

ISSN 2444-4936

Volumen 3, Número 10 — Octubre — Diciembre - 2017

# Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales

**ECORFAN<sup>®</sup>**

## Indización



**ECORFAN-Spain**

- Google Scholar
- Research Gate
- REBID
- Mendeley
- RENIECYT

## **ECORFAN-Spain**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

#### **Director Regional**

MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD

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

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

#### **Relaciones Institucionales**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

#### **Diseñador de Edición**

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC

Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Volumen 3, Número 10, de Octubre a Diciembre - 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralzarzal -Madrid. WEB: [www.ecorfan.org/spain,revista@ecorfan.org](http://www.ecorfan.org/spain,revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: Ramos Escamilla- María, Co-Editor: Miranda García- Marta, PhD. ISSN- 2444-4936. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 2017.

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

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

## **Consejo Editorial**

ALIAGA-LORDEMANN, PhD  
*Universidad de Zaragoza, España*

CHAVEZ-BECKER, Carlos. PhD  
*Universidad Autónoma Metropolitana, México*

GARCIA-DE SOTERO, Dora. PhD  
*Universidad de Sao Paulo, Brasil*

SANTILLANO-CAZARES, Jesús. PhD  
*Oklahoma State University, USA*

VARGAS-HERNÁNDEZ, José. PhD  
*(Keele University), England*

CASTRO-ESPINOZA, Jobani. MsC  
*Universidad del Valle, Colombia*

MARTINEZ-MADRID, Miguel. PhD  
*University of Cambridge, Inglaterra.*

MÉNDEZ-MEDINA, Ruben. PhD  
*University of Bristol, Inglaterra*

ESCAMILLA-GARCIA, Erandi. PhD  
*University of Burgundy, Francia*

FERNADEZ-PALACIN Fernando, PhD  
*Universidad de Cadiz, España*

CARVAJAL-DE LA TORRE Georgina, PhD  
*Université des Sciences de Lille 1, Francia*

## **Consejo Arbitral**

CSA. PhD

*Secretaría de Salud, México*

DLFA. PhD

*Universidad de Sonora, México*

AMA. PhD

*Universidad de Carabobo, Venezuela*

LPC. BsC

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México*

SMC. PhD

*Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México*

MRM. MsC

*Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana, Venezuela*

AMF. PhD

*Instituto Nacional de Pediatría, México*

VM. PhD

*ESIQIE-IPN, México*

PGR. PhD

*Institut National Polytechnique de la Lorraine, Francia*

RAG. PhD

*Universidad de Guanajuato, México*

RVH. PhD

*Universidad de Guadalajara, México*

SSV. PhD

*Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Perú*

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Ciencias Ambientales y Recursos Naturales

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

Como primer artículo presentamos, *Sistema de Climatización Geotérmico de Baja Entalpía*, por ESPARZA-DELGADO, Carmen, HERRERA-PERAZA, Eduardo Florencio, SOLORIO-RODRÍGUEZ, Luis Enrique, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Chihuahua, como siguiente capítulo presentamos, *Deshidratación de Flor de Dahlia con Deshidratador Solar De Cama Plana*, por MARTÍNEZ CARMONA - Romualdo, GALAVIZ RODRÍGUEZ -José Víctor, CERVANTES HERNÁNDEZ -Benito Armando, ARROYO DÍAZ -Salvador Antonio, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Universidad Politécnica de Puebla, como siguiente artículo tenemos, *Deshidratación de Durazno Variedad Diamante (Prunus persica L. Batsch) con Deshidratador Solar de Cama Plana*, por CERVANTES-HERNÁNDEZ, Benito Armando, MARTÍNEZ-CARMONA, Romualdo, GALAVÍZ-RODRÍGUEZ, José Víctor, ROJAS-RODRÍGUEZ, Rafael, como siguiente capítulo presentamos, *Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados*, por ENRÍQUEZ-PÉREZ Ma. de los Angeles, ROSALES-DAVALOS, Jaime, LÓPEZ-RAMÍREZ-Roberto, CASTREJON-SANCHEZ, V. Hugo, con adscripción en el Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, como siguiente artículo presentamos, *Modelo Híbrido Colaborativo como estrategia de motor de inferencia para la toma de decisiones en el tratamiento de enfermedades*, por GARCÍA-MEJÍA, José Antonio, ZARAZÚA-SÁNCHEZ, José Alberto, ZAMUDIO-GARCÍA, Victor, con adscripción en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, como siguiente capítulo tenemos, *Test of a Myo Armband*, por HUITZIL-VELASCO, Ignacio, PAJARO-CRUZ, Jesús Octavio, RAMÍREZ-ALFARO, Iobana Denis, con adscripción en la Universidad Politécnica de Amozoc, como último artículo presentamos, *La importancia de TICC como control Administrativo de las MIPYMES*, por GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, María del Carmen de Jesús, SANTILLÁN-FERREIRA, Guadalupe, PEÑA-VALERIO, Oscar Luis, RIVERA-BLAS Emmanuel Zenén.

## Contenido

Artículo	Pag.
<b>Sistema de Climatización Geotérmico de Baja Entalpía</b> ESPARZA-DELGADO, Carmen, HERRERA-PERAZA, Eduardo Florencio, SOLORIO-RODRÍGUEZ, Luis Enrique	1-7
<b>Deshidratación de Flor de Dahlia con Deshidratador Solar De Cama Plana</b> MARTÍNEZ CARMONA - Romualdo, GALAVIZ RODRÍGUEZ -José Víctor, CERVANTES HERNÁNDEZ -Benito Armando, ARROYO DÍAZ -Salvador Antonio	8-15
<b>Deshidratación de Durazno Variedad Diamante (Prunus persica L. Batsch) con Deshidratador Solar de Cama Plana</b> CERVANTES-HERNÁNDEZ, Benito Armando, MARTÍNEZ-CARMONA, Romualdo, GALAVÍZ-RODRÍGUEZ, José Víctor, ROJAS-RODRÍGUEZ, Rafael	16-26
<b>Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados</b> ENRÍQUEZ-PÉREZ Ma. de los Angeles , ROSALES-DAVALOS, Jaime, LÓPEZ- RAMÍREZ-Roberto, CASTREJON-SANCHEZ, V. Hugo.	27-31
<b>Modelo Híbrido Colaborativo como estrategia de motor de inferencia para la toma de decisiones en el tratamiento de enfermidades</b> GARCÍA-MEJÍA, José Antonio, ZARAZÚA-SÁNCHEZ, José Alberto, ZAMUDIO- GARCÍA, Victor	32-47
<b>Test of a Myo Armband</b> HUITZIL-VELASCO, Ignacio, PAJARO-CRUZ, Jesús Octavio, RAMÍREZ-ALFARO, Iobana Denis	48-56
<b>La importancia de TICC como control Administrativo de las MIPYMES</b> GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, María del Carmen de Jesús, SANTILLÁN-FERREIRA, Guadalupe, PEÑA-VALERIO, Oscar Luis, RIVERA-BLAS Emmanuel Zenén	57-65

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

**Sistema de Climatización Geotérmico de Baja Entalpía**

ESPARZA-DELGADO, Carmen†\*, HERRERA-PERAZA, Eduardo Florencio, SOLORIO-RODRÍGUEZ, Luis Enrique

*Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), Universidad Tecnológica de Chihuahua*

Recibido Mayo 13, 2017, Aceptado Noviembre 04, 2017

**Resumen**

De acuerdo al consejo mundial de energía, el 40% de los recursos energéticos mundiales se destinan a calefacción, refrigeración e iluminación de edificios. El presente artículo muestra el estudio para determinar la funcionalidad de un sistema de transferencia de calor geotérmico de baja entalpía que busca mantener de manera natural una temperatura estable y reducir la demanda eléctrica por enfriamiento o calefacción, económico y de bajo costo de mantenimiento. El sistema consiste en una serie de tubos enterrados por donde circula aire, éste se temporiza con la inercia térmica de la Tierra y se deposita en una habitación con ayuda de un extractor eléctrico. Se acompaña de un sistema electrónico que permite monitorear las variables: temperatura, humedad relativa y viento. El resultado muestra que la diferencia de temperatura en el exterior en promedio fue 28°C y en el interior del aula 14°C, el periodo de medición abarcó 153 días. En conclusión el sistema redujo la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas, considerando que la temperatura de confort se extiende de 20°C a 25 °C.

**Intercambiador geotérmico, Entalpía, Geotermia****Abstract**

According to the World Energy Council, approximately 40% of the world's energy resources go to the heating, cooling and lighting of buildings. The present article shows the study to determine the functionality of a low enthalpy geothermal heat transfer system that seeks to naturally maintain a stable temperature and reduce the electric demand by cooling or heating, economic and low maintenance cost. The system consists of a series of buried pipes in which the air circulates; it is timed with the thermal inertia of the Earth and deposited in a room with the help of an electric extractor. It is accompanied by an electronic system that allows checking the variables: temperature, relative humidity and air speed. The result shows that the outside temperature difference was on average 26 ° C and within the classroom 8 ° C, the measurement period spanned 153 days. In conclusion the system reduced the difference between maximum and minimum temperatures, considering that the comfort temperature extends from 20° to 25°C.

**Ground heat exchanger, Enthalpy, Geothermal**

**Citación:** ESPARZA-DELGADO, Carmen, HERRERA-PERAZA, Eduardo Florencio, SOLORIO-RODRÍGUEZ, Luis Enrique. Sistema de Climatización Geotérmico de Baja Entalpía. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. 2017, 3-10: 1-7.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: maria.esparza@cimav.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El cambio climático es la alteración relevante y perdurable de la distribución de los patrones climáticos, es el resultado del incremento de temperatura del planeta ocasionado por los gases de efecto invernadero, producto de la contaminación ambiental.

El principal gas de efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por su capacidad de absorber la energía calorífica, el incremento de éste gas en la atmósfera ha provocado el aumento de la temperatura del globo terráqueo conocido este efecto como calentamiento global.

El dióxido de carbono proviene tanto de la naturaleza como de la actividad antropogénica, las fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> atribuibles a la actividad humana provienen del uso de combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón, denominados fuentes primarias, otra fuente de emisión es la energía eléctrica que se obtiene mayormente a partir de estos combustibles y se clasifica como fuente secundaria.

Los sectores que preferentemente utilizan la electricidad como fuente de energía son transporte, industria, residencia y comercio. El recurso energético en el sector residencial se utiliza en la producción de agua caliente, iluminación, cocina, funcionamiento de electrodomésticos y en mayor medida para climatización (AIE/SENER, 2011).

Lo anterior muestra que se enfrenta un problema energético que requiere buscar fuentes de energía menos contaminantes que satisfagan la demanda y en este rubro se cuenta con las energías renovables, de modo que es necesario acelerar las acciones de respuesta en proyectos de energías alternativas (Mejias-Brizuela, 2016), dentro de las que se encuentra la energía geotérmica. Por lo que se pronostica que esta fuente de energía desempeñará un papel muy importante en el futuro (Santoyo, 2010).

La energía geotérmica se obtiene mediante el aprovechamiento del calor interno de la Tierra, no precisa quemar combustibles, por consiguiente no contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (LLOPIS TRILLO & ANGULO, 2008). Tiene aplicaciones térmicas y eléctricas, dentro de las primeras destaca la climatización geotérmica que consiste en un sistema que utiliza la inercia térmica para atemperar los excesos de calor o frío en el interior de las habitaciones.

No requiere excavaciones profundas, ni estar cerca de zonas volcánicas porque aprovecha la estabilidad térmica del subsuelo (ATECYR, 2010). La estructura consiste en circuito situado a cierta profundidad por el que se hace pasar un fluido, éste adquiere la temperatura del subsuelo antes de ser transferido a la habitación para lograr su acondicionamiento (ZIGURAT, 2013).

De acuerdo al Consejo Mundial de la Energía (WEC) aproximadamente un 40% de los recursos energéticos mundiales se destinan a calefacción, refrigeración e iluminación de edificios por tanto el uso racional y eficiente de la energía es una herramienta útil para disminuir las emisiones contaminantes.

Hoy en día, alrededor de 78 países reportan experiencia sobre la utilización de la geotermia (Gehring, 2012) y a través de los años se han desarrollado modelos para tal fin (Chen, Wang, Maloney, & Newman, 1983), (Flores & Lesino, 2000), y más recientemente (Ji, 2015) han presentado trabajos para predecir el comportamiento de los intercambiadores de calor, en este contexto se desarrolla el sistema de climatización geotérmico de baja entalpía, que permitirá mantener la temperatura estable en una habitación expuesta a las diferentes condiciones climatológicas naturales, el objetivo es, crear un modelo e implementar un sistema de climatización geotérmico de baja transferencia de calor que utiliza el aire del interior de la habitación para tratarlo e introducirlo de nuevo, estudiar las variables y condiciones para la viabilidad teórica de la implementación del sistema.

## Metodología

El presente estudio permite determinar la funcionalidad del sistema de transferencia de calor geotérmico de baja entalpía, el proyecto busca mantener de manera natural un ambiente estable que permita reducir la demanda eléctrica por enfriamiento o calefacción, que sea económico y bajo costo de mantenimiento.

El sistema de climatización geotérmico propuesto consiste en una serie de tubos de policloruro de vinilo (PVC) enterrados a una profundidad de 2.5m, con diámetro de 0.1m y longitud de 20m, dispuestos en forma de serpiente, por donde circula aire, el cual se atempera con la inercia térmica de la Tierra.

La entrada y la salida de aire del sistema se conectan a la habitación, es decir, el aire es tomado del interior de la habitación y se regresa a la misma después de ser temporizado con ayuda de un extractor eléctrico, la temperatura promedio del suelo a 2.5m se consideró a 21°C (Dickson, 2004).

Otros de los elementos a considerar son los materiales de construcción de la habitación donde aplica el sistema, se diseña para una habitación con muros de bloque de concreto común, las propiedades térmicas del bloque son: 760 kg/m<sup>3</sup> y conductividad térmica 0.24 W/mK (CAMACHO-IXTA, 2016). Se considera una superficie de ventanas de 5m<sup>2</sup>, con vidrio sencillo de 0.006m de espesor. Las medidas para el diseño de la habitación son 5m de ancho, 4.5m de largo y 3m de alto.

Dado que parte del sistema de climatización geotérmica se encuentra en el subsuelo, se tiene que conocer bajo qué circunstancias se va a trabajar, ya que cada tipo de suelo tiene diferentes características, Tabla 1, tanto para ser tratado como también para hacer uso de su extracción o manipulación. (Llopis Trillo, 2008)

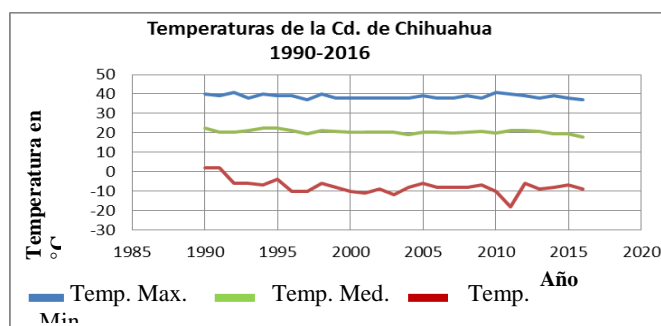
Tipo de suelo	Permeabilidad (m/s)	Conductividad térmica (W/mK)		Capacidad térmica volumétrica (MJ/m <sup>3</sup> K)	
		seco	saturado	seco	saturado
		Arcilla	10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-10</sup>	0.2-0.3	1.1-1.6
Limo	10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-8</sup>	0.2-0.3	1.5-2.5	0.6-1.0	2.1-2.4
Arena	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-4</sup>	0.3-0.4	1.7-3.2	1.0-1.3	2.2-2.4
Grava	10 <sup>-1</sup> -10 <sup>-3</sup>	0.3-0.4	1.8-3.3	1.2-1.6	2.2-2.4

**Tabla 1** Permeabilidad, conductividad y capacidad térmica para cada tipo de suelo

Fuente: Llopis Trillo, 2008

Para el diseño se consideró suelo mixto seco, una combinación de arcilla, limo, arena y grava, con capacidad térmica volumétrica de 1.2 MJ/m<sup>3</sup>K.

Se efectuó un análisis del comportamiento de temperaturas de la ciudad de Chihuahua en un periodo de 27 años para determinar las temperaturas; máxima de 41°C, mínima de -18°C y promedio de 21 °C.



**Gráfico 1** Gráfico que muestra las temperaturas máxima, mínima y media de la Cd. de Chihuahua en el periodo 1990-2016

Fuente: Estación Aeropuerto GENERAL R FIERRO VILLALOBOS INTL (MMCUI)

## Diseño del sistema

Las simulaciones del modelo se realizan en software COMSOL, la información considerada para el desarrollo del sistema es: Presión atmosférica de 84500 N/m<sup>2</sup>, a 1500 MSNM, la densidad del aire se calcula. Como gas real obedece la ecuación de estado:

$$PV = nRT \quad (1)$$

La ecuación utilizada para transferencia de calor en sólidos es:

$$\rho C_p u \nabla T = \nabla(k \nabla T) + Q \quad (2)$$

La ecuación incluye las siguientes propiedades del material: densidad  $\rho$ , capacidad calorífica  $C_p$ , conductividad térmica  $k$ , el campo de velocidad  $u$  y una fuente de calor  $Q$ .

La conductividad térmica describe la relación entre el campo vectorial de flujo calor  $q$  y el gradiente de temperatura  $\nabla T$  como en la ley de Fourier de conducción de calor. Para el cálculo de la transferencia de calor en sólidos se utiliza la ecuación.

$$q = -k\nabla T \quad (3)$$

**Aislamiento térmico:** Esta condición límite significa que no hay flujo de calor a través del límite, específicamente donde el dominio está bien aislado, nos muestra que el gradiente de temperatura a través del límite es cero. Para que esto sea cierto, la temperatura en un lado del límite debe ser igual a la temperatura del otro lado. Debido a que no hay diferencia de temperatura a través del límite, el calor no puede transferirse a través de él.

$$-n(-k\nabla T) = 0 \quad (4)$$

**Flujo de calor convectivo:** Flujo de calor en el interior de la tubería de PVC se rige por la siguiente ecuación.

$$-n(-k\nabla T) = h(T_{ext} - T) \quad (5)$$

**Coefficiente de transferencia de calor del aire.** La ley de enfriamiento de Newton establece que la tasa de transferencia de calor que abandona una superficie a una temperatura  $T_s$  para pasar a un fluido del entorno a temperatura  $T_f$  se establece por la ecuación:

$$Q_{convección} = hA(T_s - T_f) \quad (6)$$

La siguiente tabla muestra algunos valores típicos para el coeficiente de transferencia de calor por convección:

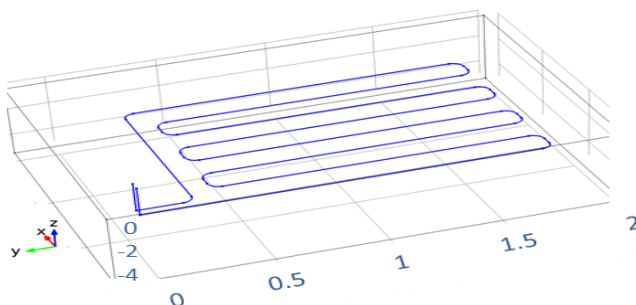
Medio	Coefficiente de transferencia de calor $h$ (W/m <sup>2</sup> K)
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor supercalentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60,000
Vapor (en condensación)	6000-120,000

**Tabla 2** Coeficiente de transferencia de calor por convección  
Fuente: Librería de Solidworks

## Resultados

Se diseñó e implementó un sistema de climatización geotérmico de baja entalpía o baja transferencia de calor para un aula de la Universidad Tecnológica de Chihuahua.

Se creó un modelo en software COMSOL para simular el comportamiento del sistema de climatización geotérmico de baja entalpía dispuesto en forma de serpentín localizado bajo la superficie de la tierra por el que se hace pasar aire que toma de la habitación a climatizar y lo regresa atemperado, ver Ilustración 1



**Figura 1** Diseño del sistema de climatización geotérmico.  
Fuente: Elaboración propia

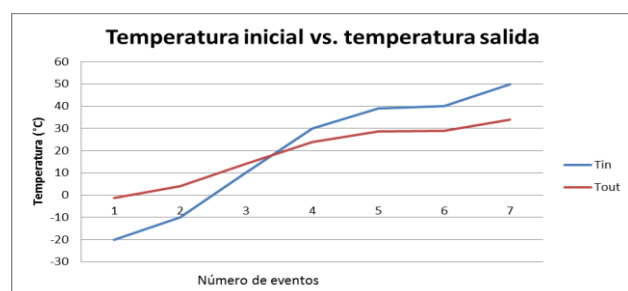
En la Tabla 3 se muestran las diferentes pruebas de funcionamiento del sistema donde se efectuaron variaciones a la temperatura de entrada. Se consideraron temperaturas de  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta  $50^{\circ}\text{C}$ , lo que nos da un rango  $70^{\circ}\text{C}$ , el sistema en funcionamiento arrojó temperaturas de salida de  $-1.17^{\circ}\text{C}$  a  $34^{\circ}\text{C}$  lo que reduce el rango a  $35^{\circ}\text{C}$ .

Parámetros considerados para el desarrollo del sistema de climatización.			
Profundidad 2.5m, Diámetro 0.1m, Long 20m			
	Temp.	Temp.	
	Entrada	Salida	$ T_e - T_s $
	°C	°C	°C
1	-20	-1.17	18.83
2	-10	4	14
3	10	14	4
4	30	24	6
5	39	28.6	10.4
6	40	29	11
7	50	34	16

**Tabla 3** Parámetros de prueba para el desarrollo del sistema de climatización

*Fuente: Elaboración propia*

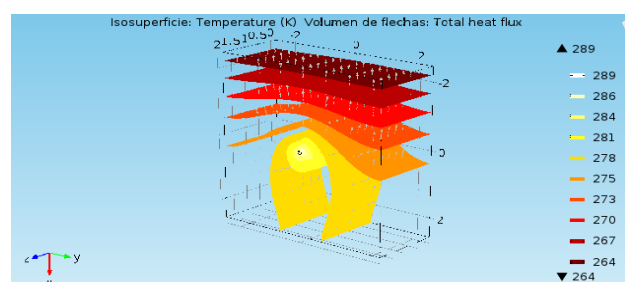
El gráfico 2 muestra el comportamiento del sistema ante los siete eventos de prueba, en donde las temperaturas extremas son atenuadas y se logra el objetivo de contribuir a mantener una temperatura estable en el interior de la habitación.



**Gráfico 2** Temperatura en la entrada del sistema y temperatura de salida

*Fuente: Elaboración propia*

La Figura 2 representa el evento 2 de la tabla 3, muestra los contornos isotérmicos del comportamiento del sistema, para un flujo de aire que entra a una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  y sale a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ . Los vectores denotan el sentido de la transferencia de calor.



**Figura 2** Contornos Isotérmicos

*Fuente: Elaboración Propia*

Se levantó un registro de temperaturas máximas y mínimas mensuales durante el año de 2015 y se proporcionó la información al modelo, la información proporcionada por el sistema es como se muestra en las tablas 4 y 5.

La tabla 4 contiene las temperaturas máximas registradas de cada mes (TMAXI), la temperatura máxima a la salida del sistema (TMAXS) y la diferencia de temperatura (DT).

El mes 1 presentó una temperatura máxima de  $24^{\circ}\text{C}$ , es la temperatura con la que se alimenta el sistema como temperatura inicial, a la salida del sistema se reporta una temperatura de  $20.85^{\circ}\text{C}$ , la diferencia de temperatura es el efecto de temporización y en este caso fue  $3.15^{\circ}\text{C}$ . El sexto mes presentó la temperatura más alta del año  $38^{\circ}\text{C}$  y el efecto de temporización reflejó una atenuación de  $10.28^{\circ}\text{C}$ , obteniendo a la salida del sistema una temperatura de  $27.72^{\circ}\text{C}$ .

Mes	Tmaxi °c	Tmaxs °c	Dt °c
1	24	20.85	3.15
2	30	23.79	6.21
3	30	23.79	6.21
4	32	24.77	7.23
5	36	26.74	9.26
6	38	27.72	10.28
7	35	26.24	8.76
8	37	27.23	9.77
9	35	26.24	8.76
10	33	25.26	7.74
11	29	23.3	5.7
12	27	22.32	4.68
Prom	32.17	24.85	7.31

**Tabla 4** Temperatura máxima (TMAXI) y temperatura temporizada a la salida del sistema (TMAXS), Año 2015

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 5 contiene las temperaturas mínimas registradas de cada mes (TMINI), la temperatura mínima a la salida del sistema (TMINS) y la diferencia de temperatura (DT).

El mes 1 presentó una temperatura mínima de  $-7^{\circ}\text{C}$ , es la temperatura con la que se alimenta el sistema como temperatura inicial, a la salida del sistema se reporta una temperatura de  $5.76^{\circ}\text{C}$ , la diferencia de temperatura es el efecto de temporización y en este caso fue  $12.76^{\circ}\text{C}$ .

El sexto mes presentó una temperatura de 15°C y el efecto de temporización reflejó una atenuación de 1.46°C, obteniendo a la salida del sistema una temperatura de 16.46°C.

Mes	Tmini °c	Tmins °c	Dt °c
1	-7	5.76	12.76
2	-1	8.68	9.68
3	-2	8.18	10.18
4	4	11.1	7.1
5	6	12.08	6.08
6	15	16.46	1.46
7	14	15.97	1.97
8	14	15.97	1.97
9	12	15	3
10	6	12.08	6.08
11	-2	8.18	10.18
12	-6	6.23	12.23
Prom.	4.42	11.31	6.89

**Tabla 5** Temperaturas mínimas (TMINI) durante los 12 meses del año 2015 y temperatura temporizada (TMINS)  
Fuente: *Elaboración Propia*

La tabla 6 muestra la diferencia de temperatura promedio en el exterior fue 28°C y en la salida del sistema 14°C, el periodo de medición abarcó 153 días. La mayor atenuación registrada por el sistema fue en las temperaturas mínimas en el mes 1 y para las temperaturas máximas la mayor atenuación se presentó en el mes 6.

Intervalos de temperatura máxima y mínima		
Mes	Rango de Temperatura externa °C	Rango de Temperatura acondicionada
1	31	15.09
2	31	15.11
3	32	15.61
4	28	13.67
5	30	14.66
6	23	11.26
7	21	10.27
8	23	11.26
9	23	11.24
10	27	13.18
11	31	15.12
12	33	16.09
Diferencia promedio	28	14

**Tabla 6** Intervalos de temperatura máxima y mínima externa y temperatura acondicionada por el sistema.  
Fuente: *Elaboración Propia*

## Conclusiones

El clima extremo de la localidad reporta temperaturas que van desde -18°C hasta 41°C, el modelo se probó con el comportamiento mensual de las diferentes temperaturas registradas durante 2015, la temperatura mínima fue de -7°C en invierno y la máxima en verano fue 38°C dando así una variación de temperatura de 45°C.

El rango de temperatura exterior promedio es de 28°C, el rango atemperado promedio es 14°C lo que significa que el sistema reduce un 48% esa diferencia de temperatura. Variaciones en la longitud del sistema de tubos no genera variaciones de temperatura mayores a 1°C. Por cambio de diámetro la variación de temperatura es hasta 4°C.

El sistema de tubos con longitud de 20m presenta una mejor respuesta ante las variaciones del diámetro en el 50% de los casos. La mejor comportamiento del sistema se presentó bajo las siguientes características:  $d = 14''$  o 0.35m,  $L = 30m$ . La característica del sistema con un comportamiento menos favorable es:  $d = 4''$  o 0.10m,  $L = 40m$ . En todos los escenarios se obtuvo mejora. El modelo no es un sistema de enfriamiento o calentamiento, es un complemento a los sistemas tradicionales de climatización. El beneficio que reporta es no tener que enfriar o calentar una habitación desde una temperatura extrema.

