Puebla, México), y los diagnósticos de los cinco niños participantes diagnosticados con TDA con o sin hiperactividad.

Los datos obtenidos en las pruebas, sustentan que el software diseñado e implementado, potencia la memoria operativa, la atención, la planificación y el control inhibitorio. Además de que apoya de manera eficiente al PEA.

### Conclusiones

- Según las pruebas realizadas se concluye que la aplicación web realizada para este estudio, ayuda a trabajar TDAH.
- El software según los comentarios, apoya de manera eficiente el PEA.
- El software permitió potenciar la memoria operativa, la atención, la planificación y el control inhibitorio.
- El software puede ser una herramienta de apoyo en la terapia del TDAH.
- El software es terapéutico y lúdico, ya que los niños pensaron que jugaban, lo que implica que los juegos son un medio excelente para el fortalecimiento del PEA.
- Empíricamente puede decirse que si el software es una ayuda al terapeuta o docente en la terapia del TDAH, entonces es una ayuda en la disminución/erradicación del TDAH.

### Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar ésta investigación podrían concentrarse en la realización de una base de datos para poder guardar los avances del niño con TDAH, así como su historial clínico. Según los docentes que apoyaron este proyecto hay un campo abundante por explorarse en lo que se refiere a ejercicios para los niños con TDAH, los cuales deben ser probados de manera que se realice un banco de ejercicios en la base de datos. Para poder emplear los más exitosos según la puntuación obtenida en la disminución/erradicación del TDAH.

## Referencias

- Burgos, M., et al, Trastorno por déficit de atención con hiperactividad Guía para padres y educadores. Unidad de Salud Mental Infanto-Juvenil Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba Universidad de Córdoba, España. Editorial Glosa, S.L.  
[http://www.trastornohiperactividad.com/sites/default/files/pdf/TDAH\\_Manual\\_Padres.pdf](http://www.trastornohiperactividad.com/sites/default/files/pdf/TDAH_Manual_Padres.pdf)
- Barkley, R. (2008). II Congreso Nacional sobre TDAH. Recuperado de <http://es.slideshare.net/fundacioncadah/dr-barkley-ii-congreso-nacional-sobre-tdah-pdf>
- Barkley, R.A. (1990) Attention deficit Disorder: A handbook for diagnosis and treatment. Nueva York: Guilford Press.
- Buena, G., Carretero, H., De los Santos, M. y Bermúdez, M. P. (2005). MFF-20. Test de Emparejamiento de Figuras Conocidas 20. Adaptación española. 2ª edición. Madrid: TEA Ediciones.
- DuPaul, G.J., y Fisher, M. (2003). ADHD in the schools: assessment and intervention strategies (2da. Ed.). New York: Guilford Press.
- KidsHealth. (2012). What Is ADHD. Recuperado de [http://kidshealth.org/parent/en\\_espanol/emociones/adhd\\_esp.html#](http://kidshealth.org/parent/en_espanol/emociones/adhd_esp.html#)
- León de Lara, L.A. (2016). Trastorno por déficit de Atención e Hiperactividad. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Medicina. NRC: 61290. Recuperado de <http://es.slideshare.net/Sam0494/trastorno-por-deficit-de-atencion-e-hiperactividad-50187348>
- Lujambio, A., Sáenz, A., Nava, L., López M., et al. (2011). Discapacidad intelectual. Guía didáctica para la inclusión en educación inicial básica. México, D.F: Consejo nacional de fomento educativo.
- Thurstone, L.L., Yela, M. (1995). Test de Percepción de Diferencias-Revisado. Ediciones, S:A:U: Madrid, España. Recuperado de [http://www.web.teaediciones.com/Ejemplos/CARAS-R%20Manual\\_2012.pdf](http://www.web.teaediciones.com/Ejemplos/CARAS-R%20Manual_2012.pdf)
- Wix.com. (2016). Crea tu Página Web Gratis.  
[http://es.wix.com/freesitebuilder/900es?experiment\\_id=wix%5Ee%5E55041724675%5E1t1&gclid=CLaiwqznu8oCFQkxaQodEX0GTA&utm\\_campaign=161792515%5E10070311435&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google](http://es.wix.com/freesitebuilder/900es?experiment_id=wix%5Ee%5E55041724675%5E1t1&gclid=CLaiwqznu8oCFQkxaQodEX0GTA&utm_campaign=161792515%5E10070311435&utm_medium=cpc&utm_source=google)

## Notas Biográficas

La **M. en C. Carolina Y. Castañeda Roldán** es Ingeniero Químico, egresada de la Universidad Autónoma de Puebla en 1974. Hizo la Maestría en Ciencias con especialidad en Electrónica y Computación en 1980 en el IPN y el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Sistemas Computacionales en 2000 en la UDLAP. Fue profesor investigador desde 1992 a 2005 en el Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la UDLAP. Es profesor investigador desde 2006 a la fecha en el ITP.

La **MDes. Raquel Espinosa Castañeda** es Lic. en Ciencias de la Comunicación de la UDLAP. Realizó la Maestría en Producción y Dirección de Cine en el ECA UK. Es Profesor Investigador de Tiempo Completo de la FCC de la UASLP.

## Caracterización de *Alternaria solani* y *Mycovellosiella fulva* con Espectroscopia Infrarroja

Dr. José Hugo Castorena-García <sup>1</sup>, Ing. Maleni Bello Olivares <sup>2</sup>, MC. Víctor Santiago Santiago <sup>3</sup>,  
MC. Victoria Ayala Escobar <sup>4</sup> y Dra. Maribel Cano Hernández <sup>5</sup>

**Resumen**— Nuevas técnicas instrumentales de bajo costo son validadas con fines de sustitución de las tradicionales. El objetivo fue validar la aplicación de la espectroscopia infrarroja como método de identificación y caracterización de *Alternaria solani* (AL) y *Mycovellosiella fulva* (MF), microorganismos del follaje del tomate aislados y reproducidos en PDA y agar-V8, que fueron diluidos a diferentes concentraciones. Las frecuencias fueron seleccionadas de la segunda derivada del espectro FTIR entre (400–4000 cm<sup>-1</sup>), se aplicó la regresión lineal como técnica estadística para ajuste los modelos predictores que caracterizar:  $AL_{1508} = 719.44 + 0.0244 \times Cn$  ( $R^2=0.98$ )  $AL_{3566} = 484.28 + 0.0179 \times Cn$  ( $R^2=0.97$ ); para MF fueron  $MF_{1508} = 1220.84 + 0.0030 \times Cn$  ( $R^2=0.99$ );  $MF_{1698} = 1058.91 + 0.0031 \times Cn$  ( $R^2=0.99$ ). Donde Cn conidios y R<sup>2</sup> coeficiente de determinación asociado al modelo lineal. La utilidad de esta técnica puede ser empleada como herramienta para la identificación, caracterización y cuantificación del microorganismo.

**Palabras clave**— *Alternaria solani*, *Mycovellosiella fulva*, *Licopersicum esculentum*, espectroscopia infrarroja

### Introducción

La identificación oportuna de hongos y bacterias que producen las enfermedades en los cultivos de hortalizas es una prioridad para el agricultor, esto le permite tomar decisiones sobre el control fitosanitario a implementar (Erukhimovitch *et al.* 2005). El estudio morfológico, fisiológico y bioquímicos han sido los parámetros de las técnicas usadas para la identificación y caracterización de los agentes causales de enfermedades en plantas, los protocolos de laboratorio su aplicación es lenta y cara por el consumo de reactivos y la cantidad de equipos que se requieren para obtener un resultado confiable (Santos *et al.*, 2010).

La espectroscopia infrarroja se resalta por ser un procedimiento sencillo en preparación de muestras, corto tiempo de análisis y confiabilidad de los datos. Los espectros FTIR que se obtienen contienen información de la composición del material en observación, frecuentemente asociada a carbohidratos, proteínas y lípidos. FTIR se ha ensayado como una técnica instrumental para identificar y caracterizar hongos filamentosos y levaduras, se ha aplicado con éxito para identificar y diferenciar *Aspergillus* y *Penicillium* en género y especie (Fischer *et al.*, 2006); detección y diferenciación de *Fusarium oxysporum* y *Rhizopus stolonifer* en los tomates (Hahn, 2002); en estudios realizados por Salman *et al.*, (2012) utilizando la técnica de espectroscopia FTIR-ATR en la detección de *Fusarium oxysporum* y diferenciaron diez cepas dentro de una misma especie. Por otra parte, Shapaval *et al.*, (2012) compararon un microcultivo y FTIR para diferenciar esporas de hongos filamentosos, 59 fuentes fueron evaluados y obtuvieron que la combinación de FTIR y Análisis artificial de redes neuronales permitió diferenciar entre género y especie. Existen muchas más evidencias que posiciona a esta técnica con un elevado potencial para apoyar la rapidez que muchos análisis requieren para una rápida respuesta. Debido a la complejidad que surge por la superposición de bandas espectrales provenientes de los distintos componentes, es necesario aplicar técnicas de aumento de resolución como son la primera o segunda derivada sobre los espectros, a fin de lograr una mejor discriminación de los picos que componen las bandas anchas de los espectros de materiales biológicos complejos.

El objetivo del presente trabajo fue aplicar la espectroscopia infrarroja en modo Reflectancia Total Atenuada (FTIR-ATR) como método para identificación y caracterización *Alternaria solani* y *Mycovellosiella fulva* que afectan el follaje del cultivo de tomate (*Licopersicum esculentum* Mill.).

<sup>1</sup> Dr. José Hugo Castorena García. Es profesor de Ingeniería en Industrias Alimentarias en el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, San Diego Xocoyucan, Ixtacuixtla, Tlaxcala. [jh.castorena@gmail.com](mailto:jh.castorena@gmail.com) (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup> Maleni Bello Olivares.. Alumna de Ingeniería en Agronomía en el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, San Diego Xocoyucan, Ixtacuixtla, Tlaxcala. [casmin@prodigy.net.mx](mailto:casmin@prodigy.net.mx)

<sup>3</sup> MC. Víctor Santiago Santiago. Es profesor de Ingeniería en Agronomía en el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, San Diego Xocoyucan, Ixtacuixtla, Tlaxcala. [santiago@colpos.mx](mailto:santiago@colpos.mx)

<sup>4</sup> MC. Victoria Ayala escobar. Es profesor de Fitopatología en el Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco estado de México. [ayalav@colpos.mx](mailto:ayalav@colpos.mx)

<sup>5</sup> Dra. Maribel Cano Hernández.. Es profesor de Ingeniería en Industrias Alimentarias en el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, San Diego Xocoyucan, Ixtacuixtla, Tlaxcala. [maribe\\_cano@hotmail.com](mailto:maribe_cano@hotmail.com)

## Descripción del Método

### *Colecta de material de estudio e identificación preliminar*

*Alternaria solani* y *Mycovellosiella fulva* son considerados dos agentes fitopatógenos de importancia por los efectos negativos que produce cuando afecta al cultivo de tomate. Hojas de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sintomatología de infección fueron desprendidas y colocadas en bolsa de papel para ser llevada y analizadas en el laboratorio de biotecnología del Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Las hojas colectadas fueron cortadas en fragmentos de 0,5 cm<sup>2</sup> y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1,5 % durante dos minutos, se lavó dos veces con agua destilada estéril y secadas con sanitas estériles. Para reproducir *Mycovellosiella fulva* fragmentos de hoja seca fue sembrado en medio de cultivo PDA y para reproducir *Alternaria solani* fue utilizado jugo de verduras V8®-agar. Esporas con aguja de disección fueron tomadas, depositadas en los medios de cultivo y la resiembra se realizó por estriado. Para eliminar contaminación de bacterias saprófitas. Se realizaron resiembras y estriados hasta obtener los cultivos monospóricos. Los aislamientos obtenidos fueron preservados en glicerol al 25% a temperatura de -75°C en tubos Eppendorf hasta ser utilizados. La concentración monospórica de conidios (Cn/mL) de la solución principal fue calculado a partir de 0.2 mL colocada en cámara de Neubauer y observada al microscopio. Conocida la concentración principal de cada hongo por dilución se prepararon para *Alternaria solani* 10x10<sup>3</sup>, 20x10<sup>3</sup>, 30x10<sup>3</sup>, 40x10<sup>3</sup>, 50x10<sup>3</sup> Cn/mL y para *Mycovellosiella fulva* 5x10<sup>5</sup>, 6x10<sup>5</sup>, 7x10<sup>5</sup>, 8x10<sup>5</sup> y 9x10<sup>5</sup> Cn/mL.

### *Obtención de espectros FTIR de Alternaria solani y Mycovellosiella fulva*

Las solución de conidios fueron analizados por Espectroscopia Infrarroja con la técnica Reflectancia Total Atenuada (FTIR-ATR) en un espectrómetro FTIR (Thermo Cientific® modelo Nicolet iS10), equipado con un software OMNIC (Versión 7.0). 0,5 mL de cada solución fue colocada en el porta muestras (Cristal de Germanio), cada espectro fue registrado a partir del promedio de 180 barridos con una resolución de 4 cm<sup>-1</sup> en la región del infrarrojo medio (4000-400 cm<sup>-1</sup>). Para suprimir interferencia ambiental se realizó un background previa a la colecta de cada espectro .

### *Análisis quimiométrico de espectros FTIR*

Los datos espectrales fueron procesados con el software OMNIC 7, transformados a su segunda derivada, este procedimiento matemático permite corregir la línea base, separar picos sobrepuestos y suprimir ruido. Los picos representativos fueron seleccionados, codificados y asociados a grupos funcionales. La Regresión Lineal fue utilizada para estimar modelos lineales, para ajustar y validar las concentraciones de las soluciones de conidios a las muestras previamente cuantificadas.

## Resultados

Los microorganismos *Alternaria solani* y *Mycovellosiella fulva* fueron identificados por sintomatología de infección de tizón temprano y moho gris. El primero se observó al microscopio en preparaciones permanentes como conidióforos simples de color verde olivo a café, solitarios con septas transversales y longitudinales (dictiospora), de forma ovoide u ovalada y con superficie lisa. Para el segundo en preparaciones permanentes se observó en colonias de consistencia aterciopela de color verde oliváceo, conidióforos ramificados, constreñidos en la base y ápice más ancho, conidios ovoides, cilíndricos e irregulares, en ocasiones alimonados, de una a dos células, conidios en cadenas de color verde oliváceo, esta información fue confirmada en base a la reportada por Agrios (1995).

La Figura 1, muestra los espectros FTIR característicos de *Alternaria solani* y *Mycovellosiella fulva* a lo largo de la región de estudio (400 – 4000 cm<sup>-1</sup>). Se observan diferencias y similitudes entre ambos debido a que cada espectro infrarrojo es considerado una verdadera huella dactilar, y es resultado de la absorción de todos los modos vibracionales de las moléculas que componen la célula (ADN, ARN, proteínas, lípidos, carbohidratos). La Figura 2, muestra la segunda derivada de los espectros característicos para ambos fitopatógenos en estudio. La conversión de los espectros originales a sus segundas derivadas se realizó para obtener la ubicación exacta del pico y poder definir con mayor confiabilidad los grupos funcionales asociados al material en estudio.

La Tabla 1, muestra para *A.s* y *Mf* las características espectrales como segunda derivada. Las frecuencias de interés fueron tomadas de las regiones del espectro y asignado su modo vibracional que le corresponde a lo mencionado por Naumann, (2000), Shapaval *et al.*, (2012) y Salman *et al.*, (2012) quienes proponen la integración de grupos, ejemplos: el enlace O-H, y N-H, en 3600-3000 cm<sup>-1</sup>, enlaces C-H y enlace N-H de proteínas 3000-2800 cm<sup>-1</sup>, enlace C=O de ésteres y grupos carboxilo, amida I y II de proteínas 1800-1650 cm<sup>-1</sup>, enlace P-O de grupos fosfato y enlace C-H (1500-1200 cm<sup>-1</sup>).

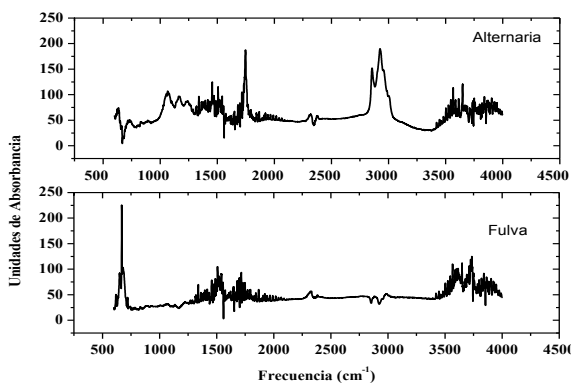


Figura 1. Espectro FTIR de *Alternaria solani* y *Mycellospora fulva*

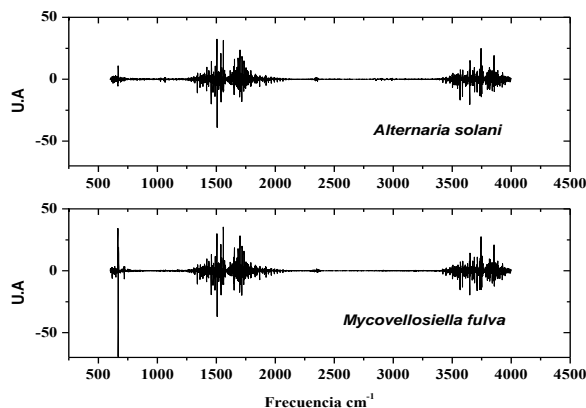


Figura 2. Segunda derivada de los espectros característicos de *Alternaria* y *Fulva*

La figura 3 y 4, muestra ejemplos de ventanas espectrales realizadas para una ubicación exacta de cada pico sobresaliente a lo largo de la región de estudio delimitada.

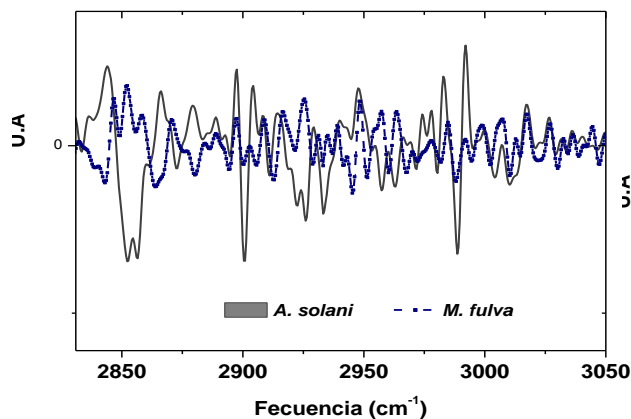


Figura 3. Ventana espectral de segunda derivada para ambos fitopatógenos en la región 2850 a 3050  $\text{cm}^{-1}$

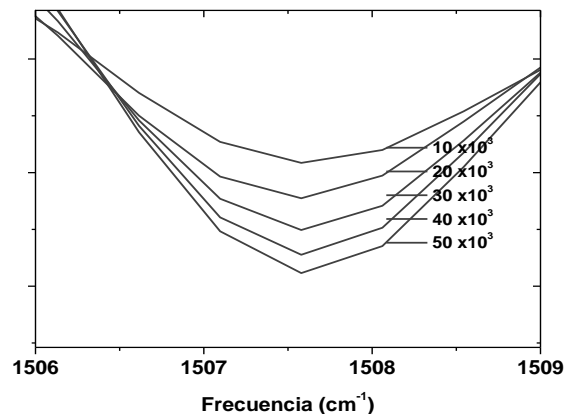


Figura 4. Ventana espectral de segunda derivada de *A. solani* para ubicación precisa de un pico.

Tabla 1. Caracterización de cada pico espectral encontrado

| Frecuencia $\text{cm}^{-1}$ | Grupo funcional  | Modo vibracional | <i>A.s</i> | <i>M.f.</i> | Frecuencia $\text{cm}^{-1}$ | Grupo funcional | Modo vibracional | <i>A.s</i> | <i>M.f.</i> |
|-----------------------------|------------------|------------------|------------|-------------|-----------------------------|-----------------|------------------|------------|-------------|
| 668                         | C-H,             | deformación      | No         | Si          | 1703                        | C=O             | tensión          | SI         | Si          |
| 1340                        | Amida III        | proteína         | Si         | No          | 1716                        | C=O             | tensión          | Si         | Si          |
| 1457                        | CH <sub>2</sub>  | deformación      | Si         | Si          | 1732                        | C=O             | str              | Si         | No          |
| 1488                        | O-H              | deformación      | Si         | Si          | 1749                        | C=O             | str              | Si         | No          |
| 1508                        | NH <sub>3</sub>  | tensión          | Si         | Si          | 3567                        | O - H           | str              | Si         | Si          |
| 1540                        | N-H              | tensión          | Si         | Si          | 3586                        | O - H           | str              | Si         | No          |
| 1557                        | Amida II         |                  | Si         | No          | 3648                        | NH              | tensión          | Si         | Si          |
| 1562                        | Amida II         |                  | Si         | No          | 3710                        | NH              | tensión          | No         | Si          |
| 1650                        | C=O              | Tensión          | Si         | Si          | 3735                        | NH              | tensión          | Si         | Si          |
|                             | $\alpha$ -helice | Amida I de       |            |             |                             |                 |                  |            |             |
| 1687                        |                  | proteína         | Si         | No          | 3741                        | NH              | tensión          | Si         | No          |
| 1698                        | C=O              | Antiparalelo     | Si         | Si          | 3747                        | NH              | tensión          | Si         | Si          |
|                             | Amida I          |                  |            |             |                             |                 |                  |            |             |

Tlaba 2. Lecturas registradas como segunda derivada de espectros FTIR de fitopatógenos a diferentes concentraciones ensayadas

| Tabla 2. Espectros Registrados como Segunda Derivada de Espectros de A. solani |   |                    |                    |                    |                    |                | Tabla 3. Espectros Registrados como Segunda Derivada de Espectros de M. fulva  |   |                   |                   |                   |                   |                |
|--|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Frecuencia<br>(cm <sup>-1</sup> )  | Concentración de <i>Alternaria solani</i> |                    |                    |                    |                    | R <sup>2</sup> | Frecuencia<br>(cm <sup>-1</sup> )  | Concentración de <i>Mycovellosiella fulva</i> |                   |                   |                   |                   | R <sup>2</sup> |
|  | 10x10 <sup>3</sup>                        | 20x10 <sup>3</sup> | 30x10 <sup>3</sup> | 40x10 <sup>3</sup> | 50x10 <sup>3</sup> |                |  | 5x10 <sup>5</sup>                             | 6x10 <sup>5</sup> | 7x10 <sup>5</sup> | 8x10 <sup>5</sup> | 9x10 <sup>5</sup> |                |
| 1340   | -418                                      | -576               | -707               | -843               | -932               | 0,992          | 668  | -1057   | -2379             | -3772             | -4351             | -5331             | 0,971          |
| 1457   | -634                                      | -920               | -1105              | -1137              | -1339              | 0,941          | 1457   | -292  | -440              | -601              | -907              | -1209             | 0,996          |
| 1488   | -463                                      | -653               | -775               | -924               | -1002              | 0,982          | 1488   | 53  | 117               | 162               | 216               | 284               | 1,000          |
| 1508   | -914                                      | -1226              | -1505              | -1723              | -1884              | 0,984          | 1508   | -280  | -586              | -874              | -1191             | -1480             | 0,999          |
| 1562   | -274                                      | -423               | -462               | -546               | -527               | 0,843          | 1698   | -451  | -794              | -1069             | -1385             | -1681             | 0,998          |
| 1650   | -388                                      | -510               | -625               | -763               | -753               | 0,935          | 1703   | -293  | -551              | -749              | -950              | -1186             | 0,999          |
| 1687   | -434                                      | -619               | -705               | -857               | -869               | 0,941          | 1716   | -377  | -727              | -1034             | -1321             | -1655             | 0,999          |
| 1698   | -625                                      | -866               | -1002              | -1186              | -1173              | 0,917          | 3648   | -372  | -640              | -932              | -1196             | -1452             | 0,995          |
| 1703   | -439                                      | -625               | -732               | -870               | -854               | 0,908          | 3710   | -180  | -321              | -482              | -600              | -796              | 0,999          |
| 1716   | -795                                      | -1082              | -1306              | -1537              | -1562              | 0,947          | 3735   | -193  | -419              | -634              | -880              | -1123             | 0,991          |
| 1732   | -380                                      | -473               | -553               | -677               | -648               | 0,905          | 3741   | -322  | -622              | -848              | -1043             | -1239             | 1,000          |
| 1749   | -361                                      | -514               | -667               | -627               | -786               | 0,892          | 3747   | -310  | -543              | -757              | -987              | -1222             | 0,979          |
| 3566   | -627                                      | -845               | -1060              | -1250              | -1317              | 0,972          | La regresión lineal para cada frecuencia se muestra a través de los coeficientes de determinación R <sup>2</sup> . En <i>A. solani</i> se resalta una amplia diversidad mientras que en <i>M. Fulva</i> son altamente ajustables a modelos lineales. Esta información permite seleccionar una gran cantidad de frecuencias, que si el investigador carece de experiencia es fácilmente puede emitir un análisis erróneo. |   |                   |                   |                   |                   |                |
| 3586   | -314                                      | -415               | -486               | -590               | -662               | 0,996          |  |   |                   |                   |                   |                   |                |
| 3648   | -699                                      | -980               | -1252              | -1503              | -1525              | 0,948          |  |   |                   |                   |                   |                   |                |
| 3735   | -560                                      | -707               | -877               | -959               | -997               | 0,944          |  |   |                   |                   |                   |                   |                |
| 3741   | -544                                      | -749               | -969               | -1141              | -1192              | 0,963          |  |   |                   |                   |                   |                   |                |
| 3747   | -387                                      | -544               | -655               | -794               | -784               | 0,926          |  |   |                   |                   |                   |                   |                |

Los datos registrados son todos negativos debido a que los picos originales representan un máximo en la transformación como segunda derivada. A partir de la información registrada, se aplicó la regresión lineal como técnica estadística para ajustar los modelos predictores que caracterizar a cada microorganismo a lo largo de las frecuencias seleccionadas. Los más representativos fueron:  $AL_{1508} = 719.44 + 0.0244 \times Cn$  ( $R^2=0.98$ );  $AL_{3566} = 484.28 + 0.0179 \times Cn$  ( $R^2=0.97$ ); para MF fueron  $MF_{1508} = 1220.84 + 0.0030 \times Cn$  ( $R^2=0.99$ );  $MF_{1698} = 1058.91 + 0.0031 \times Cn$  ( $R^2=0.99$ ).

Un aspecto de fundamental importancia para la identificación de poblaciones patógenas por este método es el desarrollo de bases de datos constituidas por espectros de cepas de referencia. Los espectros contenidos en una base de datos son obtenidos mediante protocolos estrictamente estandarizados en lo referente a las condiciones de cultivo y de medida, y deben ser capaces de comprender las variaciones intrínsecas de la diversidad y heterogeneidad encontrada en las poblaciones bajo estudio.



