



# Ingeniantes

Año 2, No. 2, Vol. 1

Revista de Investigación · Instituto Tecnológico Superior de Misantla

ISSN 2395-9452

## Temáticas

Tierra

Energía

Biológicos

Bioquímica

Medio Ambiente

Ciencias de la Computación

# Ingeniantes

Año 2 / No. 1 / Vol. 2

## Información Legal

**Ingeniantes**, año 2, No. 1, Vol 2. diciembre 2015 - junio 2016, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, Teléfono 01 233 323 60 18, correo electrónico jogeronb@itsm.edu.mx, página web itsm.edu.mx, citt.itsm.edu.mx. Editor responsable: Ing. Erika Adrienne Bandala Martínez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología ITSM, Ing. Erika Adrienne Bandala Martínez, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 29 de febrero de 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

Diciembre 2015

## Directorio

**Dr. José Alberto Gaytán García**

Director General ITSM, Veracruz, México

**M.S.I. Ana Lilia Sosa y Durán**

Subdirectora Académica ITSM, Veracruz, México

**M.A. José Edgar Soto Meneses**

Director de Planeación y Vinculación ITSM, Veracruz, México

**M.C. Reyes Pérez y Cano**

Director de Servicios Administrativos ITSM, Veracruz, México

**Lic. Lidia Herrera Domínguez**

Subdirectora de Vinculación ITSM, Veracruz, México

**Ing. Carlos Yossio Nakase Rodríguez**

Subdirector del Sistema Abierto ITSM, Veracruz, México

## Cuerpo Editorial

Editor General

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Editor

Ing. Erika Adrienne Bandala Martínez

## Comité de Revisión

Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN

Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US

Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT

Dr. Abel García Barrientos, ITSM

Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM

Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM

Dr. Luis Alberto Morales Rosales, ITSM

Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM

Dr. Luis Mejía Macario, ITSM

Dr. Isidro Rodríguez Montoro, ITSM

Dr. Saul Santiago Cruz, ITSM

M.I.A. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM

M.I. Daniel Aguayo Siqueiros, ITSM

M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI

M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM

M.I. Francisco Javier Fernández Domínguez, ITSM

## Diseño Editorial

Lic. Erik Balderas González ITSM, México

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas ITSM, México

Ing. José Aurelio Carrera Melchor ITSM, México

Lic. Guillermo Guadalupe Carmona Villegas ITSM, México

## Distribución

Publicación electrónica disponible en [cift.itsm.edu.mx/revista.html](http://cift.itsm.edu.mx/revista.html)

Correo electrónico: [revista.ingeniantes@itsm.edu.mx](mailto:revista.ingeniantes@itsm.edu.mx)

# Ingeniantes

## Contenido

- Análisis de eficiencia energética en una instalación agroganadera en la región Laguna de Durango** ..... 02  
Luis Amado González Vargas; Armando José Cordero Escamilla; Arón Gámez Vargas; Víctor Eclí Manqueros Avilés, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo
- Implementación de equipo de ruta solar didáctico para optimizar la captación solar fotovoltaica** ..... 12  
Eleazar Campero Ángeles; Ignacio Ventura Cruz; Galindo Martínez Karol; Gustavo Yáñez López, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan
- Elaboración de papel ecológico empleando estiércol de ganado bovino** ..... 18  
Rosalinda Escamilla Ramírez; Dulce María Clemente Guerrero Cristian Morán Muñoz; Josué Oseguera Reyes, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio; Orquídea Sánchez López; Ignacio Hernández Castillo, Universidad Tecnológica de la Mixteca
- Estructura y sucesión de la fauna de artrópodos edáficos asociados al cultivo tradicional de maíz, en José María Morelos, Quintana Roo, México.** ..... 24  
Wilbert Andrés Pérez Pech; Leopoldo Querubín Cutz Pool, Instituto Tecnológico de Chetumal
- Residuos orgánicos regionales para la producción de lombricomposta en la Cuenca del Papaloapan** ..... 30  
Enrique Cavazos Arizpe; Mercedes Muraira Soto, Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan
- Respuesta de canola, higuierilla, crambe, cártamo y trigo a nitrógeno y densidad de población en el Sur de Sonora** ..... 34  
Óscar Humberto Moreno Ramos; María Hermelinda Herrera Andrade; Jesús Carlos González Núñez; José Juan Araiza Amado; Mario López Encinas, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui
- Comparación entre el uso de aire caliente y microondas sobre la capacidad de reventado de semilla en cuatro variedades de Amarantho (*Amaranthus* sp)** ..... 40  
María Guadalupe Moreno Contreras, Teresa Susana Herrera Flores; Licea De Anda Eva Marcela, Universidad Politécnica de Pénjamo; Micaela De la O Olán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
- Determinación de características del compost generado a partir de restos vegetales recolectados de los jardines del Instituto Tecnológico de Matamoros** ..... 46  
Villasana Velázquez G. R.; Vásquez-González M. G.; Delgado García D; Salinas Bárcena M. L. Instituto Tecnológico de Matamoros
- Evaluación de las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  y su relación con las condiciones meteorológicas (temperatura y humedad relativa) en el municipio de Frontera, Centla, Tabasco.** ..... 52  
Sandra M. Suarez García; Marco Antonio Zárate; Ana de Pilar Villa Peralta; Alexander Cupil Cupil, Instituto Tecnológico Superior de Centla

<b>Variación espacio-temporal de ácaros (Cryptostigmata) en puntos estratégicos de la bahía de Chetumal Quintana Roo, México</b> _____	<b>58</b>
Sunny Arolid Tome Reyna; Leopoldo Querubín Cutz Pool; Héctor Javier Ortiz León, Instituto Tecnológico de Chetumal	
<b>Evaluación de la carbonatación en estructuras de concreto ubicadas en la región Centro-Norte de Veracruz</b> _____	<b>66</b>
Humberto Raymundo González Moreno, Instituto Tecnológico Superior de Misantla; Omar Farid Ojeda Farías, Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Veracruzana, Miguel Ángel Baltazar Zamora; Amador Arroyo Córdoba; William Barranco Ramos; Oscar García Arcos, Instituto Tecnológico Superior de Misantla.	
<b>Caracterización de los residuos peligrosos generados en los establecimientos de la ciudad Victoria de Durango</b> _____	<b>76</b>
Daniel Torres Cerros; Gerardo Alfredo Pérez Canales; Edmundo Castruita Morán, Instituto Tecnológico de Durango	
<b>Desarrollo de cubo virtual para recorridos semi-inmersivos estereoscópicos</b> _____	<b>80</b>
Raquel Pérez Nuño; Gisela Ramírez Pimentel; Osvaldo René Rojo Roa; Mauricio Rojo Roa, Instituto Tecnológico Superior de Zapotlanejo	
<b>Plataforma virtual para tutorías de la Academia de Informática del ITCH</b> _____	<b>90</b>
José Abel Díaz Aguado; Felipe Luna García; Susana Bello Saldaña, Instituto Tecnológico de Chilpancingo	
<b>Monitoreo de temperatura y humedad de invernaderos con Arduino</b> _____	<b>96</b>
Miguel Ángel Barrera Valdés; Lic. Julián Omar Baltazar Hernández; José Rebrindanard Rubalcava López, Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha	
<b>Implementación de una plataforma para monitoreo de estudiantes y gestión de contenidos en nivel básico y medio superior basado en tecnologías e-learning.</b> _____	<b>100</b>
Víctor Manuel Mendoza León; Mario Meza Infante; Maribel García de la Rosa; Jorge Alejandro Duran Ortega; Josué Vicente Cervantes Bazán, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca	
<b>Diseño y construcción de un sistema de telecontrol usando radiofrecuencia</b> _____	<b>104</b>
Francisco Ramos Guzmán; Luis Antonio Ponce Mora, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio	
<b>Comunidad virtual de aprendizaje: un enfoque para el fortalecimiento académico</b> _____	<b>108</b>
Roberto Custodio Martínez; Ana Lilia Sosa López; Miguel Alberto López Guzmán, Instituto Tecnológico Superior de Centla	
<b>Análisis comparativo entre los aceros AISI 1020 y 4130 del chasis de los automóviles Baja-SAE</b> _____	<b>114</b>
Francisco Rosas Pérez; Francisco Ignacio Ávila Delgado; Ignacio De Luna Zamora, Instituto Tecnológico de Chihuahua	

# Análisis de eficiencia energética en una instalación agroganadera en la región Laguna de Durango



## Colaboración

Luis Amado González Vargas; Armando José Cordero Escamilla; Arón Gámez Vargas; Víctor Edi Manqueros Avilés, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

**RESUMEN:** Se pretende proporcionar al sector ganadero una visión general sobre las medidas que pueden tomarse en los establos para mejorar la eficiencia energética y obtener así una reducción notable en los costos económicos que esta genera. Lo anterior al evaluar cuantitativa y cualitativamente el consumo de energía en equipos de alta demanda de energía en los ordeños mecánicos tales como los sistemas de refrigeración de la leche, las bombas de vacío y las bombas de trasiego de leche.

El control y administración de la demanda eléctrica son actividades encaminadas a optimizar el uso respecto a capacidades en equipo instalado, tanto para los usuarios como de los suministradores de energía eléctrica, buscando reducir o controlar la demanda en kW durante un período de tiempo, comúnmente en el horario de mayor costo de la energía, y optimizando la operación de los equipos eléctricos sin afectar el proceso de producción [1].

**PALABRAS CLAVE:** Control y administración de la demanda, eficiencia energética, evaluar cuantitativa y cualitativamente el consumo de energía, proceso de producción.

**ABSTRACT:** We aim to provide the livestock industry a general vision about the measures to take in the barns to improve energy efficiency to notably reduce costs caused by energy use. Also, to evaluate qualitatively and quantitatively the energy consumption of highly energy consuming equipment in the mechanical milking such as the milk cooling system, vacuum pumps, and milk transferring pumps.

Control and demand management are activities aiming to optimize the use of the installed equipment capacity, both for the users as well as the electric energy suppliers which consists in reducing and controlling the demand of Kw during a time period, commonly during the high energy cost time, then optimizing the electric equipment operation without affecting the production process.

**KEYWORDS:** Control and demand management, energy efficiency, evaluate qualitatively and quantitatively the energy consumption, production process.

## INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética es la reducción de la potencia y energía eléctrica demandada en la red sin que afecte a las actividades normales realizadas en un edificio, industria o proceso de transformación [5]. Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden desear ahorrar energía para reducir costos energéticos y promover la sostenibilidad económica, política y ambiental. Entre las preocupaciones actuales está el ahorro de energía y el efecto medio ambiental de la generación de energía eléctrica [2].

Eficiencia energética implica lograr un nivel de producción o servicios con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto energético posible, y la menor contaminación ambiental por este concepto. El impacto de los costos energéticos sobre los costos totales de producción depende del sector y tipo de empresa o entidad.

El ahorro de energía, si bien no representa una fuente de energía en sí, se acostumbra considerarla como tal, ya que ofrece la posibilidad de satisfacer más servicios energéticos, lo que es equivalente a disponer de más energía [2]. El uso eficiente de la energía constituye uno de los factores que encaminan a las naciones hacia el crecimiento económico y el desarrollo sostenible.

El presente estudio se inscribe en un marco de tecnologías limpias, y consiste en una etapa para la implantación de un sistema de gestión eficiente de la energía en los procesos de refrigeración, bombeo e iluminación de los ordeños mecánicos, así como en las bombas de pozo profundo de un establo lechero ubicado en la Región Laguna del Estado de Durango. Las actividades realizadas pueden contribuir a mejorar la eficiencia de estos sistemas de trabajo y mitigar el impacto ambiental que trae consigo el exceso de consumo de electricidad.

### Etapa de diagnóstico técnico energético

El costo de la energía eléctrica representa un porcentaje elevado dentro de los gastos de operación de cualquier organización, motivo por el cual es de vital importancia el establecimiento de estrategias operativas para hacer uso eficiente de la energía, y obtener como consecuencia ahorros económicos.

### Ventajas al administrar y controlar la demanda de energía eléctrica

Al establecer estrategias de cambio de hábitos de consumo de la energía eléctrica se obtienen los siguientes beneficios:

- Conocimiento de la estructura tarifaria por el personal operativo.
- Involucramiento del personal para conocer todas las etapas del proceso.
- Crecimiento de la cultura del ahorro en la organización.
- Disminución del consumo en el horario punta.
- Disminución de la demanda facturable.
- Disminución del cargo por demanda kW.
- Disminución del cargo por consumo kWh.
- Disminución del 20 al 30% en el importe de su facturación.
- Empresas más competitivas.

### Demanda máxima

Se puede definir como la máxima coincidencia de cargas en un intervalo de tiempo. El medidor de energía almacena la lectura correspondiente al máximo valor registrado de demanda (kW) en intervalos de 15 minutos del periodo de facturación.

Las tarifas eléctricas de uso general de baja y media tensión de más de 25 kW contratadas, incluyen además del cargo por consumo (kWh), un cargo por demanda máxima (kW); siendo este último un aspecto de suma importancia y que requiere un debido control del proceso. El cargo directo por demanda puede representar del 20% al 30% de su facturación [2].

### Demanda de energía eléctrica

El control y administración de la demanda son las actividades encaminadas a optimizar el uso del equipo instalado, y consiste en reducir o controlar la demanda en kW durante un periodo de tiempo, comúnmente en el horario de mayor costo de la energía, optimizando la operación de los equipos eléctricos sin afectar el proceso de producción. En términos generales es la acción de interrumpir por intervalos de tiempo la operación de cargas eléctricas que inciden directamente sobre la demanda facturable, a fin de reducir o limitar los niveles de consumo en razón de los precios tarifarios [11]; lo anterior es comúnmente conocido como cambio de hábito de consumo. Es importante señalar que el cambio de hábito de consumo, se plantea como una alternativa de ahorro económico en sistemas eficientes, ya que actualmente el cargo por demanda representa entre un 20 a un 30% de la facturación eléctrica. También la reducción en el cargo se verá reflejado por el consumo en el horario punta.

El cambio de hábito no es disminuir el consumo de energía, se trata de hacer un uso más eficiente y efectivo de la potencia que se demanda; sin embargo en el proceso de análisis y control de cargas, se encontrarán innumerables vicios ocultos que podrán ser evaluados por los expertos de cada proceso para erradicarlos y de esta manera reducir significativamente el uso de energía eléctrica.

Por lo anterior, se requiere que las personas que están aplicando este tipo de programas tengan un amplio conocimiento del proceso productivo de la empresa y su capacidad de flexibilidad. Así mismo tener conocimientos sobre los consumos horarios, particulares y totales, además de los costos de producción y su balance.

### Métodos para administrar y controlar la demanda máxima

La demanda máxima puede ser administrada y controlada manualmente o con ayuda de dispositivos automáticos [5].

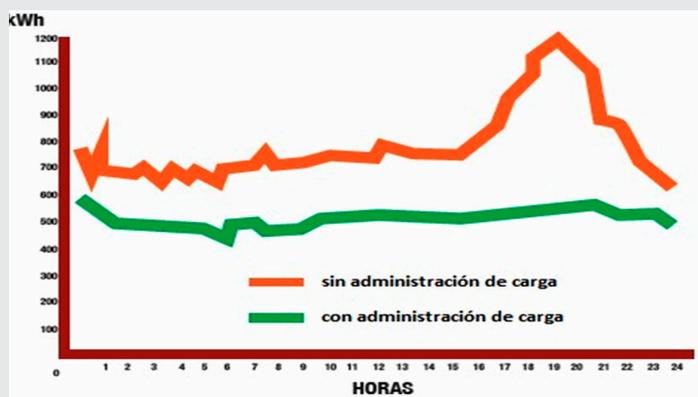


Fig. 1. Gráfica de la demanda máxima

La figura 1 muestra el comportamiento general de la demanda cuando se administran las cargas y cuando no se hace, observándose un mayor consumo en kWh.

**Control manual:** El personal coordina la operación de los equipos en función del proceso de producción a fin de evitar los picos de cargas innecesarias. Tiene limitaciones en cuanto a rapidez y precisión por el factor humano.

**Control automático:** Se programan los equipos a través de dispositivos electrónicos o mecánicos para controlar los picos de demanda.

Sin importar el tipo de control que se utilice debe conocerse el proceso de producción perfectamente, ya que de ahí se toman los datos para realizar la optimización, tales como [9]:

- Información de valores de producción y energía necesarios.
- La identificación del día y la hora en que ocurre la demanda máxima y las cargas que contribuyen a la misma.
- La identificación de los equipos que pueden sacarse de operación sin afectar el proceso de producción.

Es recomendable comenzar con un método manual de control de demandas antes de automatizar este proceso, así como tener un amplio conocimiento del proceso para priorizar por tiempos las cargas que se desconectarán y reconectarán, antes de instalar los equipos que controlarán de forma automática la demanda.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

Se analizaron los procesos y los equipos que demandan mayor consumo de energía eléctrica, obteniendo los siguientes resultados.

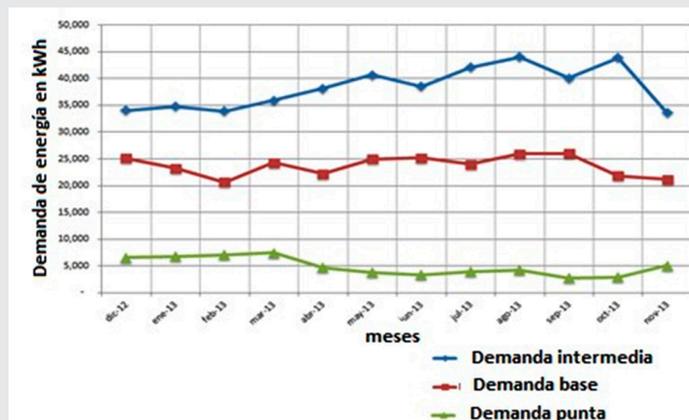


Fig 2. Demanda de energía eléctrica base, intermedia y punta en kWh.

La figura 2 muestra el comportamiento del consumo de energía (kWh) (base, intermedia y punta) del establo, en 12 meses (dic 2012 a nov 2013).

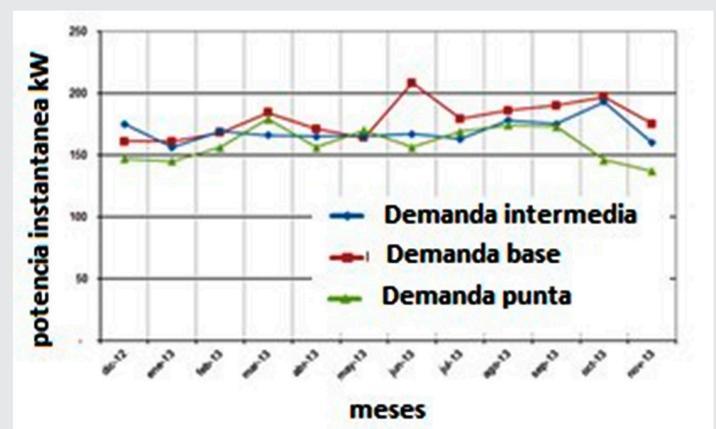


Fig. 3. Consumo de potencia instantánea base intermedia y punta (kW)

Como se observa en la figura 3, se muestra el comportamiento del consumo de potencia eléctrica instantánea (kW), en los periodos base (0:00-6:00), intermedia (6:00-18:00, 22:00-24:00), y punta (18:00-22:00) que obtuvo el establo durante 12 meses (dic 2012 a nov 2013).

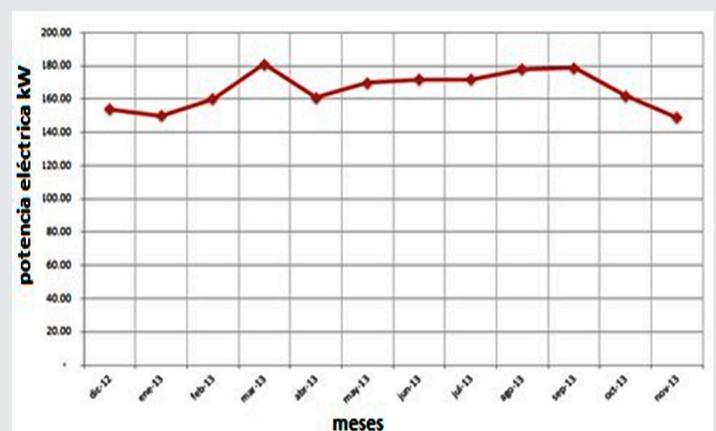


Fig. 4. Demanda facturable (kW)

En la figura 4 se observa el comportamiento de la demanda facturable que obtuvo el establo. Como se observa tiene una demanda muy alta durante todo el año, esto indica y según se observó que el arranque del sistema enfriador de agua (refrigeración chiller) es muy variable e inestable, produciendo picos de consumo de potencia muy altos, viéndose esto reflejado en la facturación.

El Factor de Carga es un indicativo del aprovechamiento de la capacidad instalada, y es útil para determinar el efecto relativo de la demanda máxima sobre la factura eléctrica, ayudando a evaluar la oportunidad de reducción de deman-

da. Es la razón entre el consumo eléctrico de un período y el producto de la demanda máxima medida por el número de horas del período de facturación [5].

$$FC = \frac{\text{Energía del período de facturación (kwh)}}{(\text{Demanda max.})(\text{hrs del mismo período})} \quad (1)$$

El Factor de Carga se puede incrementar aumentando el consumo a demanda constante, o reduciendo la demanda a consumo constante.

Al pasar de un Factor de Carga de:  
 - 55 a 65%, aproximadamente corresponde a 15% de ahorro en la facturación.  
 - 25 a 35%, corresponde a 29% de ahorro en la facturación.

Es deseable alcanzar el más alto factor de carga posible para que el costo promedio de la energía disminuya.

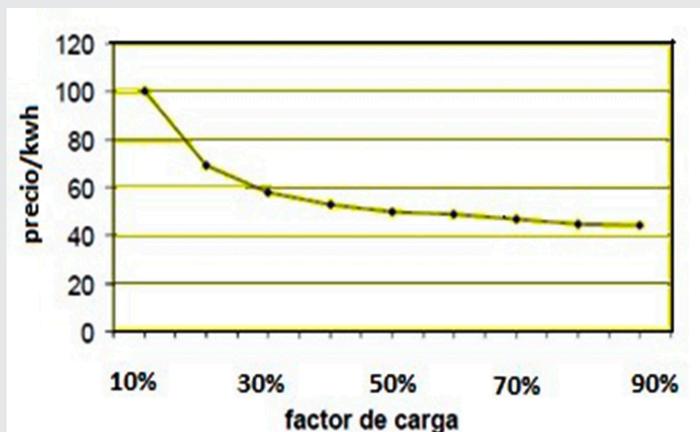


Fig. 5. Relación del precio/kwh y el factor de carga

Un bajo Factor de Potencia (FP) significa energía desperdiciada y afecta la adecuada utilización del sistema eléctrico, y se incrementan las pérdidas por efecto Joule en conductores y transformadores.

Fórmula de Recargo cuando  $FP < 90\%$   
 $\% \text{ de Recargo} = 3/5 \times ((90 / FP) - 1) \times 100 \quad (2)$

Fórmula de Bonificación cuando  $FP \geq 90\%$   
 $\% \text{ de Bonificación} = 1/4 \times (1 - (90 / FP)) \times 100 \quad (3)$

Los valores resultantes de la aplicación de éstas fórmulas se redondean a un solo decimal, por defecto o por exceso, según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal. En ningún caso se aplican porcentajes de recargo superiores a 120% (ciento veinte por ciento), ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5% (dos punto cinco por ciento) [5].

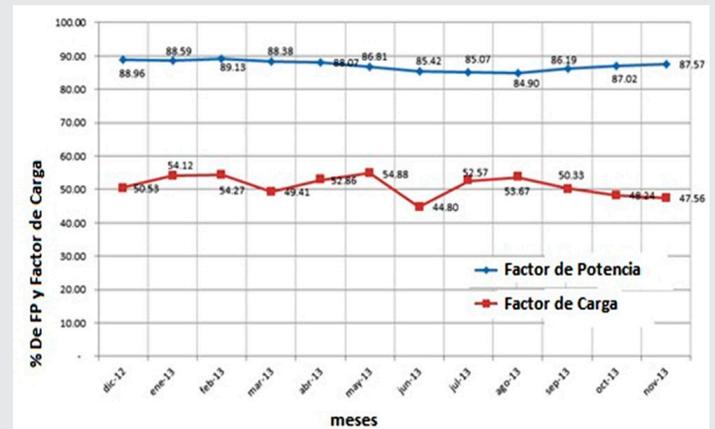


Fig. 6. Factor de potencia y factor de carga en %

La figura 6 nos muestra el factor de carga y el factor de potencia que el estable ha generado en sus instalaciones en los últimos 12 meses. Como se observa el factor de potencia oscila en un 85 % y el factor de carga en un 50% lo que representan oportunidades de ahorro latentes.