## Referencias

AIE/SENER. (2011). *Indicadores de Eficiencia Energética en México: 5 sectores, 5 retos*. Agencia Internacional de Energía / Secretaria de Energía. British Embassy, México City: Gobierno Federal.

ATECYR. (2010). *Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica*. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración. Madrid: IDAE.

CAMACHO-IXTA, I. B.-M.-B. (2016). . Propuesta de. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 22-26.

Cengel, Y. (2004). *Termodinámica*. MC GRAW HILL.

ESPARZA-DELGADO, Carmen, HERRERA-PERAZA, Eduardo Florencio, SOLORIO-RODRÍGUEZ, Luis Enrique. Sistema de Climatización Geotérmico de Baja Entalpía. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. 2017.

Flores, S., & Lesino, G. (2000). Intercambiadores tierra-aire: uso del suelo para reenfriamiento pasivo. Buenos Aires, Salta, Argentina.

GARCÍA-MEJÍA, J. Z.-S.-S.-G. (2016). Aprendizaje de variables ambientales de las condiciones de un micro invernadero en la producción de vegetales. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 1-12.

Gehring, M. L. (2012). *Geothermal handbook: planning and financing power generation. Technical Report 002/12*,. The World Bank Group, Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP),.

Iannelli, L., & Gil, S. (March de 2012,). Acondicionamiento térmico de aire usando energía geotérmica-ondas de calor. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 6(1), 99-105.

IGME, I. p. (2008). *Manual de Geotermia*. Madrid: IDAE.

Ji, B. (Mayo de 2015). Disipación de calor en un sistema geotérmico de baja entalpía. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya.

León, J. L. (2007). *MANUAL DE GEOTERMIA Ciencias de la Tierra e Ingeniería de Reservorios*. México.

LLOPIS TRILLO, G., & ANGULO, V. R. (2008). *Guía de la Energía Geotérmica*. Madrid: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

Mejias-Brizuela. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2-6.

Santoyo, E. (2010). *Estrategias de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios en el tema de la energía geotérmica*. México: UNAM.

Sitiosolar. (2013). *Sitiosolar.com*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2016, de <http://www.sitiosolar.com/contacta-con-sitiosolar/>

WEC. (2013). *WORLD ENERGY COUNCIL*. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/WEC\\_16\\_page\\_document\\_21.3.14\\_ES\\_FINAL.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/WEC_16_page_document_21.3.14_ES_FINAL.pdf)

ZIGURAT. (2013). Recuperado el 09 de octubre de 2016, de Global Institute of Technology: <http://www.e-zigurat.com/noticias/soluciones-bioclimaticas-pozos-provenzales-canadienses/>

## Deshidratación de Flor de Dahlia con Deshidratador Solar De Cama Plana

MARTÍNEZ CARMONA - Romualdo, GALAVIZ RODRÍGUEZ -José Víctor, CERVANTES HERNÁNDEZ -Benito Armando, ARROYO DÍAZ -Salvador Antonio

*Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Universidad Politécnica de Puebla*

Recibido Mayo 15, 2017, Aceptado Noviembre 03, 2017

### Resumen

En el municipio de Huamantla existen artesanos que se dedican a la elaboración de alfombras y tapetes de aserrín, semillas, flores y de residuos de metales. Este tipo de arte efímero ha dado a Tlaxcala y Huamantla fama mundial por el colorido y belleza de las expresiones populares y religiosas que a través de él se manifiestan. El cuerpo académico de Ingeniería en Procesos de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, apoyó a la asociación de Alfombristas de Huamantla A.C. sobre un proceso de conservación de deshidratado de la flor de dahlia para reutilizarla en las alfombras y tapetes que confeccionan en los días del mes de agosto de cada año. Durante el proceso se obtuvo un producto seco con una humedad residual de 8.18 %, lo cual permitió manejar adecuadamente la flor para molerla y obtener pigmento. Con el producto deshidratado se logró la reutilización de la flor que se desecha en cada alfombra después de un día de exposición en las actividades religiosas, apoyando de esta manera a los artesanos de alfombras y tapetes.

**Alfombras, deshidratadores solares, pigmentos, rendimiento**

### Abstract

There are some craftsmen in Huamantla city who work in the making of sawdust rugs and carpets, using seeds, flowers and metal waste. This kind of ephemeral art had given a great fame to Huamantla and Tlaxcala for the colorful and beauty of popular and religious expressions that are expressed on it. The engineering of Process academic crew of Universidad Technological de Tlaxcala, gave its support to the Sawdust carpets association of Huamantla about a conservation process of Dalia's dehydration, to re-use this flower in the sawdust carpets that every year the craftsmen make in August. During the process, it was obtained a dry product with a 8.18% of residual wet, it allows to handle rightly the flower to grind it and get the pigment. With the dehydrated product it gets the re-use of the discarded flower in each sawdust carpet after an entire day of exposition in the religious activities, in order to support the sawdust carpets and rugs craftsmen.

**Sawdust carpets, solar dehydrators, pigments, yield**

**Citación:** MARTÍNEZ CARMONA - Romualdo, GALAVIZ RODRÍGUEZ -José Víctor, CERVANTES HERNÁNDEZ - Benito Armando, ARROYO DÍAZ -Salvador Antonio. Deshidratación de Flor de Dahlia con Deshidratador Solar De Cama Plana. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales 2017, 3-10:8-15.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: romualdo0702@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Las dahlias son plantas pertenecientes a la familia botánica de las compuestas, se caracterizan por presentar inflorescencias o un conjunto de flores que funcionan como una sola flor. Otros ejemplos de compuestas son las margaritas, los crisantemos, el cempasúchil y el diente de león. Las dahlias se distinguen de las otras compuestas por presentar raíces tuberosas a manera de camote, tallos huecos y hojas pinnadas.

Existen 43 especies de dahlias, todas ellas del continente americano; la mayoría de estas son endémicas de México, es decir solo crecen dentro del territorio mexicano.

Se desarrollan en altitudes que van desde los 500 hasta los 3500 msnm., prácticamente en todos los tipos de vegetación presentes en estos rangos; principalmente en los bosques de pino y encino, así como en márgenes de bosques secos y en zonas de desierto. Se distribuyen desde Chihuahua hasta Colombia. Algunas especies crecen en áreas reducidas, como *Dahlia macdougalii* que solo se ha encontrado en una localidad de Oaxaca; otras tienen una distribución más amplia como *Dahlia coccinea*, la cual crece desde Chihuahua hasta Guatemala (Reyes & otros, 2013).

Las dahlias han maravillado al mundo entero por la diversidad de forma y colores de sus flores. México es el centro de origen de estas plantas, y aún crecen las especies silvestres que dieron origen a las variedades cultivadas que conocemos actualmente, de las cuales existen más de 50,000 en el mundo.

En el municipio de Huamantla existen varios artesanos que se dedican a la elaboración de alfombras y tapetes de aserrín, de semillas, flores y de residuos de metales. Este tipo de arte efímero ha dado a Tlaxcala y Huamantla fama mundial por el colorido y belleza de las expresiones populares y religiosas que a través de él se manifiestan.

Una vez cumplida su función en las artesanías la flor regularmente se desecha; por lo tanto, se propone reutilizar la flor de dahlia a través de una metodología de deshidratación solar con equipos de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala con participación del Cuerpo Académico Ingeniería en Procesos. La finalidad es presentar una propuesta de reutilización de pigmentos para las artesanías que elaboran la Asociación de Alfombristas de Huamantla A.C.

Los aztecas dieron a la flor el nombre de "xicamiti", posiblemente derivada de "xicama-xóchitl", que significa "flor de camote" porque la planta se reproduce por bulbos; también la conocieron como acocoxóchitl que significa "tallos huecos con agua". Los indígenas mexicanos, como hábiles horticultores que fueron, la domesticaron, la cultivaron; la reprodujeron y la cruzaron, obteniendo numerosas variedades.

Las dahlias fueron utilizadas en tiempos prehispánicos para adornar templos y casas durante los rituales; servían de inspiración para crear vasijas o elaborar collares. Además, sus pétalos se utilizaron como tintes naturales para las prendas de algodón, se hacían con ellos mezclas aromáticas. Por si fuera poco, tenían fines medicinales (De la Cruz & Badiano, 1964) y eran importantes en la comida, pues sus pétalos y el tubérculo eran cocinados. Los españoles la llamaron originalmente jicamite, siguiendo el nombre Azteca.

El doctor Francisco Hernández (1515-1587), en su "Historia de las Plantas de la Nueva España", hace figurar dos especies del género *Dahlia*, (la *D. pinnata* de Cavanilles y la *D. coccinea*), siendo ambas plantas de ornato, con algunas propiedades medicinales. También los botánicos Mociño y Sessé, durante la Real Expedición Botánica a Nueva España llevada a cabo entre 1787 y 1803, en su obra "Plantae novae Hispaniae", señalaron a las dahlias como acocotli quauhnahuacensis.

En 1784, Vicente Cervantes, primer catedrático de botánica, Director del Jardín Botánico Virreinal de la Ciudad de México y miembro de la Real Expedición Española, envió semillas de varias flores mexicanas al abate Antonio José Cavanilles y Palop, director del Jardín Botánico de Madrid, España; entre ellas iban las primeras simientes de la acocoxóchitl. Las dahlias maravillaron al padre Cavanilles, quien la cultivó con esmero, y le asignó el nombre de *Dahlia pinnata*, en honor al botánico sueco Dahl, alumno de Linneo (Bye & Linares, 2008).

Las dahlias que fueron enviadas por primera vez a España, eran simples, con un disco grueso, de color amarillo y rayas escarlata. Bajo cultivo, fueron producidas flores de numerosos matices; pero sobre todo fue modificada la estructura de la flor que pasó de ser plana en estado silvestre, a una forma tubular o rellena.

Estas flores se extendieron y prosperaron durante los siguientes años, y en 1820 De Candolle, el botánico de Montpellier, se atrevió a plantarlas al aire libre, como planta de ornato. El holandés Van Der Verg hizo que la flor se sembrara en los jardines de toda Europa. En Bélgica se obtuvieron las primeras plantas de carácter ornamental con flores grandes y dobles; estas plantas rápidamente se propagaron por todo el continente, siendo las preferidas de la corte de la reina Victoria. En 1881 se creó en Inglaterra la primera sociedad de la dahlia.

Alrededor de 1850, llegaron a México las primeras formas modificadas de dahlia, sobre todo de flores dobles que lucían en los jardines mexicanos de las colonias nobles. Así como el Ahuehuete es el árbol nacional mexicano por votación popular, la dahlia es la Flor Nacional de México, de acuerdo al decreto expedido el 13 de mayo de 1963 por el Presidente Adolfo López Mateos, en esa fecha se oficializó a la Dahlia como símbolo de la Floricultura Nacional en todas sus especies y variedades. Este hecho fue a sugerencia de Instituciones oficiales y particulares como la Sociedad Botánica de México, la Unión Nacional de Floricultores y Viveristas de México y el Periódico Excelsior entre otros.

Durante la VII Exposición Nacional de Floricultura en 1962 y se concretó en 1963 (Garzón, 2009). El 12 de octubre de 1995 se formó: “La Sociedad Mexicana de la **Dahlia** o acocoxochitl”, A.C. (AMD) (Lara, 2014) dentro del marco del Quinto Congreso Nacional de Horticultura Ornamental. Esta Sociedad tiene como objetivo promover el cultivo de esta planta en la población para lo cual realiza talleres infantiles y juveniles; además, organiza encuentros de discusión y simposios sobre avances científicos para estudiosos sobre el tema. Así mismo el comité directivo de la Sociedad Mexicana de la **Dahlia** en el 2007, instauró el 4 de agosto, como Día Nacional de la Dahlia (Jiménez, 2015).

Algunos de los principales estados productores de dahlia según la AMD son el Distrito Federal, Tlaxcala, Nuevo León, Puebla y Estado de México.

La planta posee raíces en forma de camotes, los cuales son comestibles (Barrera-Necha & otros, 2014) y medicinales, ahora se está cultivando en zonas rurales para producir té a partir de pedazos de camote de dahlia, para que sean consumidos por personas con diabetes; sus flores tienen forma de capítulos, con lígulas o pétalos que llegan a ser más de 500 por flor, de tamaños que van desde 6 a 30 centímetros de diámetro, y una gama que cubre todo el espectro de colores, incluyendo los bicolors y variegados, excepto el azul y verde.

A pesar de ser una planta de origen mexicano, con una amplia aceptación en el mundo como planta de ornato, en nuestro país conocemos poco sobre su cultivo y sobre la gran diversidad de dahlias cultivadas (Mera Ovando, 2006). En el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero se tiene la intención de fomentar y difundir la gran variedad de esta especie entre la sociedad.

Existen varios tipos de secadores para deshidratar alimentos como:

Secadores o deshidratadores de gabinete: éstos tienen forma de caja y están contruidos de lamina de fierro y un cristal en la parte superior por donde captan la energía de las radiaciones solares, cuenta con dos aberturas, una en la parte inferior por donde entra el aire y otra en la parte superior por donde sale el aire húmedo por convección natural.

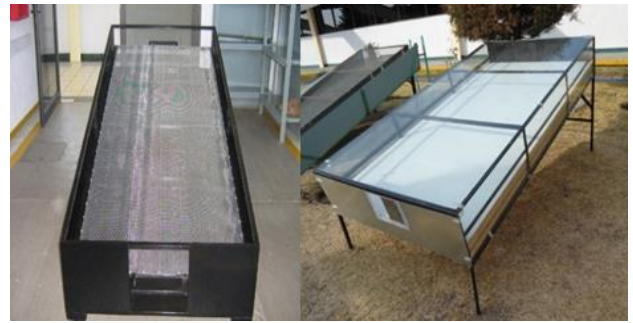
Deshidratadores solares de colectores y silo: este tipo de deshidratadores es semejante al de gabinete, sólo que es más grande en forma de cilindro, debido a su tamaño y estructura el sistema de recirculación de aire es de circulación forzada.

Deshidratador tipo invernadero: este tipo de deshidratador es de estructura metálica así como de vidrio en forma de invernadero. La recirculación es con aire forzado debido a su estructura, tiene una abertura en la entrada y otra en la salida por donde circula el aire. También existen los deshidratadores con colectores indirectos, que consisten en tener dos o más colectores de cristal y una cámara de secado; la recirculación de aire caliente es con aire forzado.

Existen secadores por convección como los secadores de horno, operados con gas natural, el aire de secado se calienta con un quemador de piso inferior y el aire húmedo atraviesa por convección natural al segundo piso en donde se coloca en charolas el producto a deshidratar (Galaviz, 2012).

### Desarrollo o descripción del trabajo

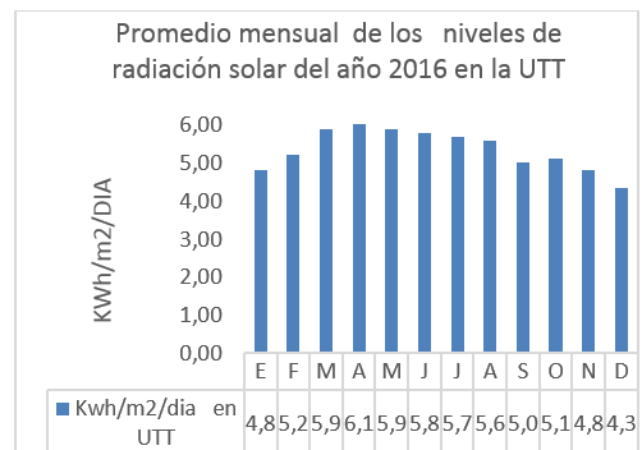
El estudio de investigación se realizó en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, a través de los equipos de deshidratación solar del Cuerpo Académico Ingeniería en Procesos, como se muestra en la figura 1.



**Figura 1** Equipos de deshidratación solar para la deshidratación de flor de dahlia

*Fuente: Universidad Tecnológica de Tlaxcala.*

Para realizar el proceso de deshidratado de la flor de dahlia, se investigó en la estación meteorológica de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala para conocer el nivel de radiaciones y saber si es adecuada la energía solar para el proceso de deshidratado, como se muestra en la gráfica 1.



**Gráfica 1** Niveles de radiación

*Fuente: Estación meteorológica de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala*

En la gráfica 1 se muestran las radiaciones promedio mensuales del año 2016 registradas en Kwh/m<sup>2</sup>/día, donde se observa que en el mes de enero la radiación es de 4.8 Kwh/m<sup>2</sup>/día; desde el mes de febrero hasta el mes de agosto es arriba de 5 Kwh/m<sup>2</sup>/día, y empieza a descender en los meses de septiembre al mes de diciembre. La gráfica 1 nos muestra que durante el año tenemos suficiente radiación solar para la realización del deshidratado; sin embargo, en el lapso de septiembre a enero baja los Kwh/m<sup>2</sup>/día a menos de 5.

El deshidratado de flor de dahlia se realizó con el deshidratador de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala. El tipo de deshidratador es de cama plana de un metro de ancho por dos metros de largo, de estructura metálica y materiales refractarios (poliuretano de 3 pulgadas de espesor) colocado en la parte inferior y con vidrio de 6 mm de espesor en la parte superior donde se capta la luz solar, con aberturas en la parte superior e inferior por donde circula el aire caliente de forma natural, como se muestra en la figura 1.

El proceso de deshidratado se llevó a cabo en el mes de agosto del año 2016, cuando se tiene flor de desecho y una radiación de 5.60 Kwh/m<sup>2</sup>/día, como se muestra en la grafica 1. El deshidratado de flores de dahlia se realizó mediante la siguiente metodología.

### Selección de la flor de dahlia

Se utilizaron flores de dahlia de diferentes colores (roja, amarilla, blanca, morada) procedentes de los tapetes y alfombras de la ciudad de Huamantla, Tlaxcala. Se eligieron flores en buen estado sanitario para evitar el ataque de agentes patógenos. Éstas se deshojaron desde el centro de la flor para obtener los pétalos (lígulas) y disponerlos en los deshidratadores solares como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2** Pétalos de dahlia para deshidratar  
Fuente: Alfombristas de Huamantla

### Colocación de flor

Se colocó la flor de dahlia en el deshidratador de cama plana Como se muestra en la figura 3.



**Figura 3** Pétalos de dahlia en deshidratador solar  
Fuente: Deshidratador de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala

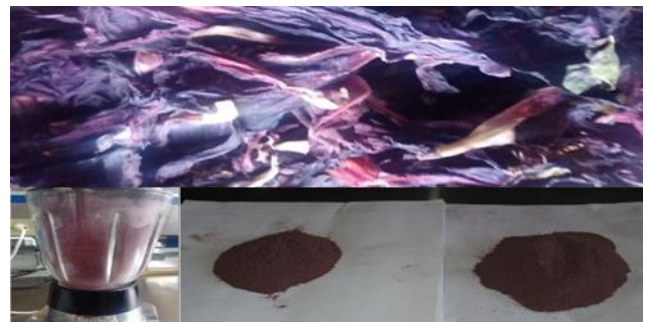
### Deshidratado de flor

Colocada la flor en el deshidratador se dejó secar desde las 10 horas hasta las 15 horas a una temperatura ambiente de inicio de 16 grados centígrados, y de 27 grados centígrados al finalizar el proceso de deshidratado, el cual alcanzó una temperatura en el interior del deshidratador de 50° C ± 5°C, temperatura suficiente para deshidratar la flor.

El tiempo de secado fue de 5 horas, con recirculación de aire caliente de forma natural, dado que las condiciones ambientales son propicias para el deshidratado (sin nubes y sin lluvia), de esta manera se puede mantener el flujo de aire constante.

### Molido de flor

una vez seca la flor de dahlia se procede a trocearla y molerla para obtener un polvo fino como se muestra en la figura 4.



**Figura 4** Dahlia morada seca y molida  
Fuente: Cuerpo académico de Ingeniería en Procesos de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala

## Medición de la humedad

La medición de la pérdida de humedad en las flores de dahlia se determinó en una muestra de 1.0 kg, (en fresco) con balanza granataria, pesándose antes y después del tratamiento. Con estos datos se calculó el porcentaje de pérdida de humedad de las flores, con base en la relación propuesta por Orduño (1995).

$$\% Hum = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

% Hum = Pérdida de humedad

P<sub>1</sub> = Peso inicial (flores frescas)

P<sub>2</sub> = Peso final (flores secas)

## Resultados

Una vez secas las flores de dahlias, se procedió a obtener su porcentaje de humedad y rendimiento de flor fresca a seca, como se muestra en la tabla 1.

Flor de dahlia fresca, Kg	Flor de dahlia seca Kg.	% Humedad, ecuación 1	% Rendimiento
1	0.08185	91.81	8.18

**Tabla 1** Resultados de fresco a seco de flor de dahlia

Fuente: Elaboración Cuerpo académico de Ingeniería en Procesos de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala.

La tabla 1 muestra el peso de la flor fresca de 1.0 kg (1000 g) para la determinación de su humedad. Durante el proceso de deshidratación solar se obtuvo un producto seco de 0.08185 kg (8.185 g.), con una consecuente pérdida de humedad del 91.81 por ciento y un rendimiento de fresco a seco del 8.18 por ciento.

La flor de dahlia deshidratada en sus diferentes colores (roja, amarilla, blanca, morada) se molió y se obtuvieron pigmentos de diferentes colores como se observa en la tabla 2.

Flor de dahlia	En fresco Kg	En pigmento Kg
Morada	9.6	0.7826
Roja	18.4	1.4957
Amarilla	6.3	0.5057
Blanca	1.1	0.0885

**Tabla 7** Cantidad de pigmento obtenido a partir de deshidratación de flor de dahlia

Fuente: Elaboración Cuerpo académico de Ingeniería en Procesos de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala

La tabla 2 muestra la cantidad en kgs de pigmento obtenido a partir de la deshidratación de flor de dahlia de diferentes colores, el rendimiento de pigmento se puede considerar adecuado ya que hay pérdida de materia en el manejo y molienda para obtener el pigmento de cada flor. Finalmente, los pigmentos se envasaron en bolsas de polietileno para su conservación, como se muestra en la figura 5.



**Figura 5** Pigmentos envasados de colores

Fuente: Cuerpo académico de Ingeniería en Procesos de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala

## Agradecimientos

Los miembros del cuerpo académico de Ingeniería en Procesos, agradecemos al Ing. Humberto Becerril Acolzzi, Rector de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala, por las facilidades para la realización de este proyecto de deshidratado de flor. Así mismo agradecemos a la asociación de alfombristas de Humantla por el interés y el apoyo con flor de dahlia para realizar el proceso de deshidratado.

## Conclusión

Podemos concluir que las condiciones de deshidratación solar de  $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  en el túnel del deshidratador de las flores de dahlia de diferentes colores (roja, amarilla, blanca, morada) con radiación solar de  $5.6\text{ Kwh/m}^2/\text{dia}$ , son óptimas para el deshidratado de la flor permitiendo obtener un producto final denominado pigmento aproximadamente del mismo color de la flor procedente.

La deshidratación solar arrojó una flor seca con 8.2 % de humedad residual necesaria para manejar adecuadamente el proceso de molido y obtener el pigmento correspondiente.

Además, esta humedad residual permite la conservación de la flor seca hasta un año, en condiciones normales de temperatura (sin lluvia y sin nubes), el tiempo de secado se alcanzó en 5 horas.

El objetivo de la investigación se logró al proponer la utilización de los pigmentos de flor de dahlia como una alternativa para la decoración en las alfombras y tapetes de los artesanos de la asociación de Alfombristas de Huamantla A.C., y así reutilizar la flor que normalmente es desechada.

## Referencias:

- Barrera-Necha, L. L., Osorio-Díaz, P., Lara-Cortés, E., Martín-Belloso, O., Sánchez-López, J. A., & Bautista-Baños, S. (2014). Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de dahlia. *Revista Chapingo serie horticultura*, 101-116.
- Bye, R., & Linares, E. (2008). La Dahlia, Flor Nacional de México. *Biodiversitas*, 13- 15. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv76art3.pdf>
- De la Cruz, M., & Badiano, J. (1964). *Libellus de Medicinalibus Indorum*. México: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Galaviz, J. V., Martínez, R., Cervantes, B. A., Hernández, J. L., Mendoza, E., Padilla, A., & Villegas, D. (2012). *Estrategia Tecnológica Sustentable para Deshidratar Frutas, Verduras y Legumbres*. España: Palibrio.
- Garzón Solís, C., Mejía Muñoz, J. M., Trejo Calzada, R., Gómez Lorence, F., Espinosa Flores, A., & Sánchez Abarca, C. (2009). Fenología de la Dalia Campanulata (Dahlia campanulata Saar.): Nueva Especie para la Horticultura Ornamental. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, VIII(2), 19-24. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545065003>
- Hernández, F. (1946). *Historia de las plantas de la Nueva España* (Vol. 3). México: Imprenta Universitaria.
- Jiménez Mariña, L. (enero-marzo de 2015). El Cultivo de la Dahlia. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 107-115. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193237111014>
- Lara Cortés, E. (2014). Tesis Doctoral. *Perfil Nutricional, Caracterización Microbiana y Conservación de Flores Comestibles de Dahlia*. Yauatepec, Morelos: Centro de Desarrollo de Productos Bióticos Instituto Politécnico Nacional.
- Lara-Cortés, E., Martín-Belloso, O., Osorio-Díaz, P., Barrera-Necha, L. L., Sánchez-López, J. A., & Bautista-Baños, S. (2014). Actividad Antioxidante, Composición Nutrimental y Funcional de Flores Comestibles de Dahlia. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(1), 101-116. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60930436008>

Lara-Cortés, E., Troncoso-Rojas, R., Hernández López, M., & Bautista-Baños, S. (septiembre-diciembre de 2016). Evaluación del antimicrobiano cinamaldehído en la conservación de flores de dalia comestibles, bajo condiciones diferentes de almacenamiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XXII(3), 177-189. Obtenido de [https://chapingo.mx/revistas/horticultura/contenido2.php?id\\_articulo=2258&id\\_revistas=1&id\\_revista\\_numero=231](https://chapingo.mx/revistas/horticultura/contenido2.php?id_articulo=2258&id_revistas=1&id_revista_numero=231)

Mera Ovando, L. M., & Bye, R. (2006). La Dahlia una Belleza Originaria de México. *Revista Digital Universitaria*, 7(11), 2-11. Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.7/num11/art90/int90.htm>

Orduño, C. A. (1995). Efecto de diferentes tratamientos granulares (mezclas de arena bórax) en el secado de tres especies de flores. Tesis de licenciatura. México: Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

Reyes Santiago, J., Beutelspacher, C. R., & Islas Luna, Á. (2013). Redescubrimiento de *Dahlia purpusii* Brandege (Asteraceae) en Chiapas, México, a cien años de su colecta por Karl Albert Purpus. *Lacandonia*, 7(1), 57-61. Obtenido de <http://www.sinarefi.org.mx/redes/articulodos-rdalia.pdf>

Reyes, J., & Treviño, G. (1993). Historia y cultivo del género *Dahlia* (Compositae). *Boletín Amarento*, 3, 8 y 9.

Reyes, J., Brachet, C., Pérez, J., & Gutiérrez, A. (2004). *Cactáceas y otras plantas nativas de la Cañada Cuicatlán, Oaxaca*. México: Sociedad Mexicana de Cactología, Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Biología, UNAM.