### Conclusiones

De las características encontradas Alternaria es un fitopatógeno que muestra mayor contenido de lípidos en su estructura de la membrana celular, es evidente que la estructura de su pared celular es más compleja que *Mycovellosiella fulva*. Cada especie de hongos y bacterias tienen una composición compleja en su membrana de pared celular debido a las proteínas y sus estructuras secundarias, ácidos nucleicos, lípidos, carbohidratos, lipopolisacáridos que la componen, lo cual proporciona un huella dactilar única producto de las interacciones vibracionales. Además, cada bacteria puede tener un único espectro característico, y un simple microorganismo puede ser identificado a partir de un espectro FT-IR con una rapidez que se requiere para tomar decisiones correctas y hacer un buen control.

### Referencias

- Agrios G.N. (1995). Fitopatología, 2a.ed.México. Uthea, 838p.
- Erukhimovitch V., Tsrer L., Hazanovsky M., Talyshinsky M., Mukmanov I., Souprun Y. and Huleihel M. (2005). Identification of fungal phytopathogens by Fourier-transform infrared (FTIR) microscopy. Journal of Agricultural Technology 1 (1) : 145-152.
- Fischer G., Braun S., Thissen R. and Dott W. (2006). FTIR spectroscopy as a tool for rapid identification and intra-species characterization of airborne filamentous fungi. Journal Microbiology Methods, 64, 63–77.
- Hahn, F. (2002). Fungal spore detection on tomatoes using spectral Fourier signatures. Journal Biosystems Engineering 81, 249–259.
- Naumann D. Meyers R.A (Editor.). (2000). Infrared Spectroscopy in Microbiology. Encyclopedia of Analytical Chemistry. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp. 102–131.
- Salman a, L. Tsrer b, A. Pomerantz d, R. Morehc, S. Mordechai c,\* and M. Huleihel d. (2010). FTIR spectroscopy for detection and identification of fungal phytopathogenes. Spectroscopy 24, 261–267.
- Santos C., Fraga M.E., Kozakiewicz S., Lima N. (2010). Fourier transform infrared as a powerful technique for the identification and characterization of filamentous fungi and yeasts. Research in Microbiology 161 (2010) 168-175.
- Shapaval V., Schmitt J., Møretø T., Suso H.P., Skaar I., Asli A.W., Lillehaug D., and Kohler A. (2012). Characterization of food spoilage fungi by FTIR Spectroscopy. Journal of Applied Microbiology, 114, 788-796.

# Un nuevo observador de orden reducido para la sincronización de sistemas caóticos no lineales: una aplicación para comunicaciones seguras

M.I. Joel Castro Ramírez<sup>1</sup>, Dr. Juan Crescenciano Cruz Victoria<sup>2</sup>,  
Dr. José Oscar Zarate Corona<sup>3</sup> y Dr. Julio Cesar Valdez Ahuatzi<sup>4</sup>

**Resumen**— Los sistemas caóticos y su sincronización mediante observadores se han utilizado en la criptografía y comunicaciones seguras por un tiempo (ver las obras de Li 2002 y Cuomo 1993). Cualquier señal oculta en la dinámica caótica es incomprensible para el intruso. La información inmersa en un sistema parcialmente conocido puede ser recuperada usando un observador con el fin de reconstruir estimaciones de los estados desconocidos. En esta obra, el nuevo observador de orden reducido  $PI'$  se sintetiza en el marco del álgebra diferencial. Las estimaciones de los estados es la clave para recuperar la información "Perdida" en la dinámica caótica.

**Palabras clave**— Observador de orden reducido  $PI'$ , Sincronización, Sistemas caóticos, Observabilidad Algebraica, Comunicaciones seguras.

## Introducción

Los sistemas caóticos tienen dinámicas no lineales complejas<sup>3</sup>, que son extremadamente sensibles a las condiciones iniciales, esto significa que aunque la descripción matemática de los sistemas caóticos es determinista, su comportamiento sigue siendo impredecible. Esto hace a los sistemas caóticos muy importantes en ciertas áreas de la ingeniería y la física, por ejemplo: comunicaciones seguras, teoría de control, y procesamiento de señales.<sup>4-8</sup>

La sincronización de sistemas caóticos se inició por Pecora y Carroll en 1990<sup>9</sup>. Varios métodos para el control y sincronización de sistemas caóticos se han propuesto, como el control robusto (LMI)<sup>10</sup>, control de modos deslizantes<sup>11</sup>, control  $H_\infty$ <sup>12</sup>, y control PD mejorado<sup>13</sup>.

La mayoría de estos métodos se basan en un control de realimentación de estado; Sin embargo, en muchas aplicaciones prácticas el vector de estado no es completamente medible. Por lo tanto, la reconstrucción de los estados que utilizan observadores u otros métodos como algoritmos de predicción de series de tiempo caóticas<sup>14</sup> es de suma importancia.

La principal contribución de este trabajo es la aplicación de un nuevo observador de orden reducido para estimar las variables de estado desconocido, con base en la condición de observabilidad algebraica. Este nuevo observador tiene algunas ventajas, tales como el error de estimación estándar, el tiempo de convergencia, y el rendimiento global del observador se pueden mejorar mediante la elección adecuada de las ganancias.

Por otro lado, en criptografía, el cifrado es el proceso de transformación de la información utilizando un algoritmo para que sea ilegible para cualquiera, excepto aquellos que poseen un conocimiento especial, normalmente se conoce como una clave. El resultado del proceso es la información cifrada<sup>1,15-17</sup>. El proceso inverso se denomina como el descifrado de información<sup>18</sup>. Para reconstruir la señal encriptada usando caos es necesario conocer la dinámica del sistema que genera la señal caótica. Una señal encriptada por caos sólo puede ser reconstruida si conocemos la clave (estados del sistema maestro o estimaciones muy cercanas)<sup>2, 19-21</sup>. En este trabajo, aplicamos la sincronización denominada maestro-esclavo para asegurar las comunicaciones con información confidencial.<sup>5,17,22</sup>

## Resultados Principales

Antes de proponer el observador de orden reducido, se da una definición en relación con la condición de observabilidad algebraica.

<sup>1</sup> M.I. Joel Castro Ramírez es Estudiante de la Universidad Politécnica de Tlaxcala No.1, San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco, Tlaxcala, C.P. 90180, México. [ingcastro.7@gmail.com](mailto:ingcastro.7@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El Dr. Juan Crescenciano Cruz Victoria es Profesor de Posgrado en Ingeniería e Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Tlaxcala No.1, San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco, Tlaxcala, C.P. 90180, México. [juancrescenciano.cruz@uptlax.edu.mx](mailto:juancrescenciano.cruz@uptlax.edu.mx)

<sup>3</sup> El Dr. José Oscar Zarate Corona es Profesor de Posgrado en Ingeniería e Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Tlaxcala No.1, San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco, Tlaxcala, C.P. 90180, México. [oscar.zarate@uptlax.edu.mx](mailto:oscar.zarate@uptlax.edu.mx)

<sup>4</sup> El Dr. Julio Cesar Valdez Ahuatzi es Profesor de Posgrado en Ingeniería e Ingeniería en Tecnologías de la Información en la Universidad Politécnica de Tlaxcala No.1, San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco, Tlaxcala, C.P. 90180, México. [juliocesar.valdez@uptlax.edu.mx](mailto:juliocesar.valdez@uptlax.edu.mx)

### Condición de Observabilidad Algebraica

Considere el sistema no lineal descrito por las siguientes ecuaciones dinámicas:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x), \\ y &= h(x),\end{aligned}\quad (1)$$

Donde  $f \in \mathbb{R}^n$  es continuamente diferenciable y satisface  $x(0) = x_0, x = (x_1, \dots, x_n)^T \in \mathbb{R}^n$  es un vector de estado y en este caso  $y$  denota la salida del sistema (la medida que podemos obtener),  $h: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^p$  es una función continua y  $1 \leq p \leq n$ .

**Definición 1.** El sistema (1) se dice que es algebraicamente observable si el vector se puede expresar como

$$\eta_i = \phi_i(y, \dot{y}, \ddot{y}, \dots, y^{(q)}), \quad (2)$$

Donde  $\phi_i: \mathbb{R}^{(q+1)} \rightarrow \mathbb{R}$ .

La condición anterior se denominará condición de observabilidad algebraica (AOC).<sup>23</sup>

Considere el sistema dado por (1). El estado conocido del sistema se puede incluir en una nueva variable  $\eta(x)$  y el sistema aumentado puede ser considerado en lugar de la original como sigue:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= f(x, \eta(x)), \\ \dot{\eta}(t) &= \Delta(x), \\ y(t) &= h(x),\end{aligned}\quad (3)$$

Donde  $\Delta(x)$  es una función en términos de los estados. El problema ahora es construir la variable del vector  $\eta(x)$  y, una vez que se conoce, determinar el valor del estado deseado.

El observador propuesto (esclavo del sistema) está dada por

$$\dot{\hat{\eta}} = \sum_{j=0}^r K_j (\eta_i^{(-j)} - \hat{\eta}_i^{(-j)}), \quad (4)$$

$$y_{\hat{\eta}} = \hat{\eta}, \quad (5)$$

Para  $p + 1 \leq i \leq n$  donde  $\hat{\eta}_i$  es el estado,  $y_{\hat{\eta}}$  denota la salida enésima del sistema esclavo y las ganancias  $K_j = (j = 0, 1, \dots, r)$  serán seleccionadas con el fin de cumplir las condiciones de estabilidad para el observador.

El índice  $(-j)$  implica la integración de las variables  $j$  veces.

Dado el sistema maestro (3) y el sistema de esclavo (4), algunas condiciones se deben determinar, de forma que, se pueda lograr la sincronización.

Vamos a suponer que las siguientes hipótesis se cumplen:

### Hipótesis

H1:  $\eta_i(x)$  es algebraicamente observable (Definición 1)

H2: la variable auxiliar  $\gamma$  es  $\mathbb{C}^1$  la función real-estimada.

H3:  $\Delta_i(x)$  es acotada, i.e.,  $\|\Delta_i(x)\| \leq M_i, 0 < M_i < \infty$ .

Entonces la sincronización del sistema esclavo con el sistema maestro puede ser garantizada.

La siguiente ecuación representa la dinámica del estado desconocido:

$$\dot{\eta}(t) = \Delta(x) \quad (6)$$

El error de sincronización está definido como

$$e_i = y_{n_i} - y_{\hat{\eta}_i} = \eta_i - \hat{\eta}_i \quad (7)$$

Ahora se establecerá una prueba para el análisis de la estabilidad del error.

**Prueba.** El observador propuesto se da en (4). Definiendo del error de estimación como en (7), entonces

$$\dot{e}_i = \dot{\eta}_i - \dot{\hat{\eta}}_i \quad (8)$$

Sustituyendo (4) en (8) se obtiene la siguiente ecuación para la dinámica del error:

$$\dot{e}_i = \dot{\eta}_i - \sum_{j=0}^r K_j (\eta_i^{(-j)} - \hat{\eta}_i^{(-j)}) \quad (9)$$

$$\dot{\eta}_i = \dot{e}_i - \sum_{j=0}^r K_j (\eta_i^{(-j)} - \hat{\eta}_i^{(-j)}) \quad (10)$$

Tomando la transformada de Laplace en ambos lados de la ecuación (10)

$$\mathcal{L}\{\dot{\eta}_i\} = E_i(s)[s + K_0 + K_1s^{-1} + \dots + K_rs^{-r}] - e_i(0) \quad (11)$$

$$s^r[\mathcal{L}\{\dot{\eta}_i\} + e_i(0)] = E_i(s)[s^{r+1} + K_0s^r + K_1s^{r-1} + \dots + K_r] \quad (12)$$

Si sabemos que

$$\mathcal{L}\{\dot{\eta}_i\} = \mathcal{L}\{\Delta_i\} = \int_0^\infty \Delta_i e^{-st} dt \leq \int_0^\infty |\Delta_i| e^{-st} dt \leq M \int_0^\infty e^{-st} dt \quad (13)$$

Entonces

$$\|E_i(s)[s^{r+1} + K_0s^r + K_1s^{r-1} + \dots + K_r]\| \leq \|s^r[\frac{M}{s} + |e_i(0)|]\| \quad (14)$$

Finalmente

$$\|E_i(s)\| \leq \|\frac{s^{r-1}M}{P_i(s)}\| + \|\frac{e_i(0)}{P_i(s)}\| \quad (15)$$

Donde  $P_i(s) = s^{(r+1)} + K_0s^r + K_1s^{(r-1)} + \dots + K_r$

Los valores de  $K_j$ ,  $j = 0, 1, \dots, r$  se eligen, tal que,  $P_i(s)$  es estable, i.e. la norma del error puede ser reducida con la apropiada selección de las ganancias  $K_j$ .

Observación 1. Si la condición de observabilidad algebraica de la variable de estado se expresa en términos de derivadas secuenciales a partir de la salida de los cuales son desconocidos, entonces es necesario introducir una variable artificial (cuando sea posible) con el fin de evitar el uso de tales derivadas.

### Sincronización del Sistema Caótico

Considere el sistema caótico Sundarapandian-Pehlivan descrito por el siguiente conjunto de ecuaciones diferenciales:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= ax_2 - x_1, \\ \dot{x}_2 &= -bx_1 - x_3 \\ \dot{x}_3 &= cx_3 + x_1x_2^2 - x_1 \end{aligned} \quad (16)$$

Donde  $x_1, x_2, x_3$  son los estados y  $a, b, c$  son constantes, positivas, parámetros del sistema.

El sistema (16) tiene totalmente siete términos en el lado derecho con una no linealidad cúbica. Los valores típicos de los parámetros son  $a = 1, b = 0.46, c = 0.46$ .

Estos valores son parámetros del sistema y provocan el comportamiento caótico del mismo.

En el esquema de sincronización clásica, se supone que el sistema de (16) se ejecuta al final transmisor y el estado  $x_1$  (salida del sistema) se envía al receptor a través de canal de comunicación como la señal de sincronización.<sup>9</sup>

En nuestro caso  $\eta_2 = x_2$  y  $\eta_3 = x_3$ .

La hipótesis H1 se satisface.

$$\eta_2 = \frac{1}{a}(\dot{x}_1 + x_1), \quad a > 0 \quad (17)$$

De la misma manera para  $\eta_3$ , tenemos

$$\eta_3 = -bx_1 - \dot{x}_2 \quad (18)$$

Reemplazamos  $\dot{x}_2$  en (18) entonces  $\eta_3$ , satisface AOC.

$$\eta_3 = -bx_1 - \frac{1}{a}(\dot{x}_1 + \dot{x}_1), \quad a > 0 \quad (19)$$

El observador para  $\dot{x}_2$  diseñado es el siguiente.

$$\dot{\hat{\eta}}_2 = k_0(\frac{\dot{x}_1 + x_1}{a} - \hat{\eta}_2) + k_1 \int (\frac{\dot{x}_1 + x_1}{a} - \hat{\eta}_2) dt \quad (20)$$

Haciendo un cambio de variable

$$\gamma_2 = \hat{\eta}_2 - \frac{k_0}{a}x_1 \Rightarrow \dot{\eta}_2 = \gamma_2 + \frac{k_0}{a}x_1 \quad (21)$$

Finalmente obtenemos

$$\dot{\gamma}_2 = k_0(\frac{x_1}{a} - [\gamma_2 + \frac{k_1}{a}x_0]) + \frac{k_1}{a}x_1 + k_1 \int (\frac{x_1}{a} - [\gamma_2 + \frac{k_0}{a}x_1]) dt \quad (22)$$

El observador de  $\dot{x}_3$  se da como sigue:

$$\dot{\hat{\eta}}_3 = k_0(-bx_1 - \frac{1}{a}(\dot{x}_1 + \dot{x}_1) - \hat{\eta}_3) + k_1 \int (-bx_1 - \frac{1}{a}(\dot{x}_1 + \dot{x}_1) - \hat{\eta}_3) dt \quad (23)$$

Haciendo el cambio de variable como en (22) y sustituyendo en (23) obtenemos

$$\dot{\gamma}_3 = k_0(-bx_1 - \frac{1}{a}\dot{x}_1 - \gamma_3 + \frac{k_0}{a}\dot{x}_1) - \frac{k_1}{a}\dot{x}_1 - \frac{k_1}{a}x_1 + k_1 \int (-bx_1 - \gamma_3 + \frac{k_0}{a}\dot{x}_1)dt \quad (24)$$

Ya que siguen existiendo derivadas es necesario hacer un segundo cambio de variable

$$\beta_3 = \gamma_3 + \frac{k_0}{a}x_1 - \frac{k_0^2}{a}x_1 + \frac{k_1}{a}x_1 \Rightarrow \gamma_3 = \beta_3 - \frac{k_0}{a}x_1 + \frac{k_0^2}{a}x_1 - \frac{k_1}{a}x_1 \quad (25)$$

Por último, la ecuación del observador está dada por

$$\begin{aligned} \dot{\beta}_3 = k_0 \left( -bx_1 - \left[ \beta_3 - \frac{k_0}{a}x_1 + \frac{k_0^2}{a}x_1 - \frac{k_1}{a}x_1 \right] \right) - \frac{k_1}{a}x_1 + \frac{k_0k_1}{a}x_1 + \\ k_1 \int (-bx_1 - [\beta_3 - \frac{k_0}{a}x_1 + \frac{k_0^2}{a}x_1 - \frac{k_1}{a}x_1])dt \end{aligned} \quad (26)$$

Este sistema de ecuaciones asegura la sincronización del caos como en la Figura 1.

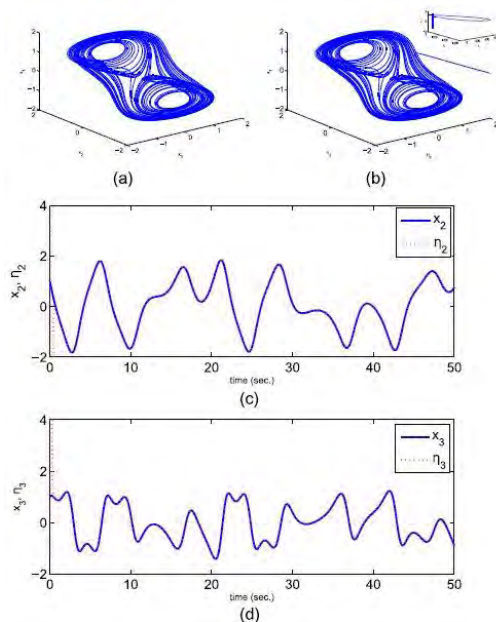


Figura 1. Sincronización del sistema caótico Sundarapandian, (a) espacio  $x_3 - x_2 - x_1$ , (b)  $\eta_3 - \eta_2 - \eta_1$ , (c),(d) la convergencia de las estimaciones  $\eta_2$  y  $\eta_3$  a los estados  $x_2$  y  $x_3$ .

### El Observador $PI^r$ Actuando En Comunicaciones Seguras

En esta parte, se aplica la sincronización del sistema caótico Sundarapandian y el observador  $PI^r$  para las comunicaciones seguras.

La dinámica del sistema maestro se utiliza en el proceso de encriptación de datos; esto permite enmascarar la información, la adición o la mezcla de señales y datos que el usuario desea ocultar.

El rendimiento del observador es la clave para descifrar la información, ya que una estimación inexacta de los estados podría generar errores en el mensaje recuperado. La representación de proceso de cifrado se muestra en la Figura 2, donde  $x_i$  puede ser  $x_2$  o  $x_3$  del sistema maestro y  $x_1$  es salida (estado medible).

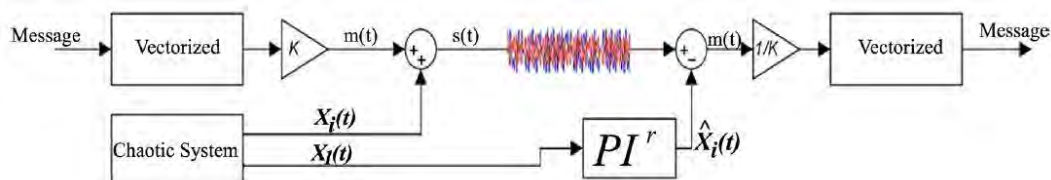


Figura 2. Diagrama de bloques de comunicación (transmisión del mensaje).

### El Algoritmo de Cifrado y Descifrado

A continuación se describe el proceso llevado a cabo para el cifrado de datos.

El algoritmo de cifrado se puede resumir como:

Paso 1. Inicio.

Paso 2. Se generan vectores caóticos y se normalizan utilizando los "estados desconocidos" del sistema maestro.

Paso 3. Mensaje (texto o imagen) se importa y se vectoriza. (a) La imagen se divide en sus 3 niveles de RGB y se concatenan para formar un único vector. (b) El texto se transforma en Código ASCII.

Paso 4. El vector mensaje se multiplicándolo por una constante pequeña ( $k$ ) y se agrega a los vectores caóticos.

Paso 5. La resultante de esta adición es el mensaje enmascarado (texto y / o imagen).

Datos enmascarados deben ser enviados a través de algún protocolo de comunicación. Además, el estado  $x_1$  conocido también ha de ser enviado con el fin de estimar los estados  $x_2$  y  $x_3$  por medio del observador  $PI^r$ .

Algoritmo de descifrado se puede resumir como sigue.

Paso 1. Inicio.

Paso 2. Se estima  $x_2$  y  $x_3$ , se obtienen utilizando  $x_1$  y el observador  $PI^r$ .

Paso 3. De las estimaciones se obtiene un vector caótico que se normaliza.

Paso 4. Las estimaciones de  $x_2$  y  $x_3$  se restan a los mensajes enmascarados.

Paso 5. La resultante se multiplica por el inverso de la constante seleccionada ( $1/k$ ) y se recupera el mensaje. (a) Para la imagen: El vector mensaje recuperado se transforma en 3 niveles RGB matrices que se utilizan para reconstruir la imagen original. (b) El texto: código ASCII se transforma en código alfanumérico.

Se ha de señalar que el algoritmo presentado en los párrafos anteriores se puede modificar fácilmente, por ejemplo, por medio de operaciones lógicas como el XOR, la combinación de filas y columnas de una imagen utilizando los datos caóticos, el envío de una parte del mensaje en  $x_2$  y por otra parte, en  $x_3$ , etc. Una cosa en común de estos enfoques es el uso del observador para estimar los estados necesarios.

En la Figura 4, se muestra un texto descifrado, teniendo en cuenta, que se agrega un espacio en blanco para el tiempo de convergencia del observador. Finalmente, se muestran pruebas de cifrado con una imagen a color, en la Figuras 5.

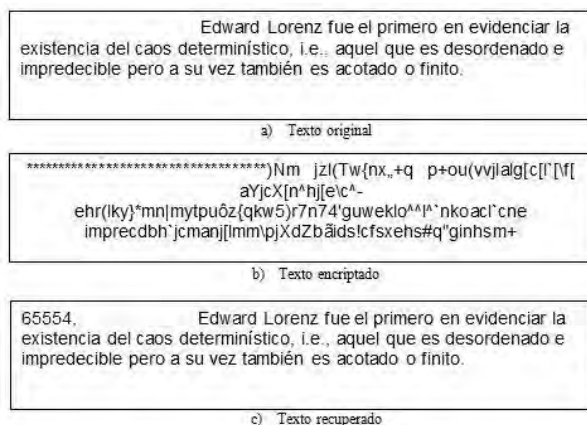


Figura 4. Texto encriptado y recuperado

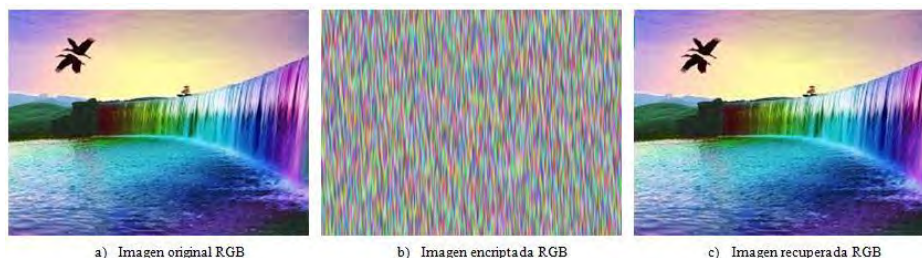


Figura 5. Imagen (RGB) encriptada y recuperada



## Conclusión

En este trabajo se analiza el problema de sincronización de sistemas caóticos no lineales parcialmente conocidos. Para resolver este problema, se presenta un nuevo observador, desarrollado bajo el marco del álgebra diferencial. El observador *PI* se aplicó a sistema caótico Sundarapandian y la eficacia del observador se muestra por medio de simulaciones numéricas y la recuperación de datos cifrados (señales, texto e imágenes).

## Referencias

- <sup>1</sup>X. Z. S. Li, "Cryptanalysis of a chaotic image encryption method," in Proceedings of the IEEE International Symposium on circuits and systems, Scottsdale, AZ, USA, 2002.
- <sup>2</sup>K. Cuomo, A. Oppenheim, and S. H. Strogatz, "Synchronization of Lorenz-based chaotic circuits with applications to communications," IEEE Trans. Circuits Syst. II 40, 626–633 (1993).
- <sup>3</sup>V. Sundarapandian and I. Pehlivan, "Analysis, control, synchronization, and circuit design of a novel chaotic system," Math. Comput. Modell. 55, 1904–1915 (2012).
- <sup>4</sup>A. Loria, E. Panteley, and A. Zavala-Rio, "Adaptive observers with persistency of excitation for synchronization of chaotic systems," IEEE Trans. Circuits Syst. I 56, 2703–2716 (2009).
- <sup>5</sup>L. Gámez-Guzmán, C. Cruz-Hernández, R. M. López-Gutiérrez, and E. E. Garcia-Guerrero, "Synchronization of multi-scroll chaos generators: Application to private communication," Rev. Mex. Fis. 54, 299–305 (2008).
- <sup>6</sup>M. W. L. Huang and R. Feng, "Synchronization of chaotic systems using generalized active network," Phys. Lett. A 320, 271–275 (2004).
- <sup>7</sup>H. Chen, "Global chaos synchronization of new chaotic systems via nonlinear control," Chaos, Solitons Fractals 23, 1245–1251 (2005).
- <sup>8</sup>J. L. J. Lu and X. Wu, "Adaptive feedback synchronization of a new unified chaotic system," Phys. Lett. A 329, 327–333 (2004).
- <sup>9</sup>L. M. Pecora and T. L. Carroll, "Synchronization in chaotic systems," Phys. Rev. Lett. 64, 821–824 (1990).
- <sup>10</sup>F. Chen and W. Zhang, "LMI criteria for robust chaos synchronization of a class of chaotic systems," Nonlinear Anal.: Theory, Methods Appl. 67, 3384–3393 (2007).
- <sup>11</sup>S. Dadras and H. R. Momeni, "Control uncertain genesiotesi chaotic system: Adaptive sliding mode approach," Chaos, Solitons Fractals 42, 3140–3146 (2009).
- <sup>12</sup>C. K. Ahn, S.-T. Jung, S.-K. Kang, and S.-C. Joo, "Adaptive synchronization for uncertain chaotic systems with external disturbance," Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul. 15, 2168–2177 (2010).
- <sup>13</sup>C. Yin, S.-M. Zhong, and W.-F. Chen, "Design PD controller for masterslave synchronization of chaotic Lure systems with sector and slope restricted nonlinearities," Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul. 16, 1632–1639 (2011).
- <sup>14</sup>F. Hamilton, T. Berry, and T. Sauer, "Predicting chaotic time series with a partial model," Phys. Rev. E 92, 010902 (2015).
- <sup>15</sup>L. Shujun, M. Xuanqin, and C. Yuanlong, "Pseudo-random bit generator based on couple chaotic systems and its applications in stream-cipher cryptography," in Progress in Cryptology—INDOCRYPT (Springer, 2001), pp. 316–329.
- <sup>16</sup>N. K. Pareek, V. Patidar, and K. K. Sud, "Discrete chaotic cryptography using external key," Phys. Lett. A 309, 75–82 (2003).
- <sup>17</sup>G. Alvarez and S. Li, "Some basic cryptographic requirements for chaosbased cryptosystems," Int. J. Bifurcation Chaos 16, 2129–2151 (2006).
- <sup>18</sup>A. Sinkov, Elementary Cryptanalysis: A Mathematical Approach (Mathematical Association of America, 1966).
- <sup>19</sup>N. Corron and D. Hahs, "A new approach to communications using chaotic signals," IEEE Trans. Circuits Syst. I 44, 373–382 (1997).
- <sup>20</sup>U. Feldmann, M. Hasler, and W. Schwarz, "Communication by chaotic signals: The inverse system approach," in Circuits and Systems, 1995. ISCAS'95., 1995 IEEE International Symposium on (1995), Vol. 1, pp.680–683.
- <sup>21</sup>C. Wu and L. O. Chua, "A simple way to synchronize chaotic systems with applications to secure communication systems," Technical Report (EECS Department, University of California, Berkeley, 1993).
- <sup>22</sup>J. D. L. M. Juan Ángel Rodríguez Lían, "Sincronización generalizada en orden reducido para sistemas caóticos," FIME-UANL XII(45), –f (2009).
- <sup>23</sup>R. Martinez-Guerra, J. Cruz-Victoria, R. Gonzalez-Galan, and R. Aguilar-Lopez, "A new reduced-order observer design for the synchronization of Lorenz systems," Chaos, Solitons Fractals 28, 511–517 (2006).