Tabla 1. Porcentajes de ahorro de energía

	COSφ <sub>1</sub>					
	0.70	0.75	0.80	0.85	90	95
de COSφ <sub>1</sub> a 0.90	39.5	30.55	20.9	10.80	-----	-----
de COSφ <sub>1</sub> a 0.95	45.7	37.67	29.1	19.94	10.9	-----
de COSφ <sub>1</sub> a 0.97	47.92	40.2	31.1	23.21	13.9	4.09

La tabla 1 estima los porcentajes de ahorro de energía por pérdidas en potencia para distintos valores del FP una vez que se ha corregido [4].

La figura 7 describe el comportamiento del consumo de energía eléctrica en kWh y kVarh (kilo-Watts Hora, kilo-Volts-Amper-Reactivos Hora) durante el período a analizar. La figura muestra un consumo considerable de energía reactiva (kVarh) lo cual se traduce en un factor de potencia bajo (85% en promedio), dichos reactivos pueden suplirse mediante un banco de capacitores y no tomarlos de la red.

Esto como ya se explicó anteriormente mejora el FP con sus consecuencias favorables [8].

En la fórmula que definen las “Demandas facturables”, el símbolo “máx” significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Precio Unitario:

$$PU (\$/kWh) = F / (EP + EI + EB) \quad (6)$$

El cliente busca reducir su factura, para lo cual debe tratar de disminuir DF (demanda facturable kW) y la energía consumida total kWh. También puede buscar la reducción de su precio unitario, aumentando FC (factor de carga), y mejorando el factor de potencia del sistema eléctrico [9].

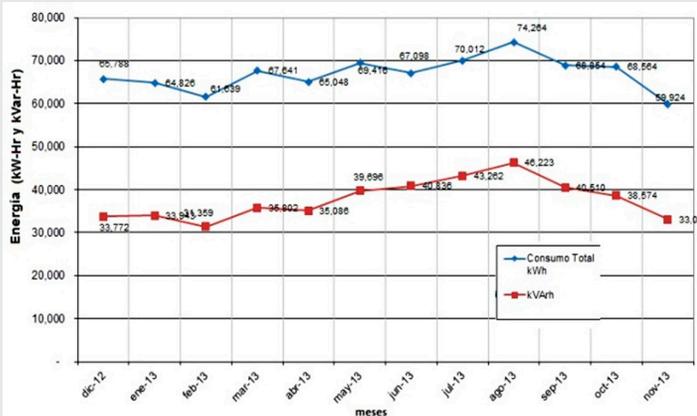


Fig. 7. Consumo histórico de energía eléctrica (Kwh, Kvarh)

### Oportunidades de ahorro en la facturación

Se muestra la fórmula de la factura en la tarifa HM de media tensión que utiliza CFE para facturar los recibos de pago [10]:

$$F = CD * DF + CEP * EP + CEI * EI + CEB * EB + CBFP \quad (4)$$

- CD= Cargo por Demanda (\$/Kw)
- CEP= Cargo por Energía de Punta (\$/kWh)
- CEI= Cargo por Energía Intermedia (\$/kWh)
- CEB= Cargo por Energía de Base (\$/kWh)
- DF= Demanda Facturable (KW)
- EP= Energía consumida de punta (kWh)
- EI= Energía consumida Intermedia (kWh)
- EB= Energía consumida de Base (kWh)
- CBFP= Cargo por bajo Factor de Potencia
- F= Factura

Demanda Facturable.- Se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI * \max(DI - DP, 0) + FRB * \max(DB - DPI, 0) \quad (5)$$

- DP= Demanda máxima medida en el periodo de punta.
- DI= Demanda máxima medida en el periodo intermedio.
- DB= Demanda máxima medida en el periodo de base.
- DPI= Demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio.
- FRI, FRB= factores de reducción que tendrán los siguientes valores:

$$FRI = 0.300 \quad FRB = 0.150$$

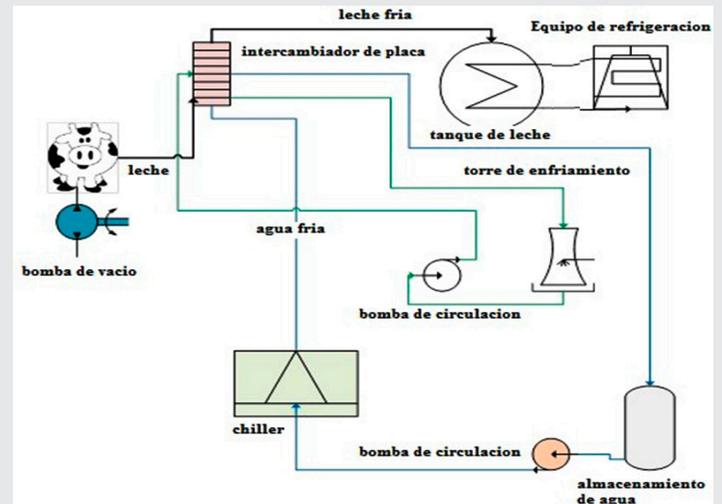


Fig. 8. Proceso de ordeña, enfriamiento y almacenaje de leche

### Proceso de ordeño, enfriamiento y almacenamiento de la leche en establo

En la figura 8 se muestra el proceso de enfriamiento y almacenaje de la leche. Para el enfriamiento de la leche se utiliza un intercambiador de calor de placa que realiza el enfriamiento en dos etapas, la primera utilizando una torre de enfriamiento lleva a la leche de una temperatura de 37°C a 16°C, y para la segunda etapa se utiliza un sistema de enfriamiento tipo chiller para llevar a la leche a la temperatura de 2°C. La leche es almacenada en tanques de enfriamiento los cuales utilizan un sistema de refrigeración para mantener la temperatura de la leche. El agua procedente del intercambiador de calor es enviada a la torre de enfriamiento y al tanque de inicio en ciclos separados.

### Equipos con alto consumo de energía y Mediciones eléctricas

A continuación se muestran los equipos altos consumidores de energía que se reconocieron en el establo, entre los cuales se encuentran las bombas de pozo profundo (3 bombas), las bombas de vacío (2 bombas), las bombas de agua para el chiller (2 bombas), el chiller, el intercambiador de calor, el compresor y los enfriadores (12 enfriadores).



Fig. 9. Bomba No.1 de pozo profundo de 100 HP



Fig. 12. Compresor del Chiller 30 HP



Fig. 10. Bombas de vacío 30 HP cada una



Fig.13. Compresor de 10 HP



Fig. 11. Bombas de agua para el chiller

En las visitas que se realizaron al estable se registró y midió el consumo de energía eléctrica en los equipos que se determinaron como mayores consumidores de energía, los cuales fueron: el chiller, la bomba de pozo profundo, las bombas de vacío, los enfriadores, el compresor, y las bombas de agua para el chiller.

Se realizaron las mediciones de consumo de energía así como las variaciones de voltaje, mediciones de potencia y presencia de armónicos en el sistema eléctrico. Se tomó una medición en el centro de carga principal para comparar los datos del último recibo contra los datos del analizador de la calidad de la energía. Fig. 14.



Fig. 14. Mediciones en el centro de carga general

En la figura 15 se muestra el factor de potencia en cada una de las fases así como el factor de potencia total, medido en el centro de carga general. Como se observa el FP (factor de potencia) es de 0.88 lo que representa además de una penalización por parte de CFE, una baja eficiencia del sistema debido a las pérdidas de potencia que el bajo FP representa. También se muestran los consumos de potencia instantáneos.

POTENCIA Y ENERGÍA				
	A	B	C	Total
kW	19.36	21.31	26.78	67.45
kVA	20.97	26.60	28.78	76.97
kvar	8.05	16.08	10.71	34.78
PF	0.92	0.80	0.93	0.88

12/18/13 11:29:52 230V 60Hz 3Ø WYE ENS0160

Fig. 15. Valores de las mediciones

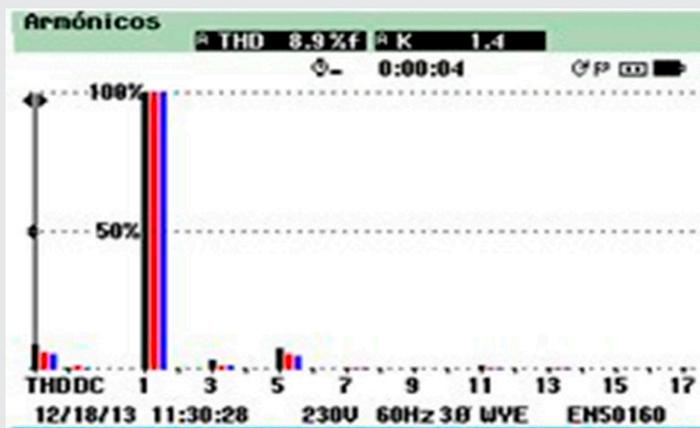


Fig. 16. Armónicos de corrientes registrados

La figura 16 ilustra los armónicos presentes en el sistema de potencia. Como se observa, la distorsión armónica total de corriente es del 8.9 %, el cual es un porcentaje no significativo considerando el estándar IEEE 519 [6], el cual establece criterios sobre la medida de la calidad de la energía eléctrica ante diferentes fenómenos que la degradan, siendo el THDI del 5%. Se descarta por lo tanto contaminación grave del sistema por corrientes armónicas generadas por cargas no lineales.

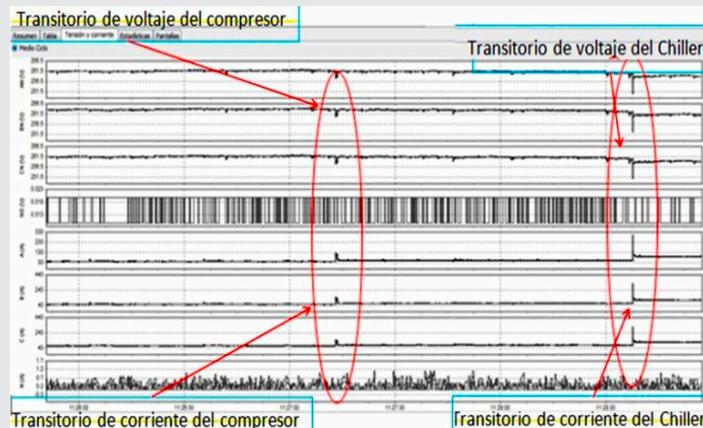


Fig. 17 Transitorios de voltaje y de corriente del compresor y chiller

La figura 17 ilustra los transitorios de voltaje y de corriente del motor del compresor neumático (10 HP) y del compresor del chiller (30 HP) en la que se observan los picos de corriente de cada uno de ellos (130 A y 270 A respectivamente) siendo considerablemente altos principalmente el del chiller, equipo en el que por su elevada frecuencia de arranque y paro (períodos aproximados de arranque de 3 minutos y paro de 7 minutos), se presentan picos de potencia que se reflejan en la demanda facturable.

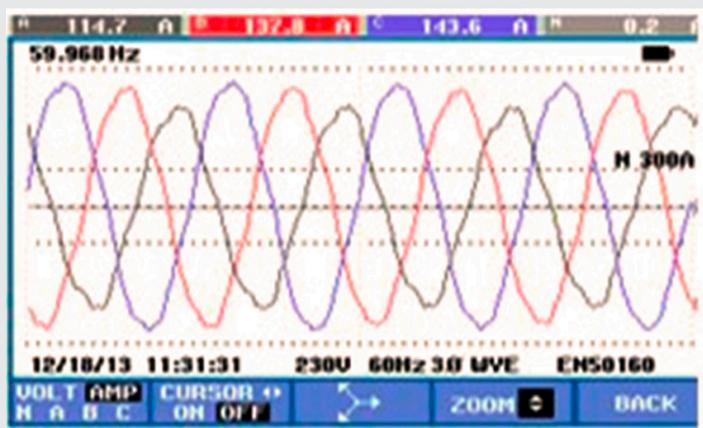


Fig. 18. Forma de onda de la corriente en el centro de carga principal

La figura 18 muestra la forma de onda de la corriente medida en el centro de carga principal, en la que se observa poca distorsión (como se comprobó en la figura 16 donde se registran los armónicos de corriente). Estas distorsiones son de poca magnitud y no ocasionan una gran distorsión en la forma de onda senoidal.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se analizó el sistema eléctrico de potencia de un establo de producción lechera, identificando los principales equipos de mayor consumo de potencia eléctrica, siendo estos: tres bombas de pozo profundo con motores eléctricos de 125 HP cada una, siendo independientes entre sí ya que cada una cuenta con su propio transformador y están ubicadas en un radio de 1.5 km. Respecto a las tres bombas, el problema detectado es el bajo factor de potencia en cada una de ellas (0.75 aproximadamente), sin embargo las bombas están extrayendo en promedio 6 litros por segundo de agua, aunque se corrigiera el factor de potencia la ineficiencia y desperdicio de energía no se podría compensar en estos gigantescos motores de 125 HP cada uno.

Por otro lado en el sistema eléctrico de potencia (SEP) del establo, se detectó equipo alto consumidor de energía y aunque el sistema no tiene problemas de distorsión armónica, si tiene un bajo factor de potencia (0.85) en promedio, y un factor de carga que no supera el 55 %, aunado al problema de la alta e intermitente demanda de potencia que requiere el equipo del chiller para enfriar la leche antes de almacenarla.

La conexión continua en periodos cortos de los principales equipos consumidores en este caso el chiller, representa una variación muy fuerte de la demanda eléctrica, además como se mencionó, el bajo factor de potencia son dos de los principales problemas de facturación por energía eléctrica.

El control de la demanda eléctrica es una oportunidad de ahorro económico muy rentable [5], ya que actualmente el cargo por demanda es de un 20 a un 30% de la facturación de energía eléctrica.

Se recomienda coordinar la operación de los equipos en función del proceso de producción, es decir, tener un arranque escalonado de los equipos a fin de evitar los picos de cargas innecesarias por el hecho de arrancar varios equipos al mismo tiempo. De manera automática, programar los equipos a través de dispositivos electrónicos o mecánicos para controlar los picos de demanda.

Revisar el estado físico de los equipos de ordeño, tanto en el aspecto eléctrico como mecánico, ya que la revisión periódica por los trabajadores o por

personal calificado a motores, máquinas y otros elementos mecánicos, son tareas que quedan relegadas a un segundo plano o sencillamente olvidadas. Se trata de acciones que parecen poco rentables y no ausentes de una sensación de pérdida de tiempo, pero cuando los equipos comienzan a dar problemas, generan siempre una interrupción de la producción y reparaciones mucho más costosas.

Además se recomienda aislar las tuberías que conduzcan los fluidos fríos (tanto de refrigerante como de agua), para disminuir las pérdidas de energía sobre todo en la temporada de calor.

La instalación de un banco de capacitores para compensar los reactivos puede tener un retorno de inversión muy corto, debido al ahorro que se obtiene al evitar los cargos por bajo factor de potencia en el recibo de energía eléctrica.

La última recomendación, y no menos importante, es darle seguimiento al sistema de eficiencia energética, es decir, programar revisiones, estudios y análisis no solo a los equipos de ordeña y bombeo, sino a todo lo que requiera de energía en el establo.

El presente trabajo muestra los resultados de la auditoría energética realizada al establo, sin embargo debido al convenio de colaboración con las diferentes empresas participantes, los autores no tuvieron la posibilidad de verificar los cambios y resultados obtenidos con las recomendaciones señaladas. Tómese en cuenta que el trabajo se realiza dentro de un proyecto vinculado con diferentes empresas de la región, siendo definidas las responsabilidades de cada participante con anterioridad.

## REFERENCIAS

[1] *Power Quality in Power Systems and Electrical Machines (Second Edition)*, 2015, Pages 1-104  
Mohammad A.S. Masoum, Ewald F. Fuchs

[2] *Ingeniería, Investigación y Tecnología Volume 16, Issue 2, April-June 2015, Pages 239-251*,  
Livas-García Adrián

[3] *Francisco C. de la Rosa, Harmonics and Power Systems. Taylor and Francis Group, 2006, ISBN: 0-8493-3016-5.*

[4] *Simple indicators for an effective Power Quality monitoring and analysis*, Ignatova, V. Schneider Electr., Grenoble, France Villard, D. ; Hypolite, J.-M. June 2015, ISBN: 978-1-4799-7992-9

[5] *CFE Especificación CFE L0000-45: "Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica"*, CFE México, Enero 2005.

[6] *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, IEEE std 519-1992, IEEE Press.

[7] Gómez, G. A., Carreño, J. C., & Zambrano Caviedes, J. (2011). *Herramienta de software para el pronóstico de demanda horaria de potencia eléctrica en el sistema eléctrico de codensa S.A. ESP*. *Revista Tecnura*, 15(28).

[8] Gómez, V.A., Pena, R.A. & Hernández, C. 2012, "Identificación y localización de fallas en sistemas de distribución con medidores de calidad del servicio de energía eléctrica", *Información Tecnológica*, vol. 23, no. 2, pp. 109.

[9] Rodríguez Ibáñez, M.Á., sustentante, Cortés Rosas, J.J., asesor, institución que otorga el título & Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. (2009). *Administración de la demanda eléctrica: propuesta de tarifas horarias*.

[10] Velasco Fuentes, E.A., sustentante, Reyes Mejía, I., sustentante, Barranco Castellanos, B., asesor, entidad participante, institución que otorga el título, Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón & Universidad Nacional Autónoma de México.(agosto 2013) *Diagnóstico energético para aumentar el factor de potencia y elaboración de propuesta de cambio de tarifa de OM a HM, con demanda media mensual de 122 kw para reducir el cobro en la facturación de energía eléctrica*.

[11] Hernández, Joel (10/2010). *Eficiencia energética, potencial de negocio: Según APC by Schneider, el manejo adecuado de la energía por medio de políticas adecuadas y soluciones robustas es una opción para los integradores de TIC*. Informe Académico no. 913. Know-How Editores SA de CV.



**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

---

**Ingeniantes**

*Instituto Tecnológico Superior de Misantla*

# Implementación de equipo de ruta solar didáctico para optimizar la captación solar fotovoltaica



## Colaboración

Eleazar Campero Ángeles; Ignacio Ventura Cruz; Galindo Martínez Karol; Gustavo Yáñez López, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

**RESUMEN:** el presente trabajo reporta el desarrollo de un equipo de ruta solar didáctico para optimizar la captación solar fotovoltaica. Para ello se consideraron algunos aspectos como las coordenadas terrestres del seguidor y los movimientos que presenta el planeta con respecto al Sol, los cuales son predecibles. Sin embargo, al momento de precisar las coordenadas celestes del seguidor solar respecto a nuestro plano terrestre en un momento específico del año, es necesario recurrir a un análisis más profundo, dicho análisis se llevó a cabo mediante un algoritmo matemático que se desarrolló en el software Matlab<sup>®</sup> y se probó en un equipo PLC. Obteniendo un seguidor solar acimutal, activo, de sistemas fotovoltaicos concentrados a dos ejes controlados por sistemas a lazos abiertos, el cual se utilizará para la realización de prácticas de la materia de Energía Solar Fotovoltaica del ITESHU.

**PALABRAS CLAVE:** Seguidor solar didáctico, algoritmo solar, energía solar fotovoltaica, acimutal activo, Seguidor solar de dos ejes.

**ABSTRACT:** This work reports the development of a training team Solar route to optimize photovoltaic solar collection. To do some aspects as terrestrial coordinates of the tracker and movements that presents the planet to the Sun, which are considered predictable. However when specifying celestial coordinates of the solar tracker regarding our earth plane at a specific time of year, you need to resort to further analysis, this analysis was carried out using a mathematical algorithm that was developed in the Matlab software<sup>®</sup> and it tested on a PLC computer. Obtaining an azimuth, active solar tracker concentrated photovoltaic systems along two axes controlled by open loops systems, which are used for the experiments of matter Photovoltaic Solar Energy ITESHU

**KEYWORDS:** Educational solar tracker, solar algorithm, photovoltaic solar energy, active azimuthal solar tracker with two axes.

## INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta está sufriendo diversos cambios climáticos y desastres naturales ocasionados principalmente por la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmosfera, por lo que es importante fomentar la conciencia medioambiental y el uso de las energías renovables, principalmente la energía solar, ya que el Sol es el principal generador de vida en nuestro planeta, sin los rayos luminosos que el Sol provee, no se presentarían las condiciones adecuadas para preservar nuestras vidas, desde la prehistoria el hombre ha visto la forma de aprovechar las bondades que el Sol genera en su beneficio.

Actualmente es posible aprovechar los avances tecnológicos para incrementar los beneficios que el sol ofrece, un claro ejemplo son los satélites que hoy en día rodean nuestro planeta, y que son utilizados para las telecomunicaciones mundiales, los cuales funcionan gracias a la energía solar fotovoltaica por medio de los paneles solares que estos incluyen.

Los datos de irradiación solar mundial indican que si se aprovechara eficientemente toda la energía que proviene del sol, podríamos cubrir todas las necesidades energéticas que tenemos, sin necesitar de ninguna otra fuente de energía adicional.

La energía solar puede emplearse en diversas aplicaciones, una de éstas es un seguidor solar, el cual es un dispositivo mecánico capaz de orientar un grupo de paneles solares para que permanezca lo más perpendicular al Sol, siguiéndolo desde su alborada en el este hasta su puesta en el oeste.

Los factores físicos que afectan la cantidad de energía del sol incidente sobre una superficie son: latitud geográfica, día y mes del año (horas de sol), condiciones climatológicas y grado de contaminación; así mismo, existen factores que afectan la eficiencia del panel solar fotovoltaico, como son el sombreado parcial, los diversos ángulos generados por la geografía solar, entre otros. Estos ángulos son: ángulo horario, altitudinal, cenital, acimutal y de declinación solar; de los cuales el altitudinal y el acimutal definen la posición del sol en el horizonte [1]. El ángulo altitudinal ( $\alpha$ ), se define como el ángulo entre el plano horizontal y el rayo solar; mientras que el ángulo acimutal ( $\psi$ ), se describe como el ángulo entre las proyecciones de un rayo del Sol y una línea orientada del Norte al Sur, sobre el plano horizontal [2].

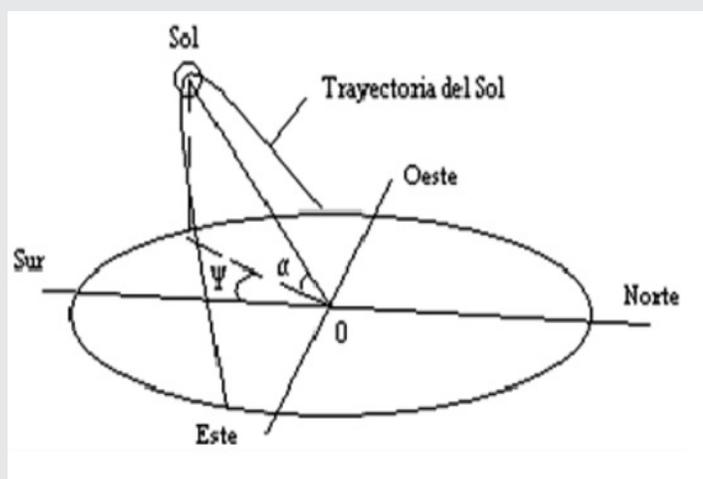


Figura 1. Posición del sol en función de la altura y el acimut solar.

Matemáticamente la posición del sol respecto al horizonte se puede determinar con las siguientes fórmulas [4]:

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin \delta \cdot \sin \phi + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos(TSV \cdot 15))$$

Ec. (1)

$$\psi = TSV \cdot \cos^{-1} \left( \frac{\sin \alpha \cdot \sin \phi - \sin \delta}{\cos \alpha \cdot \cos \phi} \right)$$

Ec. (2)

El tiempo solar verdadero (TSV) es el ángulo horario del centro del sol expresado en horas y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$TSV = \frac{\omega}{15} = \frac{-\cos^{-1}(-\tan \delta \cdot \tan \phi)}{15}$$

Ec. (3)

Para aumentar la eficiencia de un panel solar fotovoltaico, logrando el máximo grado de conversión de energía, este debe ubicarse de forma perpendicular a los rayos incidentes sobre la superficie en las horas de sol, por lo cual se hace necesario el uso de un seguidor solar, el cual es un sistema que se compone de elementos mecánicos, electrónicos e informáticos. Los seguidores solares que existen actualmente se basan en sensores de luz para determinar la posición del Sol y en la realización de cálculos para detectar la ubicación del sol en determinado momento. Así también existen seguidores solares que varían por su mecanismo de funcionamiento, y se clasifican por su:

- Sistema de actuación
- Tipo de sistema fotovoltaico
- Configuración del sistema
- Sistema de coordenadas usado para ubicar la posición aparente del Sol
- Sistema de control

**De acuerdo al sistema de actuación:**

**Seguidores pasivos:** Es aquel que se mueve en respuesta a un desbalance de presión entre dos puntos en los extremos del seguidor solar; es decir, aquel que usa un gas comprimido de bajo punto de ebullición, el cual es conducido hacia un lado o hacia otro, según sea calentado por la luz incrementando la presión en el gas [3]. Figura 2a.