Riba, R., Pérez García, B., & Orozco Segovia, A. (1993). Las pteridofitas en la historia de las plantas de la Nueva España de Francisco Hernández. *Acta Botánica Mexicana*, 27-48. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57402504>

Saar, D. E., Sørensen, P. D., & Hjerting, J. P. (2003). *Dahlia campanulata* and *D. cuspidata* (Asteraceae, Coreopsidae): two new species from Mexico. *Acta Bot. Mex.* 64, 19-29.

Salmerón de Diego, J. (1985). *Las dalias*. Madrid: Publicaciones de Extensión Agraria.

Sorensen, P. D. (1969). Revision of the genus *Dahlia* (Compositae, Heliantheae-Coreopsidinae). *Rhodora* 71, 309-416.

## Deshidratación de Durazno Variedad Diamante (*Prunus persica* L. Batsch) con Deshidratador Solar de Cama Plana

CERVANTES-HERNÁNDEZ, Benito Armando<sup>†\*</sup>, MARTÍNEZ-CARMONA, Romualdo, GALAVÍZ-RODRÍGUEZ, José Víctor, ROJAS-RODRÍGUEZ, Rafael

Recibido Mayo 05, 2017; Aceptado Noviembre 18, 2017

### Resumen

El durazno de temporal es un sistema de producción inusual a nivel mundial. En el Estado de Tlaxcala, el 88.5% de 780 hectáreas es cultivado en condiciones de temporal. Por lo tanto, al final del ciclo agrícola y en años en que la lluvia es escasa, la fruta que se produce no cumple con los estándares de comercialización. Sin embargo, es una fruta con alta calidad, en términos de firmeza y contenido de azúcares totales, la cual justifica la búsqueda de alternativas de valor agregado en beneficio de los productores del Estado. En la Universidad Tecnológica de Tlaxcala a través del Cuerpo Académico Ingeniería en Procesos se deshidrato durazno variedad diamante, utilizando deshidratadores solares de cama plana. Los resultados muestran un rendimiento de deshidratación del 20.0 % (de fresco a seco) que se considera adecuado para que el producto seco conserve en su mayoría sus propiedades sensoriales y nutritivas. Con esta tecnología se dio valor agregado a la fruta con bajo valor comercial, a bajos costos, usando energía limpia y contribuyendo a la economía de los productores en la diversificación de sus productos.

**Deshidratación, durazno, deshidratador solar, valor agregado, rendimiento.**

### Abstract

The peach is an unusual production system at the global level. In the State of Tlaxcala, 88.5% of 780 hectares is grown in rainfed conditions. Therefore, at the end of the agricultural cycle and in years where rainfall is scarce, the fruit that is produced does not meet the standards of marketing. However, it is a fruit with high quality, in terms of firmness and content of total sugars, which justifies the search for alternatives of added value for the benefit of the producers of the state. At the Technological University of Tlaxcala Through the Academic Body Process Engineering was a dehydrated peach variety diamond, using solar dehydrators of flat bed. The results show a yield of dehydration of the 20.0 % (from fresh to dry) that is considered appropriate for the product to dry retain most of their nutritional and sensory properties. With this technology we gave added value to the fruit with low commercial value, at low cost, using clean energy and contributing to the economy of the producers in the diversification of their products.

**Dehydration, peach, solar dryer, added value, yield**

**Citación:** CERVANTES-HERNÁNDEZ, Benito Armando, MARTÍNEZ-CARMONA, Romualdo, GALAVÍZ-RODRÍGUEZ, José Víctor, ROJAS-RODRÍGUEZ, Rafael. Deshidratación de Durazno Variedad Diamante (*Prunus persica* L. Batsch) con Deshidratador Solar de Cama Plana. Revista de Ciencia Ambientales y Recursos Naturales 2017, 3-10: 16-26.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: arbench@uttlaxcala.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Las frutas y verduras son una fuente importante e indispensable de vitaminas y minerales para el ser humano. Su cultivo a gran escala constituye un sector importante de la economía de muchos países. Su consumo cada día está en aumento, por lo que se requieren mejores procesos de conservación para lograr prolongar su vida de almacenamiento. Además, este tipo de alimentos escasea en ciertas épocas del año. Por lo que cuando son abundantes en el mercado conviene darles un tratamiento o transformación que permita conservarlos por un periodo mayor, para que puedan ser consumidos en épocas de escasez (Ceballos y Jiménez, 2012).

Una alternativa es la deshidratación de este tipo de fruta. Esta opción reduce costos de empaque, transporte y almacenamiento. Algunos métodos de secado: el aire caliente, microondas, rayos infrarrojos, liofilización, atomización, deshidratación osmótica y el uso de energía solar. El uso de energía solar a través de deshidratadores solares es una alternativa para secar alimentos de alta calidad nutritiva y evitan el uso de energía eléctrica. El secado al sol de frutas y hortalizas se ha utilizado desde los principios de la Humanidad, proporcionando al hombre una posibilidad de subsistencia en épocas de escasez de alimentos. Se entiende por deshidratación la operación mediante la cual se elimina total o parcialmente el agua de la sustancia que la contiene (Galaviz, et al., 2012).

El agua contenida en las frutas y verduras representa más del 80% de su peso, lo cual es un factor determinante para su pronta descomposición microbiana. Se estima que, en los países en vía de desarrollo, alrededor del 30 a 40 % de las frutas y verduras cultivadas, se llega a perder debido a la falta de un adecuado manejo, transporte y almacenamiento; estas pérdidas se traducen en una pérdida física, nutricional y, por lo tanto, económica. Para preservar las frutas y verduras se han empleado varias tecnologías a escala industrial, entre las cuales está la deshidratación con aire caliente (Hernández et al., 2010).

Esta técnica da lugar a productos deshidratados con una larga vida de anaquel; sin embargo, este proceso también impacta negativamente en la calidad de los alimentos, debido a los prolongados periodos de deshidratación y a las altas temperaturas utilizadas. Un método alternativo de deshidratación es el de deshidratación solar de frutas y verduras (Galaviz et al., 2012) en donde el producto se somete a deshidratación solar en equipos diseñados para ello; donde las temperaturas alcanzadas (40-50 °C), garantizan una mayor calidad en el producto deshidratado, además, de un tiempo largo de conservación.

La calidad de un producto deshidratado convencional es normalmente menor a la de un producto fresco del que proviene, con un impacto en el color, la textura y otras características (Askari et al., 2009). Las frutas y verduras deshidratadas con aire caliente, normalmente llegan a nivel intermedios de humedad, donde los valores de actividad de agua oscilan entre 0.6 y 0.8; a estos niveles las frutas y verduras normalmente mantienen sus propiedades sensoriales y por lo general muestran una buena resistencia al ataque microbiano (Cao et al., 2007).

El estudio de las técnicas y condiciones adecuadas de deshidratación de frutas y verduras, como el secado con aire caliente y por medio de deshidratación solar, es necesario para conocer y minimizar los cambios físicos y químicos ocurridos durante el proceso, así como mantener sus propiedades nutrimentales, sensoriales y de vida de anaquel y, por lo tanto, desarrollar nuevos productos deshidratados, de alta calidad, atractivos a los consumidores y con alto valor nutricional.

En la deshidratación de frutas y verduras, se aplica calor para evaporar el agua y removerla después de su separación de los tejidos del fruto. La energía debe suministrarse (por energía convencional o solar térmica) para evaporar el agua y removerla en forma de vapor de la superficie del alimento.

El calor se puede aplicar al alimento por conducción, radiación o convección. Aunque estos tres mecanismos de transferencia de calor se pueden utilizar durante la deshidratación, normalmente, dependiendo del producto, uno de éstos es el que domina. El método más común para transferir el calor a frutas y verduras, en el proceso de deshidratación, es la utilización de una corriente de aire caliente, donde la convección es el principal fenómeno de transferencia (Costa y Ferreira, 2007).

En el durazno (*Prunus persica* L. Batsch), así como en la mayoría de los frutos climatéricos, la calidad y el tiempo de vida útil comercial son afectados por los inadecuados manejos durante la cosecha, transporte, empaque y ventas, evidenciado por una serie de daños y defectos que el consumidor rechaza a la hora de adquirir el producto y que representan cuantiosas pérdidas al final del proceso de mercadeo. (Colome, 2000).

La presente investigación tuvo como objetivo presentar una propuesta a los productores de durazno variedad diamante (*Prunus persica* L. Batsch) del Carmen Tequexquitla, Tlaxcala para su producto que no cumple con las características del mercado en fresco (color, tamaño, firmeza, entre otros). Dado que después de la selección del durazno sobra una gran cantidad que no es comercializable. Además, se pretende mediante este trabajo difundir esta tecnología a todos los productores de la región.

### **Deshidratadores solares**

Los deshidratadores solares son dispositivos con los cuales se extrae gran porcentaje de agua de las frutas por medio del flujo de aire caliente, de esta forma el agua que está en la superficie del producto se evapora y se traspa al aire circundante y el calor del medio se transmite al interior de la fruta (Marín, 2014).

Con el objetivo de maximizar la calidad del producto y minimizar los costos, el tiempo de deshidratación debe de ser corto, este tiempo depende tanto de la fruta como del deshidratador. Cinco aspectos afectan la velocidad y el tiempo total de deshidratado: tipo de producto, (mayor contenido de agua, mayor tiempo), tamaño de los trozos del producto (más grande, mayor tiempo), temperatura del aire (más elevada, menor tiempo), humedad relativa del aire (más elevada, mayor tiempo) y velocidad del aire (más elevada, menor tiempo)

A continuación, se mencionan las clases de deshidratadores solares con cada una de sus características físicas.

### **Deshidratador solar de gabinete**

Este tipo de deshidratadores no cuentan con un flujo apropiado del aire de secado, debido a que el diseño es como el de una caja según se observa en la figura 1, la cual cuenta con dos aperturas, una en la parte inferior por donde ingresa el aire del ambiente, y otra en la parte superior por donde sale un aire más húmedo y con mayor temperatura. En este tipo de deshidratadores la circulación del aire es por convección natural. Es por esta razón que la eficacia no es muy alta. Estos sistemas son capaces de deshidratar pequeñas cantidades de material. Son principalmente usados para secar alimentos.

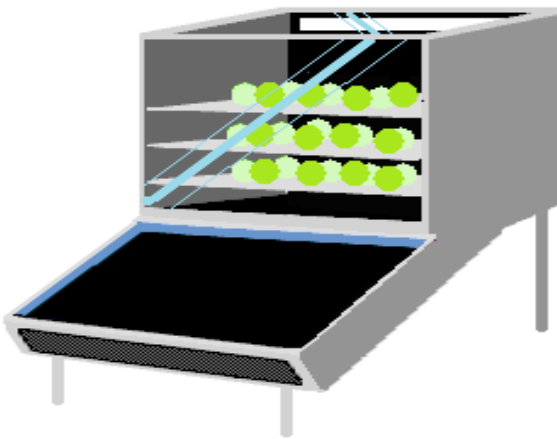


**Figura 1** Deshidratador solar de gabinete

Fuente: [sitiosolar.com](http://sitiosolar.com)

### Deshidratador solar de colector y armario

Este deshidratador consta de un colector de aire en la parte baja y un armario de deshidratación en la parte superior según figura 2, la entrada del aire se sitúa en la parte baja del colector mientras que la extracción del mismo se sitúa en la parte alta del armario. El tipo de circulación del aire es natural por convección. Combinando varios equipos de este tipo de forma es posible deshidratar cantidades de producto a niveles industriales.



**Figura 2** Deshidratador solar de colector y armario  
Fuente: *sitiosolar.com*

### Deshidratador solar de colector y depósito

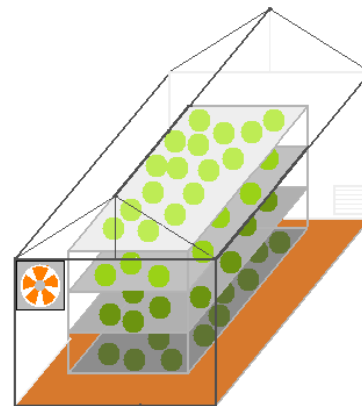
Este sistema es similar al deshidratador de colector y armario, pero en grandes dimensiones, como se muestra en la figura 3. En vez de un armario dispondrá de un depósito para deshidratar cantidades mucho más grandes. También la dimensión del colector será mayor debido a que se requiere aportar mucho más calor. Este tipo de equipos trabaja con convección forzada del aire debido a las dimensiones de este y a la cantidad del producto a deshidratar.



**Figura 3** Deshidratador solar de colector y depósito  
Fuente: *sitiosolar.com*

### Deshidratador de invernadero

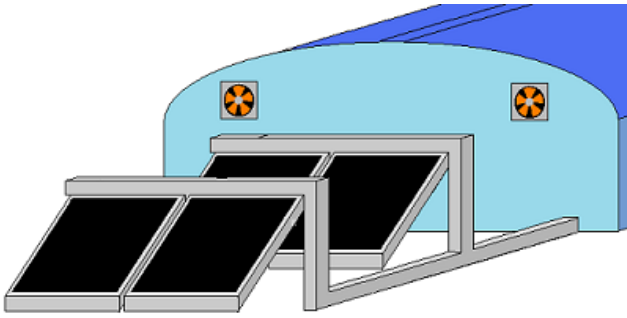
Este tipo de deshidratadores están basados en el principio de funcionamiento del deshidratador solar de gabinete, pero en grandes dimensiones; este deshidratador se construye en base a los invernaderos utilizados en agricultura, véase figura 4. La circulación del aire es por convección forzada.



**Figura 4** Deshidratador solar de colector y armario  
Fuente: *sitiosolar.com*

### Deshidratador con colectores indirectos

Este tipo de deshidratador cuenta con colectores de aire separados de la cámara de secado, según figura 5. El aire que se calienta en los colectores es transportado a la cámara de secado por medio de conductos aislados térmicamente. La circulación del aire es por convección forzada.



**Figura 5** Deshidratador solar de colectores indirectos

Fuente: *sitiosolar.com*

### Durazno (*Prunus persica* L. Batsch)

El duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) es originario de China (Tecnológico de Monterrey – INIFAP, 2002), donde se le ha clasificado en tres grupos o ecotipos: a) norte, b) sur y c) europeo. Este último pertenece los duraznos introducidos de China al Mediterráneo, Asia Occidental y Asia Menor, incluyendo a países como Italia, España, Irak y Turquía; por otro lado, se menciona que muchos de los cultivares usados en Francia y en Estados Unidos también pertenecen a este grupo.

Al continente americano esta especie primeramente llegó a México durante la conquista y fue distribuido por los religiosos de varias órdenes a establecerlo en sus misiones en la mayor parte del país. Por otro lado, los hacendados, muchos de ellos españoles o hijos directos de ellos, establecieron huertos en las haciendas con el objeto de producir esta fruta para su consumo. Por las características del durazno criollo y considerando que este viene de España, probablemente el durazno criollo de México también pertenezca al grupo europeo.

En México se cultivan aproximadamente 40 mil hectáreas (Tecnológico de Monterrey – INIFAP, 2002) con dos tipos de durazno. El primero, incluye cultivares de pulpa suave y hueso suelto, conocidos como de mesa y aptos para el consumo en fresco. En el segundo, se incluyen aquellos cuyo fruto es amarillo, de pulpa firme, dulce y de hueso pegado, apto para consumo en fresco e industria.

La superficie sembrada del segundo durazno es mayor, que la de hueso suelto, ya que se tienen aproximadamente 30 mil hectáreas. El 74% del durazno, que se produjo en México en el periodo 1998-2001, se encontró distribuido en cinco estados de la república, donde sobresalen Michoacán (21%), Zacatecas (18%), Estado de México (15%), Chihuahua (13%) y Puebla (7%).

La producción total de durazno, se destina alrededor del 85% al consumo en fresco y el 15% restante a la industria, la cual utiliza predominantemente el tipo criollo amarillo. El consumo en fresco se distribuye en un 57.7% a la Ciudad de México, el 13% a Guadalajara, el 9% a Monterrey, el 6.5% tiene un consumo local en el área de los sistemas de producción y finalmente el 13.8% se distribuye a otros mercados más pequeños. Los derivados industriales del durazno amarillo y de hueso pegado son: almíbares, cristalizados, deshidratados, jaleas, mermeladas y néctares. Se estima que la industria demanda alrededor de 60 mil toneladas, donde los estados de México, Zacatecas, Baja California, Chihuahua y Aguascalientes poseen la mayor infraestructura para su industrialización.

Los climas templados predominantes en el Estado de Tlaxcala son favorables para el cultivo del duraznero, lo cual, aunado a la cercanía y excelentes vías de comunicación a los grandes centros de consumo, lo colocan en una situación comercial privilegiada para el cultivo de un gran número de especies frutícolas como el durazno, manzano, peral y ciruelo. La acumulación anual de frío generalmente supera las 500 horas con temperaturas entre 2 y 10° C, lo cual permite cultivar un gran número de variedades.

La producción de durazno en Tlaxcala se realiza en zonas tempraneras, con suelos arenosos de baja fertilidad y alta infiltración, a una altura de 2,600 metros sobre el nivel del mar, con presencia de lluvias de verano, incidencia de heladas, granizadas y sequías. La topografía es semi plana con lomeríos suaves.

Según SAGARPA, la superficie con potencial productivo para el Estado de Tlaxcala es muy extensa, ya que a nivel estatal existen 95,499 hectáreas con muy buenas aptitudes para el cultivo del durazno, de las cuales el Distrito de Desarrollo Rural 165 de Huamantla le corresponden 33,534, el de Tlaxcala 51,597 y el de Calpulalpan 10,368.

El Estado de Tlaxcala se localiza entre el triángulo formado por la Sierra Madre Oriental y el Sistema Volcánico, entre los 19° 44'' - 19° 06'' de latitud norte y entre los 97° 37'' - 98° 44'' de longitud oeste. Colinda al norte con Hidalgo y Puebla; el este y sur con Puebla; al oeste con Puebla, México e Hidalgo. La superficie total del Estado es de 3,414 Km<sup>2</sup>, la cual representa el 2.20% de la superficie nacional, distribuida entre sus 60 municipios.

El Clima predominante es el templado sub húmedo el cual ocupa el 92% de la superficie, con lluvias en verano, el periodo de lluvias comprende de 4 a 6 meses entre julio y diciembre, siendo julio y agosto los meses más lluviosos. Las precipitaciones más restrictivas se presentan en el oriente del estado, 400 mm anuales, las más abundantes se presentan en el sur y suroeste de la entidad con 800 a 1,000 mm.

El régimen de humedad es predominantemente de temporal según SAGARPA cubriendo el 82% de la superficie. El Consejo Estatal de Productores de Durazno como eslabón primario, reporta solo 90 hectáreas de riego a partir del 2002, las que aún se mantienen. La erosión es el principal problema ambiental, el 90% de la superficie en el Estado registra algún grado de erosión. Se calcula que 51,443 hectáreas están altamente perturbadas y 62,138 se encuentra en proceso de degradación.

La producción anual de durazno que se obtuvo en Tlaxcala en el año 2003 en 780 hectáreas fue de 5,791 toneladas, que se cosecharon en el 80% de la superficie principalmente en el Municipio de Altzayanca, en las localidades de: Concepción Hidalgo, Altzayanca, Pilancón y Nexnopala.

El resto de la producción se genera en los siguientes municipios: Ixtenco, Teacalco, Huamantla, Terrenate, Cuapiaxtla, Zitlattepec e Inxtacuixtla. La industria a pequeña escala ubicada en la localidad de Concepción Hidalgo, Altzayanca. La cual está a cargo de las Sociedades de Producción Rural (SPR). Integradas por productores y puesto que luego de la selección del durazno sobra una gran cantidad que no es comercializable, esa fruta la aprovechan para hacer conservas y en almíbar.

El volumen destinado a esta actividad es mínimo sin llegar al 1 % por ciclo. Los productores no han logrado dedicarse a la producción y a la comercialización, ya que no cuentan con el tiempo para cosechar y para vender y además también, porque no tienen gente capacitada que se dedique a la venta, por lo que realizan la venta directamente en la huerta o desde el centro de selección del durazno.

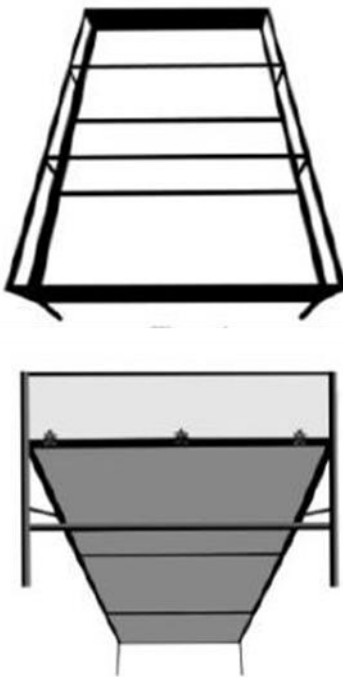
### Metodología

Para deshidratar el durazno variedad diamante de los productores del Estado de Tlaxcala, se utilizaron los equipos de deshidratación solar de frutas y verduras del Cuerpo Académico Ingeniería en Procesos de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala (CAIP). Actualmente se busca aprovechar la energía solar a través de estos equipos de deshidratación convencional de cama plana. A continuación, en la tabla 1 se describe la ficha técnica del equipo.

Deshidratadora	Solar cama plana
Medida	1.00 m x 2.00 m
Largo	2.00 m
Ancho	1.00 m
Altura	0.90 m
Material	Estructura metálica y lamina galvanizada calibre 16 ( en la parte posterior y frontal)
Vidrio	Blanco de 1.00 m x 2.00 m y 6 mm de espesor.
Cama	Poliuretano de 0.94 m x 1.98 m y 10 cm de espesor.
Rejilla	Metálica de 0.94 m x 1.98 m
Tipo	1 Entrada
Peso	87 kg

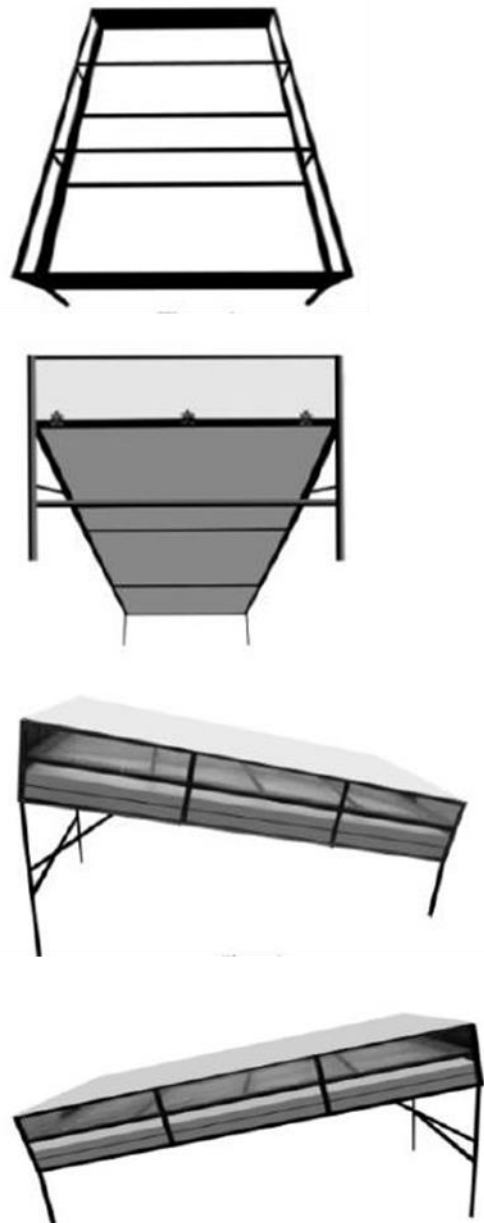
**Tabla 1** Ficha técnica de deshidratador solar de cama plana  
Fuente: Elaboración propia

El deshidratador solar está construido de estructura metálica de 2.0 m. de largo por 1.0 m. de ancho y vidrio blanco de 6 mm de espesor y una cama de poliuretano de 10 cm de espesor, con la finalidad de conservar el calor mayor tiempo en la cámara de deshidratado, con el consecuente aumento y uniformidad en la temperatura del deshidratador y por tanto disminuyendo el tiempo de secado. El diseño es similar a los de colectores planos de aire. En las figuras 6 y 7 se muestran las vistas: frontal, posterior y laterales, respectivamente.



**Figura 6** Vistas frontal y posterior del deshidratador solar de cama plana.

Fuente: CAIP



**Figura 7** Vistas laterales del deshidratador

Fuente: CAIP

Los equipos constan de un túnel de deshidratación protegidos por una cubierta de vidrio, para aislar al alimento de polvo e insectos, de una rejilla metálica donde se coloca el producto a deshidratar (Galaviz, et al., 2012). Las condiciones en el túnel de deshidratación son: calentamiento del aire ( $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ) por energía solar térmica y convección natural.

A continuación, en la figura 8 se muestra una imagen del deshidratador solar de cama plana.

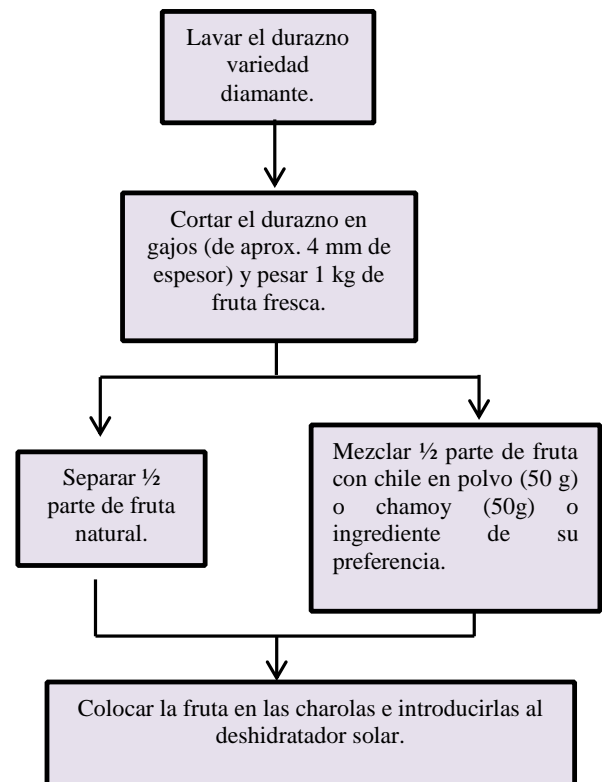


**Figura 8** Equipos de deshidratación de frutas y verduras  
Fuente: CAIP

El deshidratador funciona bajo el principio de efecto invernadero, el aire ambiente entra por la abertura de la parte frontal del equipo, distribuyéndose en los productos colocados en la rejilla metálica (y ésta encima de la cama de poliuretano) extrayendo la mayor parte de la humedad natural, tratando de conservar en la medida de lo posible color, aroma, sabor original y calidad alimentaria del producto deshidratado.

Una vez que el aire en el interior de la cámara del deshidratador aumenta su temperatura y humedad es eliminado por convección natural por la abertura que se encuentra en la parte posterior del equipo, siendo de esta manera el proceso de deshidratación solar térmico.

Para la elaboración de gajos de durazno deshidratado se siguieron las siguientes etapas, como lo muestra la figura 9.



**Figura 9.** Diagrama de flujo para proceso de deshidratación solar de gajos de Durazno  
Fuente: CAIP

Las condiciones ambientales para el secado de la fruta fueron: temperatura ambiente de 22 °C, humedad relativa, 52 %, velocidad del viento 18 km/h, e intensidad de radiación solar media de 800 W/m<sup>2</sup> (estación meteorológica EMA UTT, CONAGUA).