# Enfócate en la solución de los problemas actuales con creatividad e innovación

M.A. Jorge Cervantes Esquivel<sup>1</sup>

**Resumen**—En este artículo se describe el porqué es importante utilizar la metodología Design Thinking en el contexto social y se propone su utilización en estudiantes como una metodología probada en centros de educación e investigación actualmente, donde la aplicación sea no solo en entornos empresariales sino también sociales.

Se aplicó en estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco del séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial. En la actualidad varias asociaciones y escuelas han adoptado este concepto como estrategia de competencia para la innovación continua tanto en procesos industriales como en la enseñanza académica. De acuerdo a lo anterior, el estudio que se efectuó, arroja información en la que se demuestran los beneficios que las instituciones pueden realizar al implementar esta metodología como herramienta de enseñanza en las aulas.

**Palabras clave**—innovación, creatividad, design thinking y social.

## Introducción

En la actualidad la sociedad requiere atender problemáticas ambientales, sociales y económicas en temas como el empleo, salud, seguridad, alimentación, comercialización, entre otros; aunque es más común hablar de la innovación empresarial, ahora es necesario que se adquiera cada vez más importancia en que los estudiantes apliquen estas metodologías no solo en el ámbito empresarial sino en el entorno social en el que habitan.

Existen pocos aportes acerca de investigaciones realizadas en el contexto de innovación, según BID (2012) la innovación social se puede considerar como la era dorada, debido a que los retos de nuestro siglo requerirán fórmulas creativas para superar los inconvenientes en múltiples áreas que se han convertido en palos en la rueda del desarrollo sostenible. “Parece que los sectores claves de crecimiento de la economía del siglo XXI serán la salud, la educación, el medio ambiente y el cuidado del bienestar social, estas áreas representan alrededor del 20 % al 30 % del PIB mundial. En todos ellos se requieren modelos de innovación social”.

Actualmente la naturaleza cambiante que existe en todo el mundo demanda que cada vez todos pensemos en la palabra innovación ya que la mayoría no tiene suficiente conocimiento sobre los aportes que se han realizado a beneficio de la innovación social.

Las Empresas B o empresas híbridas se encuentran en el escalafón más alto de la cadena de valor social en el que confluyen las mejores prácticas de los sectores público, privado y social.

La razón de ser de las Empresas B se transforma y tiene como propósito crear un entorno favorable para la solución de problemas sociales y medioambientales.

La empresa B considera las utilidades como la herramienta para lograr sus objetivos y no como un fin en sí mismas. Constituye un vehículo de emprendimiento e innovación dentro del ecosistema empresarial, y persigue un triple impacto, Figura 1.

---

<sup>1</sup> M.A. Jorge Cervantes Esquivel es Profesor de Ingeniería en Gestión Empresarial en el Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco, Tlaxco, Tlaxcala. [jce1796@gmail.com](mailto:jce1796@gmail.com) (autor correspondiente)

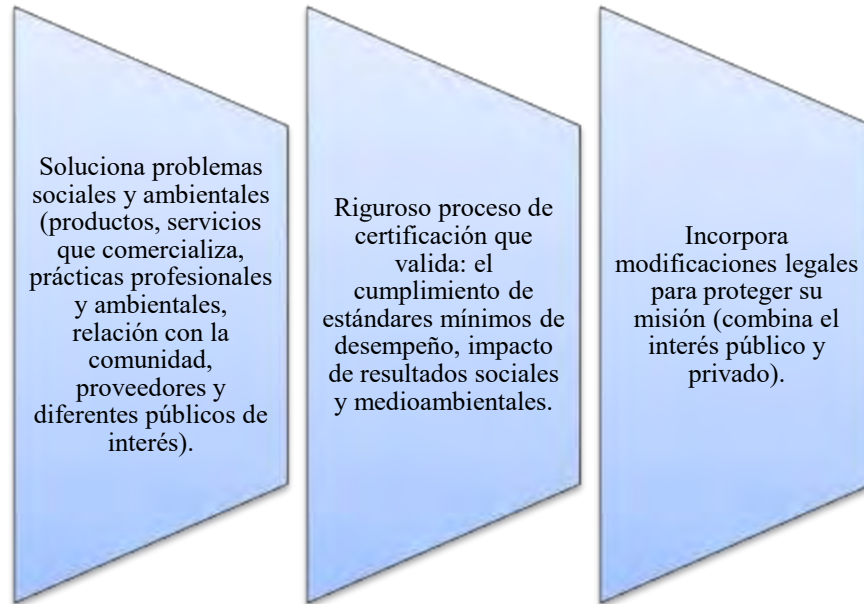


Figura 1. Triple impacto (Esquivel, 2016)

El Sistema B ofrece los siguientes beneficios específicos Figura 2:



Figura 2. Beneficios específicos del sistema B (Esquivel, 2016)

### Descripción del método

Tipo de investigación: documental y descriptiva.

La aplicación de la metodología se realizó con estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco del séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial que cursan la materia de Desarrollo de Nuevos Productos, el 80% de los estudiantes radican en los municipios del norte del Estado de Tlaxcala (Tetla de la Solidaridad, Atlangatepec y Tlaxco) y el 20% de otros municipios. El grupo se componía por 16 mujeres y 8 hombres.

Se formaron equipos de trabajo de 4 a 6 integrantes, con las siguientes observaciones en cada una de las fases de la metodología realizada Cuadro 1.

| Etapa             |  |
|-------------------|--|
| <b>Empatizar</b>  | Los alumnos mostraron disposición en esta etapa, aunque comúnmente piensan en el problema e inmediatamente ya están pensando en una solución, ya sea en un producto o servicio, en vez de profundizar acerca de lo que piensan y sienten las personas involucradas. La mitad de los integrantes de los equipos no efectuó esta fase como se indicó, inmediatamente la mayoría se fue a la solución del problema. |
| <b>Definir</b>    | Los equipos definieron el problema, pero continuaron pensando más en el producto o servicio que en la definición del mismo.  |
| <b>Idear</b>      | Los estudiantes se mostraron más participativos en esta etapa, aunque muy pocos aportaban ideas, se identificó cierta dificultad para generar ideas, aquí la creatividad se manifestó en muy pocos alumnos.  |
| <b>Prototipar</b> | En esta etapa existió mucha participación y colaboración al materializar su idea.  |
| <b>Probar</b>     | Los estudiantes mostraron interés en exponer sus prototipos y probarlos recabando información en esta fase.  |

Cuadro 1. Fases de la metodología (Esquivel, 2016)

Podemos decir que los estudiantes tuvieron dificultad para la primera fase, tienden a pensar en la materialización de la solución inmediatamente, así también en la definición del problema. Aunque se tuvo una participación entusiasta muchos de ellos tuvieron dificultad para generar ideas salvo aquellos que tuvieron cierta facilidad creativa en sus ideas para la solución del problema. El tipo de población es finita.

Por lo tanto esta metodología ayuda a que los estudiantes entiendan la importancia de la innovación, de igual manera deben aprender a observar de forma detallada todo su entorno para que sean capaces de identificar opciones de mejora para la solución de problemas sociales.

Con este tipo de metodologías los estudiantes y todos los actores involucrados, tienen diferentes puntos de vista ya que los que intervienen pueden ser de distintos perfiles profesionales; esto les ayuda a ampliar la visión de un problema a resolver desde distintos enfoques.

### Conclusión

**Primera:** Es necesario que la humanidad (p.e. estudiantes y empresarios) rompan el paradigma de pensamiento para la resolución de los problemas actuales. Podemos considerar que este tipo de metodologías es la esperanza de las nuevas generaciones.

**Segunda:** Es importante efectuar la creación de centros de innovación sociales en las instituciones para que los estudiantes formulen proyectos enfocados al bienestar social.

**Tercera:** Es elemental que los docentes se capaciten exclusivamente en áreas destinadas al bienestar social, para que posteriormente ellos transmitan esos conocimientos dentro de las aulas.

**Cuarta:** Si la mayoría de empresarios voltearan la vista a las cuestiones de innovación social el éxito empresarial empezara aumentar de forma considerable. Por eso la gran parte de las empresas deben de actuar y trabajar como las denominadas empresas B.

### Referencias bibliográficas

- BID. (2012). El fenómeno de las empresas B en América Latina - Redefiniendo el éxito empresarial - Banco Interamericano de desarrollo - Miembros del grupo BID. Fondo multilateral de inversiones, 64.
- Esquivel, J. C. (2016). Autoría propia.
- Martínez, J. S. (Noviembre de 2016). "DESIGN THINKING" (Pensamiento de Diseño) Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO MECÁNICO.
- Steinbeck, R. (2011). El «design thinking» como estrategia de creatividad en la distancia.

# Potabilización de agua por medio de un prototipo purificador solar

<sup>1</sup>Mtro. Benito Armando Cervantes Hernández<sup>1</sup>, Marcos Pedraza Pedraza <sup>2</sup>, Sergio Chávez Camacho<sup>3</sup>.

## Resumen

En todo el país, principalmente en zonas rurales la poca disponibilidad y potabilización del agua es uno de los grandes problemas en las comunidades, la mayor parte del agua que se consume proviene de acueductos, donde previamente fue tratada (potabilización) para hacerla adecuada al consumo humano. Sin embargo, la falta de purificación del agua proveniente de pozos, cisternas e incluso agua de lluvia para consumo humano tiene una carga microbiana que origina enfermedades de tipo gastrointestinal. Por lo que se propone un proceso para potabilizar agua por medio de un prototipo purificador solar, que permita obtener agua baja en sales y de una calidad sanitaria aceptable. Logrando esto con la combinación de temperatura y radiación solar dentro del purificador, como se comprueba con los resultados de los estudios fisicoquímicos y bacteriológicos efectuados al agua purificada.

**Palabras clave:** agua potable, energía solar, purificador solar, fisicoquímicos, bacteriológicos.

## Introducción

Hoy en día los recursos con los que contamos son finitos, además de que su aprovechamiento afecta seriamente a nuestro planeta. Por lo tanto es necesario utilizar otras fuentes de energía amigables con el ambiente, así se generan mayores beneficios para todos. Las fuentes de energía renovable son aquellas que tiene su origen natural y pueden usarse sin límites aparentes, puesto que su suministro es abundante e inagotable y las materias primas de donde se obtienen estas energías se pueden renovar, además de que son energías limpias y no emiten gases contaminantes o si lo hacen solo es en menores concentraciones que los combustibles fósiles y no generan residuos peligrosos.

La energía solar térmica es una fuente de energía renovable y, por tanto, inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en que se produce. (María & Rafael, 2009)

Para disponer de la energía que el Sol brinda al planeta es necesario tener en cuenta estos puntos: captación y concentración de la energía solar, transformación para sus utilización, almacenamiento, disposición de energía suplementaria, transporte de energía almacenada. (Madrid, 2009)

Como indica el primer principio de la termodinámica la energía ni se crea ni se destruye, por ello, la utilización de la energía del sol para producir electricidad o calor, no produce cambios sustanciales en el equilibrio de la tierra, por lo que se tiene una sostenibilidad energética. (María & Rafael, 2009)

Una de las aplicaciones de la energía solar es la potabilización de agua. Mediante las diversas variantes de esta técnica es posible producir agua potable a partir de agua contaminada. En general, los sistemas solares para la purificación de agua son capaces de eliminar la contaminación microbiana y la contaminación de sales disueltas.

La idea de la Desinfección Solar del Agua fue presentada por primera vez por Aftim Acra en un folleto publicado por UNICEF en 1984. (Acra, 1984)

Un equipo de investigación de EAWAG/SANDEC inició exhaustivos experimentos de laboratorio durante 1991, con el fin de evaluar el potencial de este método para inactivar bacterias y virus. La investigación de laboratorio reveló sinergias en la inactivación de microorganismos mediante el uso combinado de radiación UV-A (longitud de onda 320-400 nm) y un incremento en la temperatura del agua. Mediante tres efectos de la radiación solar: El UV-A interfiere directamente con el metabolismo y destruye estructuras de célula de bacterias, además reacciona con el oxígeno disuelto en el agua y produce formas muy reactivas de oxígeno, que destruyen también patógenos y la radiación infrarroja calienta el agua. Las pruebas de campo confirmaron este efecto que amplía significativamente el potencial de este método de desinfección del agua utilizando la energía solar, conocido como SODIS.

Posteriormente, EAWAG/SANDEC empezó la difusión mundial de SODIS con el fin de promover este método en áreas donde no se cuenta con agua segura. Desde 1999, se lanzaron iniciativas y actividades locales de aplicación de SODIS en varios países de América Latina, así como en Indonesia, Sri Lanka, India, Nepal, Pakistán, Uzbekistán, Kenya, Sudáfrica, Angola entre otros. (Meierhofer & Wegelin, 2003)

<sup>1</sup> Mtro. Benito Armando Cervantes Hernández es profesor investigador de tiempo completo asociado "C" en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, México. [arbench@uttlaxcala.edu.mx](mailto:arbench@uttlaxcala.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Marcos Pedraza Pedraza es alumno-colaborador del 5to. Cuatrimestre de la carrera de Procesos Industriales Área Manufactura de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, México. [marc\\_pedraza2@hotmail.com](mailto:marc_pedraza2@hotmail.com)

<sup>3</sup> Sergio Chávez Camacho alumno-colaborador del 5to. Cuatrimestre de la carrera de Procesos Industriales Área Manufactura de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, México. [sergio\\_sankum@hotmail.com](mailto:sergio_sankum@hotmail.com)



Actualmente existen infinidad de dispositivos para aprovechar la energía solar, como estufas solares, purificadores solares de agua, calentadores solares, entre otros. Uno que llama la atención por el beneficio social que tiene hacia las comunidades rurales es el purificador de agua solar.

La Oficina para la Conservación de la Energía del estado de Texas (SECO), auspició un proyecto solar para purificar agua usando la energía solar. Los purificadores solares serán entregados a los habitantes de la zona adyacente a El Paso (y toda la franja a lo largo de la frontera entre México y los EEUU). Estas poblaciones, llamadas "colonias", carecen de servicios de agua potable y cloacas de buena calidad. Muchos de estos habitantes sufren problemas con el agua que está contaminada o tiene un alto contenido salino. ([www.epsea.org/aguapuro.html](http://www.epsea.org/aguapuro.html))

La disponibilidad del agua potable en las comunidades rurales es un problema grave para sus pobladores. No obstante, se puede solucionar mediante purificadores solares, potabilizando agua de pozo, de cisternas e incluso de lluvia que puede ser utilizada para autoconsumo a un bajo costo y de buena calidad sanitaria.

El purificador solar potabiliza el agua utilizando la energía del sol, que evapora el líquido y recupera las gotas del vapor condensado, eliminando así partículas disueltas y en suspensión que ensucian el agua. También ayuda en la disminución de agentes biológicos como hongos, algas, bacterias y virus. (CONAFOR, 2012)

En la Universidad Tecnológica de Tlaxcala se diseñó y construyó un prototipo de purificador solar con el propósito de obtener agua potable y coadyuvar al abastecimiento de la misma en regiones donde existe escasez o agua de mala calidad. Esto implica un aprovechamiento de la energía solar para satisfacer una necesidad humana y así mismo coadyuvar al medio ambiente descartando el uso de energías convencionales para el proceso de purificación del agua.

### Metodología

La construcción del purificador de agua mediante rayos solares, se realizó por alumnos de 5° cuatrimestre de la carrera de Procesos industriales Área Manufactura y se empleó un proceso de manufactura metalmecánica en el laboratorio de soldadura y pailería de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala. El purificador solar de agua consta de un armazón de madera, un colector solar y depósito de agua de lámina galvanizada, cubierta de vidrio o superficie de condensación y un colector conectado a una tubería de CPVC, dirigida a un depósito donde se almacena el agua purificada, como se muestra en la figura 1.

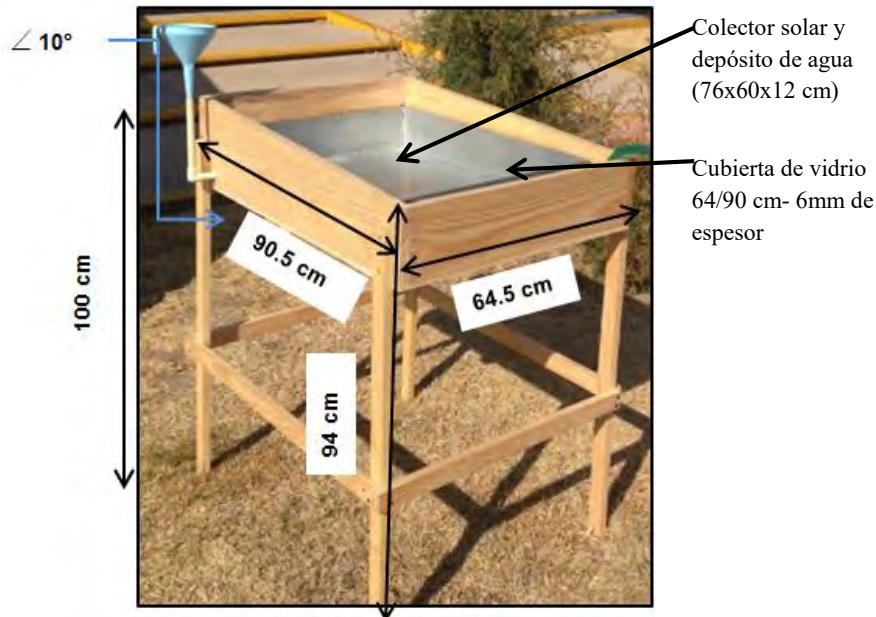


Figura 1. Dimensiones del prototipo purificador solar de agua. Fuente: Elaboración propia.

### Principio de funcionamiento

Este prototipo facilita la purificación de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar. Esta penetra en el recinto cerrado del destilador a través de la tapa de vidrio. Como la superficie del colector solar es de lámina galvanizada debido a su buena absorbancia, es capaz de captar la mayor cantidad de radiación, aumentando la energía térmica del agua acumulada en el colector y al cabo de un tiempo alcanzar una temperatura suficiente (65°C)

para evaporarse. Como la parte inferior de la tapa de vidrio está a menor temperatura, el agua se condensa sobre la misma recolectándola mediante un colector de agua (que tiene una pequeña inclinación) unido al final del colector solar, permitiendo que las gotas de agua condensadas resbalen y desemboquen en una salida mediante tubería (CPVC) hasta almacenarse en un garrafón de plástico limpio (figura 2).



Figura 2. Funcionamiento de prototipo purificador solar de agua. Fuente: Elaboración propia.

#### *Puesta en marcha*

El destilador se carga todas las mañanas con un volumen de veinte litros de agua a purificar. El proceso de purificación es de 8 horas aproximadamente de radiación solar (cielo despejado) durante cuatro días, obteniendo un rendimiento de 50 % (10 litros de agua purificada).

#### **Resultados**

En un primer estudio se controló el pH (potencial de hidrógeno) y la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) del agua a la entrada y salida del purificador para garantizar la eliminación de las sales disueltas en el agua, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Control de agua a la entrada y salida del purificador y comparativo con agua destilada comercial.

Fuente: Elaboración propia.

| Muestra de Agua                           | Potencial de Hidrógeno (pH) | Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ (18 °C) | Sólidos disueltos totales (TDS) ppm (18 °C) |
|---|-----------------------------|---|---|
| 20 l de agua de pozo ( <b>entrada</b> )   | 7.81                        | 360   | 180   |
| 10 l de agua purificada ( <b>salida</b> ) | 6.80                        | 5   | 2.5   |
| Agua destilada comercial                  | 6.94                        | 4   | 2.0   |

El purificador también se cargó con 20 litros de agua con sal a una concentración de NaCl (cloruro de sodio) al 3.5 % y una densidad de  $1.011 \text{ gr}/\text{cm}^3$  con la finalidad de simular la eliminación de las sales de agua de mar. Según se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Agua salina al 3.5 % de NaCl en el purificador. Fuente: Elaboración propia

| Muestra de Agua                                      | Densidad<br>g/cm <sup>3</sup> (18°C) | Potencial de<br>Hidrógeno (pH) | Conductividad<br>μS/cm<br>(18 °C) | Sólidos disueltos<br>totales (SDT)<br>ppm (18 °C) |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| 20 l de agua con NaCl al<br>3.5 % ( <b>entrada</b> ) | 1.011                                | 8.1                            | 68280                             | 34140   |
| 10 l de agua purificada<br>( <b>salida</b> )         | 0.976                                | 6.80                           | 5                                 | 2.5   |

La temperatura que alcanza el agua (65°C) dentro del purificador en combinación con la radiación solar inactiva las bacterias presentes en la misma obteniendo a la salida agua libre de sales y agentes patógenos. No obstante, se realizó un estudio fisicoquímico y microbiológico al agua purificada obtenida para garantizar su calidad, los resultados se muestran en la tablas 3.

Tabla 3. Análisis fisico-químico y microbiológico de agua purificada por radiación solar.

| Prueba   | Resultado | Límites máximo |
|--|-----------|----------------|
| Calcio, NMX-AA-072-SCFI-2001(mg/l Ca)  | 0.0       | 2000           |
| Magnesio, NMX-AA-071-SCFI-2001(mg/l Mg)  | 1.0       | 2000           |
| Sodio, (calculado) (mg/l Na)   | 1.3       | 200            |
| Bicarbonatos, NMX-AA-036-SCFI-2001(mg/l HCO <sub>3</sub> )                             | 6.1       | 2000           |
| Carbonatos, NMX-AA-036-SCFI-2001(mg/l CO <sub>3</sub> )                                | 0.0       | 2000           |
| Sulfatos, NMX-AA-074-1982 (mg/l SO <sub>4</sub> )                                      | 1.0       | 250            |
| Cloruros, NMX-AA-073-SCFI-2001(mg/l Cl <sup>-</sup> )                                  | 0.5       | 250            |
| Sílice, NMX-AA-075-1982 (mg/l SiO <sub>2</sub> )                                       | 1.0       | 2000           |
| Sólidos Totales Disueltos, STD, Standard Methods (mg/l)                                | 10.8      | 2000           |
| Conductividad Eléctrica, NMX-AA-093-SCFI-2001(μmhos-<br>μS/cm)                         | 10.4      | 2000           |
| Dureza Total, NMX-AA-072-SCFI-2001(mg/l CaCO <sub>3</sub> )                            | 4.0       | 200            |
| Alcalinidad al Anaranjado de Metilo, NMX-AA-036-SCFI-<br>2001(mg/l CaCO <sub>3</sub> ) | 5.0       | 300            |
| Alcalinidad Fenolftaleína, NMX-AA-036-SCFI-2001(mg/l<br>CaCO <sub>3</sub> )            | 0.0       | 2000           |
| Bióxido de Carbono, NMX-AA-036-SCFI-2001(mg/l CO <sub>2</sub> )                        | 3.0       | 2000           |
| pH, NMX-AA-008-SCFI-2000 (unidades pH)   | 7.86      | 6.5-8.5        |
| Turbiedad, NMX-AA-038-1981 (UTN-Std Formacina)   | 0.0       | 5.0            |
| Color, NMX-AA-045-SCFI-2001 (Escala PtCo)  | 0.0       | 15             |
| Cloro Total, como mg/l Cl <sub>2</sub>   | 0.0       | 0.1            |
| Coliformes Totales, Filtro de Membrana (UFC/100 ml)                                    | 0         | 1              |

Los Ensayos fueron realizados de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, Producto y Servicios. Agua y Hielo para consumo humano, envasado y a granel. Especificaciones sanitarias.

Los resultados de la caracterización físico-química y microbiológica efectuada al agua purificada se muestran muy por debajo de los límites máximos permisibles lo que evidencia un agua de buena calidad.

### Conclusiones

Se logró construir un prototipo purificador solar de agua para aprovechar agua de lluvia, cisterna, pozo y alta en sales para consumo humano. Los resultados a la entrada y salida de agua del purificador garantizan la eliminación de las sales disueltas como lo muestra el pH (potencial de hidrógeno) y la conductividad. Así mismo, la temperatura (65°C) y la radiación solar en la cámara de destilación inhiben la carga microbiana presente en el agua como se constata en el estudio físico-químico y microbiológico, comprobando la investigación realizada por el equipo de EAWAG/SANDEC.

El potencial del purificador solar para obtener agua de buena calidad es grande si se logra transeferir la tecnología a las comunidades que carecen de agua potable.

Actualmente, el agua destilada obtenida se está utilizando en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala para usos comunes de preparación de reactivos y análisis, contribuyendo al ahorro en energía al no destilar agua por medio de energía eléctrica, ni comprando agua destilada comercial (un garrafón de 19 litros tiene un costo aproximado de \$ 270.00) dado que la obtenida es a través de energía solar sin costo alguno y totalmente sustentable.

### Recomendaciones

Para garantizar una mejor eficiencia del purificador se recomienda una caracterización energética para determinar las ganancias y pérdidas de energía en el mismo, para su rediseño utilizando materiales refractarios y acero inoxidable grado alimenticio para el colector solar. Aunado a esto sería conveniente continuar estudios para probar su funcionalidad con aguas contaminadas de otras fuentes, como ríos, plantas de tratamientos entre otras.