**Seguidores activos:** estos dispositivos usan mecanismos en diversas configuraciones para ubicar los paneles en la posición deseada. Es decir, es aquel que utiliza motores eléctricos, brazos electromecánicos con engranajes o tornillos sin fin, los cuales son controlados por un circuito electrónico; este tipo de seguidor debe estar energizado ya sea por una fuente externa al sistema fotovoltaico o por este mismo [3]. Figura 2b.

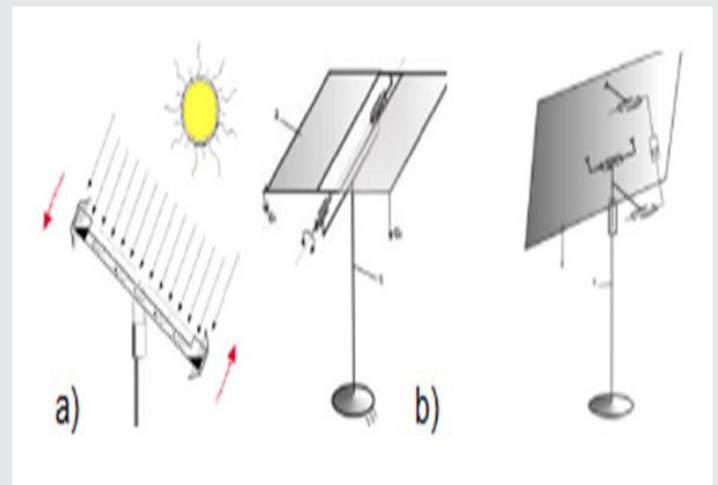


Figura 2. Tipos de seguidores, a) pasivo, b) activo

De estos el seguidor solar activo es más preciso, siendo el seguidor pasivo un tanto impreciso [2].

Por el tipo de sistema fotovoltaico que realiza la conversión de energía solar a eléctrica, se clasifican en:  
 Seguidor de sistemas fotovoltaicos concentrados: estos requieren que la componente de la luz directa esté concentrada en un punto específico, y por lo tanto debe estar orientado con la mayor precisión posible.

Seguidor de sistemas fotovoltaicos no concentrados: estos se usan para minimizar el ángulo de incidencia entre la luz incidente y la normal de los paneles, para producir la mayor cantidad de energía. No requieren mucha precisión.

De acuerdo con la configuración del sistema, existen también dos clases de seguidores, de uno y de dos ejes:  
 Los seguidores de un eje: estos giran diariamente sobre un solo eje, del Este al Oeste. De manera que el eje relacionado con el ángulo de altitud debe ajustarse con cada estación del año. Su precisión es menor; figura 3a.

Los seguidores de dos ejes: estos realizan dos movimientos, combinándolos de tal forma que pueden seguir la trayectoria del sol de manera precisa todo el año [5]. Son más eficientes y precisos que los de un solo eje; figura 3b.

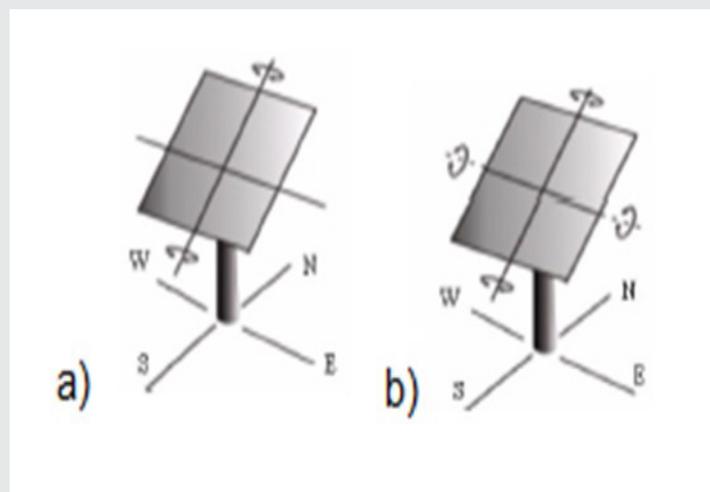


Figura 3. Tipos de seguidores, a) De un eje, b) de dos ejes

De acuerdo con el sistema de coordenadas usado para ubicar la posición aparente del Sol (y la secuencia en que se llevan a cabo las rotaciones), los seguidores de dos ejes se pueden dividir además, en:

**Seguidores acimutales:** los cuales combinan una rotación alrededor de un eje vertical, con otra rotación realizada sobre un eje horizontal. Usan el sistema acimutal (local) y los ángulos acimut  $\psi$ , y altitud  $\alpha$ . Sus ventajas son una buena exactitud y estabilidad estructural. Una importante desventaja es el hecho de que los movimientos de sus ejes no son independientes, por lo que deben ser simultáneos; figura 4a.

**Seguidores ecuatoriales:** los cuales cuentan con dos ejes de movimiento independiente, perpendiculares entre sí, lo que representa una ventaja, dado que sus movimientos no necesitan ser simultáneos. Usan el sistema ecuatorial (global) y los ángulos de declinación  $\delta$ , y horario  $\omega$ . En este tipo de seguidores se presentan problemas constructivos debido a la secuencia en la que se generan sus movimientos, lo que representa una desventaja; figura 4b.

**Seguidores pseudo-ecuatoriales:** los cuales se derivan de los del tipo ecuatorial, con el orden de las rotaciones invertido, por lo que no presentan los problemas constructivos de los ecuatoriales. Por otro lado, sus movimientos también son independientes y no necesitan ser simultáneos. Por lo tanto tienen la ventaja de ser sistemas más estables y son más usados que los ecuatoriales; figura 4c.

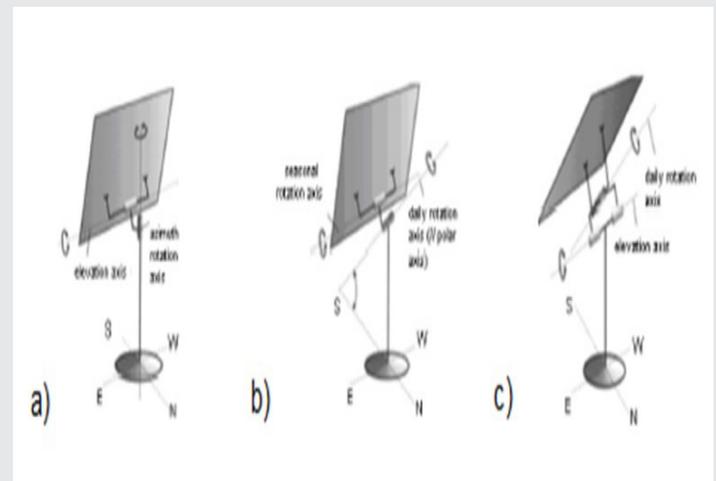


Figura 4. Tipos de seguidores solares, a) acimutales, b) ecuatoriales, c) pseudo-ecuatoriales

De acuerdo con el sistema de control, se pueden mencionar los siguientes tipos de seguidores:  
 Controlados con lazos cerrados: Las más comúnmente usados, que consisten en el uso de sensores para determinar la posición del Sol, los que a su vez envían señales eléctricas al controlador, y éste a los motores.

Controladores con lazos abiertos: Basados en algoritmos matemáticos con valores predefinidos de la posición del sol, para una determinada ubicación geográfica.

El objetivo de este trabajo es diseñar un equipo de ruta solar didáctica para el desarrollo de habilidades para la experimentación, mediante la creación de un algoritmo matemático que determine la posición solar y sea capaz de seguir el ciclo de la ruta solar anual para optimizar la captación de energía solar fotovoltaica.

De acuerdo a estudios previos el mejor aprovechamiento de los paneles solares fotovoltaicos está en la posición de ellos con respecto al sol con un ángulo de noventa grados, es su punto ideal con respecto al sol para obtener la mayor cantidad de energía disponible y ocupando para el movimiento mecánico de operación con la menor energía posible.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

En el presente trabajo se desarrolló un equipo de ruta solar didáctico para optimizar la captación solar fotovoltaica, así como para la realización de prácticas desarrolladas en la materia de energía solar fotovoltaica impartida en el Instituto Tecnológico Superior de Huichapan (ITESHU).

Se desarrolló un proceso de acuerdo al siguiente diagrama:

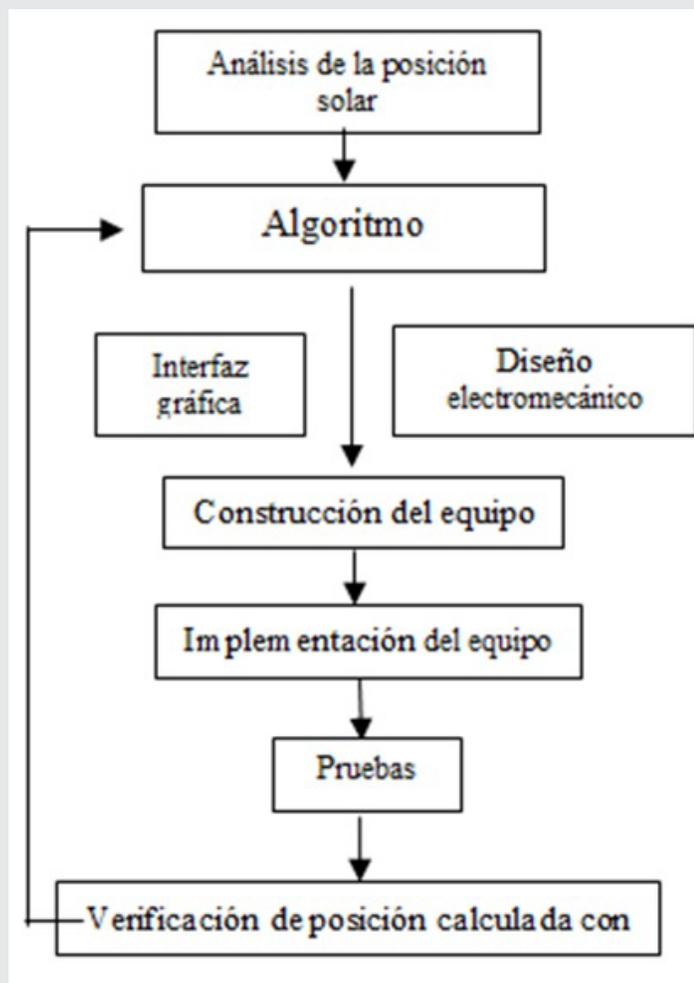


Figura 5. Proceso de desarrollo del equipo de ruta solar didáctico para la optimización de la captación solar fotovoltaica

La posición solar se determinó por medio del cálculo de los ángulos acimut, para eso se trazó la gráfica de ruta solar anual, mostrada en la figura 6, con el software Sun Earth Tools y se comparó con la obtenida en un algoritmo adaptado para obtener el ángulo acimut y el ángulo de elevación a partir de la fecha proporcionada al algoritmo.

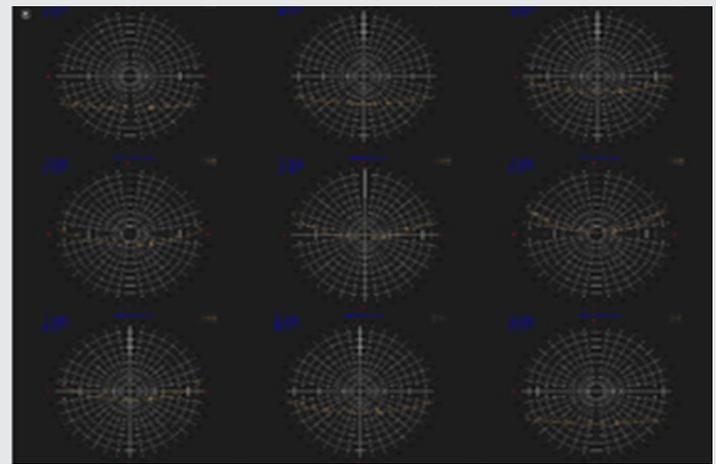


Figura 6. Grafica de ruta solar anual

El cuál se desarrolló en el software MatLab y se instaló en un equipo de PLC, resultando así la interfaz gráfica mostrada en la figura 7.

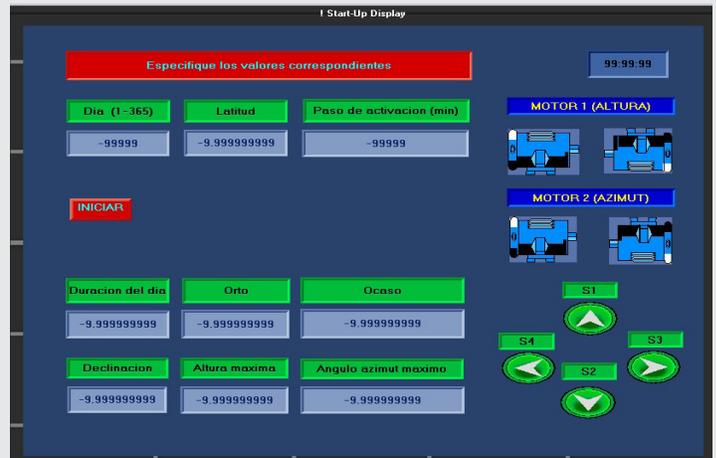


Figura 7. Interfaz grafica

El algoritmo del seguidor solar se desarrolló en el diagrama de escalera del PLC quedando de la siguiente manera el cual cumple las características de la figura anterior para su correcto funcionamiento, figura 8:

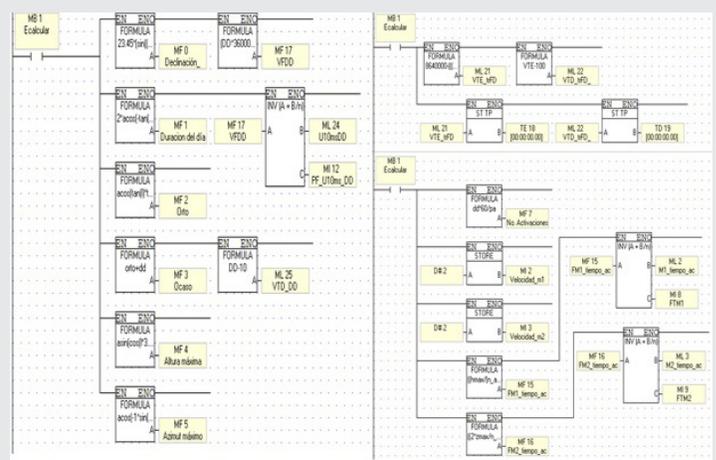


Figura 8: Diagrama de programación en escalera

La estructura del equipo se diseñó en un software CAD como se muestra en la figura 9.

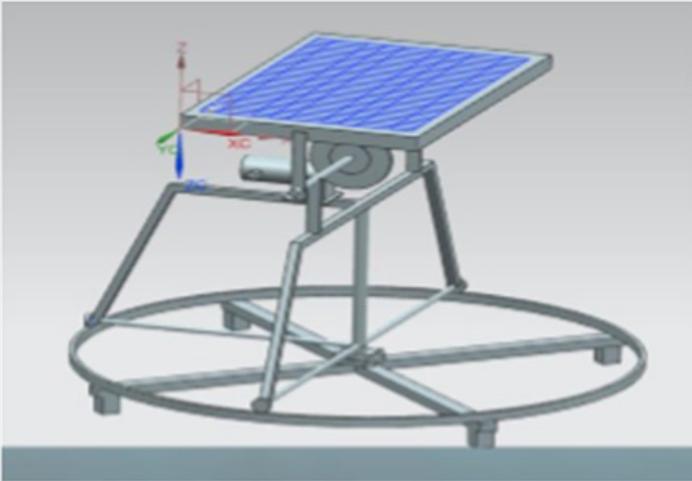


Figura 9. Diseño mecánico del equipo

Para el movimiento de los grados acimut del mecanismo se utilizó un eje vertical soportado sobre una estructura metálica en forma circular que servirá como riel y tracción. Como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Eje vertical que soporta al mecanismo

Para la tracción del movimiento se acopló un motorreductor de corriente alterna de 1/8 de hp a 127 volts, con Catarina acoplada a una cadena fija la cual está en la estructura circular como se muestra en la figura 10a. Para el movimiento de elevación se utilizó un mecanismo similar al motorreductor de C.D. con transmisión reductora de cadena para hacer los movimientos más lentos y tener una posición más exacta en el Angulo deseado, figura 10b.



Figura 11. Mecanismo a) acoplado para la tracción, b) movimiento de elevación

El diseño final del prototipo equipo de ruta solar didáctico para optimizar la captación solar fotovoltaica queda como a continuación se muestra en la figura 12:



Figura 12: Diseño del prototipo final, a) Estructura mecánica, b) funcionamiento del sistema de control con PLC

En la figura 12a, se muestra la estructura mecánica que va a soportar la celda fotovoltaica para hacer el seguimiento solar y en la figura 12b, se visualiza el funcionamiento del control implementado en el PLC de acuerdo al algoritmo de programación para la optimización de la ruta solar, de acuerdo a la posición del lugar donde se va a poner en funcionamiento.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Del presente trabajo se obtuvo la ficha técnica del equipo, el manual de operación y el manual de prácticas.

Para analizar los resultados del equipo se llevaron a cabo diversas pruebas, entre ellas están: mecánicas, para verificar los movimientos de los ejes horizontal y vertical, para los grados azimut y elevación; pruebas eléctricas, como son: arranque de motores, toma de

corriente, medición de tensión y potencia; pruebas de control para el accionamiento de entradas y salidas de las señales del programador lógico, de acuerdo a la secuencia de proceso.

Finalmente se comparó la posición calculada del seguidor, respecto a la real; con la finalidad de verificar el proceso y hacer los ajustes necesarios.

En el trabajo se obtuvo un equipo de ruta solar didáctico para optimizar la captación solar fotovoltaica.

Se realizó debido a la falta de equipo para realizar prácticas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables.

Con el equipo implementado se realizaron pruebas en las cuáles los alumnos compararon los resultados obtenidos a partir de cálculos analíticos con los resultados arrojados por el prototipo, comprobando así que ambos son aproximados.

#### REFERENCIAS

[1] García C. O. (2009). *Diseño de un seguidor solar (Tesis)*. Madrid, España.

[2] González M. J. M. (2012). *Diseños de los mecanismos para un seguidor solar pseudo-ecuatorial (Tesis)*. México.

[3] Guardado G. D. H. Rivera, Ch. V. F. (2012). *Implementación de seguidor solar en dos ejes para el sistema fotovoltaico de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UES (Tesis)*. Ciudad Universitaria, El Salvador.

[4] Herrera M. J. I., Molina P. N. G. (2010). *Diseño, análisis e implementación de un sistema de control para seguimiento solar en dos ejes (Tesis)*. El Salvador, Centro América.

[5] Ozuna G., Anaya M., Anaya C. (2010). *Diseño y elaboración de prototipo seguidor solar de dos grados de libertad para celdas fotovoltaicas*. Revista Epistemus. No. 9, Universidad de Sonora. México.



# Tierra, Medio Ambiente y Energía

# Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

# Elaboración de papel ecológico empleando estiércol de ganado bovino



## Colaboración

Rosalinda Escamilla Ramírez; Dulce María Clemente Guerrero  
Cristian Morán Muñoz; Josué Oseguera Reyes, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio; Orquídea Sánchez López; Ignacio Hernández Castillo, Universidad Tecnológica de la Mixteca

**RESUMEN:** En este artículo se propone una innovadora forma de elaborar papel ecológico a partir de estiércol de ganado bovino, con lo cual se aprovechan las fibras que el animal consumió y digirió. Aprovechando este desecho del ganado bovino se forma una materia prima similar al producto que se obtiene en las plantas procesadoras de pulpa de papel, a la cual se le añade un aglutinante para dar mayor flexibilidad y resistencia, y cumplir con las características físicas del papel. La cantidad del aglutinante se obtuvo a partir de tres formulaciones con diferentes materiales; el ingrediente base se mezcló con cada formulación para elaborar papel ecológico, y se evaluaron las características antes mencionadas, obteniendo un sustituto ecológico para diversas aplicaciones en donde se emplee papel.

**PALABRAS CLAVE:** Papel ecológico, Estiércol de ganado bovino, papel reciclado, aglutinante, pulpa, flexibilidad.

**ABSTRACT:** This article proposes an innovative way to develop ecological paper made of manure from cattle. The fibers consumed and digested by this animal, and using this waste from cattle similar to the product obtained in processing pulp plants, where paper is produced. A raw material is obtained from this squandering, this material is processed using a binder to give greater flexibility and strength, and meet the physical characteristics of paper. The amount of the binder was obtained from three formulations with different materials; the base ingredient mixed with each formulation to create ecological paper, the previous characteristics were evaluated, obtaining an ecological substitute for different applications where paper is used.

**KEYWORDS:** Ecological paper, cattle manure, recycled paper, binder, pulp, flexibility.

## INTRODUCCIÓN

En esta investigación se desarrolló un papel ecológico, el cual es un producto con valor agregado, amigable con el medio ambiente, que representa una alternativa para aprovechar los desechos generados en las ciudades y disminuir la contaminación. El agua también es un elemento imprescindible en la fabricación de papel, donde existen numerosas fuentes de contaminación de las aguas [7]. Existen estudios recientes en los cuales se aprovechan los desechos de papel para la creación de composta, como los desarrollados en [10], donde se creó una composta con residuos de papel y abono de vaca usando la lombriz rastreador *Eudrilus eugeniae* en África. Por otra parte, en [1] se desarrolló también una composta usando papel de desecho y abono utilizando la lombriz *Eisenia fetida* epigeos en la India.

En la actualidad, la recolección de residuos sólidos ha adquirido gran importancia en todo el mundo, sin embargo, el transporte y almacenaje de los desechos generan altos gastos para su posterior tratamiento

y reciclaje [5]. Para disminuir el daño ocasionado al medio ambiente, se está optando por elaborar papel usando alternativas no maderables, ocupando materiales como los desechos de la cáscara y penca del plátano y la creación de celulosa nanofibrilada (NFC) a partir de la pulpa blanqueada del eucalipto.[3,4,1]

Por otro lado, actualmente la empresa Poo Poo Paper está elaborando papel con estiércol de elefantes [9]. En [6] se describe el proceso para fabricar un papel exótico utilizando como materia prima las heces de los paquidermos. Los elefantes se alimentan de plantas verdes que contienen gran cantidad de materia fibrosa, sin embargo, sus sistemas digestivos no son totalmente eficientes y toda esta fibra termina casi intacta en sus heces. Es por ello que análogamente en la presente investigación se plantea el uso del estiércol de ganado bovino para elaborar papel, ya que es una especie que abunda en la localidad de Acatlán de Osorio, Puebla y sus alrededores.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

El proyecto se realizó en el Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, en el Laboratorio de Ingeniería de Métodos y el Taller de Industrias Alimentarias, y las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura y en el Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Para la realización de las formulaciones se trabajó con tres métodos de tamizado, así mismo se evaluó de flexibilidad y resistencia de manera práctica del producto final.

Con el objetivo particular de realizar un estudio exploratorio se determinaron las formulaciones necesarias para que cumplan con las características y las normas de calidad requeridas para su utilización en láminas de papel dentro de la industria del embalaje y para su uso como material didáctico.

La figura 1 esquematiza el proceso de elaboración de papel ecológico a partir de estiércol de ganado bovino por medio de un diagrama de operaciones del proceso, cuyo principal objetivo es mostrar la secuencia cronológica de las operaciones, inspecciones y materiales que se usan en un sistema de producción [8], en este caso solo se describe de manera general los elementos que le agregan valor al producto terminado y se omiten por cuestiones de seguridad intelectual los tiempos que intervienen en cada una de ellas.

A continuación, se describen las actividades realizadas en cada uno de los elementos presentados en el diagrama de operaciones:

En el laboratorio se selecciona la materia prima que cumpla con los criterios de calidad en cuanto al secado y grado de madurez para el caso de los aglutinantes, cabe mencionar que los aglutinantes son residuos de plantas que se cultivan en la región y que no representa ningún daño al ecosistema, por otra parte, al utilizar el estiércol, éste pasa por un proceso de esterilización a alta temperatura que permite eliminar cualquier bacteria o microorganismo que habite en él, así mismo, elimina los malos olores que pudiera emanar de este.