El secado de la fruta se alcanzó en aproximadamente 13 a 14 horas en dos días de irradiación, con cielo totalmente despejado y cortes de gajos de durazno de 4 mm de espesor. El tiempo neto de retención de los gajos de durazno en la cámara de deshidratado fue en promedio de 6.5 horas. No obstante, esto depende del grueso de los cortes de la fruta, es decir, entre más grueso menor superficie de contacto y por tanto mayor tiempo de secado. Según se muestra en la figura 10 y 11.



**Figura 10.** Corte de durazno en gajos de 4 mm de espesor  
Fuente: CAIP



**Figura 11** Secado de durazno en el deshidratador solar  
Fuente: CAIP

**Resultados**

Se deshidrataron 5.0 kg de durazno variedad diamante sin hueso. El rendimiento del deshidratado se determinó en base a 1.0 kg (1000 g) de fruta fresca y de acuerdo a las siguientes fórmulas:

Rendimiento teórico (R):

$$R = \frac{(100\% - H_f)}{(100\% - H_s)} \tag{1}$$

Dónde:

**H<sub>f</sub>**: es el porcentaje de agua que contiene el alimento antes de ser sometido al proceso de secado, para el durazno en fresco se considera 85 al 87 por ciento de agua.

**H<sub>s</sub>**: es el porcentaje de humedad recomendable que debe de tener el producto seco, para garantizar una óptima calidad y condiciones de conservación. Para el durazno se recomienda una humedad del 25 a al 30 %. Para conocer el peso final del producto seco (Ps) requerido para el durazno se utilizó la fórmula:

$$P_s = (R)(P_f) \tag{2}$$

Donde, **P<sub>f</sub>** es el peso fresco inicial de la muestra que se desea secar.

La tabla 2 muestra las condiciones y resultados de la deshidratación de gajos de durazno variedad diamante.

Fruta	Humedad de alimento fresco H <sub>f</sub> (%)	Humedad residual alimento seco H <sub>s</sub> (%)	Temperatura de deshidratación promedio T	Rendimiento de ecuación (1)	Peso seco necesario para gajos de durazno (P <sub>s</sub> ) g de ecuación (2)
Durazno	85	25	55	0.200	200

**Tabla 2** Resultados de deshidratación de durazno  
Fuente: CAIP

Como muestra la tabla 2 para un **H<sub>s</sub>** del 25 % el rendimiento esperado es del 20. 0 %. Es decir, por cada 1000 g de producto fresco esperamos 200 g de producto seco, con este peso el durazno conservará parte de las propiedades del producto fresco (blando y suave). El durazno seco finalmente se envaso en bolsas de polipapel para tener una mejor presentación y conservación. Como se muestra en la figura 12.



**Figura 12** Presentación de producto seco  
Fuente: CAIP

## Conclusiones

Se dio a conocer el proceso de deshidratación solar de durazno usando deshidratadores solares de cama plana, equipos de investigación para deshidratación solar de frutas y verduras del cuerpo académico de Ingeniería en Procesos de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala.

El rendimiento de la deshidratación del 20.00 % se considera adecuado para que el producto seco conserve en su mayoría sus propiedades sensoriales y nutrimentales. Con esta tecnología se pretende dar valor agregado a la fruta con bajo valor comercial, a bajos costos usando energía limpia y contribuyendo a la economía de los productores en la diversificación de sus productos.

El potencial del deshidratador solar de frutas y verduras es grande si se logra transeferir la tecnología a la comunidad de productores de la región. No obstante, la deshidratación del fruto produce una inhibición del crecimiento bacteriano, se recomienda realizar un análisis bacteriológico para garantizar su calidad sanitaria. Para verificar la eficiencia térmica del deshidratador, se sugiere en investigaciones posteriores realizar un estudio de transferencia de calor de las diferentes partes que componen el secador solar.

## Agradecimientos

El Cuerpo Académico Ingeniería en procesos agradece a los productores de durazno de El Carmen Tequexquitla, Tlaxcala y a la Red Temática Modelado y Automatización de Procesos. Prodep, 2015 por las facilidades dadas para realizar esta investigación.



**Figura 13** Productores de durazno e integrantes del Cuerpo Académico Ingeniería en Procesos (CAIP).

## Referencias

Auris Damely García M. 2006. Caracterización Física y Química De Duraznos (*Prunus persica* (L.) Batsch) y Efectividad de la Refrigeración

ASERCA, 2000. Revista "Claridades Agropecuarias" Artículo "El durazno mexicano un Mercado por Explorar" Editorial Abriendo Surcos. México, D. F.

Askari, G., Emam-Djomeh Z. y Tahmasbi, M. 2009. Effect of various drying methods on texture and color of tomato halves. *Journal of Texture Studies*. 40:371-389

Carpinteyro, Lina, Teón, Argelia, Balderas, Silvia. 2016. Capacitación para la construcción y uso de un secador solar en la comunidad kumiai de San José de la Zorra. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*. Septiembre 2016 Vol.2 No.5 6-11 (ECORFAN).

Cao, H., Zhang, M., Mujumdar, A., Xiao, G. y Sun, J. 2007. Study on reduction of water activity and storage stability for dehydrated *Brassica parachinensis* with intermediate moisture. *Drying Technology*. 25:669-674.

Costa, A. y Ferreira, S. 2007. Sistema de secado solar para frutos tropicales. *Información Tecnológica*. 18(5): 49-58.

Colome, E. 2000. Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósferas modificadas. *Revista Alimentos: Equipos y Tecnología* (5): 109-113.

Comercial En Frutos Acondicionados. *Bioagro* 18(2): 115-121.

Desplegable Informativa Núm. 22 (noviembre de 2011)

E.M. Ceballos-Ortiz y M.T. Jimenez-Mungia. 2012. Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 6-1:98-110

Galaviz Rodríguez, V., Martínez Carmona, R., Cervantes Hernández, B., Hernández Corona, J.L., Mendoza Vázquez, E., Padilla Vivanco, A. y Villegas Hernández, D. 2012. Estrategia tecnológica sustentable para deshidratar frutas, verduras y legumbres. Palibrio, España. pp 37-76.

Hernández Salgado, J. Hilario; G. R., Juan de Dios y S. M., Marciano. 2001. Seguimiento y evaluación de la operación Proyecto Sol del Estado de Tlaxcala. SAGARPA, Gobierno del Estado, Fundación Produce y Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Tlaxcala, Tlax.

Hernández, J., Quinto, P., Flores, F., Acosta, R. y Aguilar, J. 2010. Cinética del secado de productos agrícolas. *Memorias de XII Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y Sistemas*. México Distrito Federal. Noviembre 2010.

Herrero, A. y Guardia, J. 1992. Conservación de frutos. Manual técnico. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 409 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2011. Centro de Investigación Regional del Norte-Centro Campo Experimental Zacatecas

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Téc Monterrey – INIFAP). 2002. Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de tecnología de Zacatecas. Zacatecas, Zac. Inédito.

Marín, Patricio Valdés. 2008. Manual de deshidratación I. [En línea] 2008. <http://manualdeshidratacion.blogspot.com/2008/09/frutas-y-hortalizas.html>.

Núñez-Olivera, José Manuel, Cabral-Parra, Rodolfo, Noriega-García, Miguel Ángel, y Lomeli-Rodríguez, Sandra Eva. 2016. Globalización y su Impacto sobre la Estructura y Capacidad Productiva de los Productores Agropecuarios de la Ciénega de Jalisco. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. Septiembre 2016 Vol.2 No.5 36-43. (ECORFAN).

Rodríguez-García, Fernando, Tizapatzi-Sánchez, Pedro, Gonzáles-Mazanilla, Fernando Osvaldo y Pintor-Tuxpan-Ángel. 2016. Impacto Ambiental en la Implementación de Paneles Solares Fotovoltaicos en el ITSSMT. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. Junio 2016 Vol.2 No.4 12-18 (ECORFAN).

Sitio solar. 2014. Portal de energías renovables. Los deshidratadores solares <http://www.sitiosolar.com/los-deshidratadores-solares/>.

SAECSA. 2013. Energía Solar. Deshidratadores solares SAECSA. [En línea] 2013. <http://saecasolar.com/catalogos/Deshidratador.pdf>. <http://www.uttlaxcala.edu.mx/index.php/component/content/article?id=167>

## Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados

ENRÍQUEZ-PÉREZ Ma. de los Angeles †, ROSALES-DAVALOS, Jaime, LÓPEZ-RAMÍREZ-Roberto, CASTREJON-SANCHEZ, V. Hugo.

*Departamento de Ingeniería en Materiales e Mecatrónica, Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán*

Recibido Septiembre 14, 2017; Aceptado Diciembre 02, 2017

### Resumen

En este trabajo se desarrolló un material que contribuye a disminuir la generación de residuos sólidos, a través de la fabricación de aglomerados, usando envases posconsumo de cartón para bebidas (contienen 75 % de cartón, 20% de polietileno y 5% de aluminio). La metodología consiste en lo siguiente: se limpia y seca el material; después se somete a un proceso de molienda donde se controla el tamaño de las partículas; finalmente se prensa en caliente. En esta última etapa el calor funde el contenido de polietileno que une todos los componentes que conforman el envase, quedando una lámina que no requiere de aditivos químicos en su elaboración; sin embargo, para obtener el aglomerado con las propiedades físicas y mecánicas óptimas, se varían las condiciones: tamaño de partícula, temperatura, tiempo de calentamiento y presión en la prensa en caliente. Estos parámetros se manipulan por medio del software labview. Los aglomerados poseen un módulo de ruptura de 14.95 N/mm<sup>2</sup>; son materiales hidrofóbicos, presentan estabilidad dimensional frente a cambios de humedad (longitud) menores al 8%, resistencia química (legía, ambiente marino y ácidos), son ignífugos, pueden ser aserrados y taladrados. Se recomienda utilizar el bloque aglomerado ecológico para realizar divisiones en interiores.

**Residuos sólidos, Aglomerados, pruebas**

### fisicomécanicas

### Abstract

In this work, a new material is developed with the aim of reducing generation of solid waste through fabrication of agglomerates using post-consumer cartons for beverages (containing 75% carton, 20% polyethylene and 5% aluminum). Previous to fabrication of agglomerate, the raw material was cleaned and dried, then it was transferred to a grinding process where the particle size is controlled. Finally it was hot pressed. In this stage the heat melts the content of polyethylene that join together all the components, which make up the packaging, leaving a sheet that does not require chemical additives in its elaboration; optimal. In order to improve physical properties, experimental conditions such as particle size, temperature, heating time and pressure in the hot press were varied. These parameters were controlled by using of software labview. The agglomerates have a rupture modulus of 14.95 N/mm<sup>2</sup>, they are hydrophobic materials, good dimensional stability against changes in moisture (length) less than 8%, chemical resistance (bleach, marine environment and acids), are flame retardant, it can be sawed and drilled. Therefore, it is recommended to use the ecological agglomerate block to perform interior divisions.

**Solid waste, agglomerate, Physicomechanical tests**

**Citación:** ENRÍQUEZ-PÉREZ Ma. de los Angeles , ROSALES-DAVALOS, Jaime, LÓPEZ-RAMÍREZ-Roberto, CASTREJON-SANCHEZ, V. Hugo. Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados .Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales 2017, 3-10: 27-31.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La generación de residuos sólidos es inevitable debido al aumento de la población con patrones de consumo cada vez más demandantes y la rápida industrialización. Generándose problemas asociados a su no adecuada disposición final, afectando la salud humana y los ecosistemas naturales. En México la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, representa grandes retos debido a que operan con recursos limitados, tanto financieros como de infraestructura (Castañeda Delgado, Pérez Escatel, 2015) (Chacon Olivares, Pacheco Rivera, Cendejas López, & Ortega Herrera, 2016; Castañeda Delgado, 2015)

La producción de residuos sólidos es inevitable, por ejemplo, en el 2015 se generaron alrededor de 64.26 ton/día (<http://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS>, 2016), solo de envases multicapas. Por eso, es necesario implementar medidas para disminuir la contaminación, para ello se buscan soluciones como el reciclaje. Además estos envases tardan en degradarse aproximadamente 30 años, los envases multicapa están formados por: carton en un 75% el cual proporciona rigidez, polietileno en una proporción del 20% que da estanquidad y aluminio con un 5%, que evita que la luz y el oxígeno penetren al envase (Korkmaz, Yanik, & Brebu, 2009; Turrado, Dávalos, Fuentes, & Saucedo, 2012; Gomez Aguilar, Vazquez Grajales, & Jimenez P., 2014; [www.cogersa.es/metaspaces/file/52242.pdf](http://www.cogersa.es/metaspaces/file/52242.pdf)).

De acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2006) en su artículo 5, fracción XXVI se define Reciclado como la “transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos”.

Por lo tanto, se puede definir reciclaje como un proceso en el cual los residuos son transformados nuevamente en materia prima para ser incorporados en el ciclo de vida del producto original o ser utilizado para formar un producto diferente.

El retiro de materiales reutilizables o reciclables del flujo de la basura disminuye el volumen y la cantidad de los desperdicios que son enviados a disposición final, lo cual resulta un beneficio para el medio ambiente (Soto, 2013).

El reciclaje en envases multicapa se puede clasificar en dos tipos: separación de sus componentes (celulosa, polietileno y aluminio), la celulosa recuperada se usa en el proceso de obtención papel (Bowman, 2007) y para la fabricación de aglomerados con características similares o mejores que la madera y en la construcción de casas (Murathan, Murathan, Gürü, & Balbasi, 2007; Rosales Dávalos, Enríquez Pérez, Garduño Aparicio, & Maldonado, 2015)

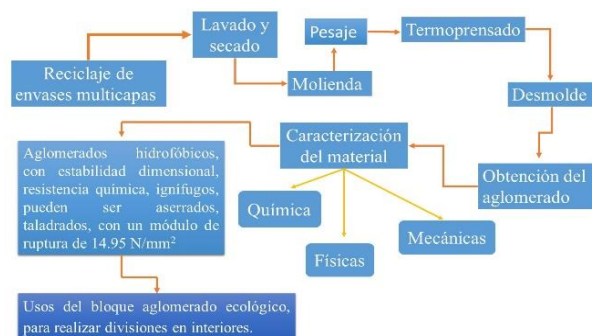
Por ejemplo, en Alemania se han creado aglomerados a partir del tetra brik, este panel es conocido como tectan; en China se creó un material similar conocido como chiptec (Chung 2003). Domínguez y autores (2010), crearon un panel de tetra pak con buenas características mecánicas, aunque les falta hacer otras pruebas para saber si se puede usar en la industria de la construcción.

Rosales y colaboradores (2015) reportan el rediseño de un molino para la trituración de tetra pak, a través de una tarjeta de adquisición de datos, en el molde se logra controlar la transferencia de temperatura uniformemente y es proporcional a la corriente que se suministra a la resistencia del molde. En forma paralela se monitorea la temperatura y se le aplica una presión uniforme, lo que permitirá un mejor resultado en la formación de bloques.

Este arreglo, permite registrar el comportamiento de las dos variables físicas (temperatura y presión) con respecto al tiempo. En este trabajo se busca fabricar bloques de recipientes posconsumo de envases multicapas, analizar sus propiedades como aislante acústico y térmico, para su posible uso en la construcción de interiores. Todo esto, con la finalidad de contribuir al medio ambiente mejorando el entorno.

## Metodología

En la Figura 1, se muestran los pasos a seguir para la obtención del aglomerado.



**Figura 1** Proceso de fabricación de aglomerados.  
Fuente: Elaboración propia

El reciclaje, se efectúa mediante la colecta de un total de 1000 envases multicapas. Una vez recolectados los envases, se lavan para eliminar los residuos que contienen y después se secan. Una vez secos se almacena para su posterior reciclaje. Con la materia prima limpia y seca, se procede a su triturado, a través de un molino eléctromecánico, el tamaño de partícula son de 3 a 8 mm, para homogenizar el producto se pasa por diferentes mallas.

Con una balanza granataria se realizó el pesaje de la materia prima necesaria para la elaboración del bloque. Para la fabricación del aglomerado se diseñó una prensa en caliente para el termoprensado, con dimensiones de 23 x 12.5 x 5 cm, la operación de las resistencias, presión y monitoreo de la temperatura se efectúa por medio de una PC donde se manipulan las variables utilizando un sistema de control diseñando en el software labview.

El bloque se obtuvo variando el tamaño de partícula entre 3 y 8 mm, la temperatura entre 120, 140, 160, 180 y 200 °C, a diferentes presiones (de 3 a 5 toneladas). La matriz resultante se enfría a temperatura ambiente, formando un aglomerado duro y se desmolda el bloque. Una vez obtenido el bloque se hacen pruebas físico mecánicas, según la Norma NMX-C-013-1978 “Paneles de yeso para muros divisorios, plafones y protección contra incendio”, para determinar su posible uso en bloques en la industria de la construcción.

## Resultados

### Tamaño de partícula

Para la obtención de los aglomerados se varió el tamaño de la partícula entre 3 y 8 mm. Cuando el tamaño está en 8 mm, se obtiene un bloque con matriz heterogénea y frágil al tacto; al disminuir el tamaño se observa una homogeneidad en la matriz. La ideal es aproximadamente a 3 mm, donde el bloque es homogéneo y con dureza al tacto. La Figura 2, muestra la apariencia física de los bloques obtenidos.



**Figura 2** Bloques obtenidos a diferente temperatura y tamaño de partícula.

Fuente: Elaboración propia

### Temperatura, tiempo y presión en el termoprensado

A temperaturas mayores de 200 °C, el bloque tiende a quemarse a un tiempo de 10 min. A temperaturas menores a 150 °C, el bloque no se forma, debido a que la temperatura no es la necesaria para que los componentes se integren a pesar de calentarlo por un tiempo de 60 min.

El bloque que se obtiene es frágil al tacto y se pueden ver las diferentes capas que forman a este sin que exista una unión entre los componentes; mientras que a 180°C, a un tiempo de 20 min y a una presión de 5 toneladas se obtiene un bloque homogéneo que es duro al tacto

### Propiedades de los aglomerados

Los aglomerados presentan similitudes entre sí, se comportan como materiales ignífugos, es decir, cuando se retira el fuego, estos sólo se carbonizan y no continúan la combustión; son hidrofóbicos, con resistencia química ante el ataque con ácidos, lejía y ambiente marino. Cuando el aglomerado está formado por una matriz heterogénea, tienden a absorber humedad en un intervalo del 18.3% y 28.5%, por lo que no pueden ser serruchados, taladrados (no pueden alojar un taquete), como se muestra en la Figura 3 y presentan una fractura frágil.



**Figura 3** Bloque sin capacidad de alojar taquete  
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, cuando la matriz es homogénea, se tiene una variación volumétrica entre 8.0 y 10.5%. Los aglomerados pueden ser cortados sin desprendimiento de materia, pueden ser clavados y ligados, soportan taquetes y tornillos, como se aprecia en la Figura 4. Además, poseen una densidad aparente de 850 kg/m<sup>3</sup>, con un módulo de ruptura de 14.95 N/mm<sup>2</sup>, un esfuerzo de compresión de 48 MPa y se comportan como materiales dúctiles. Estos materiales tienen memoria de forma, cuando se les aplica una fuerza externa estos se deforman y después de un tiempo retornan a su forma original.



**Figura 4** Bloque alojando un taquete y tornillo  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se les dio un acabado para mejorar su apariencia, con barniz y pintura, los cuales se adhieren a la superficie (ver Figura 5). Este material, puede ser introducido como una alternativa como un aglomerado ecológico en lugares cerrados, para realizar divisiones en interiores. Actualmente, se está diseñando un nuevo sistema para el termoformado con dimensiones similares a los que existen en el mercado, con la finalidad de competir con los aglomerados comerciales.



**Figura 5.** Bloque final  
Fuente: Elaboración propia

### Agradecimiento

Agradecemos la participación de la Maestra Nidia Miriam García Alvarado por su colaboración en las pruebas mecánicas.

### Conclusiones

Se obtuvieron aglomerados con envases multicapas posconsumo, los cuales pueden ser reciclados al 100%, debido a la presencia del polietileno, considerado como agente aglutinante por lo que no es necesario otros productos químicos.

ENRÍQUEZ-PÉREZ Ma. de los Angeles, ROSALES-DAVALOS, Jaime, LÓPEZ-RAMÍREZ-Roberto, CASTREJON-SANCHEZ, V. Hugo. Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales 2017.

Con una tecnología limpia, ya que no se generan desechos. Se obtuvo un material alternativo aplicable a la construcción, debido a que reúne características que le permiten su implementación en la construcción. Durante la fabricación, se observaron las características cualitativas del material como son resistencia al impacto, mecanizado, hidrofóbicos, con comportamiento ductil.

## Referencias

(16 de diciembre de 2016). Obtenido de [Castañeda Delgado, G. A. \(2015\). La problemática del manejo de residuos sólidos en seis municipios del sur de Zacatecas. \*Region y Sociedad\*, 97-107.](http://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS.Bowman, D., Eason, T., & Renz, J. (2007). Estados Unidos Patente n° US,279,073 B2, 1-21.</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

Chacon Olivares, M., Pacheco Rivera, A., Cendejas López, M., & Ortega Herrera, F. (2016). Tendencia del crecimiento en la cultura de reciclaje. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 63-72.

Chung P., A. (2003). Tectan, Reciclado de Tetra Pack. *Notas Científicas*, 83-85.

Domínguez Lepe, J., & Guemez Pacheco, D. (2010). Fabricación y evaluación de paneles aplicables a la industria de la construcción a partir del reciclaje de envases multicapa (tetra brik). *Ingeniería*, 191-195.

Gomez Aguilar, M. V., Vazquez Grajales, R. L., & Jimenez P., J. O. (2014). Flujo Tecnológico para separar y prelarvar envases de productos agrícolas postconsumo. *Ingeniería Agrícola*, 39-44.

Korkmaz, J., Yanik, M., & Brebu, C. (2009). Pyrolysis of tetra Pak. *Waste Management*, 2836-2841.

LGPGIR. (2006). *LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS*. Mexico: Centro de Documentación, Información y Análisis.

Murathan, A., Murathan, S., Gürü, M., & Balbasi, M. (2007). Manufacturing low density boards from waste cardboards containing aluminium. *Materials and design*, 2215-2217.

Rosales Davalos, J., Enríquez Pérez, M., Garduño Aparicio, M., & Maldonado, R. (2015). Automatización de un molino para reciclar tetra pak para la fabricación de bloque para construcción de viviendas. *Academia Journals*, 5207-5211.

Soto, R. (2013). America Latina. Entre la financiarización y el financiamiento productivo. *Problemas del Desarrollo*, 57-78.

Turrado, J., Dávalos, M. F., Fuentes, F., & Saucedo, A. (2012). Envases de Cartón para líquidos como fuente de fibra secundaria. *Informacion Tecnológica*, 59-66.

[www.cogersa.es/metaspaces/file/52242.pdf](http://www.cogersa.es/metaspaces/file/52242.pdf). (s.f.). Obtenido de [www.cogersa.es/metaspaces/file/52242.pdf](http://www.cogersa.es/metaspaces/file/52242.pdf): [www.cogersa.es/metaspaces/file/52242.pdf](http://www.cogersa.es/metaspaces/file/52242.pdf)

## Modelo Híbrido Colaborativo como estrategia de motor de inferencia para la toma de decisiones en el tratamiento de enfermedades

GARCÍA-MEJÍA, José Antonio\*†, ZARAZÚA-SÁNCHEZ, José Alberto, ZAMUDIO-GARCÍA, Víctor

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Boulevard Acceso a Tolcayuca #1009 Ex Hacienda de San Javier, Hidalgo, México

Recibido Mayo 14, 2017; Aceptado Diciembre 02, 2017

### Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo denominado Modelo Híbrido Colaborativo (MHC), el cual sirve como base de motor de inferencia para la construcción de un sistema experto, este es aplicado como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el diagnóstico de enfermedades. MHC está conformado principalmente de dos módulos ( $\partial 1$ ,  $\partial 2$ ), desarrollados sobre enfoques de razonamiento complementario:  $\partial 1$  usa el enfoque de memorias asociativas y  $\partial 2$  utiliza la estadística descriptiva y simplex inverso; ambos métodos colaboran para aportar un resultado que eleva la precisión en el pre-diagnóstico de una enfermedad. El caso de estudio abordado es en el área de veterinaria, al estudio de enfermedades caninas (*diabetes mellitus e hipotiroidismo*). En este contexto se caracterizaron los tipos de enfermedades a partir de sintomatología y expedientes clínicos. La experimentación de MHC se basa, para  $\partial 1$ , en el entrenamiento de las memorias asociativas Alfa-beta con una base de datos clínicos, para  $\partial 2$  se crea el modelo matemático, que cuenta con una ecuación como función objetivo y la caracterización de restricciones posibles que resulta en obtener la precisión portental de pertenencia. Los resultados arrojan sobre un 90% de precisión en el resultado final.

**Reconocimiento de patrones, sistema experto, memorias asociativas Alfa-Beta, simplex inverso**

**Abstract**

The aim of this work is presents the Collaborative Hybrid Model (MHC) development, which serves as the basis of the inference engine for the construction of an expert system. This is applied as a tool to support decision making in the diagnosis of diseases. MHC consists mainly of two modules ( $\partial 1$ ,  $\partial 2$ ), developed on complementary reasoning approaches:  $\partial 1$  uses the associative memory approach, and  $\partial 2$  uses descriptive statistics and inverse simplex; both methods collaborate to improve the accuracy in the pre-diagnosis of a disease. The case study is located within veterinary area, the study of canine diseases (*diabetes mellitus and hypothyroidism*). Diseases were characterized based on clinical symptomatology, and clinical records. MHC experimentation is based, for  $\partial 1$ , on the training of Alpha-beta associative memories with a base clinical cases, for  $\partial 2$ , a mathematical model is created, which has an objective function equation and the characterization of constraints in order to obtain percentage of ownership accuracy. The experimental results show about 90% of accuracy.

**Pattern recognition, expert system, Alpha-Beta associative memories, inverse simplex**

**Citación:** GARCÍA-MEJÍA, José Antonio, ZARAZÚA-SÁNCHEZ, José Alberto, ZAMUDIO-GARCÍA, Víctor. Modelo Híbrido Colaborativo como estrategia de motor de inferencia para la toma de decisiones en el tratamiento de enfermedades. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. 2017, 3-10:32-47

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jag.cic.ipn@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Los sistemas de soporte a la toma de decisiones (SSD) han evolucionado de forma considerable a lo largo de las últimas décadas. Actualmente para las instituciones es de suma importancia contar con sistemas de este perfil, debido a que proporcionan un contexto de conocimiento más amplio sobre las áreas de estudio. Este tipo de sistemas han mostrado un desarrollo acelerado en su desempeño y los especialistas en el área se apoyan de esta característica para tomar decisiones con mayor precisión.

El impacto de adoptar los SSD en organizaciones ha logrado que este enfoque sea una importante área de investigación (Alavi y Leidner, 2001). Debido a su utilidad los SSD han incursionado en las áreas de gestión clínica y de salud, proporcionando a los usuarios importantes herramientas que son utilizadas para tomar decisiones clínicas sobre un paciente específico (Osheroff, 2009), (Kuperman et. al., 2007). Los beneficios que se derivan de utilizar este tipo de sistemas permite mejorar la calidad de la atención y reducir el exceso de tratamiento en los pacientes que padecen la enfermedad, así mismo este tipo de sistemas nos permiten entrenar a jóvenes médicos en razonamiento diagnóstico; por lo que en consenso por especialistas del área son de relevante importancia (McGinn et. al., 2013), (Berner et. al., 2013).