### Bibliografía

- Acra A., Raffoul Z., Karahagopian Y. (1984): Solar Disinfection of Drinking Water and Oral Rehydration Solutions, UNICEF (extracto)
- APHA. (1998): Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington. 1265 pp.
- EPA. (1997): Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. Hanna instruments DIST 3, HI98.303 manual.  
<http://www.epa.gov/owow/monitoring/volunteer/stream/>.
- Fernández, S. (2010): Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica (pp. 1-4). Madrid: AMV Ediciones.
- Incropera F. (1999): Fundamentos de transferencia de calor. México: Prentice Hall.
- Johnson, S. & Warner, M. et. al (1994): Ecología: los recursos naturales de la Tierra. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Madrid, V. (2009): Energías Renovables: Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones (pp.113-117). Madrid: AMV Ediciones.
- Manrique, José A. (1984): Energía Solar. Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas. Editorial Harla.
- Meierhofer Regula; Wegelin Martín. (2003): Desinfección Solar de Agua. De la versión en inglés "Solar Water Disinfection" publicada por EAWAG/SANDEC (2002), ISBN Nr: 3-906484-24-6.
- Méndez Muñoz, Javier María; Cuervo García, Rafael. (2009): Energía Solar Térmica. Madrid, España. Fundación Confemetal.
- R. M. Pashley, M. Rzechowicz, L. R. Pashley and M. J. Francis, De-gassed water Is a better cleaning agent, J. Phys. Chem. B (2005) 1091, 231-1238.
- Tables of Physical & Chemical Constants (16th edition 1995). 2.1.4 Hygrometry. Kaye & Laby Online. Version 1.0 (2005)  
[www.kayelaby.npl.co.uk](http://www.kayelaby.npl.co.uk)
- SODIS <http://www.sodis.ch>
- [www.epsea.org/aguapuro.html](http://www.epsea.org/aguapuro.html)-2011
- [www.conafor.gob.mx/biblioteca-forestal-2012](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca-forestal-2012)
- [www.conafor.gob.mx/conacyt-conafor-2012](http://www.conafor.gob.mx/conacyt-conafor-2012)



# **Extracción y caracterización de mezclas de un aceite esencial: *sysyglum aromaticum*, *cinnamonum camphora* y *Rosmarinus officinalis* con un nanomaterial, para su aplicación en tratamiento de maderas**

Toribia Valvanuz Cicoletzi Cahuantzi<sup>1</sup>, Miriam Jiménez López<sup>1</sup>, Araceli Escorcía Sánchez<sup>1</sup>, Ing. Jacqueline Cote Zamora<sup>2</sup>, M.C. María Ariadna Ramírez Martínez<sup>3</sup>.

**Resumen.** Es de importancia que en la actualidad se busquen alternativas en la fabricación de plaguicidas, ya que su uso provoca daños principalmente a la atmosfera. Es por eso que, se ha observado el comportamiento de mezclas de barnices comerciales con aceites esenciales y nanopartículas de plata, como un producto para la prevención de daños a maderas que pueden estar presentes en la vida diaria. Los AE, empleados fueron romero, clavo de olor y alcanfor. Se obtuvieron resultados favorables con mezclas en proporción de: 20%-80%, 40%-60%, 60%-40% y 80%-20%, y un microlitro de nanopartículas de plata.

**Palabras clave:** *sysyglum aromaticum*, *cinnamonum camphora*, *rosmarinus*

## **Introducción**

Las termitas, las polillas y los algaveros son insectos que se caracterizan por roer la madera. Ponen sus huevos sobre la superficie eligiendo especialmente los muebles más antiguos. Las larvas de estos insectos se alimentan de la madera, creando túneles y galerías de salida al exterior. El signo más identificable es el polvillo fino que se genera sobre la superficie y las perforaciones circulares paralelas a la veta, de un diámetro que va de 8 a 1,5 mm.

Existe una gran cantidad de métodos de tratamiento de la madera con el fin de prolongar su vida útil. Sin embargo, algunos son más efectivos que otros. Estos métodos se pueden dividir según su grado de penetración, en tratamientos superficiales y tratamientos a profundidad. Los tratamientos superficiales son aquellos que permiten alcanzar penetraciones máximas del protector en la madera de 3 mm de profundidad. Los tratamientos a profundidad alcanzan penetraciones mayores a 3 mm y pueden ser totales o parciales.

Los tratamientos para evitar plagas en la madera, se basan principalmente a base de plaguicidas, de uso comercial que pueden afectar el ambiente, quedando acumulados en la atmósfera y dejando residuos peligrosos en el ambiente, ya que el uso de plaguicidas no solo termina con la plaga, sino que también afecta a las plantas, los animales, el suelo, los mantos acuíferos y llegando hasta los humanos.

## **Desarrollo**

Se conocen más de 2.800 especies de termitas en el mundo, de las cuales tan solo un 7% están consideradas como plagas asociadas a daños económicos en el entorno humano. Se puede hacer referencia a por lo menos 3 grupos principales dentro de los cuales se haya la mayor parte las especies que se han de combatir: Termitas subterráneas: Suelen atacar la madera de una propiedad, viven en el suelo y no en la madera como se suele pensar. Sólo acuden a los elementos celulósicos; Termitas de madera húmeda: este grupo de termitas se alimenta de madera en descomposición como árboles viejos, troncos en descomposición y trozos de madera enterrada. Una vez establecidas, pueden migrar a estructuras sanas de madera; y Termitas de madera seca: tienen sus nidos dentro de su propia fuente de alimento, en este caso, madera sin necesidad de elevada humedad.

En México se presentan 79 especies con distribución a lo largo de la República, aunque se calcula que pueden existir alrededor de 150 especies (Méndez, et al). Sin embargo, sólo se han realizado estudios faunísticos regionales sobre termitas. El primero en la costa del Pacífico incluyendo Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora y Baja California Norte, (Ligth 1933) y en donde se registran 30 especies; el segundo en Chamela, Jalisco (Nickle & Collins 1988) en donde citan 27 especies y el tercero en sureste de México (Méndez et al. en prensa a), en el que se registran 23 especies de los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Estos tres estudios aportan información basada en colectas aisladas efectuadas por investigadores extranjeros y mexicanos, por lo que los

<sup>1</sup> Estudiantes de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco

<sup>2</sup> Profesora de la carrera de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco. Jaline\_9@hotmail.com

<sup>3</sup> Profesora de la carrera de Ing. Química del ITST. Autor corresponsal m\_ariadna25@hotmail.com

patrones de diversidad regionales y por ecosistema son preliminares. Sin embargo, parece ser que la mayor diversidad de termitas se presenta en el sur del país, en las planicies costeras del Golfo de México y del Pacífico. En el estado de Tlaxcala no se tiene información precisa de las especies de termitas, en cuanto a los tipos de polillas existentes se conocen las especies: *leptoglossus occidentalis*, *malacosomia incurvum*, *incisitermes marginipennis*, *dentroctonus mexicanus*, *platypus spp* e *ipus mexicanus*,

Los aceites esenciales son compuestos aromáticos que se encuentran en la mayoría de las plantas, estos aceites pueden ser extraídos de diferentes partes de las plantas como puede ser de la raíz, el tallo, las hojas o las flores y frutos. Estos aceites son compuestos heterogéneos de terpenos, sesquiterpenos, ácidos, ésteres, fenoles, lactonas, etc. (Peredo-Luna, et al, 2009).

#### *Planteamiento*

El alcance de los daños provocados por las termitas van asociados a la cantidad de elementos celulósicos de fácil acceso para las ellas (desde el suelo utilizan el interior de espacios técnicos o interior de muros y paredes). Si una propiedad dispone de elementos estructurales de madera, la presencia de termitas subterráneas puede culminar con el desplome de la propiedad, por lo que se ha de considerar como grave este tipo de situaciones y por lo tanto, urgente la intervención por parte de una empresa especializada en los tratamientos para eliminar termitas. En México se utilizan popularmente una serie de sustancias que la mayoría de las veces se usan sin ningún sustento técnico o científico. Es muy común utilizar sustancias que nos “heredaron” nuestros antepasados o sustancias que se hicieron costumbre. (Méndez *et al*)

#### *Propuesta*

En este trabajo se propone la elaboración de una mezcla de un barniz comercial (Barniz de Sayer Lack ® y Barniz Comex ®), con una concentración determinada de un aceite esencial (AE) de: clavo de olor (*syzygium aromaticum*), alcanfor (*cinnamomum camphora*) y romero (*rosmarinus officinalis*), además de agregar un nanomaterial de tal forma que conjunten un tratamiento de maderas, que proteja y repela plagas. Esto es considerado ya que los AE presentan propiedades antisépticas de acuerdo con López-Luengo, M. (2004), mientras que las nanopartículas de plata, son en sí mismas bactericidas.

A medida que disminuye el tamaño de la partícula, el área superficial por unidad de masa aumenta, lo que conlleva un mayor número de átomos en la superficie. Cuanto mayor sea ésta, mayor será la reactividad y más tóxica la partícula. Las nanopartículas tienen tendencia natural a unirse formando agregados y aglomerados modificándose así no sólo el lugar en el que se depositan sino también su toxicidad (Gálvez-Pérez, V. 2009).

La toxicidad de las nanopartículas no puede extrapolarse de los estudios toxicológicos que se hicieran para partículas de mayor tamaño. Un mismo material se comporta de forma distinta si se halla en macro o en la nano-escala. El riesgo real que presentan las nanopartículas para la salud depende de la probabilidad de que ocurra la exposición y de la probabilidad de que esas nanopartículas entren en el organismo (Gálvez-Pérez, V. 2009). Como un primer paso se plantea la extracción y caracterización de los aceites esenciales de clavo de olor, alcanfor y romero, esta se puede realizar por varios métodos, ya sean físicos o químicos, entendiendo, que no de todas las plantas pueden ser extraídos dichos aceites, ya que no todas las plantas desprenden perfumes fuertes (Peredo-Luna, *et al*, 2009). Se cuenta con cuatro tipos de extracción principalmente, la destilación, la maceración, la expresión y la extracción con sustancias volátiles.

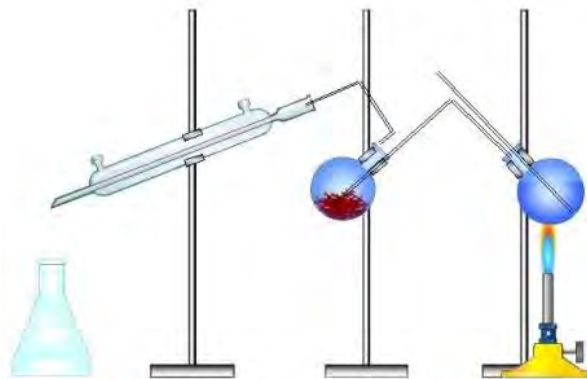
En este trabajo se utilizan extracción por método Soxhlet y destilación por arrastre de vapor. En la extracción Soxhlet se pone en contacto la materia prima, generalmente seca, con un solvente, alcohol, cloroformo, etc., con el fin de solventar los aceites esenciales, y esto es puesto a reflujo continuamente hasta obtener el aceite esencial, el sistema se muestra en la Figura 1. (Martínez M., A., 2003).

La destilación por arrastre de vapor, consiste en, cortar en trozos pequeños la muestra, generalmente fresca, depositada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor, con esto, la esencia es arrastrada y después condensada para su recolección (Gálvez-Pérez, V. 2009), en la Figura 2 se observa un sistema de este tipo.



**Figura 1. Equipo Soxhlet.**





**Figura 2. Equipo de destilación para arrastre de vapor.**

Una vez que se tienen los aceites esenciales se realizan pruebas de compatibilidad con el barniz que se va a utilizar, posteriormente se integran las nanopartículas de plata. La mezcla final se realiza haciendo pruebas a diferentes concentraciones de la mezcla barniz-aceite-nanopartículas. Para verificar cuál de ellas es más efectiva se

#### **Pertinencia**

El uso de plaguicidas no solo termina con la plaga, sino que también afecta a las plantas, los animales, el suelo y hasta a los humanos. La principal fuente de contaminación del ambiente por el uso de plaguicidas es debida a los residuos que resultan de su aplicación. Aunque su aplicación se restrinja a zonas determinadas, su dispersión es universal. Se han encontrado restos de plaguicidas incluso en locaciones tan remotas como la Antártida. Desde las aguas superficiales, estas sustancias tienden a ser absorbidas por pequeños organismos llamados plancton entrando de esta manera en los niveles más bajos de la cadena alimentaria. Como los animales superiores y los peces comen a estos pequeños animales los contaminantes pasan a lo más alto de la cadena trófica. (Anguiano, L.O, *et al*)

Cuando los plaguicidas son persistentes o permanentes y se utilizan con frecuencia, el problema se complica, pues con cada aplicación, además del daño inmediato, se agregan al ambiente, nuevos contaminantes que requerirán años para degradarse. Así, aunque el producto deje de usarse en un lugar determinado, contaminan los suelos, los sedimentos y los mantos freáticos, los que permanecerán así hasta que se tomen medidas drásticas, como el dragado integral de un río o el cierre de todos los pozos de una región, lo cual no siempre es costeable o factible, sobre todo para los países en desarrollo.

#### **Resultados**

En la obtención de los AE de romero, se obtuvieron mejores concentraciones por medio de la extracción con el equipo Soxhlet, de la cual se empleó una disolución 1:3 en etanol para las posteriores mezclas, su apariencia fue amarillenta. En el caso del clavo de olor y alcanfor se obtuvieron por medio de arrastre de vapor, encontrando que la concentración era más baja, donde se observó un color blanco con apariencia oleosa; en este caso la utilización fue de disoluciones 1:5.

En la prueba de compatibilidad, de las 36 mezclas de cada AE se observó que los tres aceites son miscibles con el barniz base de Sayer Lack® y Comex® que se utilizaron, a concentraciones de: 20%-80%, 40%-60%, 60%-40% y 80%-20%, ya que eran las que permanecían sin grumos, ni pastosas, se mezclaban perfectamente y se facilitaba su aplicación. Cabe mencionar en cuanto la nanopartículas de plata se añadió un microlitro.

Además, se observó que al aplicar las mezclas finales a madera sana al secarse la mezcla se formaba una capa plastificada, la cual se considera que protegió a la madera cuando ésta se colocó en contacto con madera apollilla y algunas otras polillas.

#### **Conclusión**

El beneficio radica en la utilización de productos de origen natural que no dañen el medio ambiente, en lugar de recurrir a plaguicidas de uso comercial que pueden afectar el ambiente, quedando acumulados en la atmósfera y dejando residuos peligrosos en el ambiente. El uso de aceites esenciales de plantas que naturalmente tienen el efecto repelente a este tipo de plagas, beneficia su uso y aplicación como alternativas para no dañar el medio ambiente, ya que al aplicarlas previamente a la madera como tratamiento para repeler la plaga, no es necesario hacer posteriores fumigaciones. Otra ventaja del uso de AE, es que brinda la posibilidad de tener materias primas de bajo costo, con lo cual el desarrollo de la pasta o barniz es fundamental para encontrar la mezcla correcta de los aceites de las diferentes plantas para tener un producto funcional. Sin embargo, es necesario seguir realizando más

determinaciones de forma analítica ya que, el estudio realizado fue enfocado más a la observación del comportamiento de las mezclas con las polillas.

### Bibliografía

Méndez Montiel, J.T., Equihua Martínez., A. "Diversidad Y Manejo De Los Termes De México (Hexapoda, Isoptera)". Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad

[http://www3.inecol.edu.mx/csmbgbd/images/stories/resultados\\_articulos\\_archivos/9%20DIVERSIDAD%20Y%20MANEJO%20DE%20LOS%20TERMES%20DE%20MEXICO.pdf](http://www3.inecol.edu.mx/csmbgbd/images/stories/resultados_articulos_archivos/9%20DIVERSIDAD%20Y%20MANEJO%20DE%20LOS%20TERMES%20DE%20MEXICO.pdf)

Uso Industrial de Plantas Medicinales y Aromáticas, Tema 7, "Aceites Esenciales", pp 66-75

Gálvez-Pérez, V., Tanarro-Gozalo C. (2009). "Toxicología de las nanopartículas".

López-Luengo, M. (2004). "Los aceites esenciales, aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias". Ed. Reverte. Paginas 88-91.

Light, S. F. 1933. Termites of western Mexico. Univ. of Calif. Publications in Entomol. Vol 6, No. 5, pp 79-164.

Martínez M., A. (2003), "Aceites esenciales", Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Méndez, M. J. T., D. Cibrián, T., R. Campos-Bolaños a. "Termitas del sureste de México". Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales (en prensa).

Méndez, M. J. T., Equihua, M. A., J. Romero, N. H. González, H., C. Rodríhuez & D. Alvarado, R. b. "Identificación de géneros de la familia Rhinotermitidae (Isoptera) de México con base en la estructura del proventrículo. Agrociencia" (en prensa).

H. A. Peredo-Luna, H.A., E. Palou-García, A. López-Malo. (2009), "Aceites esenciales: métodos de extracción". Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, San Andres Cholula, Puebla, México. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 3-1, 29-32.

Lozano, L. F. (1999). Introducción. Cap. I. En: Rodríguez, L. D. A. y G. H. Rosas S. (eds.) (1999). "Memoria del curso de capacitación sobre termitas del suelo en caña de azúcar". Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba, Ver. 23 de abril de 1999.

Mackay, W. P., J. C. Zak, S. Silva & W. G. Whitford. (1987). "Gnathamitermes tubiformans (Isoptera: Termitidae). Especie clave en el desierto chihuahuense". Folia Entomol. Méx. 73: 29- 46.

Martínez, V. M. (1999). "Detección, evaluación, prevención y combate de las termitas del suelo en caña de azúcar". Cap. III. En: Rodríguez, L. D. A. y G. H. Rosas S. (eds.). Memoria del curso de capacitación sobre termitas del suelo en caña de azúcar. Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba, Ver. 23 de abril de 1999.

Damián, G. J. 1998. "Identificación y control químico de termitas (Isoptera) en pastos y esquilmos de sorgo forrajero en el Sur de Sinaloa". Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 109 p

Anguiano, L. O., María S. Souza, Ana Ferrari, Jimena Soleño, Ana Maria Pechen de D'angelo y Cristina M. Montagna "Los plaguicidas y sus efectos en el medio ambiente". LIBIQUIMA - Facultad de Ingeniería Argentina

SEMARNAT.gob.mx

"Manual para la protección contra el deterioro de la madera" Autor Dr. José Cruz de León Director Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera (2007-2011), CONAFOR.gob.mx

# Agenda-Programa de Fortalecimiento de las Competencias Sociales y Directivas de los Estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tehuacán, Puebla

Esperanza Colmenares Olivera MIA<sup>1</sup>, Dra. Ruth Miriam Pacheco González<sup>2</sup>,  
MA. Ismael Flores Olivera<sup>3</sup>

**Resumen**—La Universidad Tecnológica de Tehuacán, Puebla está comprometida con la formación integral de sus educandos. En esta perspectiva se enmarca la Propuesta de diseño de una Agenda-Programa orientada a reforzar las Competencias Personales, Sociales y Directivas de los estudiantes de dicha casa de estudios superiores. Se concibe a la Agenda como un proceso sometido a constantes revisiones y no como una tarea definitiva y acabada en el cual para su diseño e implementación, se requiere tener en cuenta los antecedentes teóricos que le dan origen a este proceso, su estructura, sus objetivos y características. La Agenda-Programa encierra los lineamientos estratégicos para afianzar las competencias y talentos de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tehuacán.

**Palabras clave**—Agenda, Programa, Competencias, Sociales, Directivas.

## Introducción

La Universidad Tecnológica de Tehuacán ha definido como su Misión: Formar profesionistas con un enfoque integral y global, por medio de programas y servicios educativos de calidad, para contribuir al desarrollo de la región y del país. En el cumplimiento de su misión ha establecido un conjunto de iniciativas (programas educativos de excelencia, estadias y prácticas, pasantías, incubadora de empresas, subsidios y becas, entre otras) orientadas a lograr consolidarse como una institución reconocida nacional e internacionalmente por la calidad de su oferta educativa, con un enfoque sustentable, y que contribuya al desarrollo tecnológico, económico y social de su entorno. Dentro de esta perspectiva es importante destacar que la OECD en su Informe sobre México del presente año establece que a pesar de los importantes avances de la última década, la eficacia del gasto en educación y el logro académico en México se cuentan entre los más bajos entre los países de la OCDE. Este dato se corrobora con los resultados entregados por el IMD World Competitiveness Center (publicado en Forbes, MX 15 de noviembre de 2015) en el cual México dentro del ranking mundial en cuanto a preparación del Capital Humano se situó en el puesto 51 entre 61 países (IMD, 2015). Estos indicadores han determinado que, en el contexto de la actual sociedad del conocimiento, se estén desplegando distintas iniciativas para cubrir estas brechas (incremento de la provisión de recursos económicos, Programas de Apoyo al Desarrollo de la Educación Superior (PADES), Programas para la Inclusión y la Equidad), Programa de Expansión en la oferta educativa para Educación Superior, entre otros) (SEP, 2015) no obstante México aún no logra un mejoramiento sustancial de estas inconsistencias.

En tal sentido la Universidad Tecnológica de Tehuacán se ha comprometido con un desarrollo académico integral (su enunciación de los valores así lo reflejan) proyectado a satisfacer aquellas demandas que requieren los diversos sectores productivos de su entorno biopsico-social. Con sus 15 Programas Educativos de los cuales 8 son Técnicos Superiores Universitarios y 7 de Ingeniería, la Universidad Tecnológica de Tehuacán se ha propuesto formar profesionistas de excelencia cuya identidad se sustente en sus competencias técnicas, personales y sociales. Este es un imperativo en una sociedad caracterizada por la incertidumbre y las crisis periódicas en los distintos ámbitos de la actividad humana (financieras, sociales, energéticas, medioambientales, entre otras) ya que se requiere de profesionales, con las competencias y talentos para desempeñarse en estos diversos escenarios con efectividad y excelencia.

## Descripción del Método

*Reseña de las dificultades de la búsqueda*

### I. ANTECEDENTES GENERALES

#### a. Marco Contextual

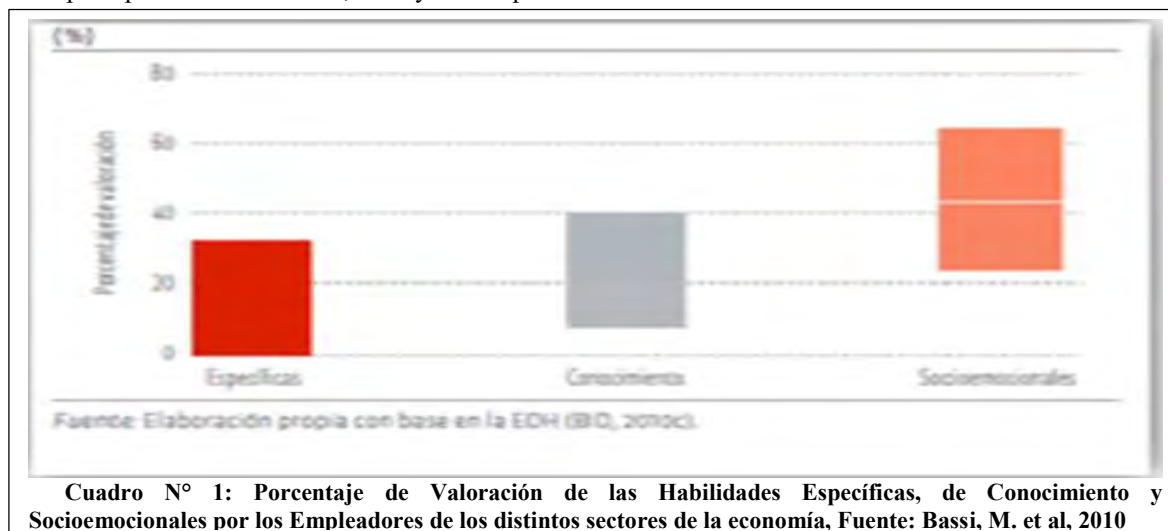
La simple idea de que un profesional competente es aquel que posee los conocimientos y habilidades que le posibilitan desempeñarse con éxito en una las competencias del **Ser** deben ser desarrolladas, y / o potenciadas en los

<sup>1</sup> Esperanza Colmenares Olivera MIA es Profesor de Tiempo Completo de Desarrollo de Negocios en la Universidad Tecnológica de Tehuacán, Puebla. [contad\\_oec@hotmail.com.mx](mailto:contad_oec@hotmail.com.mx) (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup> Ruth Miriam Pacheco González Dra. en Sociología es Profesora de Ingeniería de Negocios en la Universidad Técnica Federico Santa María de Viña del Mar, Chile. [ruth.pacheco@usm.cl](mailto:ruth.pacheco@usm.cl)

<sup>3</sup> Ismael Flores Olivera es Profesor de Tiempo Completo de Desarrollo de Negocios en la Universidad Tecnológica de Tehuacán, Puebla [ismael.flores@uttehuacan.edu.mx](mailto:ismael.flores@uttehuacan.edu.mx)

futuros profesionistas. Es preciso fomentar sus habilidades comunicativas, sus capacidades de transmitir, entender y recibir ideas, pensamientos, sentimientos en cualquier medio, generando a su vez la habilidad de desarrollar, dar soporte, facilitar, manejar conflictos y liderar grupos o equipos para poder lograr metas personales, grupales y organizacionales de una forma altamente efectiva, la profesión específica ha quedado atrás, y ha sido sustituida por la comprensión de que la competencia profesional se expresa en las potencialidades de la persona para orientar su actuación en el ejercicio de la profesión con iniciativa, flexibilidad y autonomía, en escenarios heterogéneos y diversos, a partir de la integración de conocimientos, habilidades, motivos y valores que se manifiestan en un desempeño profesional eficiente, ético y de compromiso social.



Estos antecedentes fundamentan la relevancia de contribuir a la formación de Competencias Sociales y Directivas de los educandos de la Universidad Tecnológica de Tehuacán.

**b. Definición de trabajo:** La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2005) define las competencias como “la capacidad de poner en práctica de manera integrada habilidades, conocimientos y actitudes para enfrentar y resolver problemas y situaciones”.<sup>4</sup> El estudio de las HHSS ha sido uno de los más productivos en los últimos años, debido a las implicancias que posee en diversos ámbitos, tales como el laboral, educacional, clínico y la psicología del desarrollo, entre otros.<sup>5</sup>

## II. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

**a. Datos básicos de UTT:** La Universidad Tecnológica de Tehuacán, Puebla cuenta con 2051 alumnos (Servicios Escolares UTT, 2015) distribuidos en 8 carreras de Técnicos Superiores Universitarios y 7 Ingenierías. Para el cumplimiento de los Objetivos establecidos se desarrollaron 5 Talleres uno a académicos y 4 a estudiantes de las distintas carreras con la finalidad de obtener un conocimiento preliminar sobre sus intereses e inquietudes (Sondeo de opinión).