**Esterilización EGB:** se realiza mediante un equipo de esterilización autoclave con capacidad de dos canastillas, situado en el taller de industrias alimentarias.

**Molido de ingredientes:** para este proceso se utiliza una licuadora industrial con capacidad de 12 litros con base de acero inoxidable y aspas templadas.

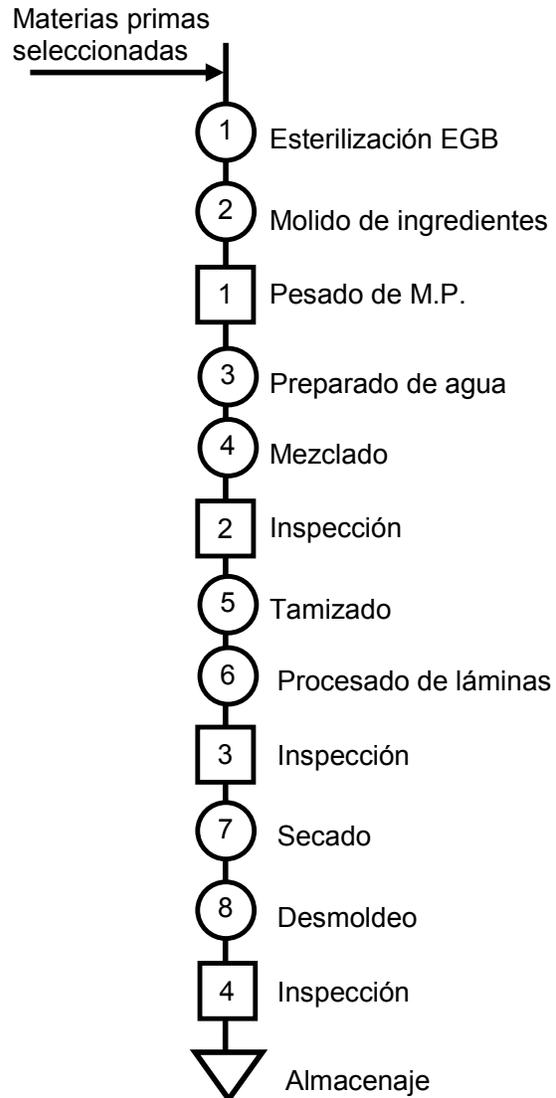


Figura 1. Diagrama de Operaciones del Proceso

**Preparado de agua:** se vacía la cantidad de agua requerida en una tina de plástico.

**Inspección:** para esta operación se hace uso de una balanza analítica y de precisión.

**Mezclado:** este proceso se lleva acabo de forma manual dentro de la tina de plástico, donde anteriormente, se preparó el agua necesaria y se mezcló con la pulpa preparada de EGB y el aglutinante correspondiente (figura 2).



Figura 2: Mezcla de ingredientes.

**Tamizado:** En el proceso de tamizado, se inicia con la elección y selección de las materias primas renovables a utilizar, estiércol de ganado bovino y los diferentes tipos de aglutinantes, este proceso se llevó acabo en bastidores de malla mosquitera con dimensiones de 35 cm X 55 cm. El tamizado inicia al mezclar la materia prima con el agua de donde se puede obtener hasta 100 láminas de papel de 35 x 55 cm y con grosor que varía en un rango de 0.400 mm a 0.500 mm. Por medio de los bastidores se logra dar forma a las láminas de papel y obtener únicamente la pulpa de la fibra de nuestras materias primas (figura 3).



Figura 3: Bastidores para láminas de papel

**Procesado de láminas:** de forma manual, al sumergir y sacar de la mezcla los bastidores por el operador.

**Secado:** El proceso de secado se realiza a través de la energía solar donde se deja reposar por un tiempo a temperatura ambiente en un lugar abierto y directamente a los rayos del sol, cabe mencionar que la región Mixteca tiene un clima favorable para el aprovechamiento de la energía solar.

**Desmoldado:** es hecho de forma manual por un operador.

**Inspección:** Posteriormente, se realizan las mediciones siguientes: masa base, resistencia a la ruptura y absorbencia, utilizando los equipos: balanza analítica, texturómetro manual y cronómetro digital, para cada prueba respectivamente, lo cual permite identificar la calidad del papel y su diversidad de usos como posible opción para la industria del embalaje.

**Almacenaje:** las láminas de papel se quedan en un área de almacén para su resguardo y protección.

En la tabla 1 se presentan las formulaciones de cada tipo de papel ecológico que fueron elaborados a partir de estiércol de ganado bovino y 4 diferentes productos naturales usados como aglutinantes que les proporciona adherencia, flexibilidad y resistencia, originando una pulpa fibrosa para la pasta que origina cada lamina de papel. Los nombres de los aglutinantes utilizados son omitidos por ser parte central de esta investigación.

**Formulación I (FI):** En la primera formulación se utilizó el estiércol de ganado bovino (EGB) y el aglutinante (A) para la preparación de la mezcla, en el proceso de tamizado se utilizó agua, sin embargo, con la pasta obtenida no se logró obtener la resistencia necesaria del papel debido a que su consistencia de la fibra era muy frágil al tacto. La función que realiza el aglutinante (A) es brindarle una textura para la pasta del papel. Para el proceso de secado de las láminas fabricadas se expusieron por un tiempo determinado de manera directa al sol para lograr un secado total y eliminar la humedad contenida en ellas.

Tabla 1. Formulaciones evaluadas.

Ingredientes	Formulación (gramos)		
	I	II	III
Estiércol de ganado bovino. (EGB)	100	100	100
Aglutinante (A)	50	50	50
Aglutinante (B)		50	
Aglutinante (C)			50
Aglutinante (D)			50

**Formulación II (FII):** En la formulación II se utilizó el EGB y los aglutinantes (A) y (B), en el proceso del tamizado se empleó el agua necesaria para lograr obtener una fibra más consistente. Se utilizó el aglutinante (B) con el propósito de que brindara mayor resistencia y flexibilidad a la lámina fabricada. Nuevamente, se expone directamente a los rayos solares durante un tiempo igual al de la primera formulación.

**Formulación III (FIII):** En la última formulación se mezcla EGB, aglutinante (A) y se descarta el aglutinante (B), pero para darle mayor resistencia se considera adicionarle el aglutinante (C) y el (D), debido a que en las dos primeras formulaciones este fue uno de los principales problemas. Se emplea el agua suficiente para darle mejor consistencia a la pulpa utilizada para elaborar la lámina de papel. El proceso de secado, dura el mismo tiempo que en las otras dos formulaciones exponiéndola al sol directamente.

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

En la figura 4 se puede observar las muestras elaboradas de cada una de las tres formulaciones de papel que se obtuvieron durante el desarrollo del presente análisis. De manera general, no se percibió algún olor en las muestras fabricadas, debido al proceso de esterilización al que fueron sometidas.



Figura 2. Muestras de papel ecológico.

Para medir la Masa Base se consideró el peso por unidad de área, siendo una característica fundamental del papel. Ésta es la expresión recomendada para peso base por la TAPPI (Technical Association for the Pulp & Paper Industry), descrita en los estándares T410. Este método describe el procedimiento para definir el “peso” por unidad de área del papel y cartón corrugado, también llamado “peso” o “gramaje”, las unidades métricas están expresadas en el sistema internacional, en las cuales el gramaje (masa por unidad de área) se expresa en g/m<sup>2</sup> [11].

En la figura 5 se presentan los valores obtenidos de los tres parámetros establecidos, masa base (g/m<sup>2</sup>), resistencia a la ruptura (Kgf), y absorbencia (s). En la figura 3A se observa la masa base de las formulaciones, con valores entre 118 g/m<sup>2</sup> y 164.4 g/m<sup>2</sup>, el valor más bajo corresponde a la FI y el más alto a la FII. Los valores de la resistencia a la ruptura se muestran en la figura 3B, se tiene que la FIII presenta mayor resistencia con 3.0 Kgf, mientras que la FI posee el valor más bajo de 1.6 Kgf. Finalmente, la figura 3C, muestra los valores de absorbencia, encontrándose valores entre 7.2 s y 40.4 s, siendo la FI la de mayor absorbencia.

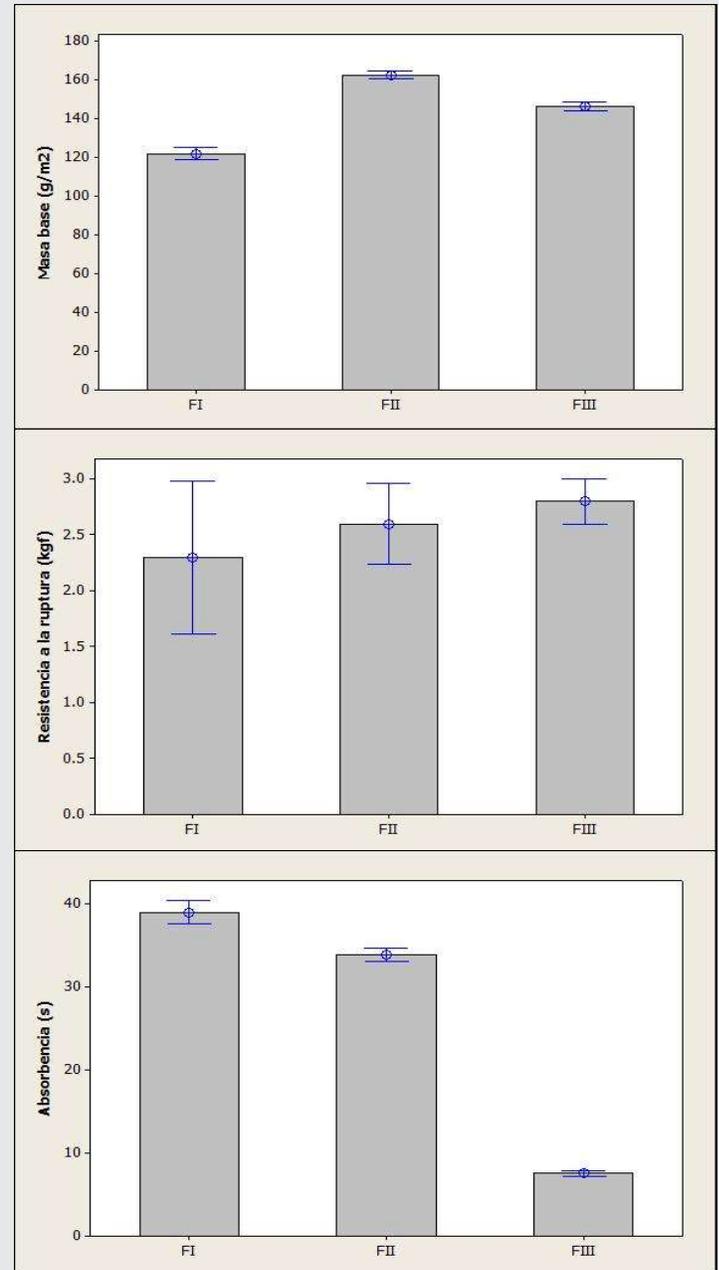


Figura 5. Parámetros de FI, FII y FIII. A. Masa base, B. Resistencia a la ruptura y C. Absorbencia.

En las pruebas de resistencia y absorbencia, la FIII muestra un valor adecuado en comparación con las otras dos formulaciones.

Al obtener el producto final, se realizaron pruebas de escritura sobre las láminas de papel ecológico como se observa en la figura 6, incluso se probó el papel de la formulación III con una impresora de tinta continua modelo Brother MFC-J5910DW (figura 7), donde se comprobó que pueden ser utilizadas para diversos usos didácticos, así mismo se lograron hacer unos prototipos de cajas para embalaje de productos no perecederos (figura 8), en la parte del arte podría ser considerado este tipo de papel para las pinturas debido a sus características físicas y dado que en las pruebas se lograron excelentes resultados.



Figura 6: Prueba de escritura



Figura 7: Prueba de impresión.



Figura 8: Prototipo de caja para embalaje de productos artesanales de la región.

## CONCLUSIONES:

La propuesta de realizar un papel ecológico a partir de estiércol de ganado bovino es una alternativa que permite contribuir al cuidado del medio ambiente, se disminuye en la tala de árboles, se ahorra energía, se utiliza menos cantidad de agua comparado con la industria papelera.

## REFERENCIAS

[1] Alcalá M., González I., Boufi S., Vilaseca F., Mutjé P. All-cellulose composites from unbleached hardwood kraft pulp reinforced with nanofibrillated cellulose. *Cellulose* (2013) edición 20, pp. 2909- 2921

[2] Basheer M., Agrawal O.P. (2013). Management of paper waste by vermicomposting using epigeic earthworm, *Eudrilus eugeniae* in Gwalior, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* ISSN: 2319-7706 Volume 2 Number 4 (2013) pp. 42-47

[3] Canché G., De los Santos J., Andrade S., Gómez R. (2011). Production of Cellulose from Banana Plant Agricultural Waste. *Información Tecnológica* Vol. 16 N°1 2005, pp.83-88

[4] Delgado M., Recas E., Puig J., Arbat G, Pereira M., Vilaseca F., Mutjé P. Addition of nanofibrillated cellulose to the stone groundwood suspensions and on surface: a good alternative to classic beating process. *Maderas, Cienc. tecnol.* vol.17 no.2 Concepción abr. 2015 Epub 28-Feb-2015

[5] Demirbas A. (2010). *Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes. Energy Conversion and Management Edición 52* (2011) pp. 1280–1287.

[6] Farah, N., Amna, M., Naila, Y., Ishtiaq, R. (2014) *Processing of Elephant Dung and its Utilization as a Raw Material for Making Exotic Paper. Research Journal of Chemical Sciences*, 4(8), 94-103.

[7] Negro, C.; Blanco, M.A.; Gaspar, I.; Tijero, J. *El agua en la industria papelera. Ingeniería Química* 1995, 319, 137-145.

[8] Niebel, B. & Freivalds. *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño. Editorial Alfaomega. 11ª edición, 2009*

[9] (2004) *Recycled & Odorless Paper Products Made From Poo*. Consultado el 24 de julio del 2014, POOPOOPAPER™ Pagina web de una empresa productora de papel reciclado: <http://new.poopoo-paper.com/>

[10] Wani K.A., Mamta b, Rao R.J. (2013). *Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm Eisenia férida. Saudi Journal of Biological Sciences* (2013) vol. 20, pp.149–154

[11] *Technical Association for the Pulp & Paper Industry, TAPPI Standards: Regulations and Style Guidelines* (2013) pp.536.



Tierra,  
Medio Ambiente  
y Energía

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

# Estructura y sucesión de la fauna de artrópodos edáficos asociados al cultivo tradicional de maíz, en José María Morelos, Quintana Roo, México.

**RESUMEN:** El conocimiento de los artrópodos en cultivo de maíz en Quintana Roo, es incipiente, por lo que el objetivo del presente trabajo es determinar la variación en la diversidad de órdenes de artrópodos edáficos asociados al cultivo tradicional de maíz, en la comunidad de Cafetalito Quintana Roo. El estudio se realizó entre los meses de abril y octubre del 2013, se colectaron 5 muestras de suelo y 5 de hojarasca, en la etapa de desmonte, quema, siembra, crecimiento, presencia de espigas y presencia de frutos. Se determinó la riqueza, abundancia y la diversidad de órdenes de artrópodos. Se identificaron 17, de los cuales Acarina presentó la mayor abundancia (86%), seguido por Collembola (5%). Acarina presentó su máxima abundancia en la etapa de frutos (42%), y Collembola en la etapa de espigas (4%). La mayor densidad se registró en la etapa de frutos (27,777 ind/m<sup>2</sup>) y la menor en la de desmonte (222 ind/m<sup>2</sup>). La mayor riqueza de órdenes se encuentra en la etapa de frutos, con 10 y 13 respectivamente. El valor mayor de diversidad está en la etapa de siembra ( $H' = 0.81$ ). La mayor similitud se presentó entre las etapas de crecimiento vs. frutos (81%). Se demuestra que el cultivo de maíz es un agroecosistema en sucesión.

**PALABRAS CLAVE:** Artrópodos, cultivo, diversidad, estructura, maíz, sucesión.



## Colaboración

Wilbert Andrés Pérez Pech; Leopoldo Querubín Cutz Pool, Instituto Tecnológico de Chetumal

**ABSTRACT:** Knowledge of arthropods in maize in Quintana Roo, is emerging, so the objective of this work is to determine the variation in the diversity of orders soil arthropod associated with traditional maize, in the community of Cafetalito Quintana Roo. The study was conducted between April and October 2013, five soil samples and 5 litter, clearing the stage, burning, planting, growing, presence of spikes and presence of fruits were collected. The richness of orders, relative abundance and diversity of arthropods is determined. 17 were identified, which showed the highest abundance Acarina (86%) at the stage of fruit (42%), followed by Collembola (5%), in the stage of lugs (4%). The highest density was recorded at the stage of fruits (27,777 ind / m<sup>2</sup>) and the lowest in the clearing (222 ind / m<sup>2</sup>). The highest richness of orders is at the stage presence of fruit, with 10 and 13 respectively. The highest values of diversity is in planting stage ( $H' = 0.81$ ). The greatest similarity occurred between growth stages vs. fruits (81%). We show that the maize crop in succession is an agro-ecosystem.

**KEYWORDS:** Arthropods, corn, diversity, growing, structure, succession.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura provee de alimento a la población humana, pero también permite la aparición de extensiones de tierra para cultivo intensivo y extensivo. Las técnicas empleadas en la agricultura, la diversidad de especies cultivadas, las variables ambientales y la condición edáfica determinan la estructura de la comunidad de flora y fauna de determinado sitio, permitiendo las interacciones, los flujos de energía, y la coexistencia del agroecosistema (1,2).

El incremento de la productividad del ecosistema agrícola, se mantiene en etapas tempranas de sucesión, por lo tanto, un agroecosistema presenta una sucesión secundaria en cada ciclo del cultivo, ya que nunca logran alcanzar un verdadero estado de climax (3,4). De acuerdo a lo anterior, la sucesión inicia con la preparación del terreno para la siembra (etapa de perturbación), seguida por una regeneración natural, luego las etapas de siembra y desarrollo del cultivo (5). El efecto de las actividades agrícolas somete en constante proceso de sucesión a la vegetación del sitio, lo que afecta a la diversidad y abundancia de las comunidades edáficas (6), quienes buscan restablecer sus poblaciones, después de la perturbación por el manejo de la tierra. Con base a esto se propone que la estructura de las comunidades del suelo (diversidad y abundancia) se encuentran fuertemente relacionadas con la etapa sucesional del hábitat (7), y que se ha observado en los artrópodos (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15). La variación de la diversidad de artrópodos durante el periodo de cultivo así como de sus densidades poblacionales se explica mediante la teoría del disturbio moderado (16) y la teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson (17). Hasta ahora el conocimiento de la diversidad en suelos agrícolas, la ecología de comunidades de grupos específicos de la fauna del suelo y su importancia como indicadores de disturbio es escaso (18,19, 20, 21), entre los que resalta el realizado por Castro y otros (22, 23, 24), y para el caso específico del cultivo de maíz se encuentran los realizados por Villalobos (25) y Flores-Pardavé entre otros (26,27,28). Por tal razón el presente estudio pretende determinar la diversidad de órdenes de artrópodos edáficos asociadas al cultivo tradicional de maíz (roza, tumba y quema) y conocer su variación durante el ciclo de cultivo y con esto ampliar el conocimiento sobre la dinámica de sus comunidades edáficas.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Área de Estudio**

El presente estudio se realizó entre los meses de abril-octubre del año 2013, durante el cultivo de maíz en una milpa ubicada en las coordenadas 19°43'54.5"N 88°43'13.1"W. En la comunidad de Cafetalito en el Estado de Quintana Roo, México.

Para la obtención de las muestras se estableció un transecto de 50 m dentro de una milpa de 1 ha. La colecta se realizó en 5 puntos con una separación de 10 m entre cada punto. El muestreo se realizó durante el ciclo de cultivo tradicional de maíz y por cada muestreo fueron obtenidas 5 muestras de 225 cm<sup>2</sup> de suelo y hojarasca. Realizando un total de 6 muestreos que abarcó las etapas de: desmonte, quema, siembra, crecimiento, presencia de espigas y presencia de frutos (Figura 1). Las muestras obtenidas fueron trasladadas al laboratorio de zoología en el Instituto Tecnológico de Chetumal donde fueron

procesadas mediante la técnica de embudo de Berlese-Tullgren modificada sin fuente de luz (29). Los organismos obtenidos fueron separados y preservados en alcohol al 70%. La identificación taxonómica fue a nivel de orden con ayuda de un microscopio estereoscópico Stemi DV4 Carl Zeiss, y claves de identificación como las de Choate (30) y Dindal (31). Se obtuvo la riqueza de órdenes Ec. (1), las abundancias absolutas y relativas. Se obtuvieron los índices de diversidad Ec. (2), de dominancia Ec. (3), y equitatividad Ec. (4'). Se calculó el índice de similitud de Jaccard para medir la similaridad faunística entre los transectos recolectados Ec. (5) (32).

$RO = S.$  Ec. (1)

Número total de órdenes obtenido por un censo de la comunidad.

$H' = -\sum Pi \ln pi$  Ec. (2)

$\lambda = \sum pi^2$  Ec. (3)

$J' = H' / H'_{max}$  Ec. (4)

$IJ = c / a + b - c$  Ec. (5)

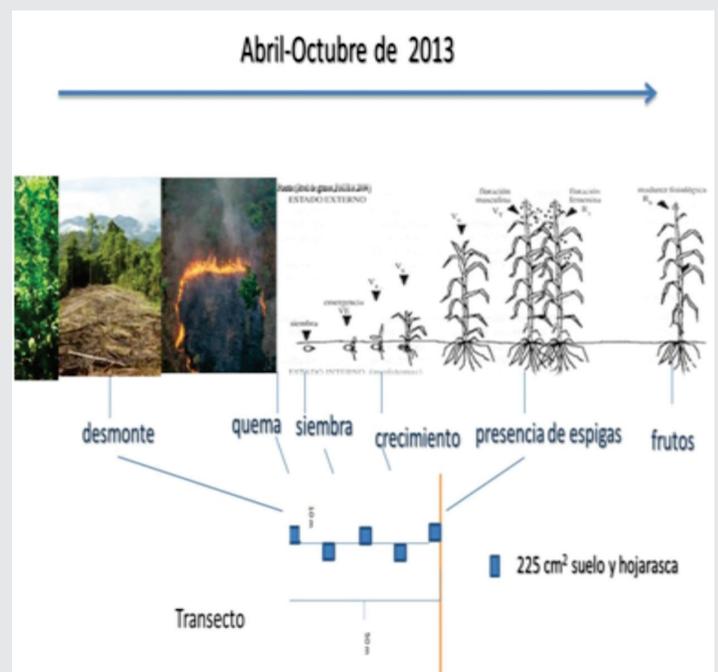


Figura 1. Esquema del método de muestreo empleado para la obtención de datos.

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Se identificaron un total de 16 Órdenes durante el ciclo de cultivo (Tabla 1), de los cuales Acarina presentó la mayor abundancia (86 %), seguido por Collembola (6%) (Figura. 2). Acarina presentó su máxima abundancia relativa en la etapa de frutos (42%) y Collembola en etapa de espigas (4%). La mayor densidad se registró en etapa de frutos (27,777 ind/m<sup>2</sup>) y la menor en la etapa de quema (222 ind/m<sup>2</sup>). Presen-

taron mayor riqueza de órdenes las etapas de crecimiento y frutos, con 10 y 13 órdenes respectivamente (Figura 3). La diversidad tuvo su mayor valor en la etapa de siembra ( $H' = 0.81$ ). La mayor similitud se presentó entre la etapa crecimiento vs. frutos (81 %) (Tabla 1).

La comunidad de artrópodos documentada para el cultivo de maíz corresponde a lo registrado para suelos de cultivo (21, 22, 26, 27), donde se ha determinado que ácaros y colémbolos son el grupo dominante en el caso de los microartrópodos y para los macroartrópodos: coleópteros e himenópteros, de los cuales datos similares se encontraron en el presente estudio, y que concuerdan con lo encontrado por Villalobos (24) y Flores-Pardavé (26,27) al documentar la fauna asociada a maizales.

La riqueza de órdenes tuvo variación en el tiempo, misma que se mostró muy relacionada a la etapa en que se encontraba el cultivo por lo que se puede adjudicar que la fauna de artrópodos presentó un proceso de sucesión, tal como menciona Peredo et al. (6), y que también ha sido observada en una comunidad de escarabajos. Tal variación también estuvo influida por la intensidad de la perturbación ocasionada por el manejo de la tierra, este fenómeno se había observado en otros estudios (13, 14, 18), y que por su naturaleza muestra una tendencia a ajustarse al principio postulado por Connell (16) en su teoría de perturbación moderada.