Un área derivada que nos es tan notoria pero no deja de ser importante es el área de medicina veterinaria, en la que, el enfoque es la toma de decisiones basada en evidencias; esta ha sido poco atendida, por lo que se toma como caso de estudio para el diagnóstico de enfermedades caninas. En el presente trabajo se muestra el desarrollo de un sistema experto (Russell, 2002), el cual tiene que alimentar su base de conocimientos de forma a priori para tener un dominio amplio del área, esta información son casos de estudio en el que previamente se diagnosticó la enfermedad con resultado positivo o negativo, a partir de pruebas médicas, análisis clínicos, sintomatología y experiencia de médicos.

El modelo híbrido colaborativo (MHC) representa el núcleo para el procesamiento de datos. Este modelo por una arista, toma la información de una base de conocimientos de datos históricos con el fin de encontrar similitudes en la base y la sintomatología del paciente que se está analizando, por otra, procesa la información con un modelo matemático propuesto, para complementar la precisión del diagnóstico.

La implementación del sistema experto en cuestión se basa en la arquitectura modelo- vista-controlador (mvc), que permite separar los datos y la lógica de negocio, de la interfaz de usuario. Este sistema presenta módulos de administración clínica de pacientes, consultas, reportes, y el módulo de diagnóstico de la enfermedad.

A través de este trabajo se realiza una descripción del fundamento teórico del modelo MHC, la metodología utilizada, los resultados y la experimentación obtenida, así como algunas observaciones del proceso de validación cruzada en los resultados, finalmente en la sección de conclusiones se describe las ventajas y desventajas de utilizar este modelo.

**Sistemas de Soporte a la Toma de Decisiones****Sistemas de Soporte a la Toma de Decisiones Clínicas (SSDC)**

Los sistemas de soporte a la toma de decisiones (SSDC) han aportado credibilidad a los profesionales de la salud, de acuerdo con Miller y Geissbuhler un sistema de soporte a la toma de decisiones es un algoritmo sistematizado que asiste a profesionales en la salud con uno o más pasos sobre el proceso de diagnóstico (Miller, 2007); Musen lo describe como una pieza de software que aplica el enfoque sistémico sobre una situación clínica y produce una salida de inferencias que ayudan a los profesionales a la toma de decisiones, esta pieza de software puede ser interpretada como “inteligente” para los usuarios finales (Musen, 2000).

Recientemente Greenes lo ha definido como el uso de la computadora para brindar conocimiento relevante a ser utilizado en el cuidado de la salud y el bienestar del paciente (Greenes, 2006), (Berner, 2007); el sistema desarrollado en este trabajo se define como un SSDC que cumple con el enfoque sistémico y que tiene propiedades de razonamiento lógico, precisa una fase de entrenamiento sobre conocimiento clínico histórico y que puede inferir resultados como sugerencias para el pre diagnóstico, este sistema sirve de apoyo a los profesionales de la salud para corroborar su decisión.

El área de veterinaria y zootecnia ha sido poco atendida, existen relativamente pocos sistemas reportados en el estado del arte, más aun pocos aplicados a la atención de datos en diagnóstico de enfermedades caninas.

### **Diagnóstico Asistido por Computadora (DAC)**

La incursión de las nuevas tecnologías en el ámbito médico ha sido inminente debido al desarrollo de las tecnologías de la información de los últimos años. En el área médica se han incorporado herramientas de software que ayudan a los especialistas a delicada tarea de diagnosticar enfermedades con grandes resultados. A este conjunto de sistemas computacionales se les considera como sistemas para el Diagnóstico Asistido de Computadoras.

### **Sistemas Expertos (SE)**

La capacidad de procesamiento de un gran conjunto de información histórica alimentada por especialistas en el área, para que una computadora emule el razonamiento de un experto, se considera un sistema experto (SE).

Estos sistemas son capaces de analizar múltiples posibilidades y solucionar un conjunto de problemas complejos. Este proceso debe pasar por dos etapas en el motor de inferencia: la parte de entrenamiento, seguido por la parte la clasificación de los datos requeridos.

Además el sistema experto debe tener la capacidad para seguir alimentando su base de conocimiento con nuevo conocimiento, generado por el mismo o por nuevos casos clínicos que los especialistas puedan introducir al sistema. En este artículo se presente a MHC como un núcleo de inferencia para clasificar entre las dos enfermedades en estudio.

### **Memorias Asociativas (MA)**

Las memorias asociativas son consideradas como redes neuronales sin peso, sin embargo tienen otras cualidades que las hacen perfectas para su aplicación en diversos problemas. El propósito principal de las memorias asociativas es recuperar patrones completos a partir de su aprendizaje a priori, que pueden contener ruido aditivo, sustractivo o mixto (Acevedo-Mosqueda, M. E., et al., 2007).

Las memorias asociativas tienen dos fases funcionales, la fase de aprendizaje y la fase de recuperación, en la primera fase la memoria asociativa se construye con información a priori, y los patrones de entrada y de salida son asociados.

La referencia histórica de las memorias asociativas se pueden observar desde el año 1961 con el trabajo de Karl Steinguch con su modelo de memoria asociativa Learnmatrix (Steinbuch, K., 1961), memoria heteroasociativa capaz de trabajar como clasificador de patrones binarios.

Anderson en el año 1972, presentó su modelo Linear Associator (Anderson, J.A., 1972), así como Kohonen en el mismo año de forma independiente un modelo similar (Kohonen, T., 1972).

El trabajo más relevante de la memoria asociativa fue desarrollado por Hopfield en 1982, su modelo demuestra la interacción de elementos simples de procesamiento, similares al funcionamiento de las neuronas, demostrando propiedades computacionales colectivas, así como la estabilidad de las memorias (Hopfield, J.J., 1982).

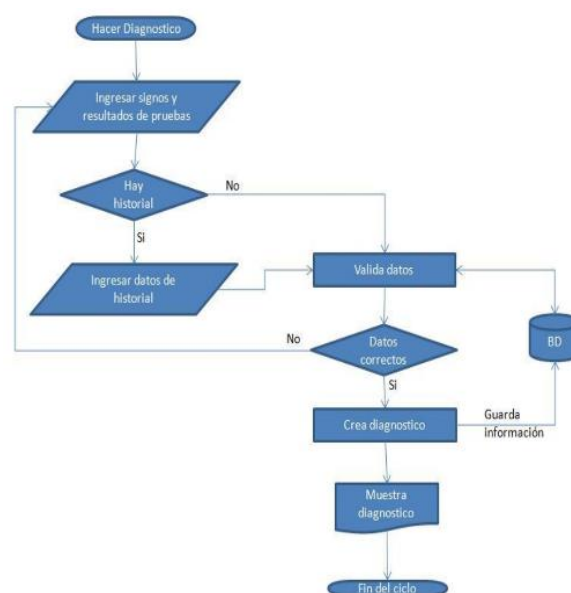
Este modelo sin embargo tiene inconvenientes en la limitada capacidad de recuperación.

El modelo de memoria asociativa usado en este trabajo es llamado memoria asociativa Alfa-Beta (C. Yáñez, 2002), cuya ventaja es la recuperación completa del conjunto fundamental de información, un método de clasificación rápido y eficiente, así como la tolerancia intrínseca al ruido.

### Modelo Híbrido Colaborativo (MHC)

El modelo MHC está conformado de dos módulos ( $\partial 1$ ,  $\partial 2$ ), contruidos sobre dos enfoques de razonamiento diferentes:  $\partial 1$  está basado en el aprendizaje automático de las memorias asociativas;  $\partial 2$  utiliza la estadística descriptiva y el simplex inverso; ambos métodos aportan resultados en paralelo para obtener mayor precisión.

Para realizar el diagnóstico, el especialista debe ingresar al sistema los signos del paciente y los resultados de las pruebas rápidas, se verifica si existe un historial clínico del paciente, de lo contrario es necesario crearlo, los datos se validan para verificar su veracidad y son almacenados en la base de datos, seguido de esto se inicia el proceso de diagnóstico en el que los datos ingresados por el especialista son procesados por ( $\partial 1$ ,  $\partial 2$ ) de forma paralela; al final se presentan los resultados de ambos módulos para complementar el resultado, este proceso se muestra de forma gráfica en la Figura 1.



**Figura 1** Funcionalidad del proceso del sistema de prediagnóstico

### Modulo ( $\partial 1$ ) Memoria Asociativa Alfa-Beta

El propósito de la memoria asociativa es la correcta recuperación de patrones de salida relacionados con los patrones de entrada, que pueden ser alterados con ruido aditivo, sustractivo o mezclado. Los conceptos se presentan en (Acevedo-Mosqueda, M. E., et al., 2007).

Una memoria asociativa  $M$  es un sistema que relaciona patrones de entrada y salida de la siguiente forma:  $x \rightarrow M \rightarrow y$  con  $x$  e  $y$ , respectivamente, como los vectores-patrones de entrada y salida. Cada vector entrada esta relacionado con su correspondiente vector salida.

Para cada  $k$  entero positivo, la asociación será denotada como:  $(x^k, y^k)$ . La memoria asociativa  $M$  es representada por una matriz de la cual su  $ij$ -ésima componente es  $m_{ij}$  (Kohonen, T., 1972). La memoria  $M$  es generada *anticipadamente* de un conjunto finito de asociaciones conocidas, llamado conjunto fundamental de asociaciones. Si  $\mu$  es un índice, el conjunto fundamental es representado como:  $\{(x^\mu, y^\mu) \mid \mu = 1, 2, \dots, p\}$

Donde  $n$  y  $m$  son la dimensión de los patrones de entrada y salida, respectivamente, decimos que  $\exists \mu \in \{1,2,\dots,p\}$  para cada  $x^\mu \neq y^\mu$ . Si consideramos el conjunto fundamental de patrones  $\{(x^\mu, y^\mu) \mid \mu = 1,2,\dots,p\}$  donde  $n$  y  $m$  son la dimensión de los patrones de entrada y salida, respectivamente, decimos que  $x^\mu \in A^n$ ,  $A = \{0,1\}$  y  $y^\mu \in A^m$ . Entonces la  $j$ -ésima componente del patrón de entrada es  $x_j^\mu \in A$ , de la misma forma, la  $j$ -ésima componente del patrón de salida es representada como  $y_j^\mu \in A$ . Una versión distorsionada de un patrón  $x^k$  para ser recuperado será denotado como  $\tilde{x}^k$ . Si se presenta un patrón de entrada desconocido  $x^\omega$  con  $\omega \in \{1,2,\dots, k,\dots, p\}$  a una memoria asociativa  $M$ , de tal forma que la salida corresponde exactamente con el patrón asociado  $y^\omega$  se dice que la recuperación es perfecta.

La memoria asociativa Alfa-Beta matemáticamente esta basada en dos operadores binarios:  $\alpha$  y  $\beta$  (C. Yáñez, 2002). El operador Alfa es usado en la fase de aprendizaje mientras que el operador Beta es usado en la fase de recuperación.

Las propiedades matemáticas de estos operadores, permiten a las memorias asociativas  $\alpha$   $\beta$  poseer características similares a la versión binaria de las memorias asociativas morfológicas, en el sentido de: la capacidad de aprendizaje, la memoria es robusta para soportar cierto tipo y cantidad de ruido y posee las características necesarias para una recuperación perfecta (Acevedo-Mosqueda, M. E., et al., 2006).

Primero, definimos un conjunto  $A = \{0,1\}$  y un conjunto  $B = \{00,01,10\}$ , entonces los operadores  $\alpha$  y  $\beta$  pueden ser definidos en la Tabla 1.

$\alpha: A \times A \rightarrow B$

X	y	$\alpha(x,y)$
0	0	1
0	1	0
1	0	2
1	1	1

$\beta: B \times A \rightarrow A$		
x	y	$\beta(x,y)$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1
2	0	1
2	1	1

**Tabla 1** Operadores Alfa  $\alpha$ , y Beta  $\beta$ .

Estos dos operadores binarios junto con el operador máximo ( $\vee$ ) y mínimo ( $\wedge$ ) establecen las herramientas matemáticas que le conciernen al modelo Alfa-Beta. Las definiciones de  $\alpha$  y  $\beta$  presentadas en la Tabla 1, implican que:  $\alpha$  incrementa a la izquierda y decreta a la derecha,  $\beta$  incrementa a la izquierda y a la derecha,  $\beta$  es el inverso izquierdo de  $\alpha$ . De acuerdo al tipo de operador que es usado en la fase de aprendizaje, dos tipos de memorias asociativas Alfa-Beta pueden ser obtenidas. Si el operador máximo ( $\vee$ ) es usado, se obtiene una Memoria Asociativa Alfa-Beta de tipo *MAX*, llamémosla  $M$ ; de manera análoga, si el operador mínimo ( $\wedge$ ) es usado, se obtiene la Memoria Asociativa Alfa-Beta tipo *min*, será llamada  $W$  (Acevedo-Mosqueda, M. E., et al., 2007). En cualquier caso, los patrones fundamentales de entrada y salida son representados en (1):

$$x^\mu = \begin{pmatrix} x_1^\mu \\ x_2^\mu \\ \vdots \\ x_n^\mu \end{pmatrix} \in A^n \quad y^\mu = \begin{pmatrix} y_1^\mu \\ y_2^\mu \\ \vdots \\ y_m^\mu \end{pmatrix} \in A^m \quad (1)$$

Para entender como se lleva a cabo las fases de aprendizaje y recuperación, serán definidas algunas operaciones matriciales, ver Tabla 2.

$\alpha$ máx Operación: $p_{m \times n} \nabla_{\alpha} Q_{r \times n} = [f_{ij}^{\alpha}]_{m \times n}$ , donde $f_{ij}^{\alpha} = \bigvee_{k=1}^r \alpha(p_{ik}, q_{kj})$
$\beta$ máx Operación: $p_{m \times n} \nabla_{\beta} Q_{r \times n} = [f_{ij}^{\beta}]_{m \times n}$ , donde $f_{ij}^{\beta} = \bigvee_{k=1}^r \beta(p_{ik}, q_{kj})$
$\alpha$ mín Operación: $p_{m \times n} \Delta_{\alpha} Q_{r \times n} = [f_{ij}^{\alpha}]_{m \times n}$ , donde $f_{ij}^{\alpha} = \bigwedge_{k=1}^r \alpha(p_{ik}, q_{kj})$
$\beta$ mín Operación: $p_{m \times n} \Delta_{\beta} Q_{r \times n} = [f_{ij}^{\beta}]_{m \times n}$ , donde $f_{ij}^{\beta} = \bigwedge_{k=1}^r \beta(p_{ik}, q_{kj})$

**Tabla 2.** Operaciones matriciales Alfa-beta

Siempre que un vector columna de dimensión  $m$  es operado con un vector fila de dimensión  $n$ , ambas operaciones  $\nabla_{\alpha}$  y  $\Delta_{\alpha}$ , son representadas por  $\oplus$ ; consecuentemente, la siguiente expresión es válida (2):

$$y \nabla_{\alpha} x^t = y \oplus x^t = y \Delta_{\alpha} x^t \quad (2)$$

Si se considera el conjunto fundamental de patrones  $\{(x^{\mu}, y^{\mu}) \mid \mu = 1, 2, \dots, p\}$  entonces la  $ij$ -ésima entrada de la matriz  $y^{\mu} \oplus (x^{\mu})^t$  es expresada como en (3):

$$[y^{\mu} \oplus (x^{\mu})^t]_{ij} = \alpha(y_i^{\mu}, x_j^{\mu}) \quad (3)$$

### Fase de aprendizaje

Encontrar los operadores adecuados y una manera de generar la matriz  $M$ , esta guardará las  $p$  asociaciones del conjunto fundamental  $\{(x^1, y^1), (x^2, y^2), \dots, (x^p, y^p)\}$ , donde  $x^{\mu} \in A^n$  y  $y^{\mu} \in A^m \forall \mu \in \{1, 2, \dots, p\}$ .

**Paso 1.** Para cada asociación de patrones fundamentales  $\{(x^{\mu}, y^{\mu}) \mid \mu = 1, 2, \dots, p\}$ , generar  $p$  matrices de acuerdo a la siguiente regla (4):

$$[y^{\mu} \oplus (x^{\mu})^t]_{m \times n} \quad (4)$$

**Paso 2.** Para obtener la Memoria Alfa-Beta tipo *MAX*, aplicar el operador tipo *MAX*( $\vee$ ) de acuerdo a la siguiente regla (5):

$$M = \bigvee_{\mu=1}^p [y^{\mu} \oplus (x^{\mu})^t] \quad (5)$$

**Paso 3.** Para obtener una Memoria Alfa-Beta tipo *min* aplicar el operador binario *min* ( $\wedge$ ) de acuerdo a la siguiente regla (6):

$$W = \bigwedge_{\mu=1}^p [y^{\mu} \oplus (x^{\mu})^t] \quad (6)$$

En consecuencia, la  $ij$ -ésima entrada de la Memoria Alfa-Beta de tipo *MAX* está dada por la siguiente expresión (7):

$$v_{ij} = \bigvee_{\mu=1}^p \alpha(y_i^{\mu}, x_j^{\mu}) \quad (7)$$

Análogamente, la  $ij$ -ésima entrada de la Memoria Alfa-Beta de tipo *min* está dada por la siguiente expresión (8):

$$\psi_{ij} = \bigwedge_{\mu=1}^p \alpha(y_i^{\mu}, x_j^{\mu}) \quad (8)$$

### Fase de recuperación

La fase de recuperación encuentra los operadores adecuados y las condiciones suficientes para obtener un patrón fundamental de salida  $y^{\omega}$  cuando una memoria  $M$  o una memoria  $W$  es operada con un patrón fundamental de entrada  $x^{\omega}$ .

Un patrón  $x^{\omega}$ , con  $\omega \in \{1, 2, \dots, p\}$ , es presentado a la Memoria Asociativa Alfa-Beta, entonces,  $x^{\omega}$  es recuperado de acuerdo a una de las siguientes reglas.

Memoria Asociativa Alfa-Beta de tipo *MAX*:

$$M \Delta_{\beta} x^{\omega} = \bigwedge_{j=1}^n \beta(v_{ij}, x_j^{\omega}) = \bigwedge_{j=1}^n \{[\bigvee_{\mu=1}^p \alpha(y_i^{\mu}, x_j^{\mu})] , x_j^{\omega}\}$$

Memoria Asociativa Alfa-Beta de tipo *min*:

$$W \nabla_{\beta} x^{\omega} = \bigvee_{j=1}^n \beta(\psi_{ij}, x_j^{\omega}) = \bigvee_{j=1}^n \{[\bigwedge_{\mu=1}^p \alpha(y_i^{\mu}, x_j^{\mu})] , x_j^{\omega}\}$$

Sin importar el tipo de Memoria Asociativa Alfa-Beta usado en la fase de recuperación, se obtiene un vector columna de dimensión  $n$ .

### Modulo ( $\delta 2$ ) Modelo Matemático

El modelo matemático, está definido en MHC como  $\delta 2$ , este modelo cuenta con una serie de ecuaciones. Estas ecuaciones son el resultado de utilizar la estadística descriptiva y el método de simplex inverso.

La estadística descriptiva se refiere a la recolección, descripción, análisis e interpretación de una colección de datos. Se utilizó en este trabajo para obtener del conjunto de datos, conclusiones sobre las muestras, después de analizar la información de los expedientes clínicos, estas se dividieron en tres rangos: razas chicas, razas medianas y razas grandes.

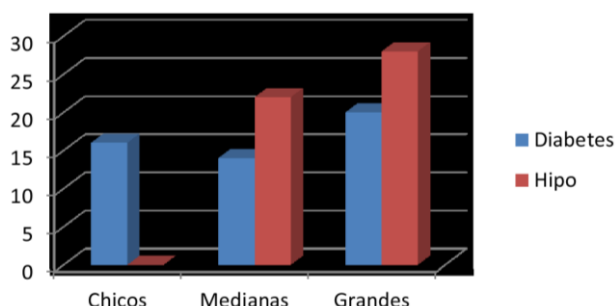


Grafico 1 Muestra de datos de caninos enfermos

Se puede observar en la Grafico 1 , que los datos del conjunto muestran la raza con mayor incidencia en ambas enfermedades, la “raza grande”, por lo tanto es un factor de gran importancia que se considera en el diagnóstico médico.

En  $\partial 2$  se define una ecuación como función objetivo y adicionalmente la caracterización de las restricciones posibles, el resultado es obtener la precisión porcentual de pertenencia de la clase.

La función objetivo: es la ecuación en la forma ideal que caracteriza todos los factores para determinar cada una de las enfermedades. Se define  $f(dm)$  para *diabetes mellitus*, y  $f(ht)$  para *hipotiroidismo*, la forma general de la ecuación se muestra en (9).

$$F(enfermedad) = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

donde  $C_i$  es una constante.

(9)

Las **restricciones**: son las ecuaciones formuladas con base en la experiencia de los médicos veterinarios y las probabilidades que existen de que aparezca la enfermedad. La forma general de la ecuación de restricción se puede observar en (10).

$$Y_1X_1 + Y_2X_2 + Y_3X_3 + \dots + Y_nX_n \geq \text{Porcentaje} \quad (10)$$

Dado el espacio muestral, se tiene la necesidad de conocer la probabilidad de encontrar un solo elemento. La ecuación para calcular dicha probabilidad (Martin et. al., 1998), se observa en (11).

$$P(X_i) = \frac{\#(X_i)}{\sum_{i=0}^{\infty} \#(X_i)} \quad (11)$$

Donde:

$\#(X_i)$  Es el número de ocurrencias del evento.

$\sum_{i=0}^{\infty} \#(X_i)$  Es el total de las muestras.

Esta fórmula es aplicable para conocer los denominados pesos de las funciones de  $f(dm)$  e  $f(ht)$ . Con base a histogramas de cada tamaño de raza, se obtuvieron los valores medios de cada variable (signos) que presenta cada muestra y posteriormente se obtuvieron los pesos principales. Los datos representativos de los datos de los signos de cada una de las enfermedades se pueden observar en los grafico 2 y 3.

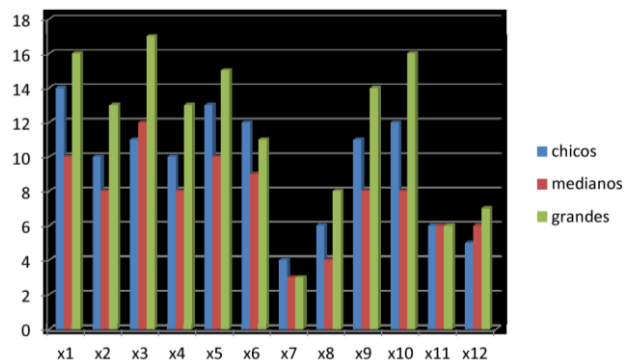


Grafico 2 Histograma de muestras de *diabetes mellitus*.

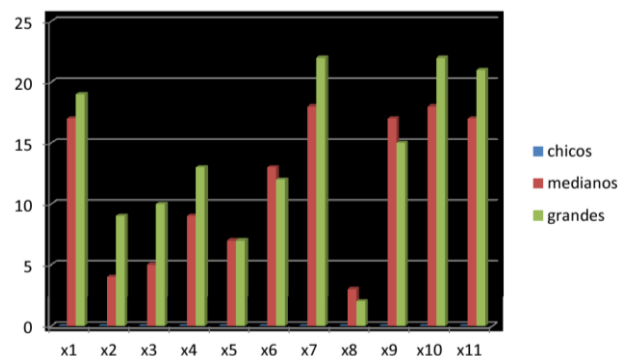


Grafico 3 Histograma de muestras de *Hipotiroidismo*

Adicionalmente los valores obtenidos de las probabilidades y los valores medios de cada variable de las enfermedades de *diabetes mellitus* e *hipotiroidismo* se muestran en la Tabla 3, y la Tabla 4. Estos representan a los valores de las constantes de la Función Objetivo.

Rasgo	Chicos	Medianos	Grandes	Media
X1	12.28	10.99	11.51	<b>11.59</b>
X2	8.77	8.79	9.35	<b>8.97</b>
X3	9.65	13.19	12.23	<b>11.69</b>
X4	8.77	8.79	9.35	<b>8.79</b>
X5	11.4	10.99	10.79	<b>11.06</b>
X6	10.53	9.89	7.91	<b>9.44</b>
X7	3.51	3.3	2.16	<b>2.99</b>
X8	5.26	4.4	5.76	<b>5.14</b>
X9	9.65	8.79	10.07	<b>9.5</b>
X10	10.53	8.79	11.51	<b>10.28</b>
X11	5.26	5.49	4.32	<b>5.02</b>
X12	4.39	6.59	5.04	<b>5.35</b>

**Tabla 3** Probabilidades y valor medio de cada variable para *diabetes mellitus*

Rasgo	Medianos	Grandes	Media
X1	7.89	10.4	<b>9.14</b>
X2	12.5	13.6	<b>13.05</b>
X3	14.47	14.4	<b>14.44</b>
X4	5.92	0.8	<b>3.36</b>
X5	6.58	4.0	<b>5.29</b>
X6	1.32	2.4	<b>1.86</b>
X7	9.87	13.6	<b>11.74</b>
X8	14.47	14.40	<b>14.43</b>
X9	4.61	5.6	<b>5.11</b>
X10	8.55	7.20	<b>7.87</b>
X11	13.82	13.60	<b>13.71</b>

**Tabla 4** Probabilidades y valor medio de cada variable para *hipotiroidismo*

Los rasgos representativos de cada variable del conjunto de las  $X_i$ , representan las constantes en la *Función Objetivo (FO)* principal. Para el caso de diabetes mellitus, la forma general de *FO* se presenta en (12).

$$F(dm) = 11.59X_1 + 8.97X_2 + 11.69X_3 + 8.79X_4 + 11.06X_5 + 9.44X_6 + 2.99X_7 + 5.14X_8 + 9.50X_9 + 10.28X_{10} + 5.02X_{11} + 5.35X_{12} \quad (12)$$

Donde:

$X_1$ = Condición corporal,  
 $X_7$ = Polifagia  
 $X_2$ = Densidad Urinaria  
 $X_8$ = Perdida de peso repentina  
 $X_3$ = Hiperglucemia,  
 $X_9$ = Problemas Óticos  
 $X_4$ = Glucosuria,  
 $X_{10}$ = Problemas Óticos  
 $X_5$ = Poliuria,  
 $X_{11}$ = Proteinuria  
 $X_6$ = Polidipsia,  
 $X_{12}$ = Obesidad

EL siguiente paso es determinar el sistema de ecuaciones de las restricciones, esto es determinar los pesos de las condiciones que los médicos expertos nos proporcionan con base a *FO*. Tenemos la ecuación general de las restricciones como en (10), de esta manera la ecuación para la obtención de los pesos se presenta en (13).

$$Y_i = C_i \left( \frac{\text{Porcentaje}}{\sum_{i=1}^{12} C_i(X_i)} \right) \quad (13)$$

Donde:

Peso a calcular es =  $Y_i$ , Valor de la constante en la *FO* =  $C_i$ , La suma de las constantes de la *FO* que están contenidas en las restricciones:  $\sum_{i=1}^{12} C_i(X_i)$ .