Los datos del Cuestionario de Satisfacción del empresario realizados el año 2013, 2014 y 2015 en relación a 208, 278 y 304 estudiantes respectivamente. La revisión de los documentos refleja las debilidades en cuanto a<sup>6</sup>:

- “Reforzar sobre el alumno las habilidades de ser sociable y comunicativo” (Energías Renovables, 2013);
- “Una de las debilidades que más pesan en un trabajo es la comunicación a pesar de tener la seguridad y el conocimiento es necesario denotar la dificultad para comunicar y expresar sus ideas” (TIC’s, 2013);
- “Reforzar sobre el alumno las habilidades de ser sociable y comunicativo” (Procesos Alimentarios, 2013);

<sup>4</sup> OECD (2005) A competency is more than just knowledge and skills. It involves the ability to meet complex demands, by drawing on and mobilising psychosocial resources (including skills and attitudes) in a particular context. *The definition and selection of key competencies*, 2005 p. 4. and selection of key competencies, 2005 p. 4

<sup>5</sup> En Moran, V y Olaz, F (2014) señalan que Prytz Nilsson y Suárez (2009) afirman que es posible observar una tendencia mundial de crecimiento en la producción de literatura en el área y su extensión en los últimos años a Latinoamérica. Esto queda reflejado en un mayor número de investigaciones que incluyen estudios tanto descriptivos (Contini, Coronel, Levin y Hormigo, 2012; Delevati, Lima, Milka y Silva, 2013; Matson, Hattier y Turygin, 2012; Rasmussen, Becker, McLennan, Urchuk y Andrew, 2011; Rom y Silvestre, 2012; Smith y Matson, 2010), como ex post facto (Carneiro y Falcone, 2013; Feitosa, Del Prette y Del Prette, 2012; Miers, Blöte y Westenberg, 2010; Milsom y Glanville, 2010) y estudios de eficacia de entrenamientos y programas de intervención (Caballo Escribano y Verdugo Alonso, 2005; Gantman, Kapp, Orenski y Laugeson, 2012; Gresham, Vance, Chenier y Hunter, 2013; León Rubio, León-Pérez, Herrera Sánchez y De la Corte De la Corte, 2013; Saldaña y Cruz, 2013).

<sup>6</sup> Se extraen estas apreciaciones del Documento citado transcribiéndolas exactamente como están publicadas.

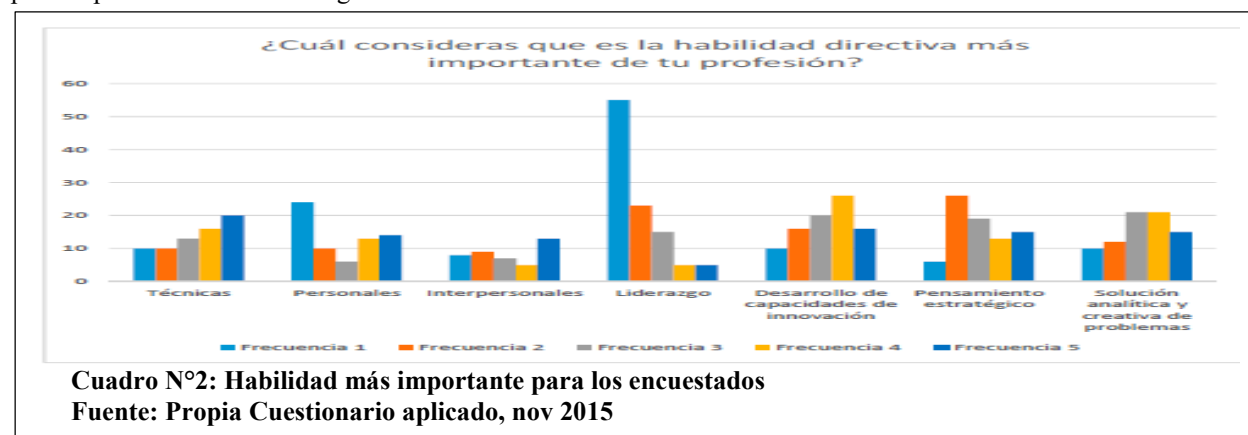
- “Formación de gestiones básicas, fortalecimiento en valores, falta de responsabilidad en cumplimiento de horario, falta de decisión al responder” (Desarrollo de Negocios, 2013);
- “Los alumnos vienen bien preparados pero si es notorio que están a la mitad de la carrera y aún falta adquirir conocimientos para ser totalmente competitivos hace falta instruir a los alumnos en liderazgo proactividad de innovación” (Desarrollo de Negocios, 2013); el Compendio general del año 2013 enfatiza en “Reforzar sobre el alumno las habilidades de ser sociable y comunicativo”

Con respecto al año 2014 se mantienen las mismas debilidades agregándose: “Impuntualidad y falta de comunicar mejor las ideas así como liderazgo para proyectar y catapultar el proyecto”, “mejor comunicación y confianza en sí mismo”, y “humildad, falta de cualidad, falta de seriedad”.

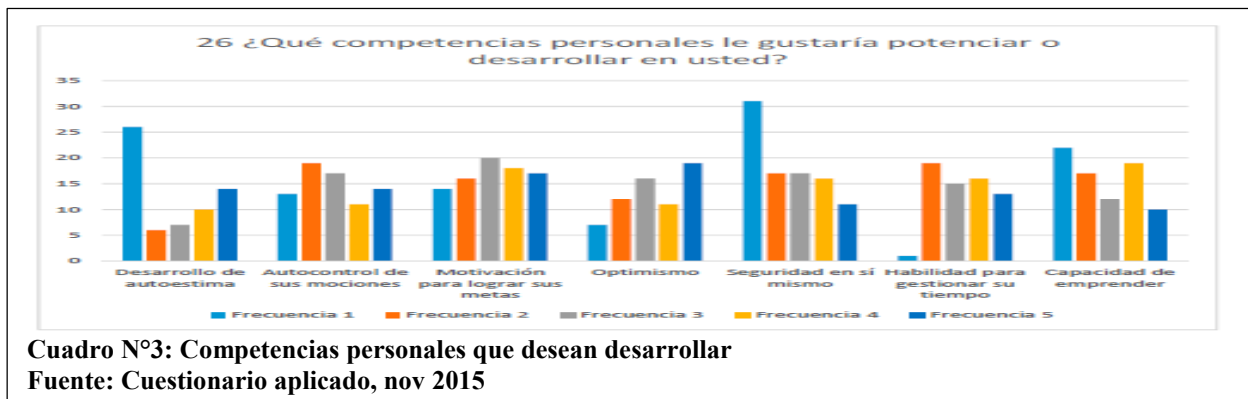
El año 2015 no entrega información relativa a estos factores por carrera sino en términos generales. El aspecto distinguible y que se reitera es LA IMPUNTUALIDAD.

#### b. Resultados Primarios del Instrumento aplicado

El Instrumento se aplicó a 125 estudiantes de los cuales 85 son mujeres y 45 son varones. En su gran mayoría tiene interés en ser gerentes (81%) y se proyectan como empresarios (90%). Consideran que la Habilidad más importante para su profesión es el Liderazgo.



Las Competencias personales que desean prioritariamente desarrollar es la Seguridad en sí mismos/as y la Autoestima.



### III. LA IDEA: AGENDA-PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS SOCIALES Y DIRECTIVAS

a. **Conceptualización:** Para efectos de esta Propuesta se concebirá como una **Agenda** a un proceso sometido a constantes revisiones y no como una tarea definitiva y acabada. (Gorbea-Portal, Salvador y Russell-Barnard, Jane (2012).

b. **Aspectos constitutivos:** La Agenda-Programa está configurada por un Eje-Motriz:

**Revaloración de la Formación de Competencias Sociales y Directivas delos estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tehuacán.** La revaloración se entiende asociada al fortalecimiento de las Competencias que ya se encuentra en desarrollo en la Universidad Tecnológica de Tehuacán.

Los principales elementos (que se constituyen en fases) que constituyen el proceso de elaboración de la Agenda-Programa sobre Competencias Sociales y Directivas para UTT son: **La activación de un Foro:** todos los



académicos implicados en la formación competencial se deben coordinar en un Foro que tiene el rol de verificar el seguimiento de la aplicación de la misma (Agenda) y orientar su retroalimentación en cada Carrera de la U.T.T. Ello implica haber previamente conformado un equipo ejecutor.

**Los Objetivos:** la definición de objetivos, concretos e incluso cuantificables, con una fecha de realización de los mismos.

**El Programa de Acción:** se trata del conjunto de acciones concretas necesarias para alcanzar los objetivos adoptados, con la definición de quiénes serán los responsables de las actuaciones, de los recursos necesarios y de los instrumentos de soporte.

**El Seguimiento:** se define como el conjunto de procedimientos (herramientas, listas de chequeo, cartas Gantt) que facilitan el monitoreo permanente sobre las actuaciones y sobre la eficacia del Programa de Acción. La emisión periódica de informes que permitan identificar las mejoras y las dificultades en el logro de los objetivos, los plazos, la utilización de recursos y el desempeño de sus ejecutantes, y que sirvan para sugerir modificaciones puntuales al Plan de Acción. Dos herramientas significativas que son imprescindibles para una óptima consecución del proceso de implementación de la Agenda-Programa son: la formulación de **proyectos** específicos de entrenamiento en las distintas habilidades y el diseño del **plan de seguimiento**. **Los Proyectos** son aquellos instrumentos y actuaciones concretas a realizar para resolver las carencias e incidencias visualizadas en la Diagnóstico presentada en el acápite anterior (en una primera etapa pueden no definirse hasta no haber consolidado los procesos anteriores).

**Plan de Seguimiento:** va a permitir evaluar, controlar e informar de la evolución de las metas diseñadas y del rol que están jugando los distintos actores involucrados (académicos de la UTT) y de las actividades que se están llevando a cabo para incrementar el mejoramiento de las competencias sociales y directivas de los educandos.

### c. Objetivos

**Objetivo General:** Implementar una Agenda-Programa orientada al fortalecimiento de las Competencias Sociales y Directivas de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tehuacán.

**Propósito:** Contribuir a reforzar las Competencias Sociales y Directivas de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tehuacán específicamente sus habilidades de comunicación, sus relaciones interpersonales, de liderazgo y de dirigencia.

**Objetivos Específicos:** En cuanto al Equipo de ejecución de la Agenda-Programa: • Configurar un Equipo de Tarea (Task Force) de carácter multidisciplinario, • Monitorear el progreso de cada etapa de la Agenda por línea estratégica, • Evaluar el cumplimiento de los objetivos de la Agenda por línea estratégica.

### d. Programa de Acción

Se diseña el Programa de Acción a partir de los datos obtenidos por los distintos instrumentos de recolección de información utilizados (sondeo en cada charla-taller; datos secundarios emanados de los cuestionarios de satisfacción de los empleadores con respecto al desempeño de los estudiantes en estadías durante los años 2013 a 2015 y Cuestionario aplicado en noviembre de 2015 (Quick Survey). El Programa de Acción está compuesto por tres grandes Fases: INSTAURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA (dos meses), EJECUCIÓN (seis meses) y EVALUACIÓN POST (dos meses) y está dividido en Líneas Estratégicas concebidas como los grandes Ejes sobre los cuales se sustentan las actividades.

#### Línea Estratégica No. 1: Instaurar un Equipo Interdisciplinario de desarrollo de la Agenda-Programa.

##### Actividades

• Convocatoria a académicos de las distintas carreras de la U.T.T a ser parte del Equipo Ejecutor. • Definición de los objetivos y funciones de los miembros del equipo. • Selección de sus miembros, en función de objetivos y funciones. • Diseño de Plan de Acciones componentes de la Agenda. • Puesta en Marcha del Equipo de desarrollo de la Agenda-Programa.

**Indicadores de Seguimiento:** • Número de académicos de las distintas carreras interesados en participar. • Número de académicos participantes. • Cantidad de reuniones realizadas. • Matriz de acción de los componentes de la Agenda por roles de los participantes. • Diseño de Actividades: contenidos, recursos didácticos, profesional responsable en el período de dos meses. • Informe de Resultados.

#### Línea Estratégica N° 2: Desarrollo de Habilidades de Comunicación.

Trasferir herramientas para el manejo óptimo de la comunicación verbal y no verbal de los estudiantes en todas las esferas de su vida cotidiana.

**Actividades:** • Consolidación de los talleres de expresión verbal. • Realización de Autoevaluaciones de las habilidades de comunicación de los estudiantes. • Entrenamiento para realización de presentaciones en público. • Realización de talleres de comunicación no verbal. • Aplicación de dinámicas sobre lenguaje corporal.

**Indicadores de Seguimiento:** • Ejecución de al menos 6 talleres de expresión verbal con estudiantes de distintas carreras. • Aplicación de Inventarios de habilidades para escuchar y retroalimentar al 100% de los estudiantes. • El



100% de los estudiantes realiza a lo menos una presentación en público en un auditorio. • Ejecución de 6 talleres de comunicación no verbal utilizando dinámicas de lenguaje corporal.

### **Línea Estratégica N° 3: Manejo de Relaciones Interpersonales**

**Reforzamiento de las habilidades de empatía, de interacción positiva, de manejo de la sexualidad, de tolerancia a la frustración y efectos en la seguridad en sí mismos/as**

**Actividades:** • Entrenamiento-Talleres en gestión de las creencias sobre sí mismos/as. • Elaboración y Ejecución de Proyectos sobre Autoestima y Seguridad en sí mismos/as. • Realización de Talleres sobre Empatía y Habilidades Sociales. • Desarrollo de un proyecto multidisciplinario de reforzamiento de su educación sexual.

**Indicadores de Seguimiento:** • Número de talleres realizados por cuatrimestre. • Cantidad de estudiantes participantes en los talleres. • Informe de Valoración de los resultados obtenidos por los talleres.

### **Línea Estratégica N° 4: Potenciación del Liderazgo y de Líderes de U.T.T.**

Animación y perfeccionamiento de las habilidades de liderazgo de los estudiantes de U.T.T.

**Actividades:** • Aplicación de un inventario (instrumento sobre estilos) sobre liderazgo a los estudiantes participantes. • Desarrollo de talleres participativos sobre atributos de los líderes. • Realización de dinámicas grupales sobre Confianza y Credibilidad en el Líder.

**Indicadores de Seguimiento:** • Cantidad de talleres realizados por cuatrimestre. • Cantidad de alumnos-participantes. • Emisión de Informe de actividades y resultados.

### **Línea Estratégica N° 5: Desarrollo de Habilidades Directivas**

Apoyo a la formación del conjunto de habilidades, comportamientos y actitudes que un/a profesionista debe poseer para ser efectivos dirigiendo en un amplio rango de puestos y en distintas clases de organizaciones.

**Actividades:** • Evaluación personal de habilidades directivas (PAMS, según sus siglas en inglés). • Aplicación de Diagnóstico de Habilidades Directivas. • Realización de Ejercicios de administración del tiempo. • Autoevaluación de Inteligencia Emocional. • Aplicación de técnicas de manejo de conflictos.

**Indicadores de Seguimiento:** • Número de talleres realizados por cuatrimestre. • Cantidad de estudiantes participantes en los talleres.

### **Línea Estratégica de Apoyo transversal: Gabinete de Proyección Profesional**

Creación de un espacio de diálogo colaborativo entre alumnos, docentes, profesionales externos, empleadores y otros actores de la comunidad local en el cual se orientará a la formación, potenciación y reafirmación de las competencias del saber, saber hacer, saber estar, y del SER del futuro profesionista egresado de U.T.T.

**Objetivos:** a. Examinar las líneas de acción profesional propuestas por el plan de materias en relación a su pertinencia con los requerimientos del entorno. b. Retroalimentar los procesos de enseñanza-aprendizaje desarrollados en las Carreras de la U.T.T. en base a las evaluaciones realizadas por los empleadores.

**Plan de Acción:** Constitución del Gabinete: • Elaboración de un plan estratégico. • Diseño del sistema de gestión del Gabinete. • Convocatoria a los estudiantes, docentes y empleadores. • Puesta en marcha del Gabinete.

**Operación del Gabinete:** • Realización de Foros, Paneles y Seminarios sobre las competencias de los estudiantes en estadías y pasantías de la U.T.T. • Emisión de Informes de gestión de las actividades realizadas por el Gabinete.

**Evaluación del Gabinete:** • Diseño de Instrumentos de Evaluación de Estadías y Pasantías. • Aplicación de Instrumentos. • Análisis de Resultados. • Disseminación de Resultados a cada Carrera de la Universidad Tecnológica de Tehuacán

**Meta:** Implementación del Gabinete de Proyección Profesional de los estudiantes de la U.T.T. en seis meses.

### **Comentarios Finales**

#### *Conclusiones*

El proceso seguido para identificar los niveles de Competencias Sociales y Directivas de los educandos de la Universidad Tecnológica de Tehuacán (talleres, charlas, sondeos de opinión) permitió constatar que en la formación de profesionales para un mundo en constante cambio es necesario apoyar su desarrollo personal y el desarrollar un aprendizaje transformativo está incrustado en una filosofía del aprendizaje completo de la persona: Las debilidades percibidas en Competencias Personales, Sociales y en Habilidades Directivas en los estudiantes de U.T.T no es un problema privativo de ellos sino que es una constante en la formación de los profesionales en la actualidad. En tal sentido es preciso señalar que, teniendo en cuenta esta situación, en el Estudio sobre la Educación Superior en América Latina (2013 p 31). A modo de síntesis conclusiva se puede declarar que la tendencia principal es orientar la formación de los profesionales para la sociedad del siglo XXI al desarrollo de Competencias para desenvolverse en entornos cambiantes y multiculturales, habilidades para comunicarse asertivamente y expresarse en una segunda lengua, para realizar análisis y síntesis conjuntamente con las capacidades para la resolución de problemas, el pensamiento crítico y trabajar en equipo. Y, para finalizar en palabras de Kingdon, John W. (1995) el desarrollo de esta propuesta puede ser “una ventana de oportunidad” para formar profesionales egresados de U.T.T. de excelencia y comprometidos con la búsqueda de una sociedad más justa y equitativa.

## Referencias

- Angulo, L. (2009). "Proyecto: educación en línea". *Revista Electrónica Educare*, vol. XIII, núm. Junio, pp. 123-133. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=194114416009&iCveNum=14416#>
- Bandura, A. (1987). *Pensamiento y acción*. Madrid: Martínez Roca.
- Bugueño G. Ximena y Barros A, Cecilia (2008). Formación de equipos de trabajo colaborativo, PUC, Chile Del Prette, Zilda y Del Prette (2012), Programas eficaces de entrenamiento en habilidades sociales basados en métodos vivenciales. Universidad de Federal de São Carlos *Apuntes de Psicología Colegio Oficial de Psicología de Andalucía Occidental*, 2013, Vol. 31, número 3, págs. 67-76. Universidad de Cádiz, Universidad de Córdoba, ISSN 0213-3334 Universidad de Huelva, Universidad de Sevilla, España
- Gorbea-Portal, Salvador y Russell-Barnard, Jane (2012) *Universidad Nacional Autónoma de México*
- Lacunza, Betina (2012) Las intervenciones en habilidades sociales: revisión y análisis desde una mirada salutogénica Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Tucumán. [betinalacunza@coniceti.gov.ar](mailto:betinalacunza@coniceti.gov.ar) / [betinalacu@hotmail.com](mailto:betinalacu@hotmail.com)
- Mercado Vargas, Horacio <http://www.eumed.net/rev/ced/26/hmv.htm> [homercadov@hotmail.com](mailto:homercadov@hotmail.com) [ Consulta Noviembre de 2015]
- Morán, V. E. y Olaz, F. O. (2014). Instrumentos de evaluación de habilidades sociales en América Latina: un análisis bibliométrico. *Revista de Psicología*, 23(1), 93-105. doi: 10.5354/0719-0581.2014.32877
- OCDE MÉXICO (2015) Estudios económicos de la VISIÓN GENERAL <http://www.oecd.org/economy/surveys/Mexico-Overview-2015%20Spanish.pdf> Enero de 2015
- OECD (2005) The definition and selection of key competencies p4
- Olaz, F. y Peréz E.(2012) Creencias de Autoeficacia: líneas de investigación v desarrollo de escalas. *Revista Tesis* 2012, N° 1. pp. 157-170
- Reflexiones y perspectivas en Administración. Coordinador Esquetini, César et Al. Universidad DEUSTO.
- Salazar P., Rosa X.(2011) "Sobre la igualdad y El derecho a la educación. (Documento de trabajo)" [en línea]. AJUV11-21.Nov. 17 2011 <http://goo.gl/ufkUd> [Fecha de Consulta Nov de 2015].
- Tejada, A. (2005). Agenciación humana en la teoría cognitivo social: definición y posibilidades de aplicación. *Rev Pensamiento Psicológico*, 1 (5): 117 - 123.
- Tuning AI (2013) Esquetini, C et Al. Educación Superior en América Latina, 2013

## APENDICE

### Cuestionario utilizado en la investigación

Estimad@ Estudiante. Este instrumento está orientado a identificar tu interés en desarrollar o potenciar tus competencias sociales y directivas para confeccionar un agenda para apoyar tu formación como profesional.

1.-Sexo ☐ Hombre ☐ Mujer

2.-Edad ☐ 17-19 ☐ 20-22 ☐ 23-25 ☐ más de 25 ☐ Other:

3.-¿En qué Municipio vive tu familia? Por favor indique su Localidad: ☐ Tehuacán ☐ Other:

4.-¿Cuántos cuatrimestres llevas en la Universidad T. de Tehuacán? ☐ 1-5 ☐ 6-10

5.-¿Prestas atención a la persona que te está hablando y haces un esfuerzo por comprender lo que te está diciendo? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

6.-¿Puedes oponerte a una exigencia injusta de alguien con autoridad sobre tí? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

7.-¿Exiges que te atiendan cuando te hacen esperar más de la cuenta? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

8.-¿Llamas la atención a un compañero de estudios o trabajo por una conducta impropia? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

9.-¿Cuando cometes un error ¿lo reconoces? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ rara vez ☐ No responde

10.-¿Clarificas la información que necesitas y se la pides a la persona adecuada? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

11.-¿Pides que te ayuden cuando tienes alguna dificultad? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

12.-¿Eliges la mejor forma para integrarte en un grupo o para participar en una determinada actividad? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

13.-¿Intentas reconocer las emociones que experimentas? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

14.-¿Tratas de comprender lo que sienten los demás? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

15.-¿Tratas de comprender el enfado de la otra persona? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

16.-¿Controlas tu carácter de modo de no reaccionar agresivamente? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

17.-¿Crees que tus compañeros te consideran confiable? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

18.-¿Te ha correspondido guiar a tu grupo de trabajo? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

19.-¿Te sientes capaz de tomar decisiones que involucren a otras personas? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

20.-¿Crees que podrías dirigir un grupo de personas en tu trabajo? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

21.-¿Tienes interés en desarrollar tus habilidades directivas? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

22.-¿Cuál consideras que es la habilidad directiva más importante para tu profesión? Elige de 1 a 5 desde las más importante 1 a la menos importante 5:  
Técnicas, Personales, Interpersonales: ☐ Técnicas ☐ Personales ☐ Interpersonales ☐ Liderazgo ☐ Desarrollo de capacidad de innovación ☐ Pensamiento Estratégico ☐ Solución Analítica y Creativa de Problemas

23.-¿Prefiere trabajar sol@ o en equipo? ☐ Sol@ ☐ Equipo ☐ No responde

24.-¿Usted considera que posee las competencias para desempeñarse como Jefe/a? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

25.-¿Es una de sus metas llegar a ser un/a gerente de empresa? ☐ Siempre ☐ Ocasionalmente ☐ Nunca ☐ No responde

26.-¿Qué competencias personales le gustaría potenciar o desarrollar en usted? Elija de 1 a 5 siendo 1 la más importante y 5 la menos importante  
☐ Desarrollo de su autoestima ☐ Autocontrol de sus emociones ☐ Motivación para lograr sus metas ☐ Optimismo ☐ Seguridad en sí mism@ ☐ Habilidad para gestionar su tiempo ☐ Capacidad de Emprender

27.-¿Qué competencias sociales le gustaría potencia o desarrollar en usted? Elija de 1 a 5 siendo 1 la más importante y 5 la menos importante ☐ Comunicación asertiva ☐ Manejo de Conflictos ☐ Liderazgo Efectivo ☐ Capacidad para Trabajar en Equipo ☐ Habilidades para negociar ☐ Empatía

**28.-¿Cuál de todas las Competencias Personales considera que es prioritario incorporar o profundizar en su formación?** Elija de todas las Competencias personales las 2 PRIORITARIAS: o 1.-  
o 2.-  
**29.-¿Cuál de todas las Competencias Sociales considera que es prioritario incorporar o profundizar en su formación?** Elija de todas las Competencias Sociales las 2 PRIORITARIAS: o 1.-  
o 2.-  
**30.- ¿Cómo te proyectas hacia el futuro?** Elije la que más se acerca a tus deseos y metas: o Como empleado o Como empresario o Como estudiante de postgrado o Otro o ¿Cómo?

# Caracterización de difusor para la aspersión de flujo de aire en espacio no confinado

Lic. Julián Conde Camacho<sup>1</sup>, M.I.A. Salvador Tlapale Hernández<sup>2</sup>,  
M. en C. Iván Jesús Sánchez Cuapio<sup>3</sup>, M. en C. Julio Rodríguez González<sup>4</sup>

**Resumen**—Este artículo muestra los resultados derivados de la caracterización de un difusor para la aspersión de aire sobre una superficie determinada. Las variables consideradas fueron: superficie de interés, altura, presión y velocidad. Para este estudio, se analizaron las características técnicas de difusores existentes, su costo y disponibilidad en el mercado, se establecieron las especificaciones de la aplicación, simulando las condiciones del proceso en laboratorio mediante la instrumentación adecuada. Su importancia radica en la aplicación al proceso para evitar el daño irreversible por efecto del fenómeno climático conocido como “helada” en la planta. Derivado de este proceso, se obtuvieron los valores que se requieren para evitar este fenómeno.

**Palabras clave**— “helada”, difusor, instrumentación, presión y velocidad.

## Introducción

México es afectado año con año por diferentes fenómenos de origen meteorológico, algunos impactan a la población en forma impetuosa como los huracanes; pero otros, como es el caso de las heladas, dejan sentir lentamente su presencia destructiva y causan graves daños.

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas. Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el Sol. La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella. En la fig. 1 se muestra el comportamiento de la temperatura en la región de estudio, Snyder (2010).

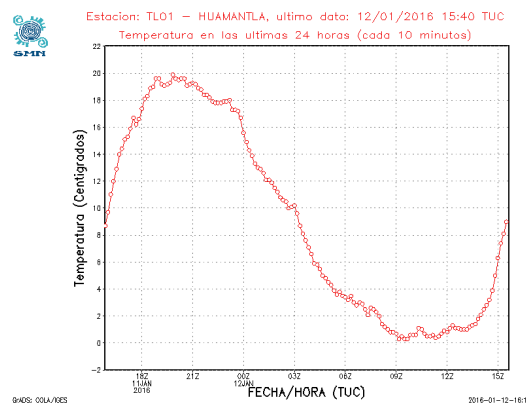


Figura 1 Comportamiento de la temperatura en la región de estudio.