Si se clasifican las etapas del cultivo en relación a la intensidad de la perturbación (Figura 3) se puede establecer que la perturbación fue intensa en el desmonte y la quema donde se observa que los órdenes disminuyen de 6 a 2 y que podría deberse a la remoción de la materia orgánica y la cobertura vegetal.

Tabla 1.- Abundancia, riqueza de taxones (S), Diversidad ( $H'$ ), Dominancia ( $\lambda$ ), y Equitatividad ( $J'$ ) de artrópodos en el cultivo de maíz.

	Des monte	Quema	Siembra	Crecimiento	Espigas	Frutos
Tisanóptera	8			4		1
Ácari	31	1	5	432	148	587
Psocóptera	3	2	1	4	1	1
Arane	1		1		1	
Pseudoscorpion	2					2
Díptera	2	2	1	3	3	4
Hemíptera			2	2	2	
Coleóptera			1	8	2	9
Himenóptera			2	7	2	8
Diplura			1	3	1	1
Collembola				23	56	4
Lepidóptera						2
Quilópoda				1		
Embióptera						2
Homóptera						3
Neuróptera						1
S	6	3	8	10	9	13
Abundancia	39	5	14	487	216	625
Densidad ind/m <sup>2</sup>	208.80	22.22	62.20	2164.40	960.00	2777.70
H'	0.479	0.458	0.81	0.241	0.379	0.157
Hmax	0.778	0.477	0.903	1	0.954	1.114
J'	0.615	0.96	0.897	0.241	0.397	0.141
$\lambda$	0.461	0.2	0.132	0.789	0.535	0.882

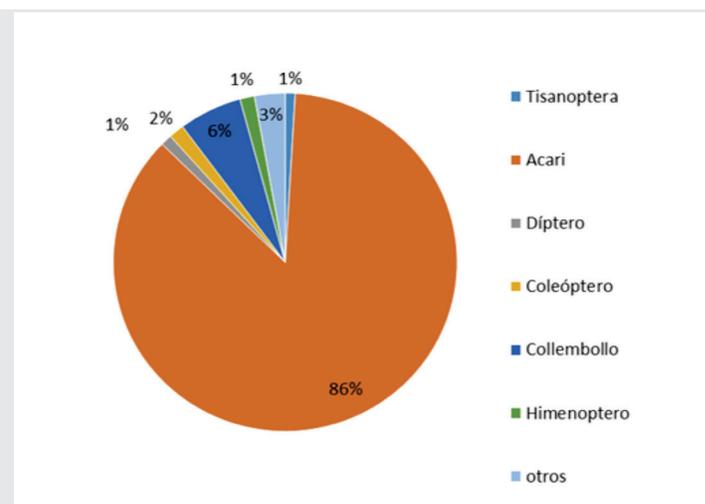


Figura. 2. Abundancias relativas de los órdenes registrados para el cultivo de maíz.

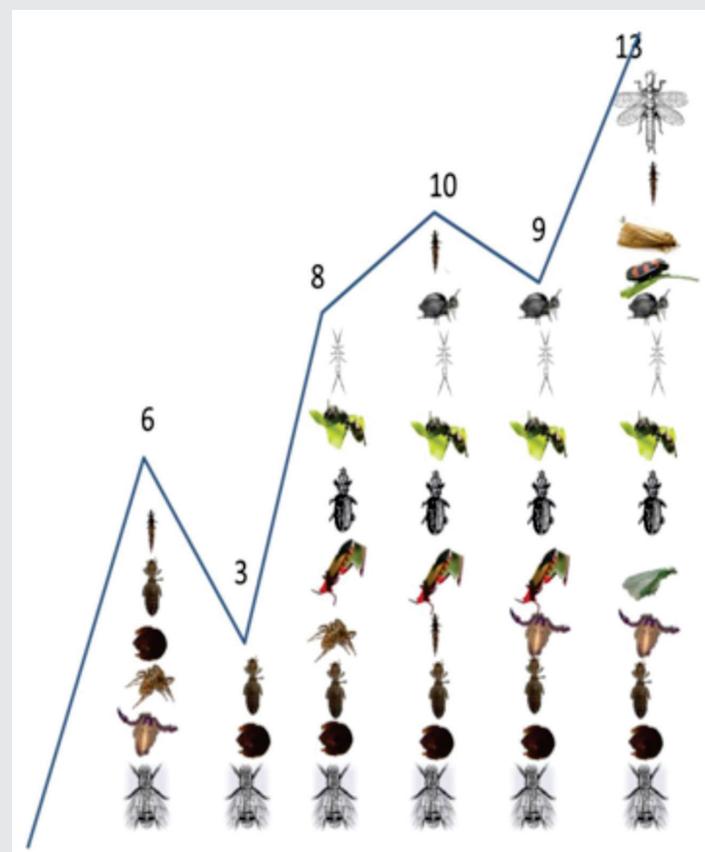


Figura. 3. Variación en la riqueza de órdenes durante el periodo de cultivo.

La perturbación se mostró intermedia en la siembra, etapa en la cual el suelo ya contaba con minerales y algunos de los organismos pueden procesarlos. Hubo un incremento a 8 órdenes, en las etapas subsiguientes que corresponde al crecimiento, espigación y frutos, encontrándose los mayores valores en la riqueza de órdenes (de 10 a 13), abundancia y densidad. Esto debido a que el sitio tuvo una mayor cobertura de herbáceas y las plantas desarrolla-

das del maíz, aportaron, hojarasca, materia orgánica, así como más complejidad en el suelo, permitiendo mayor heterogeneidad ambiental y brindando de más nichos para organismo pequeños, gracias al desarrollo de sus raíces (14, 26); lo que favoreció el incremento en la densidad de sus poblaciones y la velocidad de colonización de nuevos órdenes procedentes de comunidades vegetales cercanas y de las malezas (Figura 3).

La Información obtenida en el presente estudio demuestra que un área de cultivo es un ecosistema en proceso de sucesión tanto en su estructura vegetal, como en la calidad del suelo y su comunidad de Artrópodos.

#### REFERENCIAS

[1] Amat G. G. y Vargas R. O. (1991). *Caracterización de microhábitats de la artropodofauna en paramos del Parque Nacional Natural Chingaza Cundinamarca, Colombia*. *Caldasia*, 16 (79), 539-550.

[2] Verhulst N., François I., Govaerts B. (2015). *Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables?*. México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

[3] Alzugaray C., Vilche M. S. y Petenello C. (2008). *Labor profunda en siembra directa: Efecto sobre la condición biológica del suelo*. *Ciencia e Investigación Agraria*, 35(3), 265-276.

[4] Guzmán-Mendoza, R., Zavala-Hurtado, J. A., Castaño-Meneses G. y León-Cortés J- L. (2014). *Comparación de la mirmecofauna en un gradiente de reforestación en bosques templados del centro occidente de México*. *Madera y Bosques*, 20, 71-83.

[5] Flint O. L (2005). *Relationships between soil biological and physical Properties in a Long-term vegetable management study*. Tesis Doctorado, Faculty of North Carolina State University. Raleigh, NC.

[6] Peredo P. S. F., Paz B. S. C, y Prada Z E. (2002). *Efecto de Prácticas Agrícolas Convencionales Sobre La Biodiversidad de Los Grupos Mesofaunísticos Edáficos En Un Huerto de Ciruelos. Una Aproximación Agroecológica*. *Agro sur* 30(1), 1-7.

[7] Huerta, L. E., Rodríguez-Olán, J., Evia-Castillo I, Montejo-Meneses E, De la Cruz-Mondragón M. y García-Hernández Roberto (2007). *Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados*. *Terra Latinoamericana*, 26,171-181.

[8] Hart, R. D. (1979). *Agroecosistemas Conceptos Básicos*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

[9] Sarandon, S. J. (2002). *Agroecología: el camino para una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas, Argentina.

[10] Caamal M. J. A. (2004). *Arvenses*. En: F. Bautista Zuñiga, H. Delfín González, J. L. Palacio Prieto y M. C. Delgado Carranza (Eds.) *Técnicas de muestreo para manejo de recursos naturales* (pp. 343-362). UNAM., UADY, CONACyT y INE. México. D. F.

[11] Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE Turrialba, Costa Rica.

[12] Cutz-Pool L. Q., Palacios-Vargas J. G., Vázquez M. M. (2003). *Comparación de algunos aspectos ecológico de Collembola en cuatro asociaciones vegetales De Noh-Bec, Quintana Roo, México*. *Folia Entomológica Mexicana*, 42(1), 91-101.

[13] Giller K.E., Beare M.H., Lavelle P., Izac A.-M.N. d, Swift M.J. (1997). *Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function*, *Applied Soil Ecology*, 6, 3-16.

[14] Swift M. J., Bignell E. D, Fátima M. S. Moreira y Huising E. J. (2012). *El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general*. En: F. M. S. Moreira, E. J. Huising y D. E. Bignell (Eds.). *Manual de biología de suelos tropicales: Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. México. INE.

[15] Barberena-Arias, M. F., Ortiz-Zayas J., Abad C., Almodóvar G. , López E. , Rodríguez M., Samó M., Dávila G. y Troche L. (2012). *Comparación de la fauna de artrópodos terrestres entre pastizales y bosques dominados por el tulipán africano (Spathodea campanulata), en tres zonas del carso norteño en puerto rico*. *Acta Científica*, 26, 68-79.

[16] Connell H. J. (1978). *Diversity in Tropical Rain Forest and Coral Reef*. *Science*, 199 (4335),1302-1310.

[17] Neher D. A. (1999). *Soil community composition and ecosystem processes Comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems*. *Agroforestry Systems*, 45, 159-185.

[18] Lavelle P. (1996). *Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function*. *Biology International*, 33, 3-16.

[19] Socarras A. (2013). *Mesofauna Edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo*. *Pastos y Forrajes*, 36 (1), 5-13.

[20] Briones, M. J. I. (2014). *Soil fauna and soil functions: a jigsaw puzzle*. *Frontier in Environmental Science*, 2, 1-22.

- [21] Gergócs, V., Garamvölgyi, Á., Homoródi, R. y Hufnagel, L. (2011). Seasonal change of oribatid mite communities (acari, oribatida) in three different types of microhabitats in an oak forest. *Applied Ecology And Environmental Research*, 9, 181-195.
- [22] Castro J., Campos P. y Pastor M. (1996). Influencia de los sistemas de cultivo empleados en olivar y girasol sobre la composición de la fauna de artrópodos en el suelo. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 22, 557-570.
- [23] Socarrás A. e Izquierdo I. (2014). Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo: mesofauna edáfica. *Pastos y Forrajes*, 37, 47-54.
- [24] Socarrás A. y Robaina N. (2011). Mesofauna edáfica en diferentes usos de la tierra en la Llanura Roja de Mayabeque y Artemisa, Cuba. *Edaphic mesofauna in different land uses in the Red Plain of Mayabeque and Artemisa, Cuba. Pastos y Forrajes*, 34, 347-358.
- [25] Villalobos, D. J., Ortiz-Pulido, R., Moreno C., Pavon-Hernandez N. P., Hernández-Trejo, H., Bello J. y Montiel S., (2000). Patrones de Macrofauna Edáfica en un cultivo de Zea Maíz durante la fase postcosecha en "La Mancha" Veracruz México. *Acta Zoológica Mexicana*, 80, 167-183.
- [26] Flores-Pardavé L., Escoto. R. J., Flores T. F. J. y Jesús H. A. (2008). Estudio de la biodiversidad de artrópodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos. *Investigación y Ciencia*, 40, 11-18.
- [27] Flores-Pardavé, L., Palacios-Vargas J. G., Castaño-Meneses G, Cutz-Pool L. Q (2011). Colémbolos de suelos agrícolas en cultivos de alfalfa y de maíz adicionados con biosólidos en Aguascalientes, México. *Agrociencia*, 45, 353-362
- [28] Blanco, Y. y Leyva, Á. (2009). Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. *cultrop [online]* 30, Disponible en: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-9362009000100008&Ing=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-9362009000100008&Ing=es&nrm=iso)>. ISSN 0258-5936. (Fecha de revisión 24 de noviembre de 2015).
- [29] Palacios-Vargas, J. G. y Mejía-Recamier, B. E. (2007). Técnicas de colecta montaje y preservación de microartrópodos edáficos. *Las prensas de Ciencias*. México, D.F.
- [30] Choate, P. M. (2004). Introduction to the identification of insects and related arthropods. Disponible en [http://entnemdept.ifas.ufl.edu/choate/order\\_key04.pdf](http://entnemdept.ifas.ufl.edu/choate/order_key04.pdf). (Fecha de revisión 09 de julio de 2015).
- [31] Dindal, D. L. (1998). *Soil biology guide*. Wiley Interscience Publication, New York, Usa.
- [32] Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M & T.-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza*.



**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

---

**Ingeniantes**

*Instituto Tecnológico Superior de Misantla*

# Residuos orgánicos regionales para la producción de lombricomposta en la Cuenca del Papaloapan

**RESUMEN:** La lombricomposta es un sustrato orgánico que tiene diversos usos en la agricultura. En 2008 se publicó una norma mexicana que establece criterios de calidad. Ante la diversidad de sustratos con los que se puede elaborar, los objetivos del presente trabajo fueron: evaluar el efecto de diferentes residuos orgánicos en la población de lombrices, identificar cuál es el sustrato óptimo para su desarrollo y determinar la cantidad de vermicomposta producida semestralmente. Los residuos vegetales y animales utilizados en este trabajo de investigación fueron obtenidos de desechos del cultivo de plátano y estiércol bovino, debido a que son los más comunes en la Cuenca del Papaloapan, el experimento se estableció en diseño completamente al azar. Se evaluaron las características señaladas en la Norma NMX-FF-109-SCFI-2008 en las vermicompostas producidas, comparando los resultados con las especificaciones sensoriales y las de calidad para las lombricompostas estudiadas; además de las características fisicoquímicas de materia orgánica, comportamiento de la temperatura, pH y humedad durante todo el proceso. Los mejores tratamientos fueron el de estiércol bovino de establo sin manejo seguido del estiércol bovino de establo con manejo y el de hoja de plátano + estiércol bovino, ya que produjeron mayor cantidad de lombrices y vermicomposta.

**PALABRAS CLAVE:** Estiércol bovino, hoja de plátano, lombricomposta, lombriz roja californiana, residuo orgánico.



Colaboración  
Enrique Cavazos Arizpe; Mercedes Muraira Soto,  
Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan

**ABSTRACT:** The vermicompost is an organic substrate having various uses in agriculture. In 2008 a mexican standard that establishes quality criteria was published. Given the diversity of substrates that can be made, the current study purpose: evaluate the effect of different organic residues in earthworm population, identify the optimal substrate for their development and determine the amount of vermicompost produced biannually. The plant and animal residues used in this research were obtained from banana crop waste and cattle manure, because they are the most common in the Papaloapan Watershed, the experiment was established in completely randomized design. The characteristics indicated in the Standard NMX-FF-109-SCFI-2008 in vermicomposts produced were evaluated by comparing the results with sensory and quality specifications for the vermicomposts studied; in addition to the physicochemical characteristics of organic matter, temperature behavior, pH and humidity throughout the process. The best treatments were the uncontrolled stable cattle manure, followed by controlled stable cattle manure and banana leaf + cattle manure, since they produced as many earthworms and vermicompost.

**KEYWORDS:** Cattle manure, banana leaf, vermicompost, red californian earthworm, organic residues.

## INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una alternativa para la generación de abono orgánico con la finalidad de mejorar la fertilidad del suelo, en forma natural y económica.

La lombriz es un organismo primitivo que se dedica a transformar los residuos orgánicos en materia viva, obteniendo un abono rico en microorganismos y nutrientes, que suelen ser aprovechados por las plantas; características que le permite ser excelente mejorador del suelo [2].

El abono de lombrices es el conjunto de excretas o heces fecales de las lombrices y tiene la misma apariencia, olor a suelo negro y fresco. Es un sustrato con alto contenido nutricional y excelente estructura física, dando prioridad a la aireación y capacidad de retención de humedad, con la ventaja de que durante este proceso no se generan malos olores o atracción de organismos indeseables [1].

Adicionalmente ante la demanda de productos sanos y la necesidad del manejo sostenible de los recursos naturales, sistemas productivos vuelven a resaltar la importancia de estas técnicas. Los agricultores orgánicos han recuperado y adecuado estas prácticas para potenciar sus ventajas y restringir insumos contaminantes y con ello se hace un reciclamiento de estiércoles y residuos orgánicos, se estabiliza el nitrógeno, se construye humus en el suelo y se incrementa la salud del suelo [7].

Es importante considerar que los estiércoles también pueden afectar a las lombrices, ejemplo de esto es que los estiércoles frescos las perturban [5].

Otra consideración es el tamaño de las partículas aplicadas como residuos orgánicos, pues se encontró que las partículas pequeñas del sustrato producen más lombrices y mayor cantidad de vermicomposta [4]. Además comprobaron que las lombrices preferían los estiércoles en comparación con otros materiales, por tal motivo es necesario determinar el orden de preferencia de las lombrices por los diferentes estiércoles de cada región [3].

Los experimentos sobre lombricomposteo, deben realizarse en cada región para determinar cuáles son los residuos orgánicos más apropiados y las características que éstos deben tener al utilizarse; por ejemplo al evaluar diferentes residuos se encontró que la pulpa de café produce más vermicomposta que la hojarasca [6].

Por lo anterior se le está dando importancia debida a la producción de compostas, pero la forma de producir este tipo de abonos orgánicos de mejor calidad y en menor tiempo (con más nutrientes, organismos benéficos y sustancias formadoras de los suelos) son las lombricompostas, por tal motivo es necesario evaluar en diferentes regiones cada tipo de sustrato que sirva de alimento y beneficie el aumento de la población de lombrices, porque al realizarlo de manera rústica no se pueden dar recomendaciones confiables a los productores de la región y más por la urgente necesidad de mejorar nuestros suelos.

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es un organismo con probada eficacia en la descomposición de estiércoles y materia orgánica vegetal, obteniendo así altos volúmenes de abono orgánico en corto tiempo, el cual puede ser aplicado libremente al suelo sin dejar residuos nocivos ni dañar a las semillas, como sucede con el uso de fertilizantes químicos.

La reproducción de las lombrices rojas californianas está despertando un especial interés por las expectativas de beneficio que genera el abono orgánico en el campo agrícola. Cualquier persona se puede dedicar a producir lombrices, independientemente del tipo de actividad que desarrolle y del tiempo libre que disponga, ya que el área que se ocupa para la propagación de éstas, no requiere de muchas condiciones, solo que no le dé el Sol directo y que se mantenga la humedad adecuada.

Es conveniente aprovechar en esta región los residuos (estiércol bovino y hoja de plátano), ya que éstos son poco utilizados en el campo por los ganaderos y agricultores, además de obtener, con este proceso, abonos de alta calidad nutrimental que mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, dando por resultado la disminución en la aplicación de productos agroquímicos que afectan los contenidos de materia orgánica, poblaciones de los organismos del suelo y reducción del pH, lo que afectaría la disponibilidad de algunos nutrientes, tales como: el calcio, magnesio y potasio, principalmente.

La lombricomposta es una fuente de humus para el suelo que tiene la característica de ser un almacén de cationes necesarios para las plantas, promueve la formación de agregados del suelo aumentando la retención de agua; además de incrementar la capacidad amortiguadora del suelo que impide los cambios drásticos de pH. La aplicación continua de fertilizantes realizada por los productores solamente libera nutrientes, los cuales pueden perderse por lixiviación si no hay una buena capacidad de intercambio de cationes, como la que origina el humus de lombriz.

La importancia de descomponer las hojas de plátano en el proceso de vermicomposteo es que éstas en el campo son un medio de propagación de la enfermedad causada por el hongo Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), la cual afecta al área foliar de los plataneros, reduciendo con ello su correspondiente producción y calidad del fruto; además al estar por un tiempo en el suelo agrícola, son un medio de protección para el Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus*) que afecta al seudotallo de las plantas de este cultivo, ya que es su alimento; y por tal motivo los seudotallos en el suelo también sirven de hospederos para esta plaga. Por lo anterior, debe evaluarse si dichos seudotallos sirven de sustrato para la lombricomposta.

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo general determinar cuáles de los sustratos más comunes de la región de la Cuenca del Papaloapan son los mejores para la producción de lombricomposta y los siguientes objetivos específicos: a) Evaluar el efecto de los diferentes residuos orgánicos en el tamaño de la población de lombrices rojas californianas, b) Valorar el efecto del tamaño de las partículas del estiércol bovino en la población de lombrices, c) Identificar cuál es el sustrato óptimo para el desarrollo de las lombrices y d) Determinar la cantidad de lombricomposta producida.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este proyecto se realizó durante el período comprendido de marzo a agosto de 2014, en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, ubicado en la Av. Tecnológico No. 21, Ejido San Bartolo, San Juan Bautista Tuxtepec, Oax. C.P. 68448, el cual se realizó en tres etapas:

- a) Colecta de residuos orgánicos,
- b) Establecimiento del experimento
- c) Evaluación de resultados.

Los residuos orgánicos utilizados: estiércol bovino de establo y residuos de plátano (hojas y seudotallos en condición verde), fueron colectados de la siguiente manera: el estiércol se obtuvo de las instalaciones pecuarias del instituto tecnológico y los residuos de plátano donados por productores del Ejido San Bartolo, Tuxtepec, Oax.

A las hojas se les quitó el raquis y los foliolos fueron picados con una desbrozadora hasta obtener un tamaño de aproximadamente 2 cm; los raquis, al igual que los seudotallos, se cortaron en trozos de tamaño similar al de las hojas. Posteriormente se colocaron, dependiendo del tratamiento, las cantidades de cada órgano en las taras correspondientes para agregarles la cantidad adecuada de estiércol y se mezclaron hasta obtener un sustrato homogéneo.

Con dicho material orgánico, se elaboraron los siguientes tratamientos: estiércol bovino de establo con manejo (pasado por una malla de 5 mm), estiércol bovino de establo sin manejo (sin cribar, solo disgregado con la mano), hoja de plátano + estiércol bovino, seudotallo de plátano + estiércol bovino y mezcla de residuos de cultivo de plátano + estiércol bovino, estos tres últimos tratamientos en una proporción de 3:1.

Posteriormente se estableció el experimento completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones; las unidades experimentales consistieron en taras sin perforaciones (cajas de plástico) cuyas dimensiones son: 40 X 40 X 60 cm, en las cuales se estudiaron las siguientes variables: número y peso de lombrices al inicio y final del experimento, así como la cantidad de sustrato aplicado y vermicomposta producida al final del proyecto.

La medición de temperatura se efectuó cada semana durante todo el proceso; el contenido de humedad del material y cenizas cada 15 días; y la determinación de materia orgánica y medición del pH se efectuó al inicio, a mediados y al final del proyecto. Las prácticas mencionadas se realizaron de acuerdo con las recomendaciones de la Norma NMX-FF-109-SCFI-2008.

Con base en los contenidos de humedad se realizó la práctica de riego aplicando la cantidad requerida de agua, en forma homogénea, y comprobando al tacto el contenido adecuado de humedad para evitar excesos y no saturar el sustrato; de tal manera que las lombrices continuaran satisfactoriamente con el proceso de vermicomposteo.

### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El mejor tratamiento estadísticamente que incrementó el tamaño de la población de lombrices rojas californianas fue el estiércol bovino de establo

sin manejo, seguido del estiércol bovino de establo con manejo; los tratamientos 3, 4 y 5 fueron iguales, como se muestra en la Prueba de Medias (tabla 1).

Tabla 1. Diferencia Mínima Significativa (DMS) de la población de lombrices.

T	TRATAMIENTO	MEDIA	
1	Estiércol bobino de establo sin manejo	417.75	a
2	Estiércol bobino de establo con manejo	234.75	b
3	Hoja de plátano + estiércol bobino	148.00	c
4	Seudotallo de plátano + estiércol bovino	118.00	c
5	Mezcla de residuos de cultivo de plátano + estiércol bovino	112.00	c

NOTA: tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente.

Con base en los datos obtenidos del peso de la población de lombrices, en los diferentes tratamientos, la Prueba de Medias (DMS), al igual que en la variable anterior, presentó los mismos resultados (Tabla 2).

Tabla 2. Diferencia Mínima Significativa (DMS) del peso de lombrices.

T	TRATAMIENTO	MEDIA	
1	Estiércol bobino de establo sin manejo	87.875	a
2	Estiércol bobino de establo con manejo	66.875	b
5	Mezcla de residuos de cultivo de plátano + estiércol bovino	45.550	bc
4	Seudotallo de plátano + estiércol bovino	43.725	c
3	Hoja de plátano + estiércol bobino	36.225	c

NOTA: tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente.