Para finalizar, las ecuaciones de las restricciones resultantes se presentan en (14). Este sistema de ecuaciones se resuelve utilizando el método Simplex, método clásico para la resolución en programación lineal en sistemas que intervienen más de tres variables. El álgebra matricial y el proceso de eliminación por medio Gauss-Jordán para resolver el sistema de ecuaciones lineales.

$$\begin{aligned}
&13.3X_1 + 10.29X_2 + 13.42X_3 + 10.29X_4 + 10.9X_9 + \\
&11.08X_{10} \geq 70 \\
&14.51X_1 + 14.64X_3 + 13.85X_5 + 11.82X_6 + 11.9X_9 + \\
&6.28X_{11} \geq 73 \\
&14X_1 + 14.13X_3 + 13.36X_5 + 11.41X_6 + 3.61X_7 + \\
&12.42X_{10} + 6.07X_{11} \geq 75 \\
&16.76X_1 + 16.9X_3 + 15.99X_5 + 13.65X_6 + 7.44X_8 + \\
&7.26X_{11} \geq 78 \\
&12.58X_1 + 12.69X_3 + 12X_5 + 10.24X_6 + 5.58X_8 + \\
&10.31X_9 + 11.16X_{10} + 5.44X_{11} \geq 80 \\
&14.34X_1 + 11.1X_2 + 14.47X_3 + 11.1X_4 + 13.69X_5 + \\
&11.68X_6 + 6.62X_{12} \geq 83 \\
&12.48X_1 + 19.66X_2 + 12.59X_3 + 9.66X_4 + 11.91X_5 + \\
&10.17X_6 + 5.54X_8 + 10.23X_9 + 5.76X_{12} \geq 88 \\
&13.17X_1 + 10.19X_2 + 13.28X_3 + 10.19X_4 + 12.57X_5 + \\
&5.84X_8 + 11.68X_{10} + 6.08X_{12} \geq 83 \\
&13.36X_1 + 13.48X_3 + 12.75X_5 + 10.88X_6 + 5.93X_8 + \\
&10.95X_9 + 11.86X_{10} + 5.79X_{11} \geq 85 \\
&11.13X_2 + 14.5X_3 + 11.13X_4 + 13.72X_5 + 11.77X_9 + \\
&12.75X_{10} \geq 75 \\
&14.31X_2 + 18.67X_3 + 14.31X_4 + 17.65X_5 + \\
&+ 15.06X_6 \geq 80 \\
&16.9X_1 + 13.08X_2 + 17.05X_3 + 13.08X_4 + 16.13X_5 + \\
&13.76X_6 \geq 90 \\
&11.91X_1 + 9.22X_2 + 12.01X_3 + 9.22X_4 + 13.37X_5 + \\
&9.7X_8 + 3.07X_{10} + 5.28X_{12} + 10.56X_1 + 5.16X_2 + \\
&+ 5.5X_3 \geq 93
\end{aligned}$$

(14)

Después de la resolución del sistema de ecuaciones propuesto en (14), se observó que las variables que tienen más peso para el diagnóstico de la enfermedad de diabetes mellitus son:  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_4$ ,  $X_6$ . Para el caso de *Hipotiroidismo*, la forma general de  $FO$  se presenta en (15).

$$\begin{aligned}
F(ht) = &9.14X_1 + 13.05X_2 + 14.44X_3 + \\
&3.36X_4 + 5.29X_5 + 1.86X_6 + 11.74X_7 + 14.43X_8 + \\
&5.11X_9 + 7.87X_{10} + 13.71X_{11}
\end{aligned}$$

(15)

Donde:

$X_1$ = Letargo,  
 $X_2$ = Obesidad,  
 $X_8$ = Problemas en la piel  
 $X_3$ = Alopecia,  
 $X_9$ = Problemas óticos

$X_4$ = Poliuria

$X_{10}$ = Problemas Ópticos

$X_5$ = Polidipsia,

$X_{11}$ = T4 Libre

$X_6$ = Pelo hirsuto

### Base de Conocimiento

La base de conocimientos se construyó a partir de datos de expedientes o registros de caninos, los cuales ya están diagnosticados con alguna enfermedad en particular. El hospital de medicina veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México utiliza un sistema proporcionado por la empresa Banfield, el cual contiene registros de toda la población canina que se atiende en el hospital, este sistema es consultado por los médicos veterinarios.

El sistema Banfield contiene más de diez mil registros divididos por enfermedades. Para la búsqueda de expedientes con alguna enfermedad en particular es necesario contar con el número que identifica al paciente, de no tenerlo, se envía una petición a la empresa Banfield, quien se encarga de consultar su base de datos para regresar la respuesta con una lista de números y nombres de los pacientes que tienen dicha enfermedad. Este proceso de solicitud y consulta de información causa un costo adicional, y una inversión de tiempo excesiva, desventajas que se pretenden cubrir con sistemas como el de este trabajo.

Para alimentar a la base de conocimientos se hace uso de 100 expedientes. El sistema analiza dos enfermedades pertenecientes al área médica de *Endocrinología*: *diabetes mellitus*, *hipotiroidismo*. Se analizó la información de acuerdo al contenido de los expedientes y la mayoría de los casos presentan los siguientes datos para determinar un diagnóstico preliminar:

Resultados de pruebas rápidas. Son los valores de cada una de las pruebas que le hacen al paciente en el momento de la consulta.

Síntomas que presenta el canino. Son los signos visibles y el resumen de los resultados de las pruebas rápidas.

Diagnostico presuntivo. Muestra el listado de las enfermedades relacionadas que posiblemente puede tener el paciente.

Lista de exámenes médicos. Selección de los exámenes a realizar para los distintos diagnósticos.

Se presentan dos ejemplos de expedientes que fueron analizados y diagnosticados de forma positiva con *diabetes mellitus*, así como casos diagnosticados con *hipotiroidismo*. Estos datos se observan en la Tabla 5, y la Tabla 6. Los datos que recopila el especialista en salud de un paciente, debe relacionarse con alguna de estas enfermedades.

Paciente	Pruebas Rápidas	Lista de	Lista
		Síntomas	Maestra
1	Glusemia 400-800	3. Poliuria	Diabetes
	Multiostix	4. Polidipsia	Mellitus
	Glucosuria	7. Pérdida de peso	(1,2,3,4)
	Sin cuerpos cetonicos DU 1.045	9. Depresión	
2	Hto 44	1.Hiperglucemia	Diabetes
	Proteínas 82	2.Glucosuria	Mellitus
	Glucosa 500	3.Poliuria	(1,2,3,4,5)
	Multiostix 2000	9.Depresion	Lípidos
	Bilirrubina ++	Hipoglucemia	Hepáticas
	Cetosnas - -	Hiporexia	(7)
	Sangre + +	Enzimas hepáticas elevadas	Inadecuado
	DU 1.045	Convulsiones	Insulina (8)

**Tabla 5** Ejemplos del análisis de la enfermedad de *diabetes mellitus*.

Paciente	Pruebas Rápidas	Lista de	Lista Maestra
		Síntomas	
1	DU:1.026, CC:4/5	Diarrea con moco 1. Alopecia simétrica	Hipotiroidismo
	Edad : 5 años	2. Aumento de peso	
	Peso: 12.70kg	17.Secreción ceruminosa por oídos	Hiperadrenocortisismo

	Raza: Cocker	13. Seborrea seca 16. Pelo hirsuto	
2	Glucemia 110 Hto: 45 L/L	Inflamación de glándulas perianales	Abdomen Penduloso
	PT: 59 g/L	Adenoma de la glándula perianal	
	Edad: 11 años	2.Obeso	Hipotiroidismo
	Raza: Schnuzer	14.Abdomen penduloso	
	Peso: 7 kg	1.Alopecia generalizada	
	CC: 5/5	4. Prurito	

**Tabla 6** Ejemplos del análisis de la enfermedad de *hipotiroidismo*

## Experimentación y Resultados

### Implementación de ( $\partial 1$ ) Memoria Asociativa Alfa-Beta

Se uso las memorias asociativas Alfa-Beta tipo *min*, autosociativas, estas memorias fueron combinadas con el código Johnson-Möbius (C. Yáñez, E.M.F. et al., 2006). Esto debido a que las memorias asociativas Alfa-Beta clasifican patrones de entrada con ruido aditivo o sustractivo, pero presentan desventajas con ruido combinado, por lo que se incluyo la codificación de Johnson-Möbius, en las memorias asociativas Alfa-Beta para clasificar patrones con ruido combinado.

La propiedad importante de esta codificación es porque el valor codificado en Johnson-Möbius, preserva el ruido aditivo o sustractivo pero no mixto. Para generar el código Johnson-Möbius de un número de cero a  $(n-1)$ , se requieren  $\frac{n}{2}$  bits. Si modificamos el código Johnson-Möbius para solo usar los códigos entre cero y  $\frac{n}{2}$ , donde  $\frac{n}{2}$  es el número máximo representado (denotado como  $n_{max}$ ) e invertimos el orden de los bits de la forma siguiente. El bit más significativo se convierte en el bit menos significativo, y viceversa. Por lo tanto, para representar un número que va de cero a  $n_{max}$ , se necesitan  $n_{max}$  bits.

El algoritmo para generar un número codificado en Johnson-Möbius es:

1. seleccionar el mayor de los valores dados.
2. escribir el número como una concatenación de bits con el valor 1.
3. completar con bits de valor 0 de izquierda a derecha hasta alcanzar la longitud  $n$ .

Ejemplo:

Valores del vector: 3, 5, 10, 6, 13

1. - Se selecciona el mayor de los valores dados, en este caso es 13,  $n=13$ .
- 2.- escribir el número como una concatenación de bits con el valor 1

3: 111
5: 11111
10: 1111111111
6: 111111
13: 1111111111111

**Tabla 7** Concatenacion de bits.

- 3.- Completar con bits de valor 0 de izquierda a derecha hasta alcanzar la longitud  $n$ .

3: 0000000000111
5: 0000000011111
10: 0001111111111
6: 0000000111111
13: 1111111111111

**Tabla 8.** Concatenacion de bits complementados.

Debido a características del desarrollo se diseñaron dos Memorias Asociativas Alfa-Beta tipo *min* autoasociativas, una *estricta* y otra *flexible*, estas dos memorias proporcionan un mejor rango de soluciones, las dos memorias fueron entrenadas usando el mismo conjunto fundamental. La memoria de tipo *estricta*, utiliza el conjunto fundamental completo de características en la fase de aprendizaje-recuperacion. La memoria de tipo *flexible*, utiliza un conjunto reducido de características en la fase de aprendizaje-recuperacion.

El uso de la memoria asociativa Alfa-Beta tipo *min estricta* se obtiene un excelente resultado, si el patrón objetivo, es un patrón del conjunto fundamental, sin embargo si el patrón seleccionado no pertenece al conjunto fundamental se utiliza la memoria asociativa Alfa-Beta tipo *min flexible*.

Después de codificar el patrón de entrada con el código de Johnson-Möbius se utiliza la memoria asociativa Alfa-Beta tipo *min estricta* para buscar un buen resultado, si se encuentra, se muestra la información de la variable correcta, si no, el patrón de entrada va a la Memoria Asociativa Alfa-Beta tipo *min flexible* donde se busca un mejor resultado.

**Ejemplo.** Sea  $p = 5$ ,  $n = 4$ ,  $m = 4$ . Dados los patrones fundamentales  $\{(x^\mu, y^\mu) \mid \mu = 1, 2, \dots, p\}$ , se obtiene una memoria asociativa Alfa-Beta. Las asociaciones fundamentales serán escritas como:  $\{(x^1, y^1), (x^2, y^2), \dots, (x^5, y^5)\}$ .

$$\begin{array}{l}
 x^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad x^2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad x^3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \\
 y^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad y^2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad y^3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \\
 x^4 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad x^5 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \\
 y^4 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad y^5 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

**Fase de aprendizaje.** Obtenemos las matrices correspondientes  $M_1, M_2, \dots, M_5$ , de acuerdo al paso 1, indicado en el proceso de aprendizaje.

$$y^1 \otimes (x^1)^t = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes [1 \ 1 \ 0 \ 1] = \begin{bmatrix} 1 \ 1 \ 2 \ 1 \\ 1 \ 1 \ 2 \ 1 \\ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \\ 1 \ 1 \ 2 \ 1 \end{bmatrix}$$

$$y^2 \otimes (x^2)^t = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes [1 \ 0 \ 0 \ 1] = \begin{bmatrix} 1 \ 2 \ 2 \ 1 \\ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \\ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \\ 1 \ 2 \ 2 \ 1 \end{bmatrix}$$

$$y^5 \otimes (x^5)^t = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes [1 \ 0 \ 1 \ 1] = \begin{bmatrix} 1 \ 2 \ 1 \ 1 \\ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \\ 1 \ 2 \ 1 \ 1 \\ 1 \ 2 \ 1 \ 1 \end{bmatrix}$$

De acuerdo al paso 2, se obtiene la memoria asociativa Alfa-Beta de tipo *MAX* representada por  $M$ . Análogamente de acuerdo al paso 3, se obtiene la memoria asociativa Alfa-Beta de tipo *min* representada por  $W$ .

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} ; W = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

**Fase de recuperación.** Se obtiene el correspondiente patrón de salida, realizando las operaciones  $M \Delta_{\beta x^\mu}$ ,  $\forall \mu \in \{1, 2, \dots, p\}$ , para fines prácticos, se muestra solo la fase de recuperación de las memorias Alfa-Beta tipo *MAX*.

$$M \Delta_{\beta x^1} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \Delta_{\beta} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = y^1$$

$$M \Delta_{\beta x^2} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \Delta_{\beta} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = y^2$$

$$M \Delta_{\beta x^3} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \Delta_{\beta} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = y^3$$

$$M \Delta_{\beta x^4} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \Delta_{\beta} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = y^4$$

$$M \Delta_{\beta x^5} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \Delta_{\beta} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = y^5$$

Se puede verificar que la fase de recuperación de la memoria Alfa-Beta de tipo *MAX* puede recuperar perfectamente y por completo el conjunto fundamental de patrones.

El desarrollo de la experimentación para ( $\partial 1$ ) se describe en la fase de clasificación, después de la fase de entrenamiento se presenta un nuevo caso a ( $\partial 1$ ), obtenidos en la interfaz de usuario del sistema de MHC, se genera un vector normalizado con los datos y este es procesado para obtener con base a su similitud la clasificación de alguna de las dos enfermedades que se proponen, en caso contrario también puede diagnosticar el caso clínico como sano. En la Figura 5, se observa como son estructurados los datos a clasificar.

```
29 @ATTRIBUTE class {diabetes,sano}
30 @DATA
31
32 0.6,1.040,800,2000,1,1,0,0,1,1,0,0,?
```

Vector a clasificar

Figura 5 Estructura de los datos a clasificar

Los resultados de ( $\partial 1$ ), se pueden observar en la Figura 6, el dato esperado es presentar para el nuevo caso, la sugerencia de pertenencia a la enfermedad.

```
=== Predictions on test data ===

inst#   actual   predicted error prediction ()
1       1:    1:? 1:diabetes 1
```

Figura 6. Resultados de la clasificación

### Modulo ( $\partial 2$ ) implementación del modelo matemático

El modulo ( $\partial 2$ ) presenta al modelo matemático con su *Función Objetivo (FO)*. El objetivo principal es que la información se procesa en paralelo sobre estos dos módulos.

Los resultados obtenidos al final se complementan para alcanzar una mejor precisión. La experimentación para ( $\partial 2$ ) está basado en datos reales y la experiencia de los médicos especialistas en el área. El modelo *FO* aportará como resultado el porcentaje de la enfermedad que presenta el paciente canino. Para obtener esta información primero se analizan los valores de pruebas médicas rápidas que son introducidas en la interfaz de usuario del sistema experto de MHC. Esta actividad se puede apreciar en la Figura 7.

Peso actual	CC actual	Glucosa	Glucosa en la orina
115 kgs.	25	250 mg/dl	0
Densidad Urinaria	Proteínas	T4 Libre	
1.025	0 g/L	150 pmol/L	

**Figura 7.** Datos de las pruebas médicas para el modelo matemático

El médico especialista también necesita introducir las observaciones pertinentes de acuerdo a indicaciones del médico. Estas observaciones se introducen en una interfaz gráfica, que se observa en la Figura 8.

El sistema experto de *MHC* contiene un analizador léxico que identifica las palabras clave de los síntomas de la enfermedad.

Motivo De La Consulta (Propietario)

La propietaria comenta que la perrita no ha comido bien, pero orina mucho y toma mucha agua. También comenta que esta sin animos.

Observaciones (Veterinario)

El paciente presenta cataratas. De igual forma presenta secreción seruminosa en oídos y presenta prurito.

Ingresar manualmente los signos

**Figura 8.** Datos de síntomas y analizador léxico

Después se genera una lista que relaciona las palabras clave introducidas por el médico, con la lista que identifica la enfermedad en cuestión. La lista de síntomas del tipo de enfermedad se puede apreciar en la Figura 9.

A partir de esta lista y de acuerdo a los síntomas que encontró el especialista se genera un vector de signos identificados, este vector es normalizado y estos datos son tomados en cuenta para que el modelo matemático calcule la pertenencia de la enfermedad. En la Figura 10, se puede observar los vectores generados con base en las observaciones del médico veterinario.

```

Archivo  Editar  Ver  Terminal  Ayuda

Signos Diabetes [0] 5/5
Signos Diabetes [1] 1.030
Signos Diabetes [2] hiperglucemia
Signos Diabetes [3]
Signos Diabetes [4] poliuria
Signos Diabetes [5] polidipsia
Signos Diabetes [6]
Signos Diabetes [7]
Signos Diabetes [8] Problemas Otipcos
Signos Diabetes [9] Problemas Otipcos
Signos Diabetes [10]
Signos Diabetes [11] obesidad

Signos Hipotiroidismo [0] 5/5
Signos Hipotiroidismo [1] letargia
Signos Hipotiroidismo [2]
Signos Hipotiroidismo [3] poliuria
Signos Hipotiroidismo [4] polidipsia
Signos Hipotiroidismo [5]
Signos Hipotiroidismo [6]
Signos Hipotiroidismo [7]
Signos Hipotiroidismo [8] Problemas Otipcos
Signos Hipotiroidismo [9] Problemas Otipcos
Signos Hipotiroidismo [10]

```

**Figura 9.** Vectores de síntomas encontrados y registrados

Vector para la enfermedad de la Diabetes Mellitus

[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Vector con los datos de los signos identificados

4/5	1.025	Hiper glucemia	Glucosuria	Poliuria	Polidipsia					Prob. Otipcos	Prob. Otipcos
-----	-------	----------------	------------	----------	------------	--	--	--	--	---------------	---------------

Vector normalizado

1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Figura 10.** Vectores generados y normalizados para el diagnóstico

El vector normalizado es procesado por el modelo matemático, después se calcula la *FO*. Los resultados son mostrados en una interfaz gráfica para el usuario, como se puede apreciar en la Figura 11

```

Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
-----Estoy en el modelo de Diabetes-----
Matriz normalizada [0] - 1
Matriz normalizada [1] - 1
Matriz normalizada [2] - 1
Matriz normalizada [3] - 0
Matriz normalizada [4] - 1
Matriz normalizada [5] - 1
Matriz normalizada [6] - 0
Matriz normalizada [7] - 0
Matriz normalizada [8] - 1
Matriz normalizada [9] - 1
Matriz normalizada [10] - 0
Matriz normalizada [11] - 1
Resultado FO: 77.88
Probable Diabetes Mellitus
jessika@jessika-laptop:~/Escritorios

```

Figura 11 Resultado del modelo matemático

## Validación del MHC

Para determinar la probabilidad de acierto del algoritmo de clasificación en el módulo ( $\partial 1$ ) ante nuevos casos, se utiliza el método de validación cruzada conocido como *k-fold cross validation* (Stone, 1974), en el que básicamente consiste en dividir el conjunto total de casos en  $K$  subconjuntos disjuntos. De estos  $k$  subconjuntos, uno se reserva como datos de validación para probar el motor de inferencia, y los restantes  $k-n$  se utilizan como datos de entrenamiento. El proceso se repite  $K$  veces (con cada uno de los  $k$ , usados solo una vez como datos de validación).

K-Fold	% Aciertos	% Error	# Muestras Clasificadas			
			Correctamente		Incorrectamente	
			Diabetes	Sanos	Diabetes	Sanos
2	83	17	37	46	13	4
5	89	11	42	47	8	3
10	90	10	42	48	8	2
15	93	7	45	48	5	2
25	92	8	45	47	5	3
50	92	8	45	47	5	3
99	92	8	45	47	5	3

Tabla 9 Resultados de validación cruzada para la enfermedad de diabetes

La Tabla 9, muestra el análisis y los resultados de la validación cruzada realizados en la base de conocimientos de *diabetes mellitus*. Podemos observar el comportamiento del resultado del algoritmo al cambiar el tamaño de las muestras (*folders*). Se observa que para el  $k\text{-fold} = 15$ , el porcentaje de error al momento de comparar etiquetas, resulta con el porcentaje de error más bajo en comparación con los demás.

Por lo tanto, de acuerdo con los resultados que se muestran en la Tabla 5, se indica que con una muestra de  $\text{fold}$  con  $k=15$  el algoritmo tiene un mejor desempeño en su aprendizaje.

## Resultados

La condición para la experimentación fue enseñar a las memorias asociativas con un conjunto de patrones y observar el porcentaje de recuperación de los patrones. Para verificar el funcionamiento adecuado de MHC, se tomaron acabo 75 muestras: 25 con *diabetes mellitus*, 25 con *hipotiroidismo*, y 25 casos clínicos saludables. El enfoque final que se tomo es complementar los resultados aportados por ( $\partial 1$ ), y complementarlos con los resultados del modelo matemático ( $\partial 2$ ). Los resultados obtenidos se puede observar en la gráfica de la Figura 12.

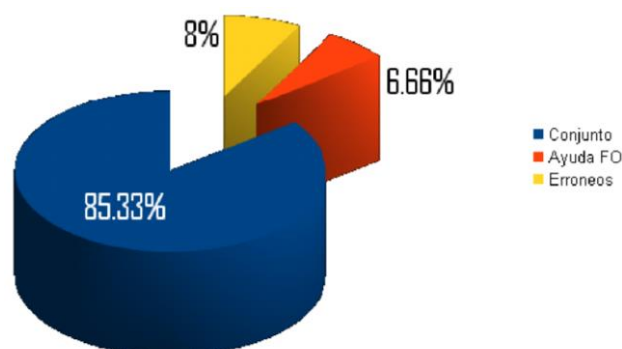


Figura 12. Resultados de ( $\partial 1$ ) con complemento de del modelo matemático ( $\partial 2$ )

La descripción de las etiquetas de la Figura 12, es: *Conjunto*, son todas las muestras clasificadas por ( $\partial 1$ ) de forma correcta con el porcentaje obtenido del modelo; *Ayuda FO*, son todas aquellas muestras donde la clasificación de ( $\partial 1$ ) fue errónea, pero que el modelo de ( $\partial 2$ ) tuvo porcentajes altos en alguna de las clases; *Erroneos*, son aquellas muestras donde ambos ( $\partial 1$ ) y ( $\partial 2$ ) tuvieron falsos negativos. Finalmente si complementamos los resultados de ( $\partial 1$ ) y ( $\partial 2$ ) obtenemos una precisión del 91.99%, al momento de clasificar.

## Conclusiones

En este trabajo se presenta una alternativa para el análisis, clasificación, y la inferencia del pre diagnóstico de enfermedades caninas. Se presenta a MHC como un modelo que complementa los resultados de  $(\partial 1)$  y  $(\partial 2)$ . Los resultados obtenidos demuestran una mayor precisión. Esta alternativa define un buen aporte para la medicina veterinaria, originada a partir de la experiencia de los médicos que se definen en el modelo matemático. Cabe mencionar que cualquier enfermedad puede ser analizada bajo este esquema; se define su *FO* y las restricciones para proveer a MHC como un sistema experto que puede crecer.

## Referencias

- Acevedo-Mosqueda, M. E., Yáñez Márquez, C., & López-Yáñez, I.: Alpha-Beta bidirectional associative memories: theory and applications. *Neural Processing Letters*, 26 (2007)
- Acevedo-Mosqueda, M. E., Yáñez-Márquez, C., & López-Yáñez, I.: A New Model of BAM: Alpha-Beta Bidirectional Associative Memories. *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, 4263, 286-295 (2006)
- Anderson, J.A.: A simple neural network generating an interactive memory. *Math Biosci* 14:197-220 (1972)
- Berner, Eta S., EdD, Maisiak, Richard S. PhD MSPH, Heudebert, Gustavo R. MD and Young, Jr., K. Randall, MD. "Clinician performance and prominence of diagnoses displayed by a clinical diagnostic decision support system", *AMIA 2003 Symposium Proceedings* – 2003.
- C. Clemenza et al., "University Research as a Path to Strengthening the University-Productive Sector Relationship: The University of Zulia Case". *Revista Multiciencias*, Vol. 4, No 2, 2004, pp. 104-112
- C. Yáñez (2002). *Memorias Asociativas basadas en Relaciones de Orden y Operadores Binarios*, Tesis Doctoral, Centro de Investigación en Computación, Ciudad de México.
- C. Yáñez, E.M.F. Riverón, I. López-Yáñez, R. Flores-Carapia: A novel approach to automatic color matching. In: *CIARP*, pp. 529-538 (2006)
- G. Martín, P. C. José Antonio, José Miguel. "Sistemas Expertos Probabilísticos", La Mancha, 1998.
- G.J. Kuperman, A. Bobb, T.H. Payne, et al. "Medication-related Clinical Decision Support in Computerized Provider Order Entry Systems: A Review". *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2007;14(1):29-40. doi:10.1197/jamia.M2170.
- Greenes, A. Robert "Clinical Decision Support: The Road Ahead", Academic Press – 2006.
- Hopfeld, J.J.: Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. In: *Proc Nat AcadSci* 79:2554-2558 (1982).
- J.A. Osheroff, editor. , ed. "Improving medication use and outcomes with clinical decision support: a step-by-step guide". Chicago, IL: HIMSS, Scottsdale Institute, AMIA, ISMP, ASHP, AMDIS, 2009.
- Kohonen, T.: Correlation Matrix Memories. *IEEE Transactions on Computers*, 21, 353-359 (1972).
- M. Alavi and D.E. Leidner "Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues". *MIS Quarterly*. 25(1): 107-136. 2001.
- M. Stone, "Cross-validatory choice and assessment of statistical prediction". *Journal of the Royal Statistical Society B*. 1974

Miller, Randolph, A. G. “Diagnostic decision support systems. Clinical Decision Support - Theory and Practice” Second Edition - Capítulo 5 – 2007

Musen, Mark A., Shahar , Yuval, Shortliffe Edward H. “Clinical decision-support systems”, Chapter 16 in Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine – 2000.

Russell, Stuart, P. N. “Artificial Intelligence: A Modern Approach” Second Edition - Capítulo 1. Prentice Hall - 2002.

S. Eta Berner. “Clinical decision support - theory and practice - second edition”, Springer, 2007.

Steinbuch, K.: Die Lernmatrix. Kybernetik 1(1):36-45 (1961)

T.G. McGinn, L. McCullagh, J. Kannry, M. Knaus, A. Sofianou, J.P. Wisnivesky, et al. “Efficacy of an evidence-based clinical decision support in primary care practices: a randomized clinical trial”. JAMA internal medicine [Internet]. 2013 Oct 23 [cited 2013 Oct 31]; 173(17):1584–91.

## Test of a Myo Armband

HUITZIL-VELASCO, Ignacio†\*, PAJARO-CRUZ, Jesús Octavio, RAMÍREZ-ALFARO, Iobana Denis

*Universidad Politécnica de Amozoc*

Recibido Mayo 05, 2017; Aceptado Noviembre 18, 2017

### Resumen

Myo es un brazalete de ocho sensores tipo electromiógrafo no invasivos que detectan la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo y que reconoce los gestos de ciertas poses de la mano. Este brazalete tiene un acelerómetro y giroscopio que permiten obtener la aceleración y orientación del brazo. Myo es un producto de los Laboratorios Thalmic que cambia la interacción con las computadoras, sus principales aplicaciones son para el control de dispositivos como computadoras, móviles, drones, entre otros por vía Bluetooth. En el presente trabajo, se muestran las pruebas de comunicación, sensado, ejecución y reconocimiento de poses de mano, en tres ambientes de desarrollo, el primero vía Web, el segundo en una placa Arduino Uno y el tercero en el motor de video juegos Unity. La principal razón de las pruebas es la construcción de aplicaciones vinculadas al desarrollo de videojuegos, manipular dispositivos como robots, drones y aplicaciones médicas como prótesis y terapias físicas.