Los principales elementos del tiempo que influyen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar. El viento es fundamental para que se desarrolle una helada, pues cuando

<sup>1</sup> El Lic. Julián Conde Camacho es Profesor de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Huamantla, Tlaxcala. [jconde@uttlaxcala.edu.mx](mailto:jconde@uttlaxcala.edu.mx)

<sup>2</sup> El M.I.A. Salvador Tlapale Hernández es Profesor de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Huamantla, Tlaxcala. [stlapale@uttlaxcala.edu.mx](mailto:stlapale@uttlaxcala.edu.mx). (autor correspondiente)

<sup>3</sup> El M. en C. Iván Jesús Sánchez Cuapio es Profesor de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Huamantla, Tlaxcala. [ivan.sanchez@uttlaxcala.edu.mx](mailto:ivan.sanchez@uttlaxcala.edu.mx).

<sup>4</sup> El M. en C. Julio Rodríguez González es profesor de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Puebla [juliorodgonz@hotmail.com](mailto:juliorodgonz@hotmail.com)

hay corrientes de aire se mezcla el aire frío, que se encuentra cercano al suelo, con el más caliente que está en niveles superiores, lo que hace más difícil el desarrollo de una helada. Por tanto, una de las condiciones que favorece la ocurrencia de heladas es la ausencia de viento.

Las heladas se pueden agrupar desde los puntos de vista de origen climatológico, época de ocurrencia o aspecto visual. Algunas de las categorías se relacionan entre sí fig 2

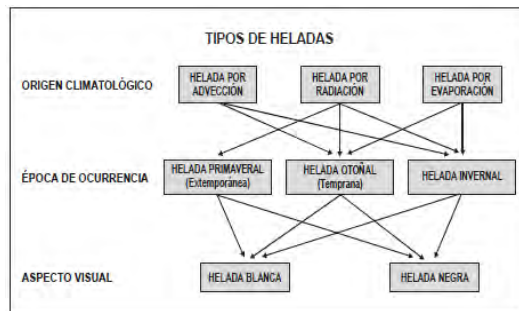


Figura 2 Tipos de heladas.

### Medidas de protección contra las heladas.

A lo largo de la historia del planeta, los seres humanos han luchado contra las inclemencias del tiempo, La preocupación de los agricultores para proteger sus cultivos de las heladas se debe a las fuertes pérdidas económicas y naturales que pueden presentarse durante el ciclo agrícola. Existen varios métodos para reducir los efectos de las heladas en cultivos, los cuales se agrupan en indirectos (o pasivos) y directos (o activos). Los métodos indirectos disminuyen la afectación durante el periodo de helada, por la elección apropiada de las especies, variedades, épocas de cultivo y ubicación de las distintas plantas. Los métodos directos se basan en acciones tomadas antes y durante el periodo de peligro de la helada. En algunos, se reduce la pérdida de calor del suelo protegiéndolo con cajones, cestos, entablillados de madera, u otros elementos vegetales, o bien, produciendo nieblas o humos artificiales en la capa de aire adyacente a la superficie del suelo y reponen las pérdidas de calor agregando una cierta cantidad de él Matías y Fuentes (2001).

Los métodos de protección activa se incluyen en:

- Las estufas
- Los ventiladores
- Los helicópteros
- Los aspersores
- El riego de superficie
- El aislamiento con espumas y las combinaciones de métodos.

Todos los métodos y combinaciones se implementan durante la noche de ocurrencia de heladas para mitigar los efectos de las temperaturas bajo cero.

La mayoría de ventiladores empujan el aire casi horizontalmente para mezclar el aire más caliente de la parte superior en una inversión de temperatura con el aire más frío cercano a la superficie.

Los ventiladores por si solos utilizan normalmente sólo de un 5% a un 10% del combustible consumido por un sistema de protección con estufas de petróleo. Sin embargo, la inversión inicial es alta. Los ventiladores, en general, tienen unos requerimientos de mano de obra y unos costos de funcionamiento más bajos que otros métodos; especialmente los ventiladores eléctricos.

Los helicópteros mueven el aire caliente desde la parte superior de la inversión de temperatura hacia la superficie más fría. El área que cubre un solo helicóptero depende de su tamaño y peso y de las condiciones meteorológicas. Se estima que el área que cubre un único helicóptero varía entre 22 y 44 ha. Las recomendaciones sobre la frecuencia de las pasadas varían entre 30 a 60 minutos, dependiendo de las condiciones meteorológicas.

El consumo de energía de los aspersores es considerablemente más bajo que el utilizado para la protección de heladas con estufas, y por consiguiente, los costos de funcionamiento son más bajos. La necesidad de mano de obra también es inferior que en otros métodos, y es relativamente no contaminante. El riego con aspersores por encima de las plantas se utiliza para proteger cultivos que no crecen mucho y en árboles frutales, Matías y Fuentes (2001).

El uso de micro-aspersores dirigidos sobre las plantas se ha estudiado como un método para reducir los caudales en los aspersores sobre las plantas, pero los costos de instalación son altos y el método no ha sido ampliamente aceptado por los agricultores excepto en aquellos con problemas de falta de agua. Los aspersores dirigidos vaporizan el agua directamente sobre las plantas, con cantidades mínimas de agua que caen entre las filas de plantas.

### Método

Condiciones del proceso: Al realizar el análisis en un Diagrama causa-efecto Figura 3, se establecen las siguientes variables a controlar, para generar las condiciones necesarias que evitaren el daño por helada en la planta.

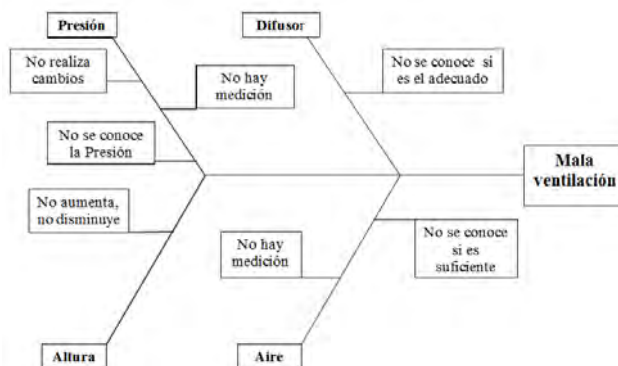


Figura 3 Diagrama causa-efecto.

Los difusores se clasifican en 4 que son: Difusor circular, difusor modular. Los difusores circulares están diseñados para su aplicación en aire acondicionado, ventilación y calefacción. Su montaje se realiza en falsos techos o suspendidos del techo. Su forma circular garantiza una difusión uniforme del aire en todas direcciones, lo que proporciona un elevado índice de inducción del aire ambiente. Estos difusores pueden utilizarse en locales con alturas de hasta 4 metros y un diferencial de temperatura de hasta 12°C, obteniendo buenas prestaciones tanto en velocidad del aire como en nivel de presión sonora en la zona de confort, Ortega L.(2008).

El Difusor Modular Se puede utilizar en un sistema de desplazamiento que permite combinarlo con otro que elimine la carga térmica entre el aire impulsado y el del local.

Los difusores convencionales no se adaptan a las condiciones y requerimientos del proceso que se pudieran considerar para este proyecto, encontrando que no es factible su uso por el alto consumo de flujo de aire, llevando a la utilización de un difusor que limite este flujo, en el caso específico para esta aplicación se utilizó un difusor circular con salidas de bajo consumo y que permite la orientación dirigida, que es adaptable mecánicamente a las condiciones del proceso.

Para realizar la caracterización del difusor se emplearon los siguientes elementos:

- 1.- Anemómetro.
- 2.- Fuente de aire comprimido
- 3.- Manómetro.
- 4.- Flexómetro.
- 5.- Carga testigo.



Acondicionamiento de la fuente de aire comprimido y difusor.

Se utiliza un compresor de 5 hp con una presión de aire regulable, adaptable al difusor mediante un circuito neumático, se implementaron dispositivos neumáticos que permiten el control del flujo constante, también se acondiciono el difusor a una altura similar a la carga testigo para asegurar la orientación del flujo.

Acondicionamiento de la carga testigo.

Se utilizó una regla para determinar el diámetro de impacto de la llegada del flujo de aire, esta se dimensionó para visualizar el alcance, mediante la utilización de un medio sensible al flujo, en este caso se utilizaron tiras de papel.

Alineación del sistema difusor carga testigo.

Tranzando líneas perpendiculares se determinó el efecto del sistema, se dimensiono la línea de trayecto del difusor para realizar las mediciones durante la variación de distancia entre la carga testigo y el difusor.

### Pruebas realizadas y resultados obtenidos

#### Prueba A.

Esta prueba fue realizada a presión constante y variando la distancia, teniendo como resultante la medición de la velocidad del aire en la carga testigo tabla 1, estas mediciones se realizaron sin considerar el efecto de rebote, como se muestra en la figura 4.

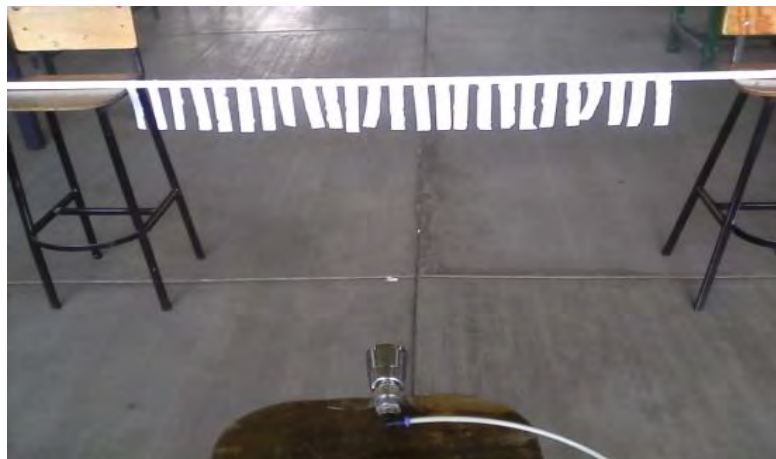


Figura 4 Sistema sin rebote.

| DISTANCIA<br>(cm) | RADIO<br>(cm) | VELOCIDAD<br>(Km/h) | PRESION<br>(Lb/in <sup>2</sup> ) |
|-------------------|---------------|---------------------|----------------------------------|
| 60 cm             | 15 cm         | 3.8 km/h            | 30 lb/in <sup>2</sup>            |
| 80 cm             | 25 cm         | 3.3 km/h            | 30 lb/in <sup>2</sup>            |

|              |              |                 |                             |
|--------------|--------------|-----------------|-----------------------------|
| <b>1 m</b>   | <b>30 cm</b> | <b>3.0 km/h</b> | <b>30 lb/in<sup>2</sup></b> |
| <b>1.2 m</b> | <b>40 cm</b> | <b>2.4 Km/h</b> | <b>30 lb/in<sup>2</sup></b> |
| <b>1.4 m</b> | <b>45 cm</b> | <b>2.0 Km/h</b> | <b>30 lb/in<sup>2</sup></b> |
| <b>1.6 m</b> | <b>50 cm</b> | <b>1.4 Km/h</b> | <b>30 lb/in<sup>2</sup></b> |
| <b>1.8 m</b> | <b>55 cm</b> | <b>1.0 Km/h</b> | <b>30 lb/in<sup>2</sup></b> |
| <b>2 m</b>   | <b>60 cm</b> | <b>0.4 Km/h</b> | <b>30 lb/in<sup>2</sup></b> |

Tabla 1 Resultados del sistema sin rebote.

Prueba B esta prueba se realizó a presión constante pero esta vez se consideró el efecto de rebote, como se puede observar en las mediciones obtenidas, el diámetro de impacto adquiere un incremento como se muestra en la figura 5.

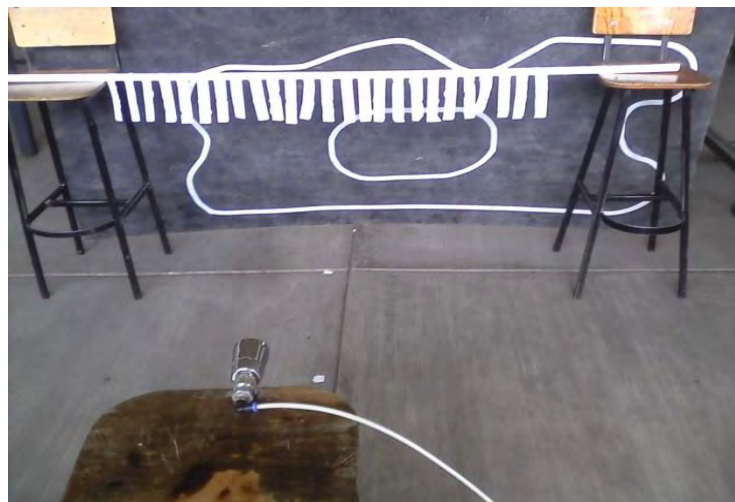


Figura 5 Sistema con rebote.

| DISTANCIA | RADIO | VELOCIDAD | PRESION               |
|-----------|-------|-----------|-----------------------|
| 60 cm     | 20 cm | 3.8 km/h  | 30 lb/in <sup>2</sup> |
| 80 cm     | 30 cm | 3.3 km/h  | 30 lb/in <sup>2</sup> |
| 1 m       | 35 cm | 3.0 km/h  | 30 lb/in <sup>2</sup> |
| 1.2 m     | 45 cm | 2.4 Km/h  | 30 lb/in <sup>2</sup> |
| 1.4 m     | 50 cm | 2.0 Km/h  | 30 lb/in <sup>2</sup> |
| 1.6 m     | 60 cm | 1.4 Km/h  | 30 lb/in <sup>2</sup> |
| 1.8 m     | 60 cm | 1.0 Km/h  | 30 lb/in <sup>2</sup> |
| 2 m       | 60 cm | 0.4 Km/h  | 30 lb/in <sup>2</sup> |

Tabla 1 Resultados del sistema con rebote.

### Conclusiones

Este trabajo permitió durante su desarrollo, sistematizar actividades encaminadas a establecer la validez del sistema que permite generar condiciones al evitar daño irreversible sobre las plantas por efecto térmico de la helada, como producto paralelo al efectuar las mediciones, se determinó un efecto que beneficia al sistema al encontrarse el difusor a una distancia próxima al suelo (efecto de rebote), teniendo una ganancia en el diámetro de difusión de lo que se considera generar un flujo de aire más constante, no teniendo el mismo comportamiento cuando la distancia es más grande.

### Referencias bibliográficas.

- M.en G. Lucía Guadalupe Matías Ramírez, Dr. Óscar Arturo Fuentes Mariles "Heladas" Fascículo  
1a. edición, diciembre 2001  
Richard L Snyder, "Protección contra heladas : fundamentos, practica y economía"  
Volumen 1, 2010.  
Ortega, L. "Instrumentacion Industrial", México. (2008)

# Propuesta de diseño y desarrollo de un sistema artificial para la incubación de aves de corral

Lic. Julián Conde Camacho<sup>1</sup>, Dr. Brian Manuel González Contreras<sup>2</sup>,  
M.I.A. Salvador Tlapale Hernández<sup>3</sup> y M. en C. Iván Jesús Sánchez Cuapio<sup>4</sup>

**Resumen**—Las ventajas que presenta la incubación artificial sobre la incubación natural son notables, dado que se pueden criar pollos más uniformes en la época y en la cantidad que el productor lo desee; la producción puede hacerse de manera continua, con poco esfuerzo y con la posibilidad de reducir los costos de producción e incrementando la oferta del producto, incluso con una sola máquina incubadora. Este artículo presenta una propuesta de diseño y fabricación de la estructura de una incubadora artificial, considerando la parte eléctrica/electrónica que permita realizar el control de temperatura, humedad y volteo del producto específico de huevo de gallina. La tecnología utilizada para ello consiste en el uso de un circuito integrado programable (microcontrolador) que gestiona sistemas PID en algunas de las tareas de la incubadora a partir de las preselecciones dadas por el usuario y el sensado realizado dentro del cuerpo de la incubadora diseñada.

**Palabras clave**— Incubadora artificial, controlador PID, microcontrolador

## Introducción

En México, el sector avícola participa en más de la mitad de la producción pecuaria; en su mayoría lo aporta la producción de pollo, complementado por la producción de huevo. De 1994 al 2015 el consumo de insumos agrícolas creció a un ritmo anual hasta del 28%, y cabe destacar que la avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal en el país. En los últimos 3 años, México se ubicó como el sexto productor de huevo a nivel mundial, después de China, EUA, la Unión Europea, India y Japón. En la alimentación del mexicano, el sector avícola juega un papel importante, ya que 6 de cada 10 personas incluyen en su dieta productos avícolas, esto se debe, en parte, a que los precios de huevo y pollo se han reducido en términos reales en la última década, y también a que ambos son alimentos nutritivos y versátiles en su preparación. El consumo per cápita del mexicano se refleja en casi un huevo diario y el estimado de crecimiento en el ramo avicultor crecerá hasta en dos puntos para los siguientes años. La producción de estos productos en el país y los índices presentados dejan de manifiesto que es un producto de primera necesidad y por ello muchas familias de diferentes medios socio-económicos incursionan en micro-empresas para tales fines, sirviendo además como un apoyo en cruzadas contra la falta de alimento. Personas, como pobladores urbanos de bajos recursos económicos, acostumbran criar aves aprovechando el patio de sus casas, hacen esto como un apoyo a su economía además de obtener huevos y carne que mejoran la calidad de su alimentación.

## Descripción del Método

Una incubadora es un sistema donde se genera un ambiente con la humedad y temperatura adecuadas para el crecimiento o reproducción de seres vivos. Con las máquinas incubadoras, se ha logrado repetir el proceso de la incubación natural valiéndose de medios artificiales, utilizando al ave únicamente como proveedora de huevos fértiles. El término “Incubación Artificial” se refiere al uso de equipo mecánico para reemplazar a la gallina u otra ave clueta en el proceso de incubación de los huevos. Las incubadoras actuales son bastante utilizadas por su magnífico control en las condiciones necesarias para sostener un proceso biológico, la práctica de la incubación artificial y la construcción de incubadoras son muy comunes. Hoy en día se han diseñado infinidad de modelos de incubadoras y aunque los elementos tecnológicos han evolucionado año tras año, los principios en los que se sustenta la incubación siguen siendo los mismos.

Las ventajas que presenta la incubación artificial sobre la incubación natural son muy grandes, dado que se pueden criar pollos más uniformes en la época y en la cantidad que la persona lo desee; la producción puede hacerse

<sup>1</sup> El Lic. Julián Conde Camacho es Profesor de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Huamantla, Tlaxcala. [jconde@uttlaxcala.edu.mx](mailto:jconde@uttlaxcala.edu.mx)

<sup>2</sup> El Dr. Brian Manuel González Contreras es Profesor de Electrónica Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala [brian.m.g@ieee.org](mailto:brian.m.g@ieee.org)

<sup>3</sup> El M.I.A. Salvador Tlapale Hernández es Profesor de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Huamantla, Tlaxcala. [stlapale@uttlaxcala.edu.mx](mailto:stlapale@uttlaxcala.edu.mx). (autor corresponsal)

<sup>4</sup> El M. en C. Iván Jesús Sánchez Cuapio es Profesor de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Huamantla, Tlaxcala. [ivan.sanchez@uttlaxcala.edu.mx](mailto:ivan.sanchez@uttlaxcala.edu.mx).

de manera continua, con poco esfuerzo y con la posibilidad de reducir los costos de producción e incrementando la oferta del producto pues una sola máquina incubadora puede producir hasta ciento veinte mil pollos en el mismo período de tiempo que una gallina produce diez a doce. En el diseño propuesto, la combinación de componentes para la estructura de la incubadora y la parte de control requiere alcanzar valores denominados óptimos a partir de las especificaciones básicas: temperatura de 37.8 °C con humedad relativa de 60%. La Tabla 1 muestra el comportamiento de estos parámetros en el transcurso de este proceso.

| Día   | Humedad                            | Temperatura                             |
|-------|------------------------------------|---|
| 1     | Establecer humedad entre 60 y 65 % | Establecer temperatura entre 37 y 38 °C |
| 2-9   | Establecer humedad entre 55 y 59 % | Establecer temperatura entre 37 y 39 °C |
| 10-15 |                                    |   |
| 16-18 |                                    |   |
| 18-21 | Establecer humedad entre 60 y 65 % | Establecer temperatura entre 36 y 37 °C |

Tabla 1. Condiciones de operación en el proceso incubación.

#### Desarrollo e implementación de la estructura mecánica.

Para la implementación de la incubadora se consideran los elementos mecánicos y eléctricos/electrónicos que contendrá en su interior, así como la distribución adecuada de ellos, considerando que la capacidad será de hasta 60 huevos. Para generar el calor se utiliza una resistencia eléctrica con las siguientes dimensiones: diámetro 0.08cm y longitud 25cm. Y para homogenizar la temperatura en el interior de la incubadora se utiliza un ventilador de dimensiones 12cm x 12cm x 2.5cm además un túnel de 12cm x 12cm x 25cm. Para la generación de humedad se utiliza una bandeja de 13cm x 13cm x 6cm que contendrá agua y una resistencia eléctrica. Finalmente el sistema de volteo mecánico consiste de dos marcos de ángulos de ½" de 40cm x 30cm que contengan las charolas y los soportes para su sujeción. En resumen, el área de las porta charolas es de 30 cm x 41 cm, el del contenedor de 13cm x 13cm el túnel de 12cm x 18cm. Y además se consideran tolerancias entre ellos como se muestra en la Figura 1. De donde se obtiene el área de incubadora 50 cm x 41 cm considerando las tolerancias se propone un área de 55 cm x 50 cm. El volumen total será de 55cm x 50cm x 30cm = 82500 cm<sup>3</sup> = 0.0825 m<sup>3</sup>.

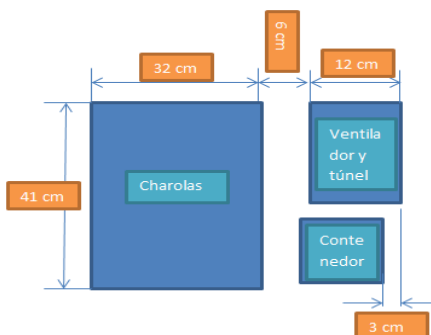


Figura 1 Distribución de los componentes para determinar el área de la incubadora

#### Estructura del control electrónico

El principio de todo sistema de control automático es la aplicación del concepto de retroalimentación (control de lazo cerrado), cuya característica especial es la de mantener al controlador informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario, se muestra el diagrama principal de este técnica en la Figura 2.

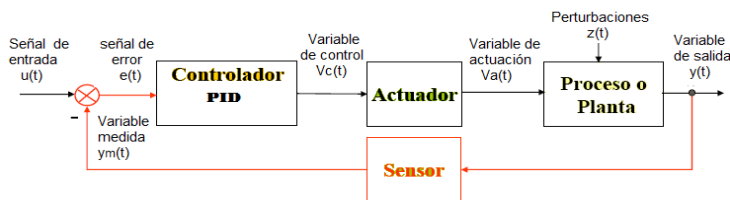


Figura 2 Estructura de un sistema de control de lazo cerrado.

#### Controlador Proporcional- Integral -derivativo

Para controlar las variables de humedad y temperatura se utiliza control clásico. La técnica de controlador proporcional integral derivativa (PID) consiste en genera una señal resultado de la combinación de la acción proporcional, la acción integral y la derivativa conjuntamente., que se traduce en las ecuaciones (1) y (2).

$$m(t) = Ke(t) + Kd \frac{de(t)}{dt} + Ki \int_0^t e(t) dt = K \left[ 1 + Td \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(t) dt \right]. \quad (1)$$

Tal que:

$$M(s) = K \left[ 1 + Td S + \frac{1}{TiS} \right] E(s) \Rightarrow \frac{M(s)}{E(s)} = K \left[ 1 + Td S + \frac{1}{TiS} \right]. \quad (2)$$

La acción de controlador proporcional integral derivativa permite eliminar el error en estado estacionario, logrando una buena estabilidad relativa del sistema de control. En consecuencia una respuesta transitoria y un valor de sobreimpulso pequeños.

#### Elementos de medición y control.

En la tabla 2. Se resumen las entradas y salidas hacia el microcontrolador, así como los dispositivos utilizados para que formen parte de la etapa de control que gestiona el mismo microcontrolador.

| Parámetro                 | Intervalo                | Componente de control          | Tipo de variable |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------|
| Calefacción               |                          | Resistencia                    | Salida           |
| Balanceo/volteo           | 40 -- 50°<br>-40 -- -50° | Motor                          | Salida           |
| Ventilación               |                          | Ventilador 1                   | Salida           |
| Humedad                   |                          | Resistencia                    | Salida           |
| Visualización             |                          | Display                        | Salida           |
| Humedad relativa          | 55 a 65 %                | Sensor de humedad<br>DHT11     | Entrada          |
| Temperatura               | 37 a 39 °C               | Sensor de temperatura<br>DHT11 | Entrada          |
| Referencia de temperatura |                          | Teclado                        | Entrada          |
| Referencia de humedad     |                          | Teclado                        | Entrada          |

Tabla 2. Valores de operación y relación con el microcontrolador.

#### Arquitectura de control.

Con base en el diagrama de bloques de la Figura 3 se puede describir el funcionamiento del control propuesto para la incubadora.

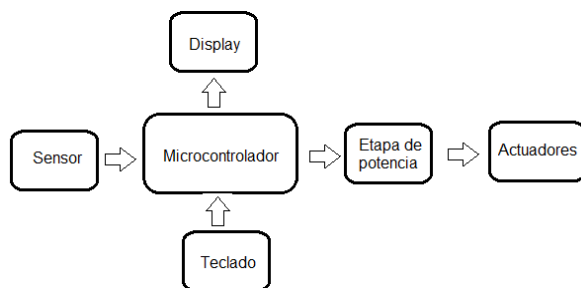


Figura 3. Diagrama de control a bloques.

Se puede observar que el microcontrolador recibe las señales provenientes del sensor de humedad y temperatura el DHT11, además los datos provenientes del teclado, procesa el programa que tiene almacenado y actualiza sus salidas. Los datos de salida son visualizados a través de un display LCD. Y otros son enviados a las etapas de potencia para activar el actuador correspondiente. Cabe destacar que el microcontrolador gestiona todas las actividades del sistema de incubación.

#### Diagrama Electrónico.

En la Figura 4, se muestra el diagrama general electrónico de la incubadora, desarrollado en el software Proteus donde de igual modo se permitió realizar la simulación arrojando resultados satisfactorios.



Es importante apreciar las conexiones de los 2 microcontroladores con sus respectivas señales de entradas y salidas, mencionando que no se muestran las etapas de potencia para activar los actuadores a excepción del motor que realiza el volteo.

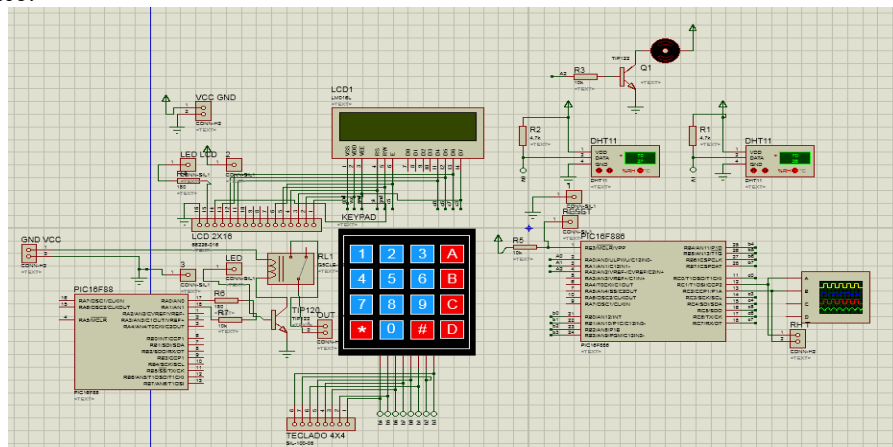


Figura 4 Circuito electrónico de control para la incubadora.