En las Pruebas de Medias de población de lombrices, con base en el tamaño de las partículas del estiércol (sin tamizar y tamizado), también se observó que el mejor tratamiento fue el estiércol bobino de establo sin manejo. Lo cual difiere a lo que encontraron [3], aunque también ellos recomiendan determinar el orden de preferencia de las lombrices por los diferentes estiércoles de cada región.

Con base en los análisis de producción de lombrices el mejor sustrato fue el estiércol bovino de establo sin manejo, seguido del estiércol bovino de establo con manejo. En los cuales se obtuvieron las mayores poblaciones y pesos.

Los tratamientos que produjeron más lombricomposta por cantidad de sustrato aplicado fueron el de estiércol bobino de establo con manejo y sin manejo, resultando ser estadísticamente iguales; siguiendo en orden de eficiencia el tratamiento de la hoja de plátano + estiércol bovino; sin embargo, los otros dos sustratos aplicados tuvieron muy poca eficiencia en su producción (Tabla 3).

Tabla 3. Diferencia Mínima Significativa (DMS) de la lombricomposta producida con base en el sustrato aplicado (%).

T	TRATAMIENTO	MEDIA	
2	Estiércol bobino de establo con manejo	98.1050	a
1	Estiércol bobino de establo sin manejo	95.6525	a
3	Hoja de plátano + estiércol bobino	76.6575	b
4	Seudotallo de plátano + estiércol bovino	38.0350	c
5	Mezcla de residuos de cultivo de plátano + estiércol bovino	37.1300	c

NOTA: tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente.

Con base en el seguimiento de temperaturas, el rango obtenido en los diferentes tratamientos fluctuó entre 24 y 28 °C durante todo el proceso; el contenido de agua se mantuvo en un rango de 58 a 72%, el cual es adecuado para que las lombrices se desplacen con facilidad dentro del sustrato y lo puedan fragmentar; el pH en todos los tratamientos varió de 7.9 a 8.2, siendo éste tolerado por las lombrices.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que:

La lombricultura es una alternativa viable para la producción de abono orgánico, ya que los insumos son muy bajos comparados con su rendimiento.

El mejor tratamiento fue el de estiércol bobino de establo sin manejo, ya que produjo mayor cantidad de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) y vermicomposta, seguido del estiércol bobino de establo con manejo y el de hoja de plátano + estiércol bovino.

El cribado del estiércol no tuvo efecto en la población de lombrices. Por todo lo anteriormente expuesto, el es-

tiércol bovino de establo sin manejo es el mejor residuo orgánico, de los analizados, que se debe utilizar para la producción de lombrices y abono orgánico en la región de la Cuenca del Papaloapan.

#### REFERENCIAS

[1] Bauche, M. (1984). *Los gusanos de tierra. Revista Mundo Científico. 4ª. Edición. Fontalba, Valencia. Venezuela.*

[2] Bollo, E. (1986). *Lombricultura: un negocio rentable con potencial limitado. El surco. Editorial Blume. Ecuador.*

[3] Costa O., S. J.; Sibério Domingos dos Santos; Alexandre Costa Leão; Mário Sérgio de Araújo. (2007). *Minhoca vermelha da Califórnia (Eisenia foetida): Um estudo da preferência alimentar in Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecología / editores técnicos: George G. Brown, Carlos Fragoso. Londrina: Embrapa Soja. 2007. 545 p. ISBN 978-85-7033-019-2.*

[4] Costa O. S. J.; Claudiano Teixeira Freire de Barros; Alexandre Costa Leão; Mário Sérgio de Araújo. (2007). *Influência do esterco bovino peneirado e não peneirado na criação e produção de húmus da minhoca vermelha da Califórnia (Eisenia foetida) in Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecología / editores técnicos: George G. Brown, Carlos Fragoso. Londrina: Embrapa Soja. 2007. 545 p. ISBN 978-85-7033-019-2.*

[5] Gutiérrez, V. E.; A. Juárez C.; J. Mondragón A. y A. L. Rojas S. (2007). *Dinámica poblacional de la lombriz Eisenia foetida en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino (Dynamics population earthworm Eisenia foetida in fresh and composted manure of bovine and ovine). REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695 - 7504. Volumen VIII. Número 6.*

[6] Ramón, R. A. *Producción y calidad de abono orgánico por medio de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) y su capacidad reproductiva. Consultado el 08 de marzo de 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agrotech <http://www.fao.org/docs/eims/upload/agrotech/936/Produccion-C3%B3n%20y%20Calidad%20de%20Abono.pdf>.*

[7] Romero L., M. R. (2000). *Agricultura orgánica. Elaboración y aplicación de abonos orgánicos. En: Lombricultura y agricultura sustentable. C. Martínez C. y L. Ramírez F. (Ed). México.*

# Respuesta de canola, higuierilla, crambe, cártamo y trigo a nitrógeno y densidad de población en el Sur de Sonora

**RESUMEN** En el Valle del Yaqui, Sonora, se condujo un trabajo que comprendió cinco experimentos en serie los cinco cultivos: canola, (*Brassica napus*); higuierilla (*Ricinus communis* L.); crambe, (*Crambe abyssinica* Hochst); cártamo (*Carthamus tinctorius*) y trigo (*Triticum aestivum*). En cada cultivo se estudió un factorial completo con cinco dosis de nitrógeno [N] (0, 50, 100, 150 y 200 kg ha<sup>-1</sup>) y seis densidades de población [D] (34, 42, 54, 77, 125 y 250 mil plantas ha<sup>-1</sup>) en bloques al azar con cuatro repeticiones. El objetivo del trabajo fue comparar los ingresos económicos de estos cultivos con sus dosis óptimas económicas (DOE) de N y D. Este trabajo proporciona los argumentos para la diversificación que las organizaciones oficiales tratan de promover. La interacción cultivos X tratamientos, resultó significativa ( $\alpha=0.01$ ); lo que condujo al ajuste de modelos cuadráticos para cada cultivo. Con estos modelos se obtuvieron las DOE de N y D y con éstas los rendimientos óptimos con los cuales se comparó la rentabilidad de los cultivos. La mayor rentabilidad se logró con el trigo, seguido por el cártamo, crambe y canola; el menos rentable fue higuierilla. Los resultados sugieren que para diversificar el patrón de cultivos del sur de Sonora, se debe establecer un programa de estímulos para los cultivos que tienen menor rentabilidad que el trigo, el preferido por los agricultores de la región.

**PALABRAS CLAVE:** Diversificación de cultivos, alternativas culturales, rentabilidad económica.



## Colaboración

Oscar Humberto Moreno Ramos; María Hermelinda Herrera Andrade; Jesús Carlos González Núñez; José Juan Araiza Amado; Mario López Encinas, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui

**ABSTRACT** In Valle del Yaqui, Sonora, a work was carry out with five in serials experiments, the five crops: Rapeseed, (*Brassica napus*); castor bean (*Ricinus communis* L.); crambe, (*Crambe abyssinica* Hochst); safflower (*Carthamus tinctorius* L) and wheat (*Triticum aestivum* L). In each crop a complete factorial with five rates of nitrogen [N] (0, 50, 100, 150 y 200 kg ha<sup>-1</sup>) and six plant densities [D] (34, 42, 54, 77, 125 y 250 thousand plants per ha<sup>-1</sup>) were arranged in a randomized complete block design with four replicates. The objective of this study was to compare the economic net return of these crops at their optimum economic rates (OER) of N and D. This work is will give the arguments for crop diversification that government offices try to promote. The crop X Treatment interaction were significant ( $\alpha=0.01$ ); these fact, drove us to fit quadratic models per each crop. OER of N and D were obtained and then the optimum grain yield were calculated which were used to compare the net return of these crops. Wheat was the crop with the highest economic net return followed by safflower, crambe and rapeseed; castor bean was the crop with the least net return. These results show that in order to diversify crop pattern in southern Sonora, it is needed to establish a program of economic stimulus for crops that have less net return than wheat, which is the main crop that farmers cultivate in this region.

**KEYWORDS:** Crop diversification, alternative crops, productivity.

## INTRODUCCIÓN

El ingreso de México al Tratado de Libre Comercio de América del Norte, obligó a sus productores agrícolas a competir internacionalmente, con subsidios reducidos, sin precios de garantía y frecuentemente con tecnologías de producción desfavorables. En esta etapa, de retos, son múltiples las referencias a la reconversión de la agricultura, las cuales no deben concebirse únicamente como un proceso destinado a mejorar la eficiencia productiva, sino también, como un proceso de transformación del aparato productivo y de las técnicas agrícolas que incluyen, entre otros aspectos, la diversificación de cultivos.

La diversificación de cultivos, que ha sido enarbolada por políticos y funcionarios públicos como una meta deseable, es un factor importante para subsanar los daños que se ha causado a los ecosistemas. El hombre al tratar de actuar como regulador activo en las relaciones del trinomio agua-suelo-biota, con los medios que la tecnología moderna le proporciona, ha puesto en peligro el delicado equilibrio de los ecosistemas actuales con el uso irracional de agroquímicos, el sobre uso de maquinaria agrícola, y la utilización irresponsable de materiales transgénicos; de igual forma, el uso continuo de una especie puede afectar, en el largo plazo, las propiedades físicas y químicas de los suelos.

En el sur de Sonora, se explotan actualmente los cultivos anuales: trigo, soya, maíz, algodón, cártamo y ajonjolí, y otras especies con un peso específico muy reducido en el padrón de cultivos. El cultivo más importante, tanto por su superficie sembrada como por su impacto económico es el trigo (que ocupa alrededor del 80% de la superficie agrícola en el ciclo invierno-primavera) y en menor cuantía el maíz (con una superficie sembrada del 5 a 10%). Existen, sin embargo, otras especies vegetales, que se adaptan a las condiciones climáticas de la región como la canola (*Brassica napus*), la higuerrilla (*Ricinus communis* L.) y el crambe (*Crambe abyssinica* Hochst); que pueden competir favorablemente, por su productividad económica con el trigo.

El objetivo de este trabajo, fue evaluar la rentabilidad económica de la canola, la higuerrilla y el crambe y compararla con la de dos cultivos tradicionales: cártamo y trigo. La hipótesis que permite cumplir con los objetivos fue la sostenibilidad de la agricultura en la región, requiere diversificar la actividad y el conocimiento de su tecnología de producción, para obtener información sobre su potencial económico, necesarias para promover la diversificación del padrón de cultivos en el sur de Sonora.

Canola, se deriva del acrónimo en inglés "canadian oil low acid" (aceite canadiense bajo en ácido), que se le confirió a un conjunto de variedades de colza con niveles bajos de ácido erúico y de glucosinolatos que se obtuvieron en Canadá [8]. Este nombre, actualmente se aplica en forma indistinta a las variedades cultivadas de colza [5]. La canola, pertenece a la familia de las Cruciferae, es una planta dicotiledónea con raíz pivotante y tallo ramificado con una altura superior a 120 cm., las hojas son glabras cubiertas de pelo, anchas, sésiles y dentadas con lóbulos irregulares; la flor es pequeña de pétalos amarillos y sépalos frondosos, las hojas y las flores abrazan a los tallos simulando un corazón, la semilla es color ámbar o negra de forma redonda, ligeramente mayor a 1 mm, contenidas en silicuas (frutos) de dos bandas, separadas por una membrana delgada [9].

El uso agrícola del género *Brassica* se inició en la India aproximadamente 2000 a. C.; fue introducido a Japón y China alrededor del año 35 a. C., y su siembra comercial se inició en Europa en el siglo XIII. En América este cultivo se siembra a partir de 1963, donde destacan por su superficie Canadá, Argentina y Chile, el aceite producido compete ventajosamente con las oleaginosas tradicionales [1, 4].

La canola ha sido evaluada desde los años setentas en el sur de Sonora. Al inicio se recomendaba una densidad alta de siembra, como en el trigo; sin embargo, en el año 1979 se comenzó a experimentar con distancias entre surcos y en la actualidad se recomiendan surcos a 75 cm. La densidad de siembra es sumamente baja, entre 4 y 8 kg de semilla por ha<sup>1</sup> en función de la variedad, la preparación del suelo etc. [15, 10, 2]. La canola es atacada por diversos insectos; en el sur de Sonora destacan los pulgones, especialmente durante la etapa reproductiva, y las larvas del suelo, del tipo trozador, saltarín, gallina ciega, gusano de alambre y algunos curculiónidos [2]. Las enfermedades más comunes son: la alternaria causada por *Alternaria brassicae*, en ambientes con alta humedad; la marchitez, causada por *Sclerotinia sclerotiorum* en la raíz de la planta al principio de la floración en ambiente cálidos; y, la hernia de la col, producida por *Plasmodiophora brassicae*. La fecha de siembra recomendada es del 25 de octubre al 5 de diciembre. En 1990 se evaluaron 13 variedades de canola, obteniéndose rendimientos de hasta 1800 kg ha<sup>1</sup>, a la vez que se reportan rendimientos superiores a 2000 kg ha<sup>1</sup>, que hacen a este cultivo atractivo para los agricultores del sur de Sonora.

La higuerrilla, conocida también como "palma cristi" e "higuera infernal", es originaria del África Tropical y pertenece a la familia Euphorbiaceae. Es una especie monoica con flores unisexuales de pedúnculos cortos, reunidas en grupos de aspecto racimoso o panicular. Las flores estaminadas se localizan en la parte inferior del racimo y las pistiladas en la superior; el cáliz consta de tres a cinco divisiones; los estambres son numerosos y ramificados; el ovario es globoso con tres estilos de color rojo; bifidos y plumosos, que se presentan unidos por la base; el fruto es una cápsula trilocular con tres semillas lisas, oblongas y con vetas o estrías oscuras.

Las hojas son alternas, grandes, largamente pecioladas, peltadas o palmeadas, la raíz es pivotante y presenta un sistema muy desarrollado [11]. La higuerrilla es una especie arbustiva que alcanza 2.5 m de altura [6], el tallo es hueco, nudoso y ramificado, de color verde rojizo; la altura máxima se alcanza en climas tropicales, en donde la planta es perenne; en los climas templados la parte vegetativa muere en la época fría pero la raíz perdura, permitiendo que la planta se desarrolle en el ciclo siguiente.

El aceite de ricino o de castor tiene varias aplicaciones; así, en la medicina tradicional se utiliza como purgante; es antiviral; antiprotozoario, porque la raíz tiene efecto contra *Entamoeba histolytica*; es fungicida, ya que el extracto de la hoja de higuera en medio básico o en agua, controla microbacterias y levaduras; tiene propiedades insecticidas; y, se utiliza actualmente para la fabricación de biodiesel [4].

El aceite de ricino está constituido principalmente por ácido ricinoleico, que le confiere una propiedad secante muy acentuada, que se aprovecha en la industria de elaboración de pinturas y barnices. Por su contenido de glicerina se utiliza también en la fabricación de jabones, champús y cosméticos [11].

Otras propiedades interesantes de este aceite son su viscosidad constante a diversas temperaturas y su poca tendencia a la acidificación; las cuales se utilizan en la industria para la elaboración de aceites para motores de avión, barcos y vehículos pesados; para fabricar líquido para frenos y fluidos para transmisiones automáticas; para fabricar linóleo, plásticos, hules y derivados afines; para preparar pinturas y colorantes en la industria textil. Una vez que se extrae el aceite de la semilla, se obtiene una pasta con alto contenido de nitrógeno, que la hace recomendable como fertilizante; pero con propiedades tóxicas, que impiden su uso como alimento para el ganado. Actualmente se investiga la forma de eliminar las toxinas de la semilla [11].

En México, se han cultivado comercialmente las especies *Ricinus communis* minor y *Ricinus sanguineus* en los estados de Oaxaca, Colima y Tamaulipas. La especie *R. Sanguineus* es la que ha producido mayores rendimientos y calidad de aceite. Los rendimientos tienen gran variabilidad de una región a otra, por ejemplo, en los Valles Centrales de Oaxaca la producción varía desde 400 a 1000 kg por ha<sup>-1</sup> y en Tampico, se obtienen rendimientos entre 600 y 1000 kg por ha<sup>-1</sup>. La higuera tienen gran tolerancia a la sequía, y por ello el productor agrícola de temporal la incluye frecuentemente en sus sistemas de producción; en la Mixteca Oaxaqueña se intercala una hilera de higuera por cada cinco surcos de maíz, debido a que las hojas sirven de alimento para el ganado, los tallos se utilizan como combustible para la cocina y la semilla se vende para la extracción de aceite. En el sur de Sonora, la higuera fue evaluada en asociación con maíz, entre los años de 1978 y 1985, en condiciones del temporal extremadamente árido, se cosechó hasta 1000 kg por ha<sup>-1</sup>, además de 3000 kg por ha<sup>-1</sup> de grano de maíz.

Crambe es un género que incluye varias especies, de las cuales *Crambe abyssinica* Hochst, originario de Etiopía, es cultivado por el aceite de sus semillas. El crambe es una planta anual, erecta, de ramas numerosas, con altura de 60 a 91 cm; el hipocotilo es cilíndrico, morado, de 2 a 4 cm de longitud, cotiledones verdes

en forma de espátula de 12 mm de longitud y 3 mm de ancho y pecíolos alargados (18 a 25 mm); las hojas son glabras, de forma oval y crecimiento asimétrico, con borde sinuoso de 10 cm de longitud y 8 cm de ancho; los tallos y las ramas están cubiertos por pelos cortos y erectos; las flores son numerosas y diminutas, sostenidas en grupos compactos al inicio, y después distribuidas en corimbos alargados [9].

Los frutos, son esféricos, monocárpico, indehiscentes y persistentes con un diámetro de 2 a 3.5 mm; las semillas son esferoides de color verde aceitoso a café claro con un diámetro que varía de 1 a 2 mm; la cápsula es muy característica débilmente adherida al tegumento en forma semicircular ( ). La planta se deshoja casi totalmente al llegar la maduración, el pericarpio se separa fácilmente de la semilla porque es quebradizo ( ). Como planta ornamental perenne, produce grandes panículas de flores, algunas de 1.5 m de altura, con numerosas flores pequeñas de color amarillo pálido distribuidas en tres floretes en un tallo firme y esbelto con un olor agradable y fragante parecido al de la miel.

El aceite de las semillas, que es similar al de las ballenas, se compara favorablemente al de otras crucíferas oleaginosas por su índice de yodo. El contenido de aceite varía de 35 a 53%, y el de proteínas de 25 a 35% [7]. El aceite contiene aproximadamente 55% de ácido erúico, los productos que se derivan de éste le confieren propiedades potencialmente útiles para la lubricación, emulsificación y refrigeración [7].

El crambe, de reciente introducción en algunos países (Wang et al., 2000), fue introducido a México en la década de los setentas. [2], indica que se puede adaptar al agrosistema del Valle del Yaqui durante la época fría del año. La siembra se puede efectuar en otoño en terrenos con altitud menor a 600 m, aunque se puede sembrar también en el verano, en cuyo caso requiere más días para madurar. Con la utilización de tecnología los rendimientos se han incrementado, es así como en Iowa se reportan rendimientos de 800 a 1000 kg ha<sup>-1</sup>, de 975 a 1535 en Canadá y de 2300 a 3200 kg ha<sup>-1</sup> en Italia [3] En México, [2], menciona que el rendimiento del crambe varía de 500 a 2500 kg ha<sup>-1</sup> y reportan rendimientos de hasta 3619 kg ha<sup>-1</sup>.

El cártamo (*Carthamus tinctorius*) y el trigo (*Triticum aestivum*), son dos cultivos tradicionales en el Sur de Sonora, y están también ampliamente descritos en la bibliografía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron cinco experimentos en serie (cinco cultivos: cártamo, trigo, canola, higuera y crambe) en terrenos de la manzana 611 del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Los experimentos se sembraron el 18 de noviembre de 2007, en cada experimento se utilizó el diseño bloques al azar con cuatro repeticiones.

Cada experimento consistió de un factorial de cinco dosis de N (0, 50, 100, 150 y 200 kg por ha<sup>-1</sup>) y seis D (34, 42, 54, 77, 125 y 250 miles de plantas por ha<sup>-1</sup>). La parcela experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo y los surcos de 50 cm de ancho. La parcela útil consistió de los dos surcos centrales de 4 m de largo. Todas las parcelas se fertilizaron con 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por ha<sup>-1</sup>.

En cada experimento, se llevó a cabo el análisis de la varianza y posteriormente, se ajustó un modelo cuadrático, donde la respuesta a la densidad es de tipo cuadrático hasta las 125 mil plantas por ha y tipo plateau a partir de este punto

En el análisis de varianza para el ingreso neto, se utilizó un modelo con diseño jerárquico, en el cual las repeticiones (bloques) están anidadas dentro del cultivo, este análisis es similar al de un diseño en parcelas divididas donde los cultivos son las parcelas grandes (PG) y los tratamientos factoriales las parcelas chicas (PCH). Si la interacción entre PG y PCH resulta significativa, entonces será necesario ajustar una superficie de respuesta para cada cultivo; este es el caso esperado desde el punto de vista agronómico ya que los cultivos son de especies diferentes.

Las superficies de respuesta, para este caso, se obtendrán con un modelo sin ordenada al origen, porque el rendimiento es nulo si la densidad es igual a cero y contendrá factores lineales y cuadráticos para el nitrógeno y para la densidad de población e incluirá el producto de los factores lineales para modelar la interacción entre el fertilizante nitrogenado y la densidad de población.

Las superficies de respuesta ajustadas se utilizarán para calcular las dosis óptimas económicas, con las cuales se obtendrán los ingresos netos que permitirán la selección de los cultivos más rentables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 presenta el rendimiento medio de los tratamientos de nitrógeno y densidad de plantas, para los cultivos de canola, higuera, crame, cártamo y trigo y el Cuadro 2, gráficamente esta información se exhibe en las Figuras 1 y 2; los precios y costos derivados de los tratamientos involucrados en el experimento. El análisis de varianza conjunto para el ingreso neto se presenta en el Cuadro 3, en este cuadro se observa que los tratamientos de PG y la interacción PG (cultivos)\*PCH (tratamientos de nitrógeno y densidad) resultaron altamente significativos. Este resultado, esperado desde el punto de vista agronómico, indica que la respuesta a la fertilización y a la densidad de plantas es diferente para cada cultivo; conduce, como se indicó previamente, al análisis de la respuesta a la fertilización nitrogenada y a la densidad de población para cada uno de los cultivos estudiados.

Los datos del Cuadro 1 indican que los cinco cultivos respondieron tanto a la fertilización nitrogenada como a la densidad de población, aunque la respuesta fue más marcada para la densidad de población. El rendimiento más bajo para los cinco cultivos se obtuvo con la dosis nula de nitrógeno y la mínima densidad de población. El rendimiento máximo, para todos los cultivos se obtuvo con la dosis de 150 kg por ha<sup>-1</sup> de nitrógeno con excepción del trigo cuyo rendimiento máximo fue con la dosis de 50 kg por ha<sup>-1</sup>, esta respuesta diferencial de los cultivos explica la significancia de la interacción Cultivo por Tratamiento.