**Myo, Electromiógrafo, Unity, Arduino, Web**

### Abstract

Myo is an armband of eight non-invasive electromyographic type sensors that detect the electrical activity of the muscles of the forearm and recognize the gestures of certain hand poses. This armband has an accelerometer and gyroscope that allow to obtain the acceleration and orientation of the arm. Myo is a product of Thalmic Laboratories that changes the interaction with the computers, its main applications are for the control of devices like computers, mobile, drones, among others via Bluetooth. In the present work, the tests of communication, sensing, execution and recognition of hand poses are shown in three development environments, the first via Web, the second on an Arduino Uno board and the third on the Unity Videogames engine. The main reason for the tests is the construction of applications related to the development of video games, manipulating devices such as robots, drones and medical applications such as prosthetics and physical therapies.

**Myo, Electromyography, Unity, Arduino, Web**

**Citación:** HUITZIL-VELASCO, Ignacio, PAJARO-CRUZ, Jesús Octavio, RAMÍREZ-ALFARO, Iobana Denis. Test of a Myo Armband. Revista de Ciencia Ambientales y Recursos Naturales 2017, 3-10: 48-56.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ignacio.huitzil@upamozoc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El reconocimiento de gestos es uno de los retos de la computación que consiste en obtener e identificar partes del cuerpo humano en movimiento a través del tiempo, su aplicación es amplia por ejemplo en la industria de los video juegos, video vigilancia, medicina, salud, entretenimiento, en la Interacción Humano Computadora IHC entre otros campos.

Actualmente para lograr la detección de gestos existen diversas tecnologías, en específico se aboradaran aquellas que implican el reconocer gestos de la mano. Se han dividido en dos las tecnologías locales y las portables.

La tecnología local más conocida es la del sensor Kinect que permiten el reconocimiento físico de las personas, movimiento, posturas y gestos de la mano. En el desarrollo de aplicaciones e investigación con *Kinect*, (Catuhe, 2012) define dos manera de realizar el reconocimiento de gestos, uno mediante la programación de una clase base que capture los *joints* de la posición a reconocer.

El otro método, un algoritmo de procesamiento automático que aprende los movimientos y gestos a detectar para posteriormente ser comparadas. Por otro lado, (Beyeler, 2015) emplea *Kinect* y *OpenCV* para capturar los frames y analizarlos de tres formas una segmentando las regiones de la mano, la segunda estudiando la forma de la mano, la tercera reconociendo gestos y contornos de la mano con clasificadores inteligentes.

Otro producto tecnológico es *Leap Motion controller* que posee un controlador con sensores ópticos y de luz infrarroja para capturar imágenes de las manos en escala de grises y crear dos imágenes estéreo, estas son procesadas por los algoritmos de visión por computadora que reconocen gestos (LEAPMOTION-INC, 2017). Esté realiza el seguimiento de manos y dedos obteniendo la posición en un sistema de coordenadas.

Se conecta vía USB a la computadora y tiene APIS de desarrollador. La tecnología portable o Warables technology se ha hecho popular en las personas debido a su portabilidad como accesorios y a su capacidad de conexión con otros dispositivos o a internet por ejemplo relojes, gafas, zapatos. La conexión de estos accesorios nos lleva al internet de la cosas en la que los dispositivos están conectados a internet para generar o sensor datos y ser tratados por sistemas autónomos (Zanoni, 2014). Enseguida se presentan tres warebles que reconocen los gestos de la mano.

## Anillo inteligente

Es un dispositivo que se conecta vía inalámbrica NFC a los dispositivos móviles inteligentes para gestionar las aplicaciones apps (Prism-Group, 2017). Detecta gestos básicos de mano como el mover dedos, acercar, abrir y cerrar mano.

## Gest

Es un guante que permite controlar computadoras, dispositivos móviles y mejora la IHC por medio de la mano (Gest, 2017). Se comunica por Bluetooth, posee una Unidad de Medición Inercial UMI que contiene sensores para detectar los gestos de los dedos así también del seguimiento de los movimientos de la mano. Gest sustituye al periférico del ratón y teclado.

## My

Es un brazalete de ocho sensores tipo electromiógrafo no invasivos que detectan la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo y que reconocer cinco gestos de la mano. Este brazalete tiene un acelerómetro, giroscopio y una UMI. Las ventajas que posee Myo son un bajo costo al público, conexión a múltiples plataformas y dispositivos vía Bluetooth, un hardware y software abierto, APIS y SDK para el desarrollo (Mannion, 2016) y (ThalmicLabs, 2013-2016).

En el presente trabajo se considera el uso del wearable Myo debido a sus ventajas de costo, movilidad, operabilidad, conexión y apertura en el desarrollo de Hardware y Software. Por tal razón se realizaron las pruebas de detección de 5 gestos de la mano en tres ambientes de desarrollo que son el Web, Arduino y Unity. La justificación de las pruebas es la construcción de aplicaciones vinculadas al desarrollo de videojuegos, manipular y controlar robots, drones, el desarrollo de aplicaciones médicas como prótesis y terapias físicas.

El artículo está estructurado de la siguiente forma. En la sección estado del arte describiremos aquellos trabajos que implican el uso de Myo, posterior el apartado Electromiografía se define el concepto y técnicas existentes, en la sección arquitectura de Myo se habla sobre el hardware y software de este dispositivo, una sección más Anatomía y reconocimiento de poses con el brazalete Myo. La sección pruebas y resultados de Myo se describe el análisis, pruebas y resultados en 3 ambientes de desarrollo. Finalmente, las conclusiones y trabajo futuro.

### Estado del Arte

En este apartado se habla sobre los trabajos relacionados con Myo en tres grupos el médico, apps y algoritmos. Se enlistan a continuación: Médico: (del Castillo & Scatton, 2016) proponen el sistema de neurorehabilitación con la realidad virtual, usa Myo y el visor Oculus Rift, su propuesta generó un juego virtual donde el paciente interactúa y se miden sus aciertos. En los trabajos de (Asilbek, Ho-Sun, & Kang-Hee, 2016) y (Chico, 2016) se diseñan aplicaciones virtuales para personas amputadas de miembro superior con fines de rehabilitación. Ambos emplean Myo.

Apps: (Yeh, 2014) propone el sistema LiteTurn que detecta los gestos de la mano (con Myo) y produce señales de luz para los estados de frenado, neutral y rodado de ciclistas y motociclistas.

Otro trabajo es el de (Ho-Sun, Asilbek, & Kang-Hee, 2015) que ofrece la arquitectura Myo-Unity para desarrollo virtual.

Algoritmos: (Peters, 2015) generó el prototipo de electromiografía EMG de un canal e implementó 3 algoritmos de aprendizaje automático para detectar gestos simples de la mano. El mejor resultado es la colocación del EMG en muñeca y la detección de 5 gestos con una precisión de 87% a 95%. (Abduo & Galster, 2015), desarrollaron un software en .Net y una base de datos ofreciendo pruebas de EMG con Myo y guantes. Su objetivo clasificar los movimientos y su precisión. Un algoritmo de reconocimiento de patrones para los dispositivos Myo y BITalino es propuesto por (Esteves, 2015). Mientras (Salazar, 2016) realiza un análisis de los dispositivos Space Navigator, Myo y Leap Motion.

### Electromiografía

La electromiografía EMG es la técnica que consiste en la adquisición, registro y análisis de la actividad eléctrica generada en nervios y músculos a través del uso de electrodos. Estos son insertados dentro de los músculos (EMG invasiva) o colocados en la superficie de la piel sobre el músculo (EMG superficial) observar Figura 1.

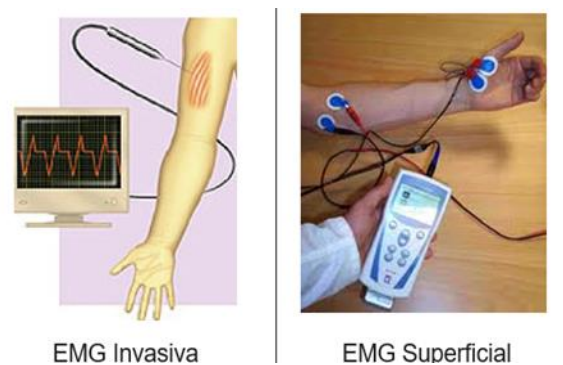
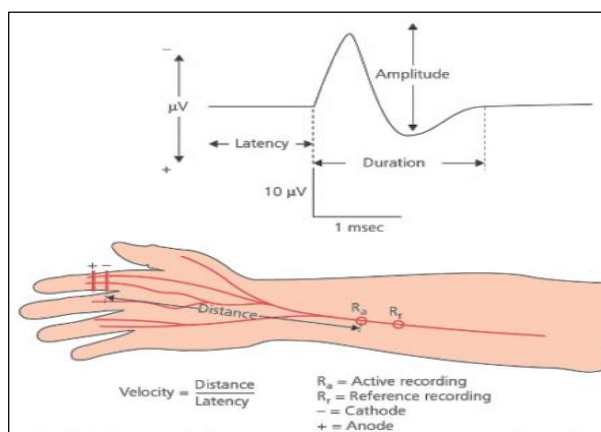


Figura 1 Tipos de EMG

Las señales provenientes de los electrodos de la zona muscular (medida en microvolts  $\mu\text{V}$ ), son integradas y graficadas en forma proporcional a los niveles de contracción y relajación del músculo, de manera que cuando el músculo está tenso la gráfica se eleva y cuando el paciente relaja el músculo, la misma descende (Kamen & Gabriel, 2010), ver Figura 2.

La EMG es usada por científicos para estudiar el sistema neuromuscular, por médicos para el diagnóstico de enfermedades neuromusculares, y por fisioterapeutas para monitorear la activación muscular de un paciente.



**Figura 2** Colocación de electrodos superficiales y grafica de contracción y relajación muscular

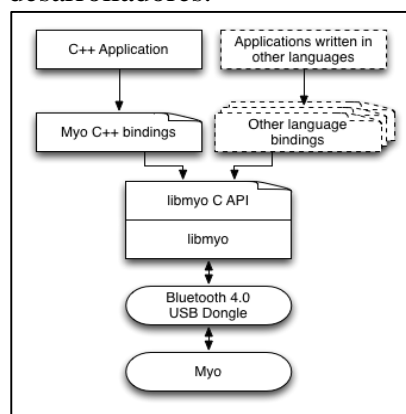
### Arquitectura de Myo

En esta sección se habla de las características de la arquitectura en hardware y software del brazalete Myo. En cuestión de hardware Myo esta constituido de lo siguiente:

- 8 sensores médicos EMG (frecuencia de muestreo de 200Hz).
- Una UMI de alta sensibilidad de 9 ejes (frecuencia de muestreo de 50Hz)
  - Un giroscopio de tres ejes
  - Un acelerómetro de tres ejes
  - Un magnetómetro de tres ejes
- Un indicador LED
- Un procesador ARM Cortex M4 de 1200MHz
- Retroalimentación háptica (vibración).
- Conexión bluetooth inteligente

- Una batería recargable de litio

Myo tiene un tamaño de 13 a 34 cm y un peso de 93 gramos. Es compatible con las plataformas de computadoras de escritorio Windows 7, 8, 10 y Mac OS X 10.8. Para dispositivos móviles en iPads con IOS 7.0 y nuevas versiones, dispositivos Android con versión 4.3 y actuales que soporten Bluetooth 4.0. El fabricante de Myo ofrece el programa Myo Connect para configurar aspectos de hardware, un software administrador de aplicaciones. Un SDK que cuenta con ejecutables, librerías, documentación, controladores y ejemplos dirigido a desarrolladores.



**Figura 3** SDK de Myo

En la Figura 3 se observa la arquitectura del SDK. El núcleo del SDK es la librería libmyo (hecha en un API de C plano) que permite a las aplicaciones escritas en diferentes lenguajes interactúen con el brazalete. C++ bindings es un intermediario de acceso entre los lenguajes y libmyo. El SDK gestiona la conexión del brazalete con MyoConnect y eventos de gestos de mano, la posición y orientación de brazo. Más información del uso del SDK en Windows y Mac revisar la documentación de (ThalmicLabs, 2013-2016).

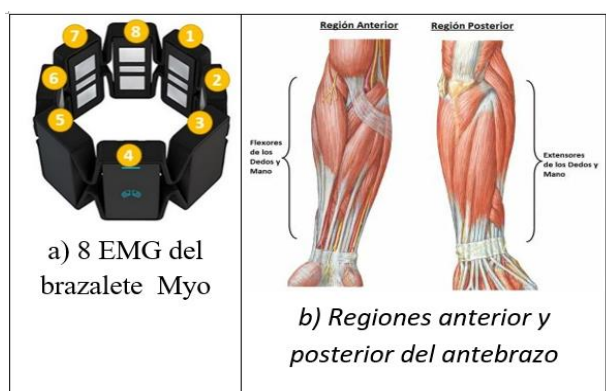
### Anatomía y reconocimiento de poses

Anatómicamente los músculos del cuerpo humano tienen dos reacciones una agonista y una antagonista, la primera se refiere a la contracción del músculo y la segunda a la relajación.

La contracción muscular es generada por las células musculares que se activan eléctricamente o neurológicamente (Kamen & Gabriel, 2010). En particular, para tratar el reconocimiento de poses de la mano por medio de la EMG se estudia al miembro o extremidad superior en especial al brazo, antebrazo y mano ya que permiten la movilidad, manipulación y sujeción.

Myo es un brazalete de 8 sensores EMG diseñado para ser colocado en el antebrazo y obtener la activación eléctrica, ver Figura 4 a). Considerando al antebrazo, éste posee dos huesos el radio y cubito, los músculos flexores localizados en la región anterior (palmar) y a los extensores en la región posterior (dorsal) ver Figura 4 b). La región del antebrazo tiene un total de 20 músculos que llegan a conectarse con la articulación del codo o la muñeca (Latarjet & Ruiz, 2012).

Para el reconocimiento inicial de gestos de mano con Myo se parte de una posición neutral que consiste en colocar el codo flexionado (acercándose a un ángulo de  $90^\circ$ ) con la palma dirigida hacia dentro. En la Figura 5, se observa a Myo colocado correctamente en el antebrazo derecho en posición neutral. Este dispositivo está habilitado para personas diestras, zurdas o proyectos que impliquen ambos antebrazos.



**Figura 4** a) Enumeración estandarizada de MYO y b) regiones de los músculos del antebrazo

Myo reconoce cinco gestos como: puño, mano a la izquierda (dentro del cuerpo), mano a la derecha (fuera del cuerpo), dedos extendidos y pulsar dos veces. En la Tabla 1 se muestra el gesto reconocido, el movimiento y los músculos que se contraen. La importancia de reconocer un gesto es útil para enviar órdenes o datos a un sistema externo por ejemplo una computadora, una Interfaz Gráfica de Usuario.




**Figura 5** Posición neutral de la mano.

## Pruebas y resultados

En esta sección se describen las pruebas realizadas con Myo en el ambiente de desarrollo Web, Arduino y Unity. Para efectuar las pruebas se considera que Myo proporciona dos tipos de salida de datos, los espaciales y gestuales.

Los datos espaciales dan información de la orientación y movimientos del antebrazo. La UMI de MYO genera 9 ejes de datos espaciales que se obtienen con el SDK. Los datos obtenidos son: Un vector de orientación, que indica como Myo esta localizado en relación a la flexión de hombro (*pitch*), aducción-abducción de hombro (*yaw*) y pronación-supinación de codo (*roll*). Un vector de aceleración del acelerómetro. Un vector de velocidad angular del giroscopio.

Los datos gestuales indican el gesto realizado en la mano debido a la activación de los músculos sentido por los EMG. El SDK provee el dato del gesto.

Gestos	Movimiento	Acción muscular
	Flexión de Mano	Flexores de Mano
	Flexión de Muñeca	Flexores de Muñeca
	Extensión de Muñeca	Extensores de Muñeca
	Extensión y abducción de dedos	Abducción de dedos
	Movimiento de oposición de pulgar	Músculos del pulgar

**Tabla 1** Gestos reconocidos por Myo

El objetivo de las pruebas es validar la activación de 5 gestos y obtener de datos espaciales en los diferentes ambientes. A continuación se especifican las características de hardware y software que se emplean para realizar las pruebas. Una laptop hp con procesador Intel(R) Core(TM) i7-4900MQ a 2.80 GHz, Memoria RAM de 32 GB, un disco duro de 500G.

El software instalado, Sistema Operativo Windows 8.1 de 64 bits, Myo connect V. 1.5.1970, navegador Chrome V. 58.0.3 y el uso del SDK V. 0.9.0 de Myo. En cada ambiente de prueba se menciona el hardware y aplicaciones especiales empleadas.

Se considerará el siguiente proceso para cada ambiente: 1) conexión y calibración de Myo, referente a la colocación del dispositivo en el antebrazo derecho, la conexión vía Bluetooth y la calibración con Myo Connect. 2) configuración del ambiente es la adaptación, activación de los programas empleando el SDK o librerías para trabajar con el brazalete y 3) reconocimiento de poses, un usuario realiza 5 veces cada movimiento por separado. Una última prueba fue la ejecución de los tres ambientes y verificar el reconocimiento de cada uno de los gestos. La configuración y pruebas de cada ambiente se detallan a continuación:

### Ambiente Web

Se emplea el lenguaje *Javascript* y la documentación del proyecto *Myo Javascript (Myo.js)* para el desarrollo de sitios Web que interactúen con este dispositivo. Este proyecto trabaja con la arquitectura cliente/servidor empleando la tecnología de *Nodejs*. El sitio de (Thalmic-Labs, s.f.) fue de gran ayuda para la prueba en este ambiente ya que incluye diversos WebSockets que muestran los datos espaciales y gestuales.

### Ambiente Arduino

Se utiliza una placa Arduino Uno y el software Arduino V. 1.0.5-r2 (Arduino, 2016), 5 LEDs de diferentes colores (colocados en los pines del 7 al 11), 5 resistencias de 220 ohms, un cable USB. El uso y adaptación de la app gratuita MyoDuino de MyoMarket. La finalidad de esta prueba es la comunicación y reconocimiento de gestos (señales de luz de los LEDs) de Myo y Arduino a través de la computadora.

### Ambiente Unity

Se trabaja con el motor de video juegos Unity V. 5.3.5f1 y se configura MyoUnity del SDK, fue adaptada la aplicación ejemplo “martillo” que cambia de colores por los datos gestuales reconocidos, y la graficación de la orientación y aceleración.

### Resultados de pruebas

Los resultados obtenidos se observan en la Tabla 2 donde se encuentran los 5 gestos detectados y los músculos activados de acuerdo a las repeticiones realizadas. Se hace hincapié en que los músculos activados hacen referencia a los EMG de Myo.

Gestos	Número de sensores del EMG								Acción Muscular
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	■					■	■	■	Flexores de Mano
			■	■	■				Flexores de Muñeca
		■			■	■	■		Extensores de Muñeca
		■	■						Abducción de dedos
		■	■			■	■		Músculos del pulgar

**Tabla 2** Activación de EMG en los ambientes de prueba

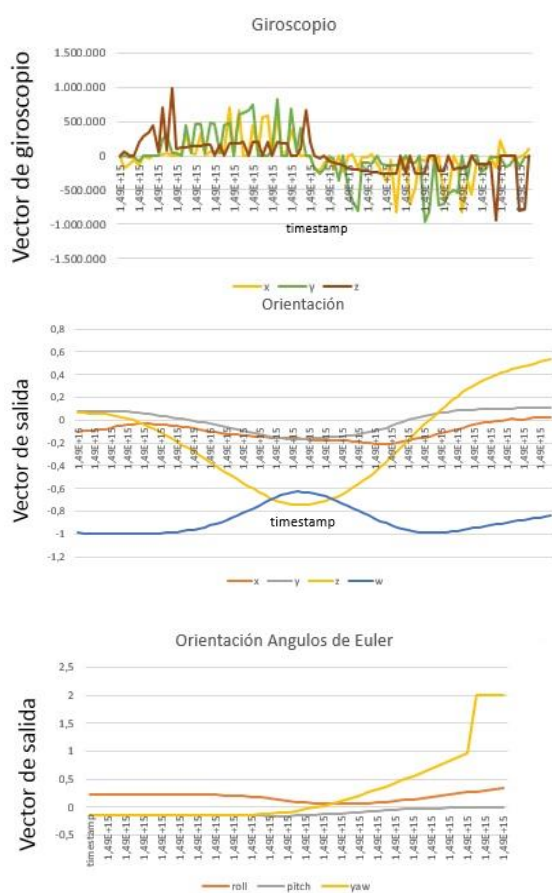
En la Tabla 3, se muestran los 5 gestos reconocidos en cada ambiente de trabajo. Se representan en el siguiente orden, figura de gesto, ambiente Web, Arduino y Unity.

	vibración del brazalete con esta pose en Unity


**Tabla 3** Resultados de pruebas 5 gestos en tres ambientes.

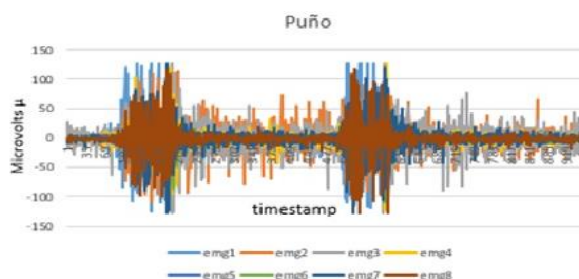
Para corroborar las pruebas, se emplea la app *Myo data capture* que obtiene los datos numéricos de 8 EMG y 9 ejes de la UMI. Los datos fueron tratados y graficados. En el Gráfico 1, se muestra sólo al gesto puño que es reconocido dos veces (colores azul y naranja), en éste se observa a los 8 EMG sensando las contracciones musculares. Los EMG 1, 6, 7, 8 del brazalete presentan ondas de mayor amplitud y duración para este gesto que coincide con los músculos flexores de mano ver Tabla 2.

Los resultados de los datos espaciales se presentan en el Gráfico 2. Para conseguir estos datos un usuario realizó un movimiento aleatorio de brazo y se obtienen tres vectores de salida, los primeros dos (Giroscopio y Orientación) indican la posición y orientación del brazalete colocado en el brazo.



**Gráfico 2** Datos espaciales

El vector Orientación ángulos de Euler muestra que la persona realizó un movimiento de aducción-abducción de hombro (*yaw*). Con los 9 ejes de la UMI se conoce la aceleración, posición, orientación y movimiento de hombro y/o codo para aplicaciones Web, animación y control de dispositivos a distancia.



**Gráfico 1** Dato gestual del Puño

## Discusión

El brazalete Myo tiene puntos fuertes y débiles. Entre los fuertes la portabilidad, la conexión inalámbrica Bluetooth 4.0 con un alcance de hasta 100 m y una tasa de transferencia de 1Mps. 8 EMG que detectan la activación muscular y el 97% de precisión para reconocer gestos. Los puntos débiles son: actualmente sólo detecta 5 gestos, posee una batería recargable de litio con una duración de cargar de 2 a 3 horas, el tiempo de vida de la batería cargada en uso continuo es de un día y en estado de espera hasta una semana.

## Agradecimientos

A la Universidad Politécnica de Amozoc por haber adquirido dos brazaletes Myo en la gestión del año 2015-2016 y al grupo de trabajo de los alumnos de la Ingeniería en Software.

## Conclusiones y trabajo futuro

El reconocimiento de gestos con el dispositivo Myo es viable para el desarrollo de aplicaciones y productos comerciales ya que en este trabajo se logran verificar que los datos gestuales (5 gestos de mano) hayan sido reconocidos y los datos espaciales (orientación, aceleración, giroscopio) sean sensados en tres ambientes de desarrollo como lo es el Web, Arduino y Unity. Además de que Myo es un warable que tiene diversas áreas de aplicación como en video juegos, salud, automatización, apps entre otras. Como trabajo futuro, gracias a que el hardware y SDK de Myo es compatible con diversas plataformas y ambientes se realizarán pruebas en el Sistema Operativo MAC, en móviles IOS y Android además del desarrollo de aplicaciones en los tres ambientes probados.

## Referencias

- Abduo, M., & Galster, M. (2015). *Myo Gesture Control Armband for Medical Applications*. University of Canterbury.
- Arduino. (2016). Recuperado el 14 de 12 de 2016, de <https://www.arduino.cc/>
- Asilbek, G., Ho-Sun, S., & Kang-Hee, L. (2016). Study on Virtual Control of a Robotic Arm via a Myo Armband for the SelfManipulation. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(2), 775-782.
- Beyeler, M. (2015). *OpenCV with Python Blueprints*. Packt.
- Catuhe, D. (2012). *Programming with the kinect for windows software development kit*. Washington, USA: Microsoft Press.
- Chico, J. C. (2016). *Desarrollo de prototipo de prótesis de mano emulada en un ambiente virtual*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- del Castillo, H. K., & Scatton, A. (2016). *Entorno de realidad virtual controlado en tiempo real por señales motoras para la rehabilitación del miembro superior en pacientes con daño cerebral*. Universidad Computense de Madrid, Madrid.
- Esteves, R. A. (2015). *Electromyography and inertial*.
- Gest. (2017). (apotact labs) Recuperado el 8 de 01 de 2017, de <https://gest.co/>
- Ho-Sun, S., Asilbek, G., & Kang-Hee, L. (2015). Design of a Virtual Robotic Arm based on the EMG. *Advanced Science and Technology Letters*, 113, 38-43.
- Kamen, G., & Gabriel, D. (2010). *Essentials of Electromyography*. Human Kinetics.
- Latarjet, M., & Ruiz, A. (2012). *Anatomía humana* (4 ed.). médica panamericana.
- LEAPMOTION-INC. (2017). *LEAP MOTION*. Recuperado el 22 de 03 de 2017, de <https://www.leapmotion.com>
- Mannion, P. (2016). *EDN networks*. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <http://www.edn.com/design/systems-design/4442290/Myo-armband--Wearables-design-focuses-on-packaging>
- Peters, T. (2015). An Assessment of Single-Channel EMG Sensing for Gestural Input. *Technical Report TR2015-767*.
- Prism-Group. (2017). *iot.do*. Recuperado el 20 de 03 de 2017, de <https://iot.do/devices/chitronic-magic-smart-ring>
- Salazar, A. (2016). *Análisis de los dispositivos Space Navigator, Myo y Leap Motion y su evaluación en aplicaciones de software*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- ThalmicLabs. (2013-2016). *Myo*. Recuperado el 14 de 06 de 2016, de <https://www.myo.com/>
- Thalmic-Labs. (s.f.). *MyDiagnostic*. Recuperado el 10 de 05 de 2016, de <http://diagnostics.myo.com/>
- Yeh, K. (2014). *LiteTurn: Automated, Gesture-Controlled Cyclist Turn Lights Using Cheap*. The University of Texas. Austin, TX: HackTX 2014.
- Zanoni, L. (2014). *Futuro Inteligente*. Recursos Editoriales. Obtenido de <http://www.futurointeligente.com.ar/>

**La importancia de TICC como control Administrativo de las MIPYMES**

GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, María del Carmen de Jesús†\*, SANTILLÁN-FERREIRA, Guadalupe, PEÑA-VALERIO, Oscar Luis, RIVERA-BLAS Emmanuel Zenén

Recibido Mayo 05, 2017; Aceptado Noviembre 18, 2017

**Resumen**

La presente investigación intitulada “La importancia de tecnologías de la información comunicación y conocimiento (TICC) como control administrativo en las MIPYMES”, plantea la usabilidad de las Tecnologías de la Información, Comunicación y Conocimiento (TICC) en el control administrativo de las MIPYMES en la región de Alvarado, Veracruz; dado que en múltiples ocasiones no se implementan o se desconocen las herramientas tecnológicas existentes para que la gestión empresarial sea eficiente y eficaz. En el transcurso de la experiencia docente y asesoramiento con alumnos residentes del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV), se identificó dicha carencia de transferencia de Tecnología en el sector empresarial, siendo ésta un área de oportunidad para mejorar, trascender y competir en el entorno cambiante en el que se encuentran inmersos. Por lo cual, se considera oportuno la incorporación del Ingeniero en Gestión Empresarial del ITSAV, dado que éste cuenta con las habilidades, conocimientos y entusiasmo hacia la innovación empresarial a través de las herramientas tecnológicas que impactan favorablemente en la actividad empresarial. Al no contar con estrategias innovadoras, claras y precisas no se puede trascender en estos tiempos.