### Algoritmo de control.

Para asignar la lógica de control que permite cumplir con los objetivos se desarrolla un algoritmo de estabilización donde se determina un valor Proporcional que significa la reacción del error actual, un valor integral que genera una corrección proporcional a la integral del error y un valor derivativo que determina la reacción del tiempo en el que el error se produce, la suma de estas tres acciones es usada para ajustar la energía suministrada a la resistencia de humedad y de calor, que finalmente se traduce por los módulos PWM del PIC. El algoritmo se muestra en la Figura 5.

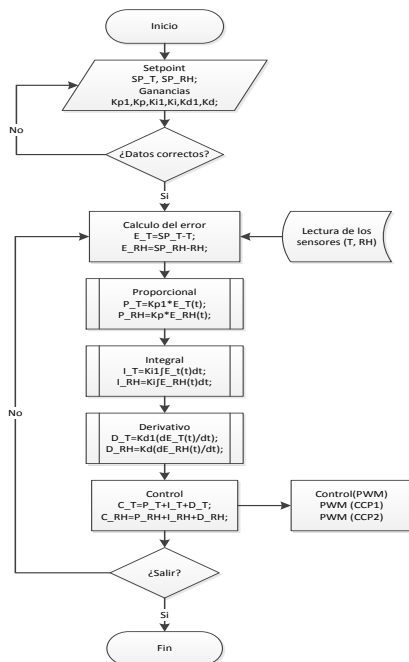


Figura 12 Algoritmo de control propuesto

### Resultados

El producto obtenido mecánicamente se refleja como la estructura de la incubadora artificial así como la distribución de los elementos previamente descritos que la conforman, según se muestra en la Figura 6 a) y b); así como algunos instrumentos de medición para verificar el ancho de pulso en los actuadores.



Figura 6 a). Vista de la incubadora construida.



Figura 6 b) Mediciones realizadas

En la parte de control electrónico se desarrollaron las placas para la instalación permanente de los componentes que se muestra en la Figura 7

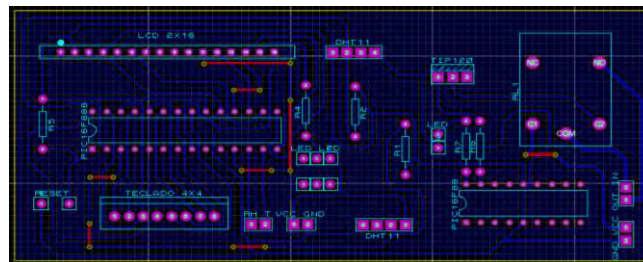


Figura 7 Circuito impreso

Para tener conocimiento del sistema se procedió a caracterizarlo en temperatura y humedad, procediendo a activar los actuadores al 100%, una vez alcanzado el valor de referencia, se desactivan, y registra la inercia del sistema, es decir, en cuanto las variables de interés sobrepasan el valor de referencia al dejar de suministrar energía, todo en función del tiempo. El comportamiento se muestra en la Figura 8, donde se nota la relación de los parámetros son inversos.

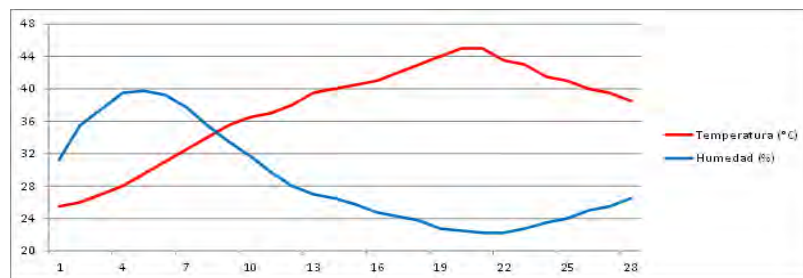


Figura 8 Comportamiento de la humedad respecto a la temperatura

El algoritmo fue programado en el microcontrolador, usando como lenguaje de programación C en PIC C compiler, este fue simulado en Proteus, y comprobando que el sistema realiza lo establecido en el algoritmo, se prosiguió a grabar el programa el PIC. Puesto que el sistema no fue modelado, el valor de las constantes proporcional, integral y derivativa, se establecieron de forma experimental, obteniéndose un sistema de control estable, como se puede apreciar en las gráficas mostradas en las Figura 9.

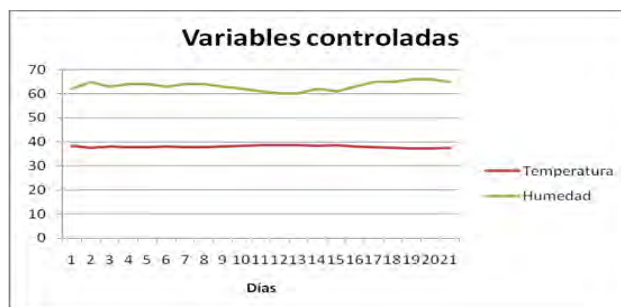


Figura 9 Resultados obtenidos con la implementación del control PID.

### Discusión

Con la integración de los componentes estructurales y electrónicos en el desarrollo de este proyecto se ha permitido fabricar una incubadora artificial, logrando incubar huevos de gallina con una eficiencia del 60%, lo que significa que de 10 huevos probados en los 21 días, se logró el nacimiento de 6, manteniendo al producto bajo observación para saber su sobrevivencia. Es importante indicar que se continúa con más pruebas para establecer los valores personalizados que se adapten a las condiciones del medio ambiente en donde se encuentra la incubadora desarrollada. Asimismo tomar en cuenta el tipo de control empleado, debido a que los datos obtenidos muestran que la humedad aún no se encuentra dentro de los parámetros adecuados para propiciar un buen desarrollo de embrión.

### Conclusiones

Se presentó una metodología de fabricación de una incubadora de huevo de gallina considerando los aspectos estructurales, eléctricos/electrónicos y de control para su desarrollo. El sistema de control incorporado es eficaz, sin embargo, como trabajo futuro se considera utilizar alguna técnica de control avanzado que permita hacerlo eficiente para el consumo de energía y mejor gestión de los dispositivos utilizados, con la finalidad de mejorar la incubación y logro de pollos con al menos una eficiencia del 80%. Asimismo la medición del consumo energético está aún por definirse bajo un criterio que permita establecer la pertinencia energética del conjunto eléctrico utilizado en el desarrollo del prototipo. Es importante aclarar que el proyecto sigue su desarrollo y se realizan aún pruebas para mejorar, lo relativo a la generación de humedad y mejora del sistema de control, en donde busca trabajar con distintas técnicas.

### Referencias

- Unión Nacional de Avicultores. <http://www.una.org.mx/>. Abril 2015.
- J. Portsmouth, *Avicultura Práctica*. Edit. CECSA, 1986, México.
- T. Ross, "Cómo Investigar las Prácticas de Incubación", Octubre, 2009.
- G. Agidi, J.T Liberty, O.N Gunre, G.J Owa, "Design, construction and performance evaluation of an electric powered egg incubator", *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*, eISSN: 2319-1163, pISSN: 2321-7308, Vol: 03, Issue: 03, Mar-2014, pp: 521-526.
- Olaoye I.O., Lawal B.M., Ibrahim S.O., Sanusi B.A., "An electrically operated incubator for household", *Greener Journal of Science, Engineering and Technological Research*, ISSN: 2276-7835, Vol. 3 (5), pp. 160-165, May 2013.
- K. Kadhakrishnan, Noble Jose, Sanjay S. G., Thomas Cherian, Vishnu K.R., "Design and Implementation of a Fully Automated Egg Incubator", *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (IJAREEIE)*, pISSN: 2320 – 3765, eISSN: 2278 – 8875, Vol. 3, Issue 2, February 2014, pp: 7666-7672.
- Benjamin N., Oye, N.D., "Modification of the Design of Poultry Incubator", *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)*, ISSN 2319 – 4847, Volume 1, Issue 4, December 2012, pp. 90-102.
- Nithin T Abraham, Shaema Lizbeth Mathew, C.A Pradeep Kumar, "Design and Implementation of Solar PV Poultry Incubator", *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, ISSN: 2249 – 8958, Volume 3, Issue 3, February 2014.
- Biel Spartacus Gomáriz, Domingo Biel José Matas, Miguel Reyes." *Teoría de control diseño electrónico*" Alfa\_omega ediciones UPC, segunda edición 2000.

## Determinación de variables de envejecimiento en motores de inducción

Ing. Gelacio Copalcua Nava<sup>1</sup>, Dr. Perfecto Malaquías Flores Quintero<sup>2</sup>,  
M.C José Luis Hernández Corona<sup>3</sup> y Dr. Rafael Ordoñez Flores<sup>4</sup>

**Resumen**— Una de las principales perturbaciones son los armónicos de voltaje y corriente ya que estas a su vez se dividen en subíndices armónicos, como se menciona a continuación,  $THD_v$ ,  $THD_i$ ,  $V_{RMS}$ ,  $I_{RMS}$ , F.C,  $V_{pico}$ , en este trabajo se analiza la forma de tensión y corriente con equipos de calidad de energía, evaluando todas las variables que intervienen, ya que los parámetros de medida de las cargas no lineales son las causantes de envejecimiento en motores de inducción. La mayoría de las cargas no lineales son una de las fuentes principales de contaminación de armónicos y se relaciona con el factor de potencia, que está establecido por las compañías suministradoras de energía eléctrica y a su vez estas se regulan por medio de normas internacionales sobre armónicos, otro factor estudiado y de gran importancia es la temperatura, analizada por medio de elementos de adquisición de temperatura como termopares y fueron comparados con sistemas de medición térmica infrarroja y termografía.

**Palabras clave**— Armónicos, envejecimiento, no lineal, energía, temperatura.

### Introducción

El surgimiento de los armónicos, nace desde la época griega, cuando se realizó un experimento de una cuerda, donde, se demostró que se genera una perturbación de una onda sinusoidal armónica simple, de aquí, cuando surge más interés de un Matemático, llamado Euler quien hace un modelado matemático que posteriormente sirve de base para la utilización de la Serie de Fourier, para el análisis de ondas sinusoidales y es entonces, donde se realizan las primeras pruebas en distintas áreas de aplicación, como la termografía, vibraciones mecánicas, calidad de energía, el sonido, y todas aquellas aplicaciones que se utilizan la adquisición de señales por salida de espectros. Las vibraciones mecánicas por medio de un análisis y sistemas de pruebas deben proporcionar información esencial para la detección temprana de fallas o malfuncionamiento, debido a todas las condiciones de equipos eléctricos. De esta manera que un daño mayor o incluso fallas, pueden prevenirse, puede afectar el rendimiento del equipo (Loan Lita et al. 2010).

La clave de utilizar adquisición de señales son empleados, para el diagnóstico, y entre otras aplicaciones, por ejemplo en la capacidad, para diferenciar, entre trayectorias de vibración subnormal y normal de ensamble eléctrico, Desde el punto de vista práctico, las funciones de vibraciones armónicos simples son relacionados, para la frecuencias circulares de la rotación o movimientos de los componentes. Determinando estas frecuencias es el primer punto básico en analizar la condición de funcionamiento en este caso equipos eléctricos (T. Szolc y A. Ponchake, 2010 y E. Suhir, 2000). Las redes de armónicos, tienden a aumentar las pérdidas del sistema, pueden excitarse frecuencias de resonancia, y causa el mal funcionamiento de equipos y provoca envejecimiento, por lo tanto como las proporciones de las cargas no lineales son esencialmente, ubicadas en las redes continuas que pueden incrementarse, hay una forma para predecir la generación de armónicos por estos elementos convirtiéndose en importantes incrementos de esto mismo (P.A. Gray y P. W Lehn, 2012).

Una de las áreas principalmente en el mantenimiento predictivo, actualmente es una de herramienta, que se emplea en técnicas de diagnóstico, para monitoreo del envejecimiento de motores de inducción (Gao, Bingkungn et al. 2013).

<sup>1</sup> Ing. Gelacio Copalcua Nava, Estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Apizaco, México [gelacio\\_copalcua@outlook.es](mailto:gelacio_copalcua@outlook.es)

<sup>2</sup> Dr. Perfecto Malaquías Quintero Flores, Profesor Investigador en el Posgrado en Sistema Computacionales en el Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Apizaco, México [kmalakof@yahoo.fr](mailto:kmalakof@yahoo.fr)

<sup>3</sup> M.C. José Luis Hernández Corona, Profesor Investigador, del Departamento de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica de Tlaxcala, México, [coronah Luis@hotmail.com](mailto:coronah Luis@hotmail.com)

<sup>4</sup> Dr. Rafael Ordoñez Flores, Profesor Investigador en el Posgrado en Sistema Computacionales en el Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Apizaco, México [rafaelpordonesf@gmail.com](mailto:rafaelpordonesf@gmail.com)

Se ha investigado y analizado, por medio de artículos, sobre motores de cd y ca para la condición de monitoreo, que han sido presentados alrededor del mundo en las últimas décadas, estas condiciones de monitoreo son de más alta prioridad entre prevalecer y dar continuidad sobre la extensión de los motores eléctricos (Zhao Hua, 2011). Una de las herramientas para la obtención de parámetros son equipos especializados y personal calificado, con las bases de conocimiento en programación ya que representa un costo en su implementación en algunas empresas, una de las áreas de aplicación, donde se emplea en el mantenimiento predictivo, abarca distintas sub-áreas, dentro del mantenimiento predictivo, hay una que se encarga en el estudio de la calidad de energía para obtener algunos parámetros de adquisición de señales, por medio de algunas áreas de ingeniería, por ejemplo, si necesitamos adquirir señales por medio de vibraciones mecánicas, en donde, se adquiere el dato por medio de componentes como los acelerómetros, entre otros, cada una de las señales obtenidas mostrara los parámetros de operación del equipo, los softwares son herramientas eficaces, que permiten monitoreo en tiempo real, conjuntamente con el hardware, por lo regular, cada fabricante del equipo predictivo o de medición tiene su software para el análisis de datos, regularmente con salida a gráfico, comúnmente denominado espectro, para poder aumentar la vida útil de los motores (Mikhail Tsyarkin, 2012).

El estudio consistió en obtener y analizar algunas de las fuentes de envejecimiento en los motores de inducción, algunas de las más comunes son los armónicos, estos afectan la calidad de energía y provoca serios problemas en la industria, además que por su existencia provocan un aumento en el consumo de energía eléctrica. Las ondas de consumo se dividen en lineales y no lineales. Las primeras señales de onda son denominadas ideales y en las segundas generadas por la distorsión de señal, además de afectaciones, esencialmente por componentes electrónicos en la industria, provocando costos en el consumo de la energía eléctrica. Abordaremos algunos modelados matemáticos para adquisición de señales, por medio de las series de Fourier y un desglose general del mismo, En la metodología, describimos los pasos para la adquisición de señales en tiempo real, y el comportamiento de las ondas sinusoidales, por medio de software mediante el equipo de calidad de energía. En el desarrollo se hizo un análisis comparativo de una carga lineal resistiva y una comparación con los resultados medidos de una subestación eléctrica.

### Marco teórico

Los motores de inducción son conocidos por su alta rentabilidad en su uso, sin embargo, en estos tipos de motores puede presentar la degradación de sus partes mecánicas y eléctricas, con lo que es necesario detectar estas condiciones de averías, en su estado, para prevención, algunas de las fallas más comunes se presentan por la sobrecarga de corriente en motores con relación al valor nominal, estos tipos de fallas surgen debido a una caída de tensión, una sobre corriente, también por la potencia del motor eléctrico cuando las temperaturas sobre pasan los límites de operación, dando origen a un calentamiento de los conductores ocasionando un sobre voltaje (Mariana Lorgolescu, y Robert Beloiu, 2014).

En la adquisición de señales hay diversos equipos especializados que pueden ser manipulados por medio de software y hardware, los parámetros son diferentes debido a la fallas y como se podría solucionar estos además son muy comunes en el área de mantenimiento de una empresa, cuando se necesita medir alguna variables analógicas (por ejemplo: presión, aceleración, temperatura, potencia eléctrica, entre otras). Los más utilizados son los diferentes tipos de sensores o también llamados transductores, estos han demostrado que la adquisición de la señal de datos son muy precisos o exactos en monitoreo, siendo adaptable para cada instrumento de medición y relacionado con la adquisición de señal en tiempo real (M. Musardo et al 2014). Por ejemplo en las vibraciones mecánicas mediante frecuencia, se usan acelerómetros, estos miden la aceleración, y por medio de espectros notamos, el comportamiento de la señal obtenida, y monitorear una señal y su distorsión de la onda en un instante de tiempo, hay otros equipos especializados que nos muestran el comportamiento de las señales eléctricas tal es el caso de los equipos de calidad de la energía (Insan Arafat Jamill et al 2014).

La adquisición de señales y tratamiento por modelos matemáticos como las series de Fourier, nos permiten visualizarla en forma espectral, para evaluar el comportamiento de la misma. La serie de Fourier es una serie infinita que converge puntualmente a una función periódica y continua dividida por partes. Las series de Fourier constituyen una herramienta matemática básica del análisis matemático empleado para analizar funciones periódicas a través de la descomposición de dicha función en una suma infinita de funciones sinusoidales mucho más simples (como



combinación de senos y cosenos con frecuencias enteras). El nombre se debe al matemático francés Jean-Baptiste Joseph Fourier, que desarrolló la teoría cuando estudiaba la ecuación del calor. Fue el primero que estudió tales series sistemáticamente, y publicó sus resultados iniciales en 1807 y 1811. Esta área de investigación se llama algunas veces análisis armónico. Uno de los principales métodos de análisis es por medio de las series de Fourier, como describiremos cada una de estas como sigue:

- a) La serie de Fourier de onda: La series para un periodo regular, integrable, de una función periódica  $f(t)$  de un periodo de  $T$  en segundos y la frecuencia fundamental  $f=1/T$  en Hz o  $\omega = 2\pi f$  en rad/s puede ser rescritos como sigue (S.J. Radane, y W.xu, 2007):

$$f(t) = C_o + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(n\omega t + \theta_n) \quad (1)$$

Donde  $C_o$ , Es el valor de la función,  $C_n$ , es el valor pico de la componente armónica  $n^{th}$  y  $\theta_n$  es la fase del ángulo.

- b) La transformada discreta Fourier: La transformada par para señales continuas pueden ser escrito en la forma siguiente:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i2\pi ft} dt \quad (2)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f)e^{-i2\pi ft} df \quad (3)$$

Para  $-\infty < f < \infty$ ,  $-\infty < t < \infty$  y  $i = \sqrt{-1}$ . La letra mayúscula  $X(f)$  representa el dominio de la función; La letra minúscula  $x(t)$  es la función dominio tiempo. La analogía de la transformada par discreta de Fourier que aplica para versiones de medición de estas funciones pueden ser reescritos en la forma siguiente:

$$X(j) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x(k)e^{-i2\pi jk/N} \quad (4)$$

$$X(k) = \sum_{j=0}^{N-1} x(j)e^{-i2\pi jk/N} \quad (5)$$

Para  $j=0, 1, \dots, N-1$ ;  $k=0, 1, \dots, N-1$ , ambos  $X(j)$  y  $x(k)$  son, en general, las series complejas. Una derivación de la transformada discreta de Fourier, la continuidad de la transformada de Fourier puede ser encontrado. Cuando la expresión  $e^{2\pi i/N}$  se reemplaza por el término  $W_N$ , la transformada par DTF toma la forma siguiente (G.D. Bergland, 1969):

$$X(j) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x(k)W_N^{-jk} \quad (6)$$

$$x(k) = \sum_{j=0}^{N-1} X(j)W_N^{+jk} \quad (7)$$

Los Problemas y causas de los armónicos, uno de los principales problemas en la industria, es la generación de armónicos de cargas no lineales principalmente; se observa una forma de onda sinusoidal ideal que se obtiene principalmente de las cargas resistivas y las ondas no lineales perturban la señal de la onda sinusoidal, además las cargas no lineales en un sistema de potencia es la raíz de la generación de los armónicos, y puede ser dividida, dentro de tres categorías, incluye los tipos de saturación magnética del hierro (equipos de varios núcleos), tipos de pulsadores electrónicos (diferentes tipos de equipos eléctricos y electrónicos), y los tipos de arcos de fundición (arcos de fundición alternos y máquinas de soldadura alterna); con el desarrollo de la tecnología de la electrónica de potencia, la escala de contaminación la red es más grande, los problemas asociados a contaminación de armónicos en los sistema son más serios, la contaminación de armónicos en la red de distribución de voltaje es mucho más obvio, a continuación describiremos brevemente algunas de las fuentes de armónicos:

- El efecto en equipos de potencia: La influencia de armónicos en un grupo de capacitadores en paralelo es más significativo. De acuerdo para estadísticas, aquí está alrededor 70% fallas de armónicos ocurrido en grupo de capacitores.
- Resonancia: Los capacitores con la compensación del factor de potencia son ampliamente utilizados en sistemas de potencia, como componente esencial del sistema (por ejemplo, línea, la reactancia del transformador), los armónicos de resonancia son los más comúnmente encontrados en el bus con fuentes de armónicos, porque no existe solo fuentes armónicos pero también Capacitores Shunt / cables/ suministro de potencia por transformadores y motores en el bus, y estos dispositivos son cambios frecuentes, fácil para formar la condición de resonancia (Kelin Deng et al 2014).
- Los Conductores eléctricos: hay dos mecanismos en que la corriente de armónicos puede causar sobrecalentamiento en conductores, para el valor rms de la corriente. El primer mecanismo es entre la redistribución de la corriente sin el conductor e incluye el efecto superficial y el efecto proximidad.
- Luminiscencia: de lámparas incandescentes tendrá una pérdida definitiva de la vida cuando se opera con una tensión distorsionada porque las lámparas son sensibles al nivel de tensión del servicio Las lámparas de descargas, como el sodio bajo presión, halogenuros o fluorescente necesitan reactancias inductivas como una



corriente serie elemento limitante (J.C. Balda et al 1993). Tal y como se muestra la información en el Cuadro 1. (M.I Abu Bakar, 2008).

| Carga no lineal |      |             |                     |                     |                     |                     |                      |
|-----------------|------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
|                 | PF   | $THD_I$ (%) | 3 <sup>th</sup> (%) | 5 <sup>th</sup> (%) | 7 <sup>th</sup> (%) | 9 <sup>th</sup> (%) | 11 <sup>th</sup> (%) |
| Lámpara flou.   | 0.57 | 11.1        | 10.7                | 2.0                 | 1.8                 | 0.9                 | 0.6                  |
| Amplificador    | 0.71 | 48.1        | 32.1                | 30.7                | 14.2                | 7.8                 | 2.6                  |
| Televisión      | 0.66 | 72.5        | 55.1                | 36.8                | 20.3                | 11.4                | 10.8                 |
| Fotocopiadora   | 0.68 | 69.9        | 37.7                | 40.2                | 30.7                | 21.9                | 15.2                 |
| Laptop          | 0.52 | 80.1        | 52.8                | 43.5                | 31.6                | 19.3                | 8.4                  |
| PC              | 0.53 | 80.1        | 52.8                | 43.5                | 31.6                | 19.3                | 8.4                  |
| Impresora       | 0.49 | 83.6        | 46.7                | 41.3                | 36.2                | 28.6                | 21.5                 |

Cuadro 1. Fuentes de cargas no lineales que provocan armónicos en corriente.

### Metodología

El desarrollo de la investigación se basó en la aplicación de equipos de medición térmica, analizador de armónicos, y equipo de calidad de la energía, se estudió una carga lineal y una carga no lineal de esta forma analizamos el comportamiento de la onda en sistemas eléctricos.

Se conectó una carga resistiva, con alimentación de 120volts, como se muestra en la Figura 1, se obtienen los valores de amperaje y voltaje, con aplicación de software del equipo de medición nos muestra el gráfico sinusoidal de ambas mediciones en su forma ideal.

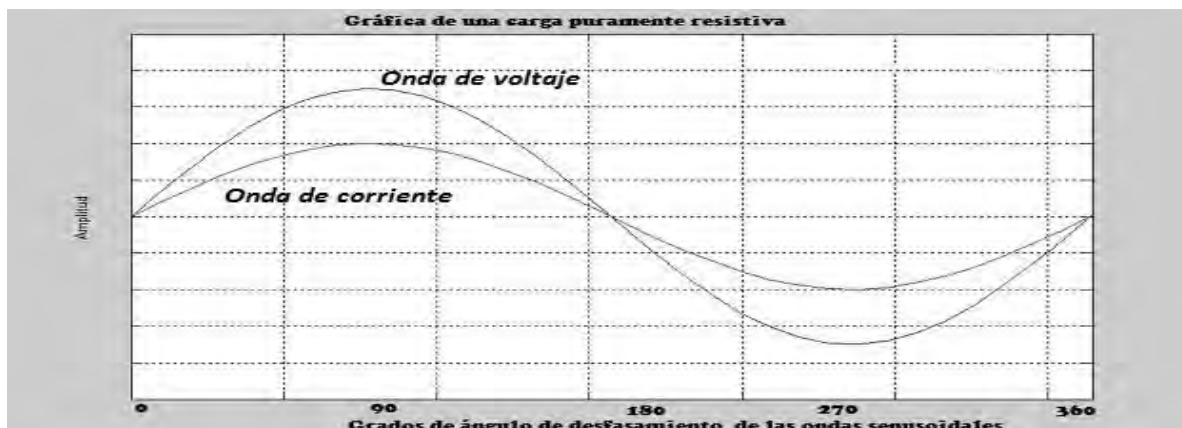


Figura 1: La relación entre voltaje y corriente en una carga resistiva

La medición realizada para cargas no lineales se desarrolló, con una línea de alimentación saturada con equipo de cómputo. Al medir las cargas no lineales observamos diferentes armónicos de corriente, los que más se observan, son el tercer, quinto, séptimo, noveno y onceavo, que pueden provocar disturbios en los equipos, pérdidas de energía, calentamientos.

El desarrollo de la adquisición de señales con el equipo de calidad de la energía para la obtención de las variables  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  y  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ , armónicas, los resultados obtenidos con el equipo de calidad de energía nos proporcionan la forma de onda de corriente y voltaje con sus respectivas variaciones armónicas de ondas, en la Figura 2 se observa el resultado de una onda corriente en un lapso de tiempo, con sus distorsión armónica.