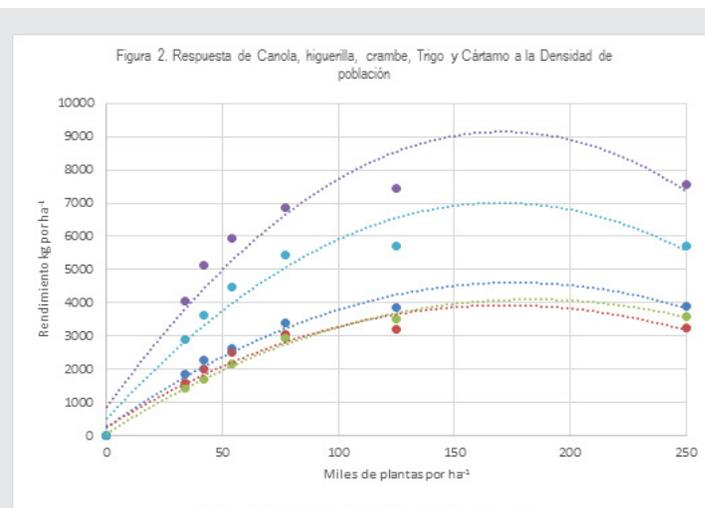


Figura 1. Respuesta de Canola, higuera, crame, Trigo y Cártamo a la fertilización con N

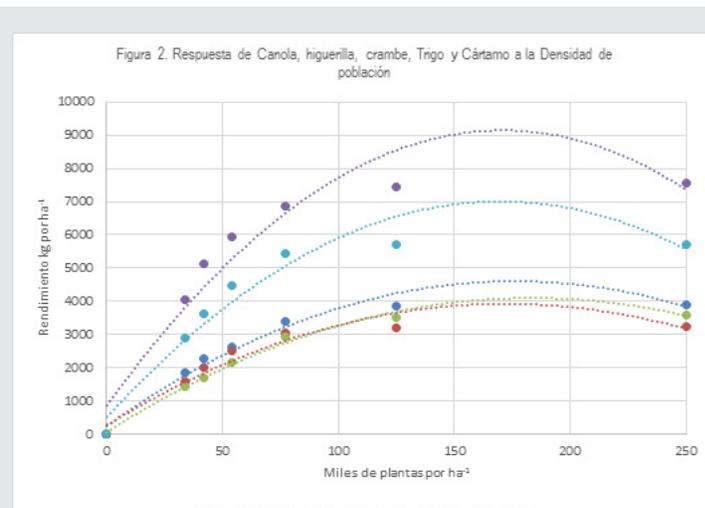


Figura 2. Respuesta de Canola, higuera, crame, Trigo y Cártamo a la Densidad de población

Con respecto a la densidad de plantas, los rendimientos máximos para canola (4219 kg por ha<sup>-1</sup>), crame (3420 kg por ha<sup>-1</sup>) y trigo (8134 kg por ha<sup>-1</sup>) se obtuvieron con 250 mil plantas ha<sup>-1</sup>, la densidad máxima de población; y para la higuera (3571 kg ha<sup>-1</sup>) el máximo rendimiento se obtuvo con 125 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Debido a la naturaleza cuantitativa de los factores que forman los tratamientos de PCH y a la significancia de interac-

ción PG\*PCH, el análisis que procede es el ajuste de una superficie de respuesta para cada cultivo.

Tabla 1. Rendimiento de cinco cultivos para diferentes dosis de fertilización nitrogenada y densidad de plantas.

N	DP	Canola	Higuerilla	Crambe	Cártamo	Trigo
0	34	1374	1189	1320	2206	3605
0	42	1583	1477	1747	2808	4627
0	54	1945	2086	1869	3309	4905
0	77	2807	2545	2381	3825	5918
0	125	3196	2577	3079	4055	6072
0	250	3167	2741	3116	4002	6345
50	34	1685	1541	1474	2527	4060
50	42	1996	1856	1791	3356	5075
50	54	2388	2383	2317	3920	5755
50	77	3188	2906	2827	4334	6790
50	125	3828	3165	3599	4454	7835
50	250	3958	3234	3432	4505	8269
100	34	1828	1357	1334	2526	4791
100	42	2095	1727	1550	2953	5594
100	54	2705	1976	1994	3904	6606
100	77	3582	2884	3114	4803	7530
100	125	4065	3483	3979	5052	8064
100	250	4083	3366	3952	5019	8097
150	34	1926	1527	1510	2648	3694
150	42	2154	2441	1761	3367	5817
150	54	2758	2838	2311	4373	6620
150	77	3754	3331	3304	5360	7286
150	125	4219	3571	4003	5586	7966
150	250	4271	3567	4092	5529	8134
200	34	1885	2077	1302	2415	4311
200	42	2253	2270	1543	2851	4830
200	54	2860	2602	2074	3593	5830
200	77	3667	2691	2698	4796	6620
200	125	4023	3035	3410	5095	7434
200	250	4068	3137	3420	5218	7320

Tabla 2. Costos de los insumos y precios de venta del producto de los cinco cultivos (USA Dólares).

	Canola	Higuerilla	be	Cártamo	Trigo
Mil plantas	1.09	1.2	1.3	1.2	0.6
Kg de N	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Kg / producto	0.44	0.486	0.53	0.44	0.32
Costos fijos	1400	1400	1400	1400	1400

Tabla 3. Análisis de varianza conjunto para el ingreso neto (pesos, m.n.) de los cinco cultivos estudiados.

F. V	GL	SC	CM	F <sub>c</sub>	F <sub>α=0.01</sub>
Cultivos	4	7332132246	1833033062	16.27**	4.89
Error(a)	15	1689801868	112653458		
Trat.	29	9376952344	323343245	97.63**	1.75
C*Trat	116	760666623	6557489	1.98**	1.39
Error(b)	435	1440656548	3311854		
Total	599	4			

Para cada cultivo se ajustaron modelos cuadráticos con interacción (Ecuación 2). En el Cuadro 4 se presentan los estimadores (con letras minúsculas) de los coeficientes de los modelos de regresión para cada cultivo estudiados; asimismo, se muestran las dosis óptimas fisiológicas y económicas. Se puede apreciar que las dosis óptimas fisiológicas (DOF) para la densidad de plantas de la canola, el crambe y el trigo, son similares debido a que estos cultivos tienen una arquitectura parecida. En general, las DOF para la densidad de plantas, son muy cercanas a las dosis óptimas económicas (DOE) debido al bajo costo de las plantas. En contraste, las DOE para el nitrógeno son menores a las DOF debido a que el costo de aplicar 1 kg de nitrógeno es aproximadamente el triple del precio de un kilogramo de grano para cualquiera de los cultivos estudiados.

Las comparaciones entre cultivos, se efectuaron por medio del rendimiento de grano, silicuas o aquenios que resulta de sustituir las dosis óptimas económicas de nitrógeno y densidad de plantas en los modelos de la Tabla 4, para cada cultivo. Con el rendimiento de cada cultivo y con los costos y precios de la Tabla 2, se obtuvieron las ganancias netas y el análisis financiero que se presentan en el Tabla 5.

Tabla 4. Modelos de regresión para los cinco cultivos

Efecto	Canola	Higuerilla	Crambe	Trigo	Cártamo
N Lineal	3.600	2.436	4.077	13.721	5.686
D Lineal	52.532	50.793	43.569	131.926	83.823
N Cuad	-0.018	-0.009	-0.026	-0.0749	-0.036
D Cuad	-0.215	-0.230	-0.141	-0.6516	-0.417
N*D	0.0488	0.026	0.020	0.0689	0.071
OFN	306	312	178	142	192
OFD	204	128	154	109	117
OEN	204	198	137	102	150
OED	137	113	160	104	109
R. OF	4216	3623	4094	8143	5448
R.OE	3923	3497	4092	8024	5381

La Tabla 5 se observa que los ensayos indican que el trigo es el cultivo más rentable de los cultivos estudiados, este cuadro explica en parte el hecho de que el trigo sea el cultivo preferido por el agricultor del noroeste de México. La alternativa más rentable después del trigo, o segundo cultivo recomendable es el cártamo, seguido por la canola y el crambe. El cultivo menos rentable es la higuerilla que tiene la desventaja adicional de producir aproximadamente 20 toneladas por ha de materia orgánica; esta característica, que le confiere una ventaja en áreas de temporal en donde esta materia se utiliza como alimento para el ganado; representa un problema para utilizarla o eliminarla en el sur de Sonora. Para el resto de los cultivos la relación de producción de materia orgánica y grano es cercana a uno.

La Tabla 5 indica también, que si se desea influir en el patrón de cultivos en el sur de Sonora, se debe establecer un programa de estímulos (o subsidios) para los cultivos que tienen un valor mayor a 1.0 (Cuadro 5).

Tabla 5. Rendimiento máximo económico, ingresos y análisis financiero estimado de los cultivos.

Cultivo Concepto	Canola	Higuerilla	Crambe	Cártamo	Trigo
R	3878	3215	3315	5363	8068
IB pesos	19416	14965	19711	22827	24680
IN pesos	5139	734	6191	8570	9939
T:OC	1.9	13.5	1.6	1.2	1.0

R=Rendimiento kg por ha<sup>-1</sup>, IB = Ingreso bruto \$/ha, IN = Ingreso Neto \$/ha, T:OC=Relación trigo a otro cultivo

### CONCLUSIONES

Los cultivos respondieron tanto a la fertilización nitrogenada como a la densidad de plantas, aunque la respuesta fue más marcada para la densidad de población.

Para cada cultivo se ajustó un modelo, que permitió la obtención de las dosis óptimas económicas en forma individual. La menor respuesta a la fertilización nitrogenada se obtuvo en crambe con una dosis óptima económica de 27 kg ha<sup>-1</sup>, el cultivo con la mayor respuesta es el trigo con una dosis óptima económica de 135 kg ha<sup>-1</sup>; para la canola, higuerilla y cártamo las dosis óptimas económicas fueron de 91, 90 y 96 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Las dosis óptimas económicas para la densidad de plantas fueron de 185, 184 y 181 mil plantas por ha para el trigo, crambe y canola respectivamente; y de 100 y 105 mil plantas por ha<sup>-1</sup> para la higuerilla y el cártamo.

Los ingresos netos permiten afirmar que el trigo es el cultivo más rentable en el sur de Sonora seguido por el cártamo, el crambe y la canola. El cultivo menos rentable de los cinco cultivos estudiados es la higuerilla.

La relación de producción de materia orgánica-grano para la higuerilla es de cinco, para el resto de los cultivos esta relación es de uno, esta característica le proporciona una desventaja adicional a la higuerilla porque en la región en estudio, la eliminación de la materia orgánica representa un problema.

Los resultados del análisis financiero de este estudio justifican el por qué el trigo es el cultivo preferido en la región entre los estudiados en este ensayo, puesto que el trigo es el cultivo que proporciona el mayor ingreso neto de los cinco que participaron en este estudio.

### REFERENCIAS

[1] Busch L, V Gunter (1994) *Socializing nature: Technoscience and the transformation of rapeseed into canola*. *Crop Science* 34:607-614.

[2] Espinoza Z C, V L Quilantán (1990) *El cultivo de la canola en el centro norte de México*. *Revista de la Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles* 4:8.

[3] Fontana F, L Lazzeri, L Malaguti, S Galletti (1998) *Agronomic characterization of some Crambe abyssinica genotypes in a locality of the Po Valley*. *European Journal of Agronomy* 9:117-126.

[4] González A E, J C O Perea, A F López (2006) *Caracterización termoanalítica de semillas de Ricinus communis, variedades Mamona Blanca, Mamona Negra y Silvestre: Análisis de las propiedades reológicas del biodiesel*. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Pamplona* 4:15-20.

[5] Gupta S K, A Pratap (2007) *History, origin and evolution of rapeseed*. *Advances in Botanical Research* 45:1-20.

[6] Koutroubas S D, D K Papakosta, A. Doitsinis (1999) *Adaptation and yielding ability of castor plant (Ricinus communis L.) genotypes in a Mediterranean climate*. *European Journal of Agronomy* 11:227-237.

[7] Lazzeri L, O Leoni, L S Conte, S Palmieri (1994) *Some technological characteristics and potential uses of Crambe abyssinica products*. *Industrial Crops and Products* 3(1-2): 103-112

[8] Liu J H, C Dixelius, I Eriksson, K Glimelius (1995) *Brassica napus (+) B. tournefortii, a traits of agronomic importance somatic hybrid containing for rapeseed breeding*. *Plant Science* 109: 75-86.

[9] Mazzani B (1963) *Plantas Oleaginosas*. Editorial Salvat. Barcelona, España. 433 p.

[10] Moore M K, S O Guy (1997) *Agronomic response of winter rapeseed to rate and date of seeding*. *Agronomy Journal* 89: 521-526.

[11] Orlando M S (2007) *Manual Técnico del Higuerillo*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador 17 p.

[12] Schierholt A, B Rückernd, H C Becker (2001) *Inheritance of high oleic acid mutations in winter oilseed rape (Brassica napus L.)*. *Crop Science* 41:1444-1449.

[13] Wan J, R Griffiths, J Ying, P McCourt, Y Huang (2009) *Development of drought-tolerant canola (Brassica napus L.) through genetic modulation of ABA-mediated stomatal responses*. *Crop Sci* 49:1539-1554.

[14] Wang Y P, J S Tang, C Q Chu, J Tian (2000) *A preliminary study on the introduction and cultivation of Crambe abyssinica in China, an oil plant for industrial uses*. *Industrial Crops and Products* 12:47-52.

[15] Zum T F, H C Becker, C Möllers (2006) *Genotype x environment interactions, heritability, and trait correlations of sinapate ester content in winter rapeseed (Brassica napus L.)*. *Crop Science* 46:2195-2199.

# Comparación entre el uso de aire caliente y microondas sobre la capacidad de reventado de semilla en cuatro variedades de Amarantho (*Amaranthus sp*)

**Resumen:** El amaranto (*Amaranthus sp*) es un alimento que se cultiva en México desde la época prehispánica, siendo Tlaxcala, Puebla, Morelos y Estado de México los principales productores. Nutricionalmente es completo, debido a que aporta proteína de alto valor biológico, vitaminas y minerales. La principal forma de consumo es en confites (“alegrías”) preparados con la semilla reventada por medio de comales y actualmente por aire caliente. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de reventado de semillas de amaranto de las variedades Nutrisol, Revancha, Amaranteca y Dorada cultivadas en el Estado de México y en Pénjamo, Gto. Se comparó el efecto del método de reventado (aire caliente y microondas) y la humedad de la semilla. En la evaluación del método, el reventado por aire caliente fue superior al uso del microondas. En cuanto a la capacidad de reventado, los resultados mostraron que la variedad, humedad y sitio de siembra tuvieron un efecto con significancia estadística sobre el volumen y densidad del reventado, mientras que la eficiencia no se vio afectada por el sitio de siembra. El presente trabajo permite complementar estudios de factibilidad para fomentar el uso de este cultivo en el Bajío guanajuatense.

**PALABRAS CLAVE:** aire caliente, *Amaranthus*, capacidad de reventado, humedad, microondas.



## Colaboración

María Guadalupe Moreno Contreras, Teresa Susana Herrera Flores; Licea De Anda Eva Marcela, Universidad Politécnica de Pénjamo; Micaela De la O Olán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

**ABSTRACT:** Amaranth (*Amaranthus sp*) is a food that is grown in Mexico since pre-Hispanic times, with Tlaxcala, Puebla, Morelos and Mexico State leading producers. It is nutritionally complete, because it provides protein of high biological value, vitamins and minerals. The main form of consumption is in candy (“alegrías”) prepared from the seed popped by griddles and actually by hot air. The aim of this study was to evaluate the popping capacity of amaranth seeds of Nutrisol, Revancha, Amaranteca and Dorada varieties grown in the State of Mexico and in Pénjamo, Gto. The effect of the popping method (hot air and microwave) and seed moisture was compared. In method evaluation, hot air popping was higher than microwaving. As for the popping capacity, the results showed that the variety, moisture and cultivation site had a statistically significant effect on the volume and density of the popped grain, while efficiency was not affected by the cultivation site. This work can complement feasibility studies to promote the use of this crop in the region of Guanajuato.

**KEYWORDS:** *Amaranthus*, hot air, microwave, moisture, popping capacity.

## INTRODUCCIÓN

El amaranto (*Amaranthus sp*) es un cultivo que es parte de la agricultura tradicional desde épocas prehispánicas logrando persistir hasta la actualidad. En México, prospera en regiones centrales de baja precipitación y tiene la capacidad de adaptarse a nuevos ambientes [1]. Esta semilla presenta la característica de poseer una proteína de alto valor biológico que presenta el balance de aminoácidos más cercanos a la proteína ideal. El aminoácido esencial lisina, el cual no está presente en las proteínas de los cereales, es abundante en el amaranto, por lo que es usado para complementar alimentos elaborados con maíz, trigo y arroz [2]. El cultivo de amaranto adquiere cada vez mayor interés debido a sus múltiples aplicaciones en las áreas farmacéutica, cosmética, ornamental, forraje y especialmente en la alimentación humana, ya que incluso las hojas y tallos tiernos pueden ser consumidos como verdura [2].

Para su utilización en la industria alimentaria, este grano es sometido a un proceso de reventado por aumento de temperatura, ya sea por contacto con una superficie caliente o en cámaras de aire a temperaturas elevadas. Sometiendo la semilla de amaranto a estas condiciones se forman granos reventados similares a las palomitas de maíz, que son utilizados en la elaboración de una gama extensa de productos como son dulces, harina, barras, bebidas, entre otros productos [2, 3]. Adicionalmente al método de contacto con superficie o aire caliente, el reventado puede ser realizado mediante la aplicación de microondas, técnica que va adquiriendo popularidad por ser una fuente de energía térmica limpia y utilizable para múltiples procesos alimenticios [4]. Las palomitas de maíz preparadas en microondas es una botada ampliamente distribuida en los hogares de todo el mundo y esta técnica puede ser empleada para otros cereales [4,5].

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de reventado de semillas de amaranto de las variedades Revancha, Amaranteca, Dorada y Nutrisol, cultivadas en el Estado de México y en Pénjamo Gto. Se realizó la comparación del efecto del método de reventado mediante aire caliente y microondas, así como el porcentaje de humedad en semilla (4, 8 y 12%). Los parámetros que se evaluaron fueron el incremento de volumen, la eficiencia de reventado y la densidad de la semilla reventada.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material vegetal

La semilla de amaranto de las variedades de Nutrisol (Ciclo P-V 2012) y Revancha (Ciclo P-V 2014) de la especie *Amaranthus hypochondriacus*, y las variedades Dorada y Amaranteca (Ciclo P-V 2014) de la especie *A. cruentus*, fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México (Cevamex). Las mismas variedades fueron cultivadas en la comunidad El Sauz de Villaseñor en el municipio de Pénjamo, Gto., en el ciclo Primavera-Verano 2015.

### METODOLOGÍA

Se cuantificó el contenido de humedad de la semilla de cada variedad por triplicado, empleando un analizador de humedad (OHAUS, USA) ajustando la humedad en caso necesario a 4, 8 o 12%.

La determinación de los parámetros de capacidad de reventado se realizó de acuerdo a metodología ya reportada [3, 6]. Se midió un volumen de 30 cm<sup>3</sup> (V<sub>0</sub>) de semilla de amaranto en una probeta registrando su masa. Se realizó el proceso de reventado registrando el volumen y masa de la muestra (V<sub>f</sub>, m<sub>f</sub>), tras lo cual se separó el grano reventado empleando un tamiz de 1.8 mm y se registró el volumen y masa de la fracción reventada (V<sub>r</sub>, m<sub>r</sub>). El incremento de volumen (IV) se

obtuvo por la diferencia entre el volumen final e inicial de la semilla, Ec. (1), mientras que la densidad ( $\rho$ ) del reventado se obtuvo por la relación entre su masa y volumen, Ec. (2). La eficiencia o rendimiento del reventado (E) se calculó mediante la Ec. (3), relacionando la masa de la fracción reventada con la masa de la muestra total.

$$IV(\%) = \frac{V_f - V_0}{V_0} \times 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\rho = \frac{m_r}{V_r} E \quad \text{Ec. (2)}$$

$$(\%) = \frac{m_r}{m_f} \times 100 \quad \text{Ec. (3)}$$

Para el reventado en microondas, los 30 cm<sup>3</sup> de semilla se colocaron en una bolsa de papel kraft y se sometieron a calentamiento por tiempos de 55, 60, 65 y 70 s, empleando el equipo de microondas Modelo HMM141DB (Frecuencia de microondas de 2450 MHz, Potencia de salida 1000 W) (Mabe, USA). El reventado de aire caliente se realizó en una máquina para palomitas doméstica Modelo RHP310 (Potencia de 1040 W) (Nostalgia Products, USA) con lapsos de procesamiento de 40 a 60 s. La máquina se calentó durante 2 minutos previo a la introducción de la semilla a reventar. La temperatura del aire durante el reventado fue de 160°C ( $\pm 10^\circ\text{C}$ ) con un flujo estimado de 0.011 m<sup>3</sup>/s (velocidad del aire 2.85 m/s, diámetro interno de la cámara 0.07 m). La velocidad del flujo de aire fue medida con un anemómetro de aspa Air Flow Modelo LCA301 (TSI Instruments Ltd., USA).

Se realizó un diseño factorial con distintos niveles para la evaluación de la capacidad de reventado. El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó empleando el programa Minitab® versión 17 (Minitab Inc., 2013).

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### Efecto del método de reventado

Tradicionalmente, la semilla de amaranto es reventada mediante el calentamiento en comales de barro, que están siendo sustituidos por reventadoras a base de aire caliente. Al igual que el maíz palomero, el amaranto también puede ser reventado empleando microondas, lo que podría representar una opción de comercialización debido a que más del 85% de los hogares de México cuentan con horno de microondas [7]. En una primera etapa se propuso comparar la capacidad de reventado en microondas y con aire caliente en una máquina para palomitas doméstica, empleando semilla cultivada en el estado de México, de las variedades Nutrisol y Revancha. El método de reventado afectó significativamente las variables de eficiencia, incremento de volumen y densidad de la semilla reventada (Tabla 1), y se observó una diferencia significativa también entre las variedades.

Tabla 1. Efecto del método empleado sobre la capacidad de reventado

Factores	Eficiencia (%)	Incremento de volumen (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
<i>Variedad</i>			
Nutrisol	75.26 a	221.40 a	0.191 a
Revancha	62.47 b	186.5 b	0.174 b
<i>Método de reventado</i>			
Microondas	43.49 b	78.47 b	0.216 a
Aire Caliente	94.24 a	329.45 a	0.148 b
<i>Humedad</i>			
8%	69.70 a	218.74 a	0.183 a
12%	68.03 a	189.18 b	0.181 a

Letras diferentes en la misma columna, para cada factor, indican diferencia significativa (Tukey, p<0.05)

La humedad de la semilla no afectó la eficiencia pero si el incremento del volumen, siendo superior en la semilla con 8% con respecto a la del 12%. Este resultado concuerda con lo reportado por Lara y Ruales [8], quienes encontraron una disminución en el volumen de expansión al incrementarse la humedad (12 al 16%). En el reventado por microondas, los mejores resultados se obtuvieron a los 65 s de calentamiento con un incremento de volumen de 97%, y una eficiencia de 49% (Datos no mostrados). En general, la eficiencia del reventado por aire caliente fue el doble que por microondas, mientras que el incremento de volumen fue cuatro veces supe-

rior (Fig. 1). Estos resultados pueden atribuirse a que el reventado por microondas es considerablemente afectado por el contenido de humedad de la semilla debido a que una baja humedad detiene la expansión, mientras que una elevada humedad suaviza la matriz gelatinizada del almidón, generando su colapso [5, 9]. Adicionalmente, la transferencia de calor desigual y el corto tiempo de calentamiento en un horno de microondas convencional, pueden impedir alcanzar un grado suficiente de gelatinización del almidón afectando las propiedades del alimento [9].

De acuerdo a estos resultados se determinó no emplear el reventado por microondas para las siguientes pruebas, no descartando que con un proceso de optimización pueda proponerse para su uso doméstico, debido a que se trata de una tecnología relativamente barata y de fácil acceso.

Efecto del sitio de siembra sobre la capacidad de reventado

Siendo el amaranto un cultivo con alta eficiencia en el uso de agua, es una alternativa a cultivos tradicionales como el sorgo y trigo. Estudios previos han establecido que las zonas del noroeste, este y sureste de la Mesa Central de Guanajuato son Medianamente Aptas (MA) para el cultivo de amaranto [10] y se ha reportado que las variedades Revancha, Nutrisol, Rojita, Amaranteca y Dorada muestran un buen comportamiento en Guanajuato [2]. Con la finalidad de evaluar si las condiciones del Bajío guanajuatense podrían modificar las propiedades de la semilla, se obtuvo grano de las variedades Revancha, Amaranteca y Dorada cultivadas en el municipio de Pénjamo.

Los resultados obtenidos muestran que el sitio de siembra tiene un efecto con significancia estadística sobre el incremento de volumen y la densidad (parámetros correlacionados ver Ec. (1) y (2), mientras que la eficiencia no presentó diferencia significativa (Tabla 2 y Fig. 2).

Tabla 2. Efecto del sitio de siembra y variedad sobre la capacidad de reventado.