**MIPYMES, Gestión Empresarial, TICC, Transferencia de Tecnología.**

**Abstract**

The present research entitled "The importance of information and communication technologies (ICTs) as administrative control in MSMEs", presents the usability of Information, Communication and Knowledge Technologies (ICTs) in the administrative control of MSMEs in The Alvarado region, Veracruz; Given that on multiple occasions the existing technological tools are not implemented or unknown so that business management is efficient and effective. In the course of teaching experience and counseling with resident students of the Instituto Tecnico Superior de Alvarado (ITSAV), this lack of technology transfer was identified in the business sector, which is an area of opportunity to improve, transcend and compete in the environment Changing in which they are immersed. Therefore, it is considered oportune the incorporation of the Engineer in Business Management of the ITSAV, since it has the skills, knowledge and enthusiasm towards business innovation through technological tools that have a favorable impact on business activity. Not having innovative, clear and precise strategies can not be transcended in these times

**MIPYMES, Bussines Management, TICC, Technology Transfer**

**Citación:** GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, María del Carmen de Jesús, SANTILLÁN-FERREIRA, Guadalupe, PEÑA-VALERIO, Oscar Luis, RIVERA-BLAS Emmanuel Zenén. La importancia de TICC como control Administrativo de las MIPYMES Revista de Ciencia Ambientales y Recursos Naturales 2017. 3-10: 57-65

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: carmen.gonzalez@itsav.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

En esta era digital, las entidades económicas han venido rompiendo paradigmas en la inserción de tecnologías en el ámbito empresarial, sin embargo, en México la brecha digital en el sector empresarial es grande, menos del 25% de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) utilizan una computadora para sistematizar sus procesos y menos del 10% de éstas, realiza transacciones electrónicas entre empresas (Oportunidades de negocios electrónicos para las PYMES, 2005). Es por ello que las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) han revolucionado las relaciones de la empresa con su entorno.

El mundo, tal y como lo conocíamos, ya no existe y las empresas no están ajenas a estos cambios (Conessa, 2007). Por lo cual la adopción de las tecnologías de información por las pequeñas y medianas empresas ha sido ampliamente discutida, bajo diversas perspectivas, incluyendo la concepción de una brecha entre grandes y pequeñas empresas, resultante de la capacidad (económica y técnica) de acceso a las tecnologías de información (Ordanini, 2006).

En la investigación se plantea la usabilidad de las Tecnologías de la Información, Comunicación y Conocimiento (TICC) en el control administrativo de las MIPYMES en la región de Alvarado, Veracruz; dado que en múltiples ocasiones no se implementan o se desconocen las herramientas tecnológicas existentes para que la gestión empresarial sea eficiente y eficaz. Mas adelante se desglosan términos de TICC, control administrativo y MIPYMES.

El artículo se encuentra dividido en la problemática, el marco referencial, la metodología a desarrollar, resultados y conclusiones.

**Problemática**

La utilización inadecuada de las TICC, en el ámbito empresarial ha originado la necesidad de reflexionar sobre el aprovechamiento de esta herramienta tecnológica que facilita y agiliza, no solo en el ámbito académico; si no que también es de gran utilidad para el ambiente empresarial.

En la actualidad se evidencia como la responsabilidad en el uso de las TICC se remite exclusivamente al profesor-alumno en un aula; siendo una idea aislada su incorporación en el ámbito empresarial. Son pocas las pequeñas y medianas empresas que consideran esta posibilidad; ya que por lo general estas herramientas son utilizadas en las grandes empresas; por parte de sus directivos quienes están en constante actualización y aprovechamiento de las herramientas tecnológicas. Sin embargo, algunas microempresas no invierten en las tecnologías, sólo algunas utilizan tecnologías de accesos gratuito. Siendo esto un grave error en su productividad y una pérdida en su desarrollo.

**Marco Referencial  
MIPYMES en México**

Las MIPyME son Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, de acuerdo con la clasificación mexicana publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de junio de 2009 Micro, Pequeñas y Medianas Empresas. De acuerdo con la última clasificación de la Secretaría de Economía, en México año 2009: Son microempresas las que cuentan con hasta 10 trabajadores, para todos los sectores y que tengan ingresos por ventas anuales de hasta 0.3 millones de dólares, son Pequeñas las que tienen entre 11 y 30 trabajadores para el sector comercio, y entre 11 y 50 trabajadores para el sector industrial y servicios y que tengan ingresos por ventas anuales de entre 0.3 hasta 7.8 millones de dólares.

Son Medianas las que cuentan con entre 51 a 250 trabajadores para el sector industrial, entre 51 a 100 trabajadores para el Sector servicios y entre 31 a 100 trabajadores para el sector Comercio y obtengan ingresos por ventas anuales de entre 7.8 hasta 19.5 millones de dólares. Estas revisten vital importancia en México dado que el último censo económico realizado por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2009 señala que este sector empresarial alcanza el 99.8% del total de las empresas, aportan el 52% al PIB y generan el 78.5% del empleo (INEGI 2010).

No existe un índice único, que caracterice la dimensión de la empresa de manera adecuada. Suelen manejarse un extenso espectro de variables (Garza, 2002; Tunal, 2003; Zevallos, 2003):

<b>VARIABLES</b>
El número de trabajadores que emplean.
Tipo de producto.
Tamaño de mercado.
Inversión en bienes de producción por persona ocupada.
El volumen de producción o de ventas.
Valor de producción o de ventas.
Trabajo personal de socios o directores.
Separación de funciones básicas de producción, personal, financieras y ventas dentro de la empresa.
Ubicación o localización.
Nivel de tecnología de producción.
Orientación de mercados.
El valor del capital invertido.
El consumo de energía.

**Tabla 1** Variables

*Elaboración propia con base en Garza (2002), Zevallos(2003), Tunal (2002).*

## Gestión Empresarial

En su obra Introducción a la Teoría General de la Administración, Idalberto Chiavenato define la gestión empresarial como “el proceso de planear, organizar, integrar, direccionar y controlar los recursos (intelectuales, humanos, materiales, financieros, entre otros) de una organización, con el propósito de obtener el máximo beneficio o alcanzar sus objetivos.” Domínguez (2008) menciona que la “gestión empresarial es una necesidad imperiosa en la economía moderna. Nada de remedios-tipo, sino proyectos de racionalización a todos los niveles de la organización, para aumentar la productividad y los beneficios de nuestras empresas”.

## Las TICC y la Empresa

Generalmente se conoce a las tecnologías de la información y el conocimiento, las llamadas TIC'S. En la investigación se abordará las TICC, esta concepción pretende enriquecer la noción más popular de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que no enfatizaban su orientación al conocimiento(Vicario C. M., 2009).

Desde el construccionismo una de las ideas más interesantes de Papert citado por Vicario (2011), es considerar a las TIC y en particular a la computadora como una portadora de semillas culturales, cuyos productos cognitivos trascenderán la presencia de material concreto y menciona que: “el trabajo con computadoras puede ejercer una poderosa influencia sobre la manera de pensar de la gente, yo he dirigido mi atención a explorar el modo de orientar esta influencia en direcciones positivas”.

La máquina de información (computadora) en este caso es una máquina inteligente- y sobre todas las cosas- es 'la máquina de los niños'. Vicario define a las TICC como "aquellas orientadas a potenciar nuestras capacidades de obtención, generación, administración, usufructo y gobernanza de la información y el conocimiento; así como todas aquellas que constituyen medios de comunicación. Quedan incluidas tecnologías de aplicación a problemas cognitivos, espaciales, biológicos o sociales". (Vicario C. M., 2011)

El término TIC involucra toda forma de tecnología usada para crear, almacenar, intercambiar y procesar información (Tello, 2007), así como también para la transmisión de información a través de las telecomunicaciones. De acuerdo con Ríos et al. (2009), en México la PyME y las MIPYMES le dan poca importancia a las TIC debido principalmente a los siguientes factores:

- Factor económico (falta de recursos financieros para invertir en TIC).
- Brecha digital caracterizada por la cultura digital, pobre entendimiento de los beneficios que aporta la adopción de las TIC en la PyME.
- Motivación.
- Desconocimiento de oportunidades (falta de programas gubernamentales).
- Falta de una estrategia nacional (enfocada al desarrollo de la PyME) que impulse a la sociedad en general.
- Nivel de integración en las cadenas productivas.

Las TIC, como otras tantas herramientas, son indispensables para ser competitivos, habilitar las estrategias del negocio y facilitar la evaluación del desempeño de cualquier organización, sin importar su tamaño y giro. Este enfoque competitivo implica que las empresas lo requieran de manera prioritaria para estar al menos en igualdad de condiciones que sus competidores.

Por eso, las áreas de TICs están siendo obligadas cada día más a transformarse, de tal manera que los servicios que brindan aporten valor al negocio, en lugar de ser vistas simplemente como un commodity, ofreciendo servicios de calidad y a un bajo costo (Cano Muñiz, 2007).

Las TIC como medios electrónicos de captura, procesamiento, almacenamiento y difusión de datos e información, facilitan el diseño de estrategias organizacionales (Alemna & Sam, 2006).

Porter y Millar (1985) establecen que la revolución de la información está afectando la competencia desde tres perspectivas:

- Cambia la estructura de la industria, y altera las reglas de competición.
- Crea ventajas competitivas otorgando a las empresas nuevas formas de vencer a sus rivales.
- Crea nuevos negocios dentro de los existentes, frecuentemente dentro de las propias operaciones de la compañía.

En la actualidad cada país define a las MIPYMES utilizando pautas esencialmente cuantitativas que, si bien tiene ciertas características similares, también tiene diferencias significativas. Incluso en algunos casos, no hay consenso dentro del mismo país. En la mayoría de los casos, las variables consideradas son cantidad de personal, cifra de ventas y niveles de inversión en activos. Los organismos internacionales con el fin de canalizar los apoyos financieros y logísticos, también se han dado a la tarea de establecer clasificaciones para este sector, así pues, de acuerdo con la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), las empresas se pueden clasificar como se muestra en la tabla 2.

Criterio/Clasificación	Muy Pequeñas	Pequeñas	Medianas	Grandes
N° de Trabajadores	0-19	20-99	100-499	500 +

**Tabla 2** Clasificación de las empresas de acuerdo a la OCDE

*Elaboración propia con base en Garza Castaño Ricardo (2000)*

### Transferencia de Tecnología

La transferencia tecnológica según Marcano y García (1997) es un proceso mediante el cual la ciencia y la tecnología se difunden en las actividades humanas y en el ámbito de las actividades económicas, se interpreta como el proceso de incorporación a una actividad productiva de un conocimiento desarrollado fuera de ella. También es la adopción de tecnologías nuevas o mejoradas para perfeccionar el proceso productivo, y tiene características que difieren según el tipo, se realiza externamente o internamente dentro de los sectores económicos o unidades productivas en un mismo país.

Para fundamentar el término, necesariamente se ilustra el significado de 'Transferencia de investigación aplicada' desde su contexto, como lo plantean López, Mejía y Schmal (2006), quienes lo definen como un proceso mediante el cual el sector privado obtiene el acceso a los avances tecnológicos desarrollados por los científicos, el cual es un nexo entre la universidad y las empresas para la generación de desarrollo científico-técnico y económico. La transferencia conlleva un convenio, un acuerdo, presupone un pago, por consiguiente, la comercialización del conocimiento es un elemento inherente a este proceso. Las tecnologías de la información son herramientas que permiten mejorar las actividades que se desarrollan en las empresas, las cuales pueden ser herramientas para fines operativos, como por ejemplo la recolección de información o pueden ser destinadas a fines administrativos, como los sistemas de administración de inventarios.

Para ambas situaciones, existe un gran número de herramientas tecnológicas, las cuales deben ser tenidas en cuenta y profundamente analizadas para una correcta selección de la tecnología a utilizar (Zapata Cortés, Arango Serna, & Adarme Jaimes, 2010).

Algunos autores señalan que, en las últimas décadas, el acceso a los conocimientos se ha vuelto cada vez más difícil a causa de un proceso generalizado de privatización de los mismos. De acuerdo con esta interpretación los circuitos internacionales de elaboración del conocimiento estarían cada vez más cerrados y dominados de forma estricta por cadenas fuertemente jerarquizadas y la cantidad de conocimiento (inclusivo los más próximos a la investigación de base) de libre acceso para los potenciales usuarios se haría cada vez más reducida (Cimoli y Primi 2004).

### Focus Groups

El 'Focus Group' o Grupo Focal es una técnica de Estudios de mercado cualitativa para conocer las opiniones de un público objetivo respecto de un producto o servicio. Consiste en reunir un grupo reducido de personas, normalmente entre 6 y 12, junto con un moderador que es el encargado de dirigir la discusión, hacer preguntas y procurar que la discusión no pierda el "foco" a debatir, de aquí el nombre de esta técnica (Isabel, 2016). Otros autores como Hernández y Coello mencionan que Grupo Focal es una técnica cualitativa que consiste en 90 a 120 minutos de discusión con un grupo limitado de personas que reúnen ciertas características comunes para su selección y son guiados por un moderador quien conduce la sesión en base a una guía de moderación. Esta técnica permite a través de las discusiones y opiniones conocer cómo piensan los participantes respecto a un asunto o tema determinado.

### Metodología a desarrollar

A pesar de la importancia que tiene el uso de las TICC en la MIPYME en México, se considera que su nivel de uso es incipiente. Por esta razón, para efectos de esta investigación se plantea la siguiente interrogante ¿De qué manera las MIPYME en Alvarado, Veracruz han adoptado el uso de las TICC?

Se aplica un método de investigación de tipo descriptivo y transversal. Para la recopilación de la información necesaria se elaboró un instrumento de medición, una técnica de cuestionario. La determinación de la muestra se efectuó mediante sujetos voluntarios, lo que permitió la obtención de datos de seis microempresas ubicadas principalmente en la localidad de Alvarado, Ver., y de tamaño por lo general ‘micro’. Tal estrategia facilitó la obtención de los datos con la finalidad de su análisis. Ver tabla 3.

Empresa	Domicilio:	Giro
Ferretería el ave felix	Juan Soto N° 18; Alvarado; Veracruz.	Comercial
Pescadería el pequeño gigante	Malecón Gabriel Juan Soto Alvarado; Veracruz.	Comercial
Palapa familiar de mauricio.	Netzahualcóyotl y esquina Ignacio Ramírez N° Alvarado; Veracruz.	Servicios
Palapa familiar el museo de chico Muñoz.	Netzahualcóyotl y esquina Ignacio Ramírez N° Alvarado; Veracruz.	Servicios
Estética “andy crespó”.	Ignacio de la Llave, Alvarado; Veracruz.	Servicios
Gymnetwork	Malecón Gabriel Carvallo, Alvarado; Veracruz.	Servicios

**Tabla 3** Empresas Participantes

Fuente: Elaboración propia

La implementación de TICC como control administrativo, se realizó a través del uso de herramientas tecnológicas, las cuales contribuyeron en el desarrollo del proyecto de vinculación titulado “Propuesta para un Posicionamiento Estratégico de las Microempresas de la Ciudad de Alvarado, Veracruz; a través de un Brifing Publicitario”, registrado en la línea de investigación Innovación Empresarial. Aunado a que fue un trabajo de tipo transversal con las asignaturas de Decisiones Mercadológicas y Taller de Relaciones Públicas que se imparten en la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, ofertada por el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado.

Los datos se recolectaron mediante una encuesta estructurada a partir de la literatura disponible, siendo aplicada telefónicamente a los propietarios y directivos de las empresas entre los meses de marzo y mayo de 2017. Aunado a esto se utilizó la información que se observa en la tabla 4.

Herramienta Tecnológica	Descripción	Impacto en el proyecto de Vinculación
Focus Group a través de transferencia de tecnología con editores como wondershare y camtasia	Es una técnica de investigación cualitativa centrada en las respuestas obtenidas de un grupo de personas.	Fuente Secundaria. Herramienta de recolección de información de clientes reales y potenciales, así como competencia.
Spot Publicitario	Recurso eficaz para dar a conocer un producto o servicio.	Estrategia publicitaria de comercialización al exterior de las microempresas
Excel	Es un programa informático, que trata de realizar tareas contables y financieras para ayudar a crear hojas de cálculo.	Base de datos de clientes

**Tabla 4** Instrumentos utilizados en las Empresas Participantes

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 1 se observan imágenes del focus group utilizado en las empresas.

## Resultados

Los resultados se describen a continuación con respecto a la interrogante formulada. Se puede observar que en general las MIPYMES consultadas consideran que comparadas con sus competidores su desempeño de uso de TICC como control administrativo es bueno, ya que la innovación global Utmedia fue de 4.22% siendo especialmente destacables en su orden la valoración que hacen de su innovación en productos y/o servicios 4.32% en procesos 4.29% y por último en gestión 4.16%

Uso de las tecnologías de la información y la comunicación en las pymes				
Tecnología		% empresas	N° equipos por empresas	N° equipo empleados
Pantallas inteligentes	no	0	1	1
Terminales de punto de venta	de	40	1	1
Computadora personal		100	1	1
Computadores centrales		50	1	1
Computadora portátil		100	1	1
Línea de fax		50	1	1
Línea rdsi		50	1	1
Línea adsl		50	1	
Telefonía móvil		100	1	6
Habilidades tecnológicas del recurso humano		40	1	1
Redes inalámbricas		100	1	3

**Tabla 5** Instrumentos utilizados en las Empresas Participantes

Fuente: Elaboración propia

La tabla 5 relaciona las TIC (hardware) que utilizan las empresas encuestadas. Así como el porcentaje de empresas adoptantes y el número promedio de equipos por empresa y por empleado/a. El tamaño de empresa (número de empleados/as) y la difusión de estas tecnologías (número equipos/empleado/a) están inversamente relacionados.

## Anexo1

A continuación se muestran imágenes del focus group desarrollado durante la investigación.



**Figura 1** Focus Group de la empresa Ave Fenix

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2** Focus Group de la empresa Pescadería el Pequeño Gigante

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3** Focus Group de la empresa GYMNETWORK

Fuente: Elaboración propia

### Agradecimiento

El estudio que se presenta forma parte del proyecto de vinculación “Propuesta para un Posicionamiento Estratégico de las Microempresas de la Ciudad de Alvarado, Veracruz; a través de un Brifing Publicitario”, adherido a la línea de investigación Innovación Empresarial del ITSAV, Los autores agradecemos el apoyo que nos otorgo el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, el cual se encuentra dirigido por la Dra. Justiniana Gutiérrez Lagunes, a los alumnos de octavo de IGE que colaboraron en el proyecto, así como a las MIPYMES de la región de Alvarado que contribuyeron a la investigación.

### Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación tienen implicaciones para empresarios y gerentes por que les permite comprobar que las inversiones que realicen en TICC van a generar efectos positivos en la innovación de sus empresas, lo que seguramente impactará en su mejora competitiva.

Se determinó que es de gran importancia el uso de las TICC en el control administrativo en la innovación de las MIPYME en la ciudad de Alvarado; Veracruz. Aunado a esto se recomienda:

- Capacitación a empresarios de la región sobre el uso de herramientas tecnológicas
- Adquirir TICC en las MIPYME
- Utilizar las TICC en las MIPYME
- Beneficia en su control administrativo de la MIPYME.
- Mejora continúa en programas publicitarios utilizando TICC

La inclusión de las TICC en las empresas les posibilita darse a conocer en un mercado potencial, logrando acceder a beneficios como lo es el brifing publicitario, sin tener que realizar una inversión alta, el cual se recomienda realizar posteriormente. Además, es una oportunidad de venta a través de redes sociales en la cual las organizaciones pueden contactarse con clientes potenciales y proveedores o darse a conocer las novedades de las mismas, aportando un plus a las MIPYMES.

### Referencias

- Alemna, A. A., & Sam, J. (2006). Critical issues in information and communication technologies for rural development in Ghana. *Information Development*, 22 (4), 236-239.
- Cano, M. (2007) Tecnologías de Información y Comunicaciones para la Competitividad, Editorial IMEF, México.
- Cimoli Mario (Edit) (2000) Developing Innovation Systems. Mexico in a Global Context, Routledge, London.
- Conessa, X. (2007), La importancia de las TICs, Measure Control, consultado en línea el 18 de Abril de 2017, Disponible en: [http://www.measurecontrol.com/la\\_importancia\\_de\\_las\\_tics](http://www.measurecontrol.com/la_importancia_de_las_tics)
- Garza, C. R. (2000). Creación de PYMES: Objetivo Emprendedor. En: Ingenierías, Vol. 3, No. 9, pp. 54-58.
- INEGI. (2010). Censos económicos 2009. México: INEGI.
- Isabel. (2016). Estudios de Mercado Online: “Focus Group.” Retrieved July 5, 2017, from <http://www.estudiosdemercadoonline.com/estudios-de-mercado-online-focus-group/>

Hernández, R. A. y Coello, Sayda. (2002). El paradigma cuantitativo de la investigación científica. Editorial Universitaria EDUNIV. La Habana. 112p.

Marcano, Luis y García, Lorena. (1997). Las empresas de base tecnológica: Opciones para la región. The technological base enterprises: Options for Latinoamérica. Revista Espacios. Vol. 18 (2).

Oportunidades de negocios electrónicos para las PYMES. Recuperado 18 de Abril de 2017 de [http://www.amece.org.mx/motor/contenidos/htmls/106\\_13\\_12\\_02.php?acceso=](http://www.amece.org.mx/motor/contenidos/htmls/106_13_12_02.php?acceso=)

Ordanini, A. (2006) Information Technology And Small Business, Antecedents an Consequences of Technology Adoption, Edward Elgar Pub, Northampton, U.S.A.

Porter, M. & Millar, V. (1985), How Information Gives You Competitive Advantage, Harvard Business Review, July-August 1985. Consultado en línea el 25 de Abril de 2017.

Tello Leal, E. (2007). Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México. RUSC. Universities and Knowledge Society Journal, 4(2), 1-8

Ríos, M., Toledo, J., Campos, O. y Alejos, A. (2009). Nivel de integración de las TICS en las MIPYMES: un análisis cualitativo. *Panorama Administrativo Journal*, 3(6), 157-179.

Rubio Domínguez, P. (2008). *Introducción a la Gestión Empresarial*. Madrid: Instituto Europeo de Gestión Empresarial. Retrieved from [http://www.adizesca.com/site/assets/g-introduccion\\_a\\_la\\_gestion\\_empresarial-pr.pdf](http://www.adizesca.com/site/assets/g-introduccion_a_la_gestion_empresarial-pr.pdf)

Zapata Cortés, J. A., Arango Serna, M. D., & Adarme Jaimes, W. (2010). Herramientas tecnológicas al servicio de la gestión empresarial. *Revista Avances En Sistemas E Informática*, 7(3). Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/28800/1/26656-93567-1-PB.pdf>

**[Título en Times New Roman y Negritas No.14]**

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor  
*Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva*

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

**Resumen**

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

**Abstract**

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

**Keywords**

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman  
y Negritas No.11**

---

**Cita:** Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Paper.  
Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

---

---

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: )

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

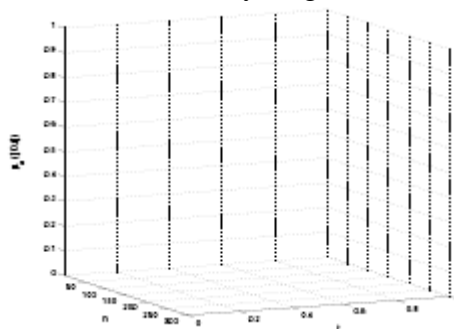
[Titulo en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Articulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Graficos, Figuras y Tablas-Editables

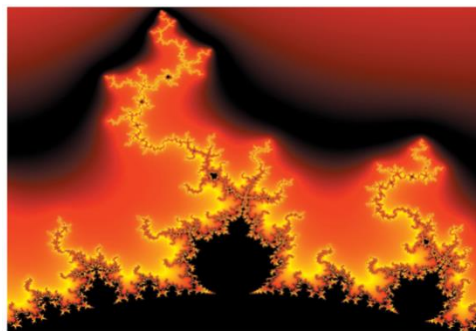
En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el titulo en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]



**Grafico 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

## **Metodología a desarrollar**

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

## **Resultados**

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

## **Anexos**

Tablas y fuentes adecuadas.

## **Agradecimiento**

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

## **Conclusiones**

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

## **Referencias**

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

## **Ficha Técnica**

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

**Formato de Originalidad**



Madrid, España a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)

**Formato de Autorización**



Madrid, España a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Spain difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Spain to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

## **"Sistema de Climatización Geotérmico de Baja Entalpía"**

ESPARZA-DELGADO, Carmen, HERRERA-PERAZA, Eduardo Florencio, SOLORIO-RODRÍGUEZ, Luis Enrique

*Universidad Tecnológica de Chihuahua*

## **"Deshidratación de Flor de Dahlia con Deshidratador Solar De Cama Plana"**

MARTÍNEZ CARMONA - Romualdo, GALAVIZ RODRÍGUEZ -José Víctor, CERVANTES HERNÁNDEZ -Benito Armando, ARROYO DÍAZ -Salvador Antonio

*Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Universidad Politécnica de Puebla*

## **"Deshidratación de Durazno Variedad Diamante (Prunus persica L. Batsch) con Deshidratador Solar de Cama Plana"**

CERVANTES-HERNÁNDEZ, Benito Armando, MARTÍNEZ-CARMONA, Romualdo, GALAVÍZ-RODRÍGUEZ, José Víctor, ROJAS-RODRÍGUEZ, Rafael

## **"Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados"**

ENRÍQUEZ-PÉREZ Ma. de los Angeles , ROSALES-DAVALOS, Jaime, LÓPEZ-RAMÍREZ-Roberto, CASTREJON-SANCHEZ, V. Hugo.

*Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán*

## **"Modelo Híbrido Colaborativo como estrategia de motor de inferencia para la toma de decisiones en el tratamiento de enfermedades"**

GARCÍA-MEJÍA, José Antonio, ZARAZÚA-SÁNCHEZ, José Alberto, ZAMUDIO-GARCÍA, Víctor

*Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo*

## **"Test of a Myo Armband"**

HUITZIL-VELASCO, Ignacio, PAJARO-CRUZ, Jesús Octavio, RAMÍREZ-ALFARO, Iobana Denis

*Universidad Politécnica de Amozoc*

## **"La importancia de TICC como control Administrativo de las MIPYMES"**

GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, María del Carmen de Jesús, SANTILLÁN-FERREIRA, Guadalupe, PEÑA-VALERIO, Oscar Luis, RIVERA-BLAS Emmanuel Zenén