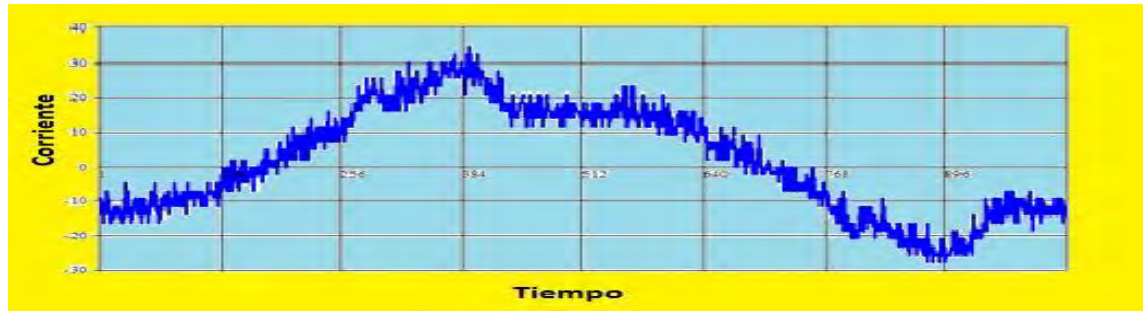


Figura 2. Forma de onda de corriente con perturbación de armónicos en la subestación eléctrica.

La Figura 3, muestra un gráfico de barras con el % Distorsión Total Armónica (THD) y los resultados totales de armónicos presentes en las líneas de alimentación, determinándose 55 armónicos totales, los que más afectan al envejecimiento son el tercer y quinto, siendo estos los más altos.



Figura 3. Los armónicos de orden en una carga no lineal.

## Resultados

Los resultados finales de la adquisición de señales en tiempo real, monitoreando las cargas no lineal conectadas a la red se muestran en el Cuadro 2, los cuales son: valores RMS, Peak + y -, CF, THD, V, y el Cuadro 3, se muestra los valores de temperatura en cada uno de los conductores y tres puntos tomados como muestra de la bobina de un motor de inducción.

|       | RMS   | PEAK + | PEAK - | C.F  | THD-F % | V---I |
|-------|-------|--------|--------|------|---------|-------|
| $V_1$ | 127   | 177.3  | 177.2  | 1.40 | 2.4     | 126.9 |
| $i_1$ | 25.9  | 41.2   | 41.2   | 1.59 | 21.7    | 24.8  |
| $V_2$ | 127.9 | 181.2  | 180.1  | 1.42 | 2.5     | 127.8 |
| $I_2$ | 30.3  | 47.9   | 49.5   | 1.58 | 17.5    | 29.2  |
| $V_3$ | 126.5 | 174.6  | 176.3  | 1.30 | 2.2     | 126.4 |
| $I_3$ | 40.7  | 70.7   | 64.3   | 1.74 | 19.7    | 39.6  |

Cuadro 2. Algunos parámetros obtenidos en una carga no lineal por medio de equipos en análisis de armónicos.

| No. de muestras | Variables térmicas de una carga no lineal (°C) |           |           |           |      |      |      |
|-----------------|--|-----------|-----------|-----------|------|------|------|
|                 | Núcleo   | P1 Bobina | P2 Bobina | P3 Bobina | L1   | L2   | L3   |
| 1               | 24.6   | 25.0      | 24.9      | 24.9      | 16.3 | 16.3 | 16.3 |
| 2               | 24.6   | 25.9      | 25.7      | 25.5      | 16.1 | 16.7 | 16.3 |
| 3               | 25.5   | 26.4      | 26.9      | 24.2      | 16.8 | 17.1 | 16.9 |
| 4               | 25.5   | 25.9      | 26.9      | 24.4      | 16.5 | 16   | 16.1 |

Cuadro 3. Algunos parámetros obtenidos en una carga no lineal por medio de termografía.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos con las variables mostradas en los Cuadros 2 y 3, nos han permitido realizar modelados aplicando sistemas de inferencia difusa, para obtener el diagnóstico de envejecimiento en los devanados de motores de inducción. Los beneficios de la aplicación del modelado de sistema de inferencia difusa nos permitirán mejorar la reducción de tiempo en diagnósticos de mantenimiento realizados por operadores humanos, reducción del factor del error humano, mejora en planeación de mantenimiento de los motores, lo cual derivara en reducción de costos de mantenimiento y el aumento en la confiabilidad de operación de los motores, los cuales son una parte fundamental en cualquier sector industrial.

Por otra parte, estas mismas variables nos permitirán determinar matemáticamente el envejecimiento en los devanados de los motores, para continuar desarrollando investigación en esta área, al determinar su vida útil, mejorar su eficiencia y su proceso de mantenimiento.

La forma de onda sinusoidal pura no debe de tener distorsión de armónicos se analizó y observamos el comportamiento de los armónicos que nos interesa en nuestro estudio que son el 3, 5, 7.

## Referencias

- E. Suhir, "Predicted Fundamental Frequency of Vibration of a Heavy Electronic Component Mounted on a Printed Circuit Board" ASME Journal of Electronic Packaging, Vol. 122, 2000, 3-5.
- Gao, Bingkungn. Yanjia, Song, Zhaoyun Mingzi "Vibration Testing and Analysis of Motor Based on Virtual Instrument", IEEE, 2013, 205-210.
- G.D. Bergland, "A guided tour of the fast Fourier Transform" IEEE Spectrum Vol 6, 1969, 41-52.
- Insan Arafat Jamil1, Minhaz Ibna Abedin, Himan Kumar Sarker, Jahedul Islam "Vibration Data Acquisition and Visualization System using MEMS Accelerometer" IEEE 2014, 34-60.
- J. C. Balda , D. C. Griffithki, A. Mc Eachern, T. M. Barnes, D. P. Hartmann, D. J. Phileggi, A. E. Emmanuel, W.F. Horton ,W. E. Reid, R. J. Ferraro W. T. Jewell, "Effects of Harmonic on Equipment", IEEE, 1993, 672-680.
- Kelin Deng, Junwei Cao, Peng Guo, Xingtao Xu., "Energy Saving Analysis of Harmonic Suppression in a Distribution Network", IEEE, 2014, 672-680.
- Loan Lita, Daniel Alexandru Visan, y Ion Bogdan Cioc. "Virtual Instrumentation Application for Vibration Analysis in Electrical Equipment's testing" Spring Seminar on Electronics Technology, IEEE, 2010, 216 - 219.
- M. Musardo, D.Harder, P.He, C.A kitegi and T. Tanabe "A New Data Acquisition software and Analysis for Accurate Magnetic Field Integral Measurement at BLN Insertion Devices Laboratory Karlsruhe Germany", Brookhaven National Laboratory, 2014, 28-30.
- M.I Abu Bakar, "Assesments for the Impact of Harmonic Current Distortion of Non Linear Load in Power System Harmonics" IEEE, August 2008, 1-6.
- Mariana Iorgulescu, Robert Beloiu "Faults diagnosis for electrical machines based on analysis of motor current", IEEE, 2014, 291-297.
- Mikhail Tsypkin, "Induction Motor Condition Monitoring: Vibration Analysis Technique-a Practical Implementation", IEEE, 2012, 406-411.
- P.A. Gray, student Member, IEEE, P.W. Lehn, Senior Member IEEE, "Time-Domain Derived Frequency- Domain Voltage Source Converter Model for Harmonic Analysis", IEEE, 2012, 512-517.
- S.J. Radane, W.xu. "An Overview of Harmonic Modeling and Simulation", IEEE, 2007, 1-7.
- T. Szolc, A Pochanke, "Transient and steady-state coupled electromechanical vibration analysis of micro-drive system" Symposium Vibrations in Physical, Vol. 24, 2010.
- Zhao Hua, "Application of Labview in the Design of Data Acquisition and Signal Processing System of Mechanic vibration", IEEE, 2011, 2551-2554.

# METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE CONSULTA EXTERNA DE UN HOSPITAL REGIONAL

Analleli Corona Sánchez<sup>1</sup>, Dr. Héctor Domínguez Martínez<sup>2</sup>,  
M. A. Rosa Cortés Aguirre<sup>3</sup> y Dr. José Adrián Trevera Juárez<sup>4</sup>

**Resumen**— El presente artículo muestra el diseño de una metodología para mejorar la productividad en el hospital Regional de Zacatelco, con el fin de disminuir los tiempos de espera durante el proceso de consulta. Esta propuesta metodológica plantea la utilización de la teoría de colas para la adecuada distribución de los clientes en los diferentes servidores, de igual manera se muestra la reducción de los tiempos de espera y mediante el ciclo de productividad total analizando cíclicamente el comportamiento de los cambios que se van generando durante el proceso haciendo mediciones, evaluaciones, planificaciones y mejoras del procesos. Esto trae como resultado mayor atención al cliente, incremento de índices de productividad y una distribución adecuada dentro del proceso de la organización.

**Palabras clave**— Ciclo de Productividad total, Teoría de Colas, Tiempo de espera, Análisis de tiempos.

## Introducción

En la actualidad la salud es parte primordial del ser humano, por lo que en un hospital brindar el mejor servicio tanto en calidad como en tiempo y forma a sus pacientes es de vital importancia.

Un hospital es el espacio en el que se desarrollan todo tipo de servicios vinculados a la salud. Los cuales diagnostican enfermedades y realizan distintos tipos de tratamientos para reestablecer la salud de los pacientes. Es importante mencionar que los hospitales son categorizados por niveles esto de acuerdo a su infraestructura, su tipo de organización, el número de personal con el que cuenta, entre otros factores, esta clasificación se conoce como: Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3; donde el Hospital Regional de Zacatelco se encuentra en un segundo nivel de atención. Dentro de cada tipo de hospitales también existen las diferentes ramas de la medicina como son; la otorrinolaringología, oftalmología, cardiología, odontología, neumología, urología, neurología, y medicina interna, entre otros que pertenecen a los hospitales generales.

Los hospitales como organismo prestador de servicios es regido por La Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015) quien realiza la medición del desempeño de los sistemas de salud con base en los siguientes objetivos finales: I) mejorar la salud de la población; II) ofrecer un trato adecuado a los usuarios de los servicios de salud, y III) garantizar seguridad financiera en materia de salud.

La OMS (2015) plantea utilizar el indicador de trato adecuado, el cual hace referencia a ocho dominios que son expectativas legítimas de la población y pueden ser identificados durante la interacción de los usuarios con el sistema de salud. Dichos dominios se dividen en dos; aquellos que tienen que ver con derechos universales de los individuos, los cuales son: autonomía, confidencialidad, trato digno, comunicación y los dominios que tienen como finalidad ofrecer una atención de calidad al “cliente” son: atención pronta, capacidad de elección, acceso a redes de apoyo social y condiciones de las instalaciones básicas.

Un tema de gran importancia en el sector de servicio es la calidad en el servicio al cliente este no es un tema reciente dentro de las empresas, ya que desde siempre los clientes han exigido el mejor trato y la mejor atención al adquirir un

<sup>1</sup> Analleli Corona Sánchez es Ingeniero Industrial y estudiante de la maestría en Ingeniería Administrativa impartida en el Instituto Tecnológico de México Campus Apizaco, Tlaxcala. [anallelics@live.com.mx](mailto:anallelics@live.com.mx)

<sup>2</sup> El Dr. Héctor Domínguez Martínez es Profesor de la maestría en Ingeniería Administrativa en el Tecnológico Nacional de México Campus Apizaco, Tlaxcala. [thor\\_dom@hotmail.com](mailto:thor_dom@hotmail.com)

<sup>3</sup> La M. A. Rosa Cortés Aguirre es Profesora de la maestría en Ingeniería Administrativa en el Tecnológico Nacional de México Campus Apizaco, Tlaxcala. [licda\\_risa@yahoo.com.mx](mailto:licda_risa@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup> El Dr. José Adrián Trevera Juárez es Profesor de la maestría en Ingeniería Administrativa en el Tecnológico Nacional de México Campus Apizaco, Tlaxcala. [treve@prodigy.net.mx](mailto:treve@prodigy.net.mx)

servicio, seguido de la confiabilidad, calidad, tiempos razonables, precios, y constante innovación por parte de las mismas, por lo cual cada una de las organizaciones se han visto a la tarea de buscar diversas alternativas para enriquecer dichas exigencias, donde el manejo es complicado; ya que el mayor enfoque ha sido dirigido hacia los aspectos administrativos-financieros, dejando en segundo plano lo que se constituye en la obligatoriedad de garantizar el servicio público de salud en términos de calidad y eficiencia hacia el cliente, dándose el caso en el hospital regional de Zacatelco, Tlaxcala que cuenta con una demanda mayor al servicio que otorga debido a malas prácticas organizacionales en la distribución de tiempos para atender al cliente como él lo requiere.

De acuerdo al registro de consultas (SIS-SS-CE-H) realizado del día 1 de febrero al 31 de mayo del 2015 se consultan en promedio 32 personas por día en la institución, dejando de atender a usuarios que requieren el servicio, existen diferentes razones por las cuales existe deficiencia en el hospital algunas de ellas son la falta de organización, planeación, y programación de consultas para ofrecer el servicio a un 100% de su capacidad; por falta de los factores antes mencionados se crea una multitud de pacientes lo cual trae consigo la creación de cuellos de botella, durante el proceso de consulta, lo cual provoca incomodidad, molestia y enfado en las personas que no pudieron ser atendidas.

Actualmente en el hospital se carece de una distribución de los servicios de atención en salud cuya estructura obtenga resultados óptimos, es decir, que garantice un flujo en las filas con un tiempo estándar sin generar filas excesivas, disponibilidad apropiada de personal y criterios estratégicos de programas concretos, centrados en la concepción y organización de actividades de acuerdo con la demanda de la población atendida.

Esta investigación se apoya en el Modelo del ciclo de productividad Total una metodología de optimización de consultas como apoyo a esta actividad se llevara a cabo una distribución correcta de pacientes en los diferentes servidores con el análisis de Teoría de colas, convirtiéndola así en una herramienta de competitividad para la empresa, cuya finalidad es la atención al cliente en forma y tiempo de manera eficiente y de calidad.

### **Descripción del Método**

En el área de la investigación se cuenta con diversas averiguaciones que se relacionan con el trabajo que se está llevando a cabo, dentro de estos se muestra la importancia de la atención recibida que se presta en los hospitales en el área de consulta externa, de igual manera nos muestran diversos modelos de mejora del proceso, dentro de las cuales encontramos teoría de colas, encuestas de calidad, mantenimiento de colas, entre otras herramientas que permiten mejorar la calidad del servicio dentro de los hospitales, dentro de las investigaciones realizadas se presentan las siguientes:

Fernández (2003) en su investigación realizada nos habla del Grado de Satisfacción del usuario externo en los servicios de la Consulta Externa del Hospital Militar Geriátrico, en el que se analizó la medición de la satisfacción del usuario de los consultorios externos del Hospital Militar Geriátrico durante el primer trimestre del año 2003, realizando un muestreo estratificado con fijación proporcional en función del peso relativo de los usuarios de cada uno de los estratos. Para esta investigación se realizaron 400 encuestas en cinco formatos diferentes para ser aplicados a usuarios nuevos y continuadores antes y después de la consulta, para evaluar infraestructura, la información y capacitación que ofrece el servicio mediante videos y charlas, obteniendo como efecto que el usuario externo en lo que se refiere a los recursos y al trato recibido se consideran medianamente satisfechos; sobre las condiciones de limpieza, privacidad, asientos, ventilación, iluminación y sanitarios se consideran completamente satisfechos; la única esfera en la que se encuentran insatisfechos es en el tiempo de espera. La mayor parte de los que aprueban los servicios tienen una instrucción secundaria mientras los que tienen primaria no refieren deficiencia alguna.

Ortiz, Muñoz, Lechuga y Torres (2003) menciona que se llevó a cabo una investigación para identificar y evaluar los factores asociados con la calidad de la atención en las consultas externas de los hospitales del sector público en el estado de Hidalgo, México, tomando en cuenta la opinión de los usuarios. Aplicando un diseño transversal, comparativo y analítico en 15 hospitales públicos del estado de Hidalgo, México; analizando la calidad de la atención según la escala de Likert, dando como resultado largos tiempo de espera, las omisiones en las acciones de revisión y diagnóstico, la complejidad de los trámites de consulta y el maltrato por parte del personal que presta los servicios son



los principales elementos que definen la mala calidad.

Rojas, E. (2004) realizó la investigación titulada “Satisfacción del usuario en la consulta externa de los servicios de Medicina General, Cirugía, Ginecología y Pediatría del Hospital de Naylamp, Es Salud de Lambayeque, 2004”. El autor planteó como objetivo el de identificar el nivel de satisfacción del usuario según cada dimensión y su relación con las características de la población, y las determinadas de la atención en el acto médico de la consulta externa de los servicios de medicina general, cirugía, ginecología y pediatría del Hospital I Naylamp, Es Salud-Chiclayo durante el periodo abril-junio 2004. El diseño del estudio fue de tipo descriptivo, de corte transversal utilizándose como instrumento el cuestionario de Marshall GN and Hanges RD (1994) The patient questionnaire: Short form (PSQ-18) (RAND, Santa Mónica); en 320 usuarios.

Los resultados mostraron que existe un grado de satisfacción significativo del 80.9% donde la dimensión de accesibilidad y conveniencia tuvo los más altos niveles de insatisfacción con un 60.9%, reflejando de esta manera la gran dificultad que tuvieron los usuarios para acceder a la consulta médica en dicho establecimiento.

Quijada (2010) hace referencia a la aplicación de un análisis de colas útil y oportuno para la Consulta Externa del INCAN, aplicando el modelo matemático de colas MIMIs, para cada una de las unidades de atención, permitiendo así evaluar y determinar las necesidades de cada una de ellas, en forma independiente; tomando en cuenta sus indicadores de desempeño.

Dando como resultado poder establecer que la Consulta Externa del INCAN atiende alrededor de 6,749 citas mensuales, o bien 322 pacientes diarios, y al considerar que en promedio cada paciente llega con un acompañante, este volumen se duplica, por lo que la cantidad de visitantes que esta Unidad alberga es de 644 personas diarias, aproximadamente. De tal manera que respecto a la tendencia de la demanda dentro de un mismo mes, se encontró que la semana más fuerte es la primera al concentrar el 28% del volumen mensual, mientras que la tercera semana resulta la más baja al agrupar el 21% de la demanda.

La investigación realizada por Ramírez y Huang (2012) nos habla de la eficiencia dentro del proceso servicio médico en el tiempo de espera del paciente, teniendo una variación relacionada con, las características del servicio de la unidad médica, del paciente y los médicos. Dando como solución el desarrollo de un modelo descriptivo del tiempo de espera utilizando análisis de regresión Ridge, en los pacientes de consulta externa en una unidad médica del IMSS, donde se consideró la presencia de multicolinealidad entre las variables independientes.

De acuerdo a dichas investigaciones nos damos cuenta que la calidad del servicio es de vital importancia para el usuario por lo que en este artículo nos enfocamos al ciclo de productividad total con el cual mediante sus cuatro fases. Sin olvidar que la calidad es sin duda la mejora continua de todas las actividades que realiza la empresa, con la finalidad de alcanzar un nivel de excelencia que satisfaga las demandas y expectativas de sus clientes. Todo ello mediante la activa participación de los niveles gerenciales y de todos los trabajadores que componen la organización

El modelo del ciclo de productividad total nos será de gran ayuda para llevar a cabo la investigación a realizar en el hospital como se muestra en la figura 1, según Sumanth (2001) este permitirá a las empresas realizar actividades de medición, evaluación, planeación y mejora de productividad. En estas etapas nos dice que la medición es la primera fase crítica dentro del proceso del proceso de la productividad. La actividad de evaluación es una comparación de los logros obtenidos tanto frente a los niveles planeados, como así también frente a los valores registrados en el pasado por la empresa. La planeación de la productividad trata con los niveles de determinación de la productividad y hace que la empresa persiga la mejora la mejora en el desarrollo de los diversos indicadores tanto en el corto como en el largo plazo, a efectos de mejorar la productividad y rentabilidad de la compañía.



En la figura 1, se muestran el Ciclo de Productividad.



Figura 1. Ciclo de Productividad. Fuente. Elaboración propia.

En la primera fase de medición de acuerdo a lo que nos dice Sumanth (2001) para hacer todas las mejoras se debe partir de un sistema de medición basado en la productividad. Por lo que en esta primera fase se llevó a cabo una recolección de tiempos del proceso de consulta dando como resultado lo siguiente:

En la tabla 1 se muestra el análisis realizado a cinco consultorios durante un periodo de cuatro meses, esta tabla nos muestra el tiempo en que un paciente lleva a cabo todo su proceso de consulta.

Tabla 1. Promedio total de muestras de cinco consultorios.

| Consultorios                   | Promedio de consultas min | Promedio de consultas hrs |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Consultorio Medicina General 1 | 86.56341463               | 1.442723577               |
| Consultorio Medicina General 2 | 85.53157895               | 1.425526316               |
| Consultorio Medicina General 3 | 85.7625                   | 1.429375                  |
| Consultorio Medicina General 4 | 85.24722222               | 1.420787037               |
| Consultorio Medicina General 5 | 84.95333333               | 1.415888889               |

Tabla 1 Promedio total de muestras en cinco consultorios. Fuente: elaboración propia

La grafica 1 nos representa gráficamente el tiempo promedio que un paciente tarde en el proceso de consulta dentro del hospital, mostrando una media de 1.42 horas.

Grafica 1. Promedio del proceso de consulta



Grafica 1 Promedio del proceso de consulta. Fuente: elaboración propia

La etapa dos evaluaciones de acuerdo a Sumanth (2001) nos dice que esta etapa nos permite comparar los niveles actuales de la productividad total entre dos periodos. Por lo que se llevó a cabo la comparación de dos periodos diferentes durante el proceso y el tiempo de espera entre ambos periodos esta en promedios similares los cuales se encuentran entre 1.4234 horas y un segundo periodo entre 1.42 horas y de acuerdo al registro (SIS-SS-CE-H) de número de consultas tiene un promedio de 30 consultas en promedio al día del primer periodo y de 32 consultas al día en un segundo periodo.

Tercera etapa planificación Sumanth (2001) dice que la compañía se ocupara de establecer niveles meta para las productividades parciales y plantear objetivos para la productividad en general del hospital por lo que de acuerdo a los directivos del hospital se llevó a cabo una reunión en la cual se analizaron los tiempos más largos y el registro de consultas que el hospital brindo durante estos periodos, por lo que se consideran dar 60 consultas al día considerando disminuir los tiempos esto nos da pauta a la cuarta fase donde se describen brevemente el uso de herramientas para alcanzar las metas establecidas.

Sumanth (2001) la cuarta fase del ciclo de productividad corresponde a las mejoras y las técnicas utilizadas en la realización de programas de mejoramiento de la productividad, por lo que mediante herramientas como son teoría de colas para hacer fluir la cola que se genera en el departamento de archivo y el uso de tecnología, es decir, crear los expedientes en una base de datos los cuales sean distribuidos por consultorio mediante una Red LAN.

Es importante recalcar que para llevar a cabo un mejoramiento de dicha investigación se abordara Teoría de colas como una herramienta fundamental para llevar a cabo mejoras dentro del proceso de consulta externa, con la finalidad de reducir tiempos y hacer más ágil el proceso de atención al paciente que requiere de una consulta médica.

Según Quijada (2010) La formación de colas o líneas de espera, para tener acceso a un servicio, es un fenómeno común en la vida real, y suele ocurrir cuando la demanda de un servicio supera la capacidad de la que se dispone para brindar el mismo.

Según Quijada (2010) los elementos que se deben considerar al estudiar un sistema de colas son los siguientes:

- Fuente de entrada (población potencial).
- Cliente.

- Capacidad de la cola.
- Disciplina de la cola:
  - FIFO (first in first out) en la que se atiende conforme los clientes fueron llegando, es decir, primero en llegar – primero en atender.
- Mecanismo de servicio.
- El tiempo que transcurre desde el inicio del servicio para un cliente hasta su terminación en una estación se llama tiempo de servicio, del cual debe especificarse la distribución de probabilidad (comúnmente se considera la exponencial).
- Proceso de servicio.
- Números de servicios.
- Estructura de la red.

### Comentarios Finales

Para el hospital regional de Zacatelco es de vital importancia brindar un servicio de calidad en tiempo y forma, debido a que de acuerdo a sus regímenes la Organización Mundial de Salud (2015) menciona que el concepto de salud tiene una definición concreta: es el estado completo de bienestar físico y social que tiene una persona, aunado a ello nos dice que un Sistema Salud nos indica que un sistema de salud es la suma de todas las organizaciones, instituciones y recursos cuyo objetivo principal consiste en mejorar la salud. Para alcanzar estos objetivos es necesario contar con una organización la cual esté conformada por diferentes componentes tales como personal, financiación, información, suministros, transportes y comunicaciones, así como una orientación y una dirección generales. Al mismo tiempo tiene que proporcionar buenos tratamientos y servicios que respondan a las necesidades de la población y sean justos para el cliente que es el más importante en un servicio. Es por ello que se procedió a llevar a cabo un plan de mejora mediante un análisis para obtener un mejor servicio al cliente, sin olvidar la calidad del mismo.

Con el modelo del ciclo de productividad total, teoría de colas y la tecnología como es herramientas informáticas (software Microsoft Office) se pretende mejorar diversas deficiencias con las que se cuenta en el hospital, ya que, hoy día su demanda es mayor a su capacidad utilizada debido a una mal organización de actividades y el mal funcionamiento del mismo. Con este modelo se llevaran a cabo mejoras de todo el proceso desde el solicitar una cita, pedir el expediente, la toma de signos vitales, la espera de la consulta considerando que esta sea de un tiempo considerable, es decir estándar, para poder pasar a una cita médica de calidad, de buena atención al cliente y al mismo tiempo bajo indicadores del Sector Salud, al igual agilizar el proceso en cuanto a los tiempos de espera largos conocidos como cuellos de botella dándole agilidad a la cola que se genera en el departamento de archivo y así poder a más gente y que el hospital incremente su nivel de eficiencia y eficacia.

### Referencias

- Fernández J. (2003). “Grado de satisfacción del usuario externo en los servicios de consultorios externos del Hospital Militar Geriátrico”. Tesis para optar el Grado de Especialista en Medicina Integral y Gestión en Salud. UPCH. Lima. Perú.
- Organización Mundial de la Salud, Consultada el 16 de Marzo de 2015: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/040ssa204.html>
- Ortiz R., Muñoz S., Lechuga D. Y Torres “Consulta externa en instituciones de salud de Hidalgo, México, según opinión de los usuarios: En Revista Panamericana de Salud Pública. 2003; 13 (4): 229-238, 2003.
- Quijada, J. “Análisis de la demanda en la consulta externa de la red hospitalaria nacional” *Revista Ingeniería primero*. No. 16, 2010. Dirección de Internet : <http://www.tec.url.edu.gt/boletin>.
- Ramírez, Ma., A. y Huang Y. “Modelo descriptivo del tiempo de espera del paciente de consulta externa: Unidad IMSS en Cd. Juárez, Chih. México. *Congreso Internacional de Investigación AcademiaJournals Cd. Juárez*. Vol. 4, No. 1, 2012.
- Rojas E. (2004). Satisfacción del usuario en la consulta externa de los servicios de medicina general, cirugía, ginecología y pediatría. Hospital de Naylamp- Es Salud de Lambayeque, 2004. Tesis para optar el Grado de Magíster en Salud Pública con Mención en Gestión de Servicios de Salud. UPCH. Lima.
- Sumanth, D. (2001). Administración para la productividad total; un enfoque sistémico y cuantitativo para competir en calidad, precio y tiempo. México. Editorial CECSA.