Factores	Eficiencia (%)	Incremento de volumen (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
<i>Variedad</i>			
Revancha	93.04 b	381.11 a	0.140 c
Amaranteca	93.15 b	250.28 c	0.200 a
Dorada	97.46 a	312.78 b	0.1702 b
<i>Sitio de Siembra</i>			
Estado de México	94.97 a	281.20 b	0.179 a
Pénjamo, Gto.	94.13 a	348.15 a	0.161 b
<i>Humedad</i>			
4 %	89.77 b	244.44 b	0.197 a
8 %	99.33 a	385.00 a	0.143 b

Letras diferentes en la misma columna, para cada factor, indican diferencia significativa (Tukey, p<0.05)

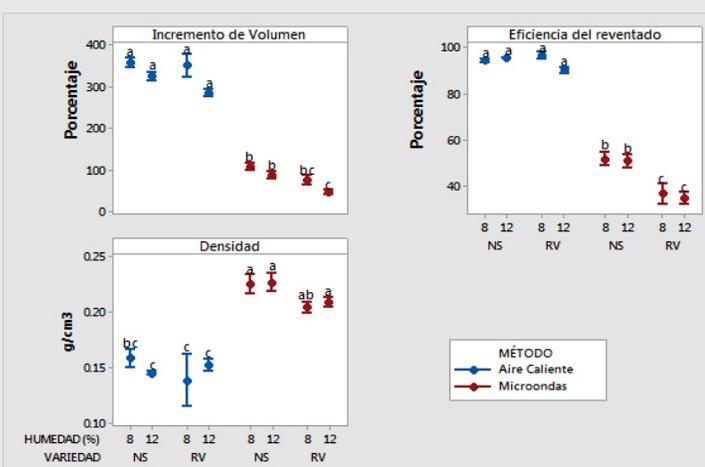


Figura 1. Efecto del método sobre la capacidad de reventado. Las muestras de semilla de las variedades Nutrisol (NS) y Revancha (RV) a 8 y 12 % de humedad, fueron reventadas empleando microondas o aire caliente. Los puntos indican la media (n=3 para aire caliente, n= 12 para microondas); los intervalos corresponden al error estándar. Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, p<0.05).

En las interacciones, la eficiencia del reventado de la variedad Revancha fue la única que se vio afectada significativamente por el sitio de siembra, siendo menor en la semilla proveniente del Cevamex, mientras que el incremento de volumen fue diferente en las variedades Revancha y Amaranteca, siendo más notorio en esta última donde se incrementó del 180% para Cevamex, al 320% para Pénjamo (Figura 2).

Estos resultados podrían deberse a que la testa de la semilla de Pénjamo, correspondiente a la cosecha 2015, se encuentra en mejores condiciones que la correspondiente a la cosecha 2014 del Cevamex, lo que permitiría una mayor presión del vapor de agua generado por el calentamiento con el consecuente incremento de volumen del reventado, sin una modificación en la cantidad de grano que revienta.

que en la pruebas del método de reventado se encontró una mayor eficiencia y expansión con 8% de humedad, en comparación al 12%, en la segunda etapa del proyecto se decidió determinar los parámetros en semilla con 4% y 8% de humedad. Se encontró que no existe una relación lineal entre la humedad de la semilla y la capacidad de reventado, pues tanto el volumen como la eficiencia fueron significativamente menores en la semilla con 4% de humedad (Figura 2A y 2B), independientemente del sitio de siembra y la variedad. Este comportamiento es similar al descrito por Konishi y col. [6], en el que observaron cambios significativos en la expansión del grano reventado (por aire caliente y vapor sobrecalentado) al incrementar o disminuir la humedad de la semilla, con respecto a un óptimo de 0.15 kg de agua/kg de semilla.

Para eliminar la fuente de variación interna por el sitio de siembra y la variedad, se repitió el análisis del efecto de la humedad sobre la eficiencia e incremento de volumen únicamente para la variedad Revancha; a pesar de que en ambas respuestas los valores más altos se encuentran a 8% de humedad, la diferencia no es significativa (Tabla 3), por lo que no se puede afirmar que, al menos en la variedad Revancha, exista alguna correlación entre el contenido de humedad y la capacidad de reventado de la semilla de amaranto.

Tabla 3. Efecto de la humedad sobre la capacidad de reventado de la variedad Revancha

Humedad (%)	Eficiencia (%)	Incremento de volumen (%)
4	95.96 a	333.33 a
8	87.98 a	351.11 a
12	85.68 a	284.44 a

Letras diferentes indican diferencia significativa (Tukey,  $p < 0.05$ )

### CONCLUSIONES

Con respecto al método artesanal de reventado de amaranto en comal, los métodos de por microondas y aire caliente presentan la ventaja de rapidez, facilidad de regulación y estandarización. De estos, la técnica por microondas requiere un proceso de optimización para lograr mejores resultados, siendo el método de reventado por aire caliente el que permite obtener una mayor eficiencia e incremento de volumen en el grano reventado.

Los resultados obtenidos muestran que el contenido de humedad del grano es un factor que debe ser tomado en consideración para optimizar el proceso de reventado en conjunto con la variedad empleada. Dentro de estas, la variedad Dorada fue la que mostró el mayor volumen de expansión y rendimiento con menor variación con respecto al sitio de siembra, mientras que la variedad Revancha fue la que presentó la mejor

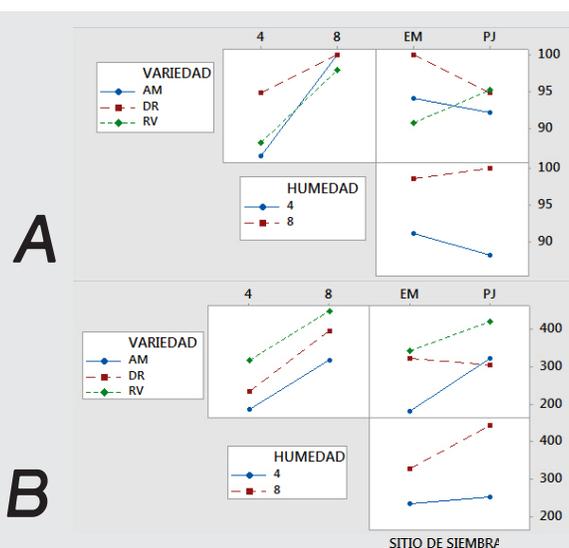


Figura 2. Interacción entre factores que modifican la capacidad de reventado. A) Efecto sobre la eficiencia de reventado B) Efecto sobre el incremento del volumen. Los factores evaluados son el sitio de siembra (Estado de México [EM] o Pénjamo [PJ]), la humedad de la semilla (4 y 8%) y la variedad de amaranto (Revancha [RV], Amaranteca [AM] y Dorada [DR]). Los puntos indican la media de los datos.

### Efecto de la humedad sobre la capacidad de reventado.

Para lograr el reventado de grano de amaranto, es necesario someterlo a calentamiento de modo que la humedad contenida en la semilla sea convertida en vapor que genera la expansión al fundir los gránulos de almidón y romper el pericarpio [8].

La humedad del grano tendría que estar relacionada tanto con la eficiencia como con el volumen del grano reventado. Sin embargo, la revisión bibliográfica muestra datos contradictorios, por ejemplo, Suárez-Ramos y col. (citado por [3]), indican un óptimo de 3.5 a 6.0 % de humedad, mientras que otros autores no han encontrado correlación entre el contenido de humedad y el porcentaje de grano reventado [3, 11]. Debido a

capacidad de reventado por lo que podría ser una opción recomendable para su uso en la región.

La comparación de la eficiencia y volumen de expansión del grano reventado demuestran que el Bajío guanajuatense presenta condiciones adecuadas para la producción del cultivo con semilla de calidad similar a la de los principales estados productores, permitiendo complementar futuros estudios de factibilidad para fomentar su siembra en la región.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado con el apoyo del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG), proyecto "Elaboración y Evaluación de suplementos con proteína de alta calidad como productos de valor agregado para fomentar cultivos eficientes en el uso de agua" aprobado en la Convocatoria "Jóvenes Investigadores 2015", Convenio UPP 100/2015. Un agradecimiento personal a los alumnos de la Universidad Politécnica de Pénjamo, Diana Brenda Rodríguez Soto y José Ignacio García Aguilera por su tiempo para el desarrollo metodológico.

#### REFERENCIAS

[1] Mapes-Sánchez, C. (2010). *El amaranto (Amaranthus spp.) planta originaria de México*. *Academia, Ciencia y Cultura*. AAPAUNAM, 4: 217-222.

[2] Espitia-Rangel, E., Mapes-Sánchez, C., Escobedo-López, D., De La O-Olán, M., Rivas-Valencia, P., Martínez-Trejo, G., y Hernández-Casillas, J. M. (2010). *Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México*. Celaya, Guanajuato, México: SINAREFI-INIFAP-UNAM, Centro de Investigación Regional Centro.

[3] Barrales Domínguez, J. S., y Torres Hernández, L. (1998). *Capacidad de Reventado del Grano de Amaranto*. *Chapingo Serie Horticultura*, 4(1), 63-64.

[4] Mishra, G., Joshi, D. C., y Panda, B. K. (2014). *Popping and puffing of cereal grains: a review*. *J. grain processing storage*, 1(2), 34-46.

[5] Lee, E. Y., Lim, K. I., Lim, J. K., y Lim, S. T. (2000). *Effects of gelatinization and moisture content of extruded starch pellets on morphology and physical properties of microwave-expanded products*. *Cereal Chemistry*, 77(6), 769-773.

[6] Konishi, Y., Iyota, H., Yoshida, K., Moritani, J., Inoue, T., Nishimura, N., y Nomura, T. (2004). *Effect of moisture content on the expansion volume of popped amaranth seeds by hot air and superheated steam using a fluidized bed system*. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 68(10), 2186-2189.

[7] Instituto Nacional de Estadística, & Informática (México) (2014). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2014*. *Consulta interactiva de datos-Hogares*. INEGI. Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/est/lista\\_cubos/consulta.aspx?p=en-cue&c=7](http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=en-cue&c=7)

[8] Lara, N. y Ruales, J. (2002). *Popping of amaranth grain (Amaranthus caudatus) and its effect on the functional, nutritional and sensory properties*. *J. Sci. Food Agric.*, 82: 797-805.

[9] Moraru, C.I. y Kokini, J.L. (2003). *Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2: 147-165.

[10] Granados Ramírez, R., Reyna Trujillo, T., Soria Ruíz, J., y Fernández Ordóñez, Y. (2004). *Aptitud agroclimática en la mesa central de Guanajuato, México*. *Investigaciones geográficas*, (54), 24-35.

[11] Barrales Brito E., y Gallardo Navarro Y. (2012). *Modificación de la digestibilidad de proteínas en diferentes condiciones de temperatura y humedad en el reventado de Amaranto*. XIV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. *Revista de Salud Pública y Nutrición Esp.2*



**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

---

**Ingeniantes**

*Instituto Tecnológico Superior de Misantla*

# Determinación de características del compost generado a partir de restos vegetales recolectados de los jardines del Instituto Tecnológico de Matamoros

**RESUMEN:** El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar las características del compost generado a partir de hojas secas de árboles recolectadas de los jardines del Instituto Tecnológico de Matamoros (ITM), para posteriormente adoptar una metodología fácil de implementar y aprovechar así, el valor de los residuos orgánicos vegetales. El parámetro considerado fue la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA- 006-SMA-RS-2006 [4], que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. Para el desarrollo del compostaje se utilizó la metodología de Altamirano y Cabrera [1], con adecuaciones propias. El proceso duró aproximadamente 24 semanas. Se tomaron cuatro muestras del compost generado, las cuales fueron llevadas al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Río Bravo, Tamaulipas, para su análisis. Los parámetros evaluados y analizados fueron: temperatura, olor, color, aspecto y tamaño de partícula, nitrógeno total, fósforo, potasio, pH, materia orgánica y la relación carbono/nitrógeno. Los resultados mostraron que las muestras se encuentran dentro de los límites establecidos en la norma, para los parámetros evaluados. Por lo que el compost obtenido cumple con los nutrientes necesarios para ser utilizado como mejorador de suelos, para la jardinería y la recuperación de espacios degradados.

**Palabras clave:** Residuos, Hojas Secas, Compost, Parámetros.



## Colaboración

Villasana Velázquez G. R.; Vásquez-González M. G.; Delgado García D; Salinas Bárcena M. L. Instituto Tecnológico de Matamoros

**Abstract:** This work has been made with the purpose of testing the characteristics of the compost generated by leftovers of some recollected vegetables from the Instituto Tecnológico de Matamoros, so that in a few time we can adopt a new method easy to do and take advantage of the value of the leftovers from some organic vegetables. The parameter taken in consistence was the Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA- 006-SMA-RS-2005, which establishes the requirements for the production of the improvers of soil made from organic leftovers. To develop the composting we used the Altamirano and Cabrera's Methodology (2006) with their proper adjustments. The process lasted for about 24 weeks. Four samples were taken for the analysis and they were also taken to the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) of Rio Bravo City, Tamaulipas, for their analysis. The parameters taken to evaluation were: temperature, odor, color, aspect and size of the particle, also the total nitrogen, phosphorus, potassium, pH, organic material and relation between carbon/nitrogen. The results showed that the samples are now in the limits established by the standard, for the parameters evaluated. This shows that the compost has enough nutriments to be used to improve soils for gardening and the recovery of degraded areas.

**Keywords:** Wastes, dry leaves, compost, parameters.

## INTRODUCCIÓN

Los residuos son uno de los mayores problemas ambientales con los que se encuentran las sociedades modernas. Este hecho deriva del incremento desproporcionado de la generación de residuos y de la dificultad de encontrar y aplicar soluciones ambientalmente apropiadas para su tratamiento [2].

La cantidad de material que se recicla actualmente aun es baja, esto debido principalmente a una falta de información, a que no se realiza una recogida y separación adecuada de los residuos y porque no existe el deseo de recuperar materiales.

En el Instituto Tecnológico de Matamoros (ITM) se puede apreciar esta situación, ya que actualmente no se están aprovechando algunos residuos generados en la Institución que pudieran ser utilizados como recursos para la generación de un nuevo producto. Tal es el caso de los residuos vegetales que llevándolos a pasar por un proceso de compostaje se puede llegar a obtener un abono orgánico o compost, mismo que cumpliendo con características específicas puede poseer diversos usos.

Por lo anterior, es importante establecer una metodología sencilla en la Institución para el aprovechamiento de residuos orgánicos vegetales, así como también establecer una metodología para la caracterización del compost obtenido que permita identificar claramente la utilidad que pueda darse a este producto.

El compostaje es una técnica de reciclaje que consiste en incorporar residuos orgánicos a un proceso de descomposición biológica aeróbica controlada, para obtener así un producto denominado compost, que puede ser utilizado como mejorador del suelo en la agricultura, jardinería, y huertos familiares [1]. Por lo que en los últimos años se le ha dado mayor importancia a la realización de ésta técnica de compostaje con el propósito de minimizar los daños al medio ambiente, disminuyendo la cantidad de residuos que se incineran y se disponen en los rellenos sanitarios; y generando a la vez composta que pueda ser utilizada en la agricultura para evitar el uso de fertilizantes artificiales.

En Perú, Altamirano y Cabrera [1], realizaron un estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual; a partir de los resultados se pretendía poner en marcha un programa de recuperación de los restos vegetales y posteriormente, realizar una planta de compostaje manual, sencilla para ser aprovechada por algunos municipios. En México, los programas de compostaje municipal han tenido un gran auge durante las últimas décadas, impulsados por el gobierno nacional y locales, en instituciones tanto públicas como privadas [5]. En el año 2006, operaban más de 61 plantas de compostaje. De una evaluación realizada a 61 plantas de compostaje, se observó que el tipo de residuo más común en dichas plantas era la poda de jardín, seguido por residuos orgánicos de alimentos; los residuos provenían en su mayor parte de parques, jardines y mercados municipales y, el uso principal de la composta producida era para parques y jardines

municipales e instituciones educativas. Los centros de compostaje eran operados en su mayoría por la autoridad local. Los centros que han mostrado un mayor impacto y que han logrado mayor continuidad son aquellos donde hubo colaboración entre el gobierno local y alguna institución civil. El fracaso más común era la producción de una composta de mala calidad, después continuaba la falta de un mercado desarrollado para el producto [5].

En su investigación, Marañón [3], establece la necesidad de una norma de calidad del compost en España, que incluya entre otros aspectos, los requisitos del proceso de compostaje, la definición de estándares de calidad y la especificación de usos y límites de aplicación del compost según su calidad; ya que menciona es frecuente encontrar un compost que presenta un alto grado de dispersión en las calidades y confusión en cuanto a especificaciones técnicas, esto debido a que el producto carece de información sobre los materiales de los que procede.

De acuerdo con la información anterior, en la actualidad sigue siendo de importancia el promover el reciclaje de residuos orgánicos para la elaboración de compost, así como también sigue existiendo la necesidad de mejorar este proceso para obtener mejores productos que tengan la aplicación deseada.

Por todo lo anterior, se llevó a cabo el presente trabajo de investigación, que tuvo como objetivo determinar las características físico-químicas del compost generado a partir de restos vegetales recolectados de los jardines del ITM, y que son necesarias para poder ser utilizado como mejorador de suelos, y así contribuir en la disminución de los residuos enviados a disponer en el relleno sanitario, y reducir la contaminación ambiental.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La presente investigación abarca el proceso de compostaje y la caracterización del producto final.

### **Localización del proyecto**

El proceso de compostaje se llevó a cabo en las instalaciones del ITM, específicamente en la parte posterior del Laboratorio de Ingeniería Ambiental. El área que se seleccionó para el desarrollo del proceso cuenta con un techo y muros en tres de sus lados, que miden 1.70 m de altura.

Las determinaciones realizadas al compost obtenido fueron realizadas en el laboratorio del INIFAP Campo Experimental Río Bravo, en la Ciudad de Río Bravo, Tamaulipas.

### Materiales utilizados

Para desarrollar el proceso de compostaje se recolectaron hojas secas de los árboles de Fresno (*Fraxinus* sp), Álamo (*Populus* sp) y Palo Blanco (*Celtis* sp) de los jardines del Instituto Tecnológico de Matamoros. La mayor cantidad de hojas secas usadas en este proyecto las produce el Fresno en un 90 %, seguido por Álamo y Palo Blanco con un 5 % cada uno, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Hojas de los árboles que producen la biomasa vegetal en los jardines del ITM. Especies de fresno (1), álamo (2) y palo blanco (3).

Las hojas secas de árboles fueron recolectadas en el mes de marzo, (Fig. 2). El estiércol de vaca utilizado en el proceso de compostaje, se obtuvo en un rancho ubicado a un costado de la carretera Lauro Villar Km 6, en la misma Ciudad de Matamoros Tamaulipas. Las vacas se alimentaron principalmente de pasto.



Figura 2. Hojas secas en jardines del ITM.

### Proceso de compostaje

La metodología empleada para el proceso de compostaje, corresponde al proceso empleado por Altamirano y Cabrera [1], en 2006, con adecuaciones propias.

Durante el proceso de compostaje, el parámetro evaluado constantemente fue la temperatura, se evaluó la temperatura dentro de los tubos así como la temperatura ambiente.

Para conformar las unidades de compostaje se utilizaron 4 tubos de PVC sanitario, de 15 cm de diámetro y de 80 cm de largo.

Las capas de material se depositaron en el siguiente orden: capa de hojas secas en el fondo, capa fina de cal y capa de estiércol de vaca; esto se repitió tres veces en cada tubo. Finalmente la cantidad de hojas secas contenidas en cada tubo fue de 305.4 g y 2.46 Kg de estiércol de vaca, z se muestra en la figura 3. Al colocar las capas de hojas secas se agregó 750 ml de agua de la llave en forma de lluvia para obtener una humedad apropiada para comenzar el proceso de compostaje. Se colocó un tubo de PVC de 1.27 cm de diámetro con orificios en sus costado, en el centro del tubo de compostaje, con el objetivo de que sirviera para el escape de los gases que pudieran generarse durante el proceso.



Figura 3. Hojas secas utilizadas para producir la composta.

Una vez conformada la unidad de compostaje, se procedió a monitorear la temperatura del proceso, para visualizar los cambios importantes que pudieran llevarse a cabo; también se llevó un registro de la temperatura ambiente.

Durante el proceso, solo se llevaron a cabo dos volteos, uno a los 56 días y otro a los 112 días después de haber iniciado el proceso de compostaje. Asimismo se agregó medio litro de agua de la llave en cada volteo para mantener la humedad en los tubos.

El tiempo total del proceso de compostaje fue de 24 semanas.

**Determinaciones físicas y químicas del compost**

Una vez concluido el proceso de compostaje, se procedió a efectuar la evaluación del compost obtenido de acuerdo a parámetros físicos y químicos establecidos en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA - 006 - SMA - RS - 2006 [4].

Los parámetros físicos fueron determinados al momento de hacer la toma de las muestras, en las instalaciones del laboratorio de Ambiental del ITM. Mientras que las determinaciones químicas fueron realizadas por el laboratorio del INIFAP, Campo Experimental Río Bravo.

**RESULTADOS**

**Proceso de compostaje**

Las temperaturas más altas alcanzadas durante el proceso de compostaje, se dieron durante la primera semana después de constituir las celdas. Alcanzando valores entre los 38 y 40 °C. En esos momentos la temperatura ambiente osciló entre los 32 y los 35 °C. Después de la primera semana, la temperatura en las celdas de compostaje permaneció casi constante, alrededor de los 35 °C. Disminuyendo gradualmente conforme la temperatura ambiente, esto después de la séptima semana.

Los trabajos de Altamirano y Cabrera [1], muestran que las celdas de compostaje alcanzaron una temperatura de 67°C a los 6 días de constitución de las celdas.

Esta diferencia, en cuanto a la temperatura alcanzada puede estar relacionada con las condiciones climatológicas prevalecientes en las diferentes zonas donde se desarrollaron los trabajos. Así como también, se pueden relacionar con los cambios realizados a la metodología para el desarrollo del proceso de compostaje.

El tiempo requerido durante el proceso de compostaje para la descomposición del material inicial, fue de 4 meses. Posteriormente el compost se estabilizó, ya no hubo incrementos en la temperatura, y, finalmente fueron tomados los tubos para obtener el compost generado y evaluar sus características.

La tabla 1 muestra el peso de la composta obtenido al final del proceso de composteo y su promedio. La cantidad de composta que se tomó de cada tubo para efectuar las determinaciones en el laboratorio fue de 1.5 Kg. con respecto al volumen inicial, al término del proceso el volumen del material se redujo en un 30%.

Tabla 1. Peso de composta

Tubo	Peso Kg
1	2.683
2	2.660
3	2.710
4	2.640
Promedio	2.673

**Características físicas del compost**

De acuerdo a la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 [4], como se muestra en la tabla 2, las características físicas del compost producido en base a las hojas de las especies de Fresno, Álamo y Palo Blanco cumplen con lo establecido en dicha norma, para poder ser comercializado.

Tabla 2. Características físicas de la composta

Parámetros físicos	Resultado
Temperatura	Estable, alrededor de 20°C
Olor	Agradable
Color	Café oscuro
Aspecto	Material degradado
Tamaño de partícula (mm)	De 2 a 20

**Características químicas del compost**

En la tabla 3 se muestran los resultados de las características químicas obtenidas de las cuatro muestras del composta generada de las hojas secas de Fresno, Álamo y Palo Blanco, obtenidas de los jardines del ITM.

Tabla 3. Características químicas de la composta

Parámetros químicos	1	2	3	4
% Nitrógeno Total	4.30	5.11	4.52	4.87
% de Fósforo	0.22	0.17	0.19	0.42
% de Potasio	2.08	2.33	2.46	1.90
pH	7.67	7.64	7.20	7.80
% de Materia orgánica	41.06	34.62	30.33	38.23
Relación carbono/nitrógeno	5.53	3.92	4.54	5.02

Comparando la relación carbono-nitrógeno en las muestras, con lo establecido en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 [4], se puede apreciar que los valores se encuentran dentro del rango establecido en dicha norma que es menor a 12, como se puede ver en la tabla 5.

Para el caso del contenido de materia orgánica, en la muestra 3 se observó un porcentaje de 30.33 (el menor obtenido), mientras que en la muestra 2 se obtuvo como resultado 41.06% (valor mayor). Se realizó un análisis de varianza entre los porcentajes de materia orgánica, donde el resultado demuestra que no existen diferencias significativas entre las muestras, con un intervalo de confianza de 95 %, como se muestra en la tabla 4. De acuerdo a la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 [4], donde exige un valor por encima del 15% de materia orgánica, el compost evaluado cumple con las características establecidas, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 4. Resultado del Análisis de Varianza

Muestras	4
Promedio	36.06
Desviación estándar	2.32
Error estándar de la media	2.32
Intervalo de confianza 95 %	28.68-43.44
t Tablas	9.08
P	0.03

Respecto al pH, en la Norma Técnica Estatal Ambiental anteriormente mencionada, se establecen como límites los valores de 6.5 a 8, (ver tabla 5). Por lo que los valores obtenidos en cada una de las muestras analizadas, son aceptados.

Para el porcentaje de fósforo en las muestras, en todos los casos el valor es aceptado, ya que de acuerdo a la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 [4], el valor del porcentaje de fósforo debe ser superior a 0.1%, como se muestra en la tabla 5.

Los valores obtenidos sobre el contenido de potasio en las muestras, corresponden a 2.08% para la muestra 1, 2.33% para la muestra 2, 2.46% para la muestra 3 y 1.908% para la muestra 4; por lo que también se encuentran dentro de los valores establecidos por la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 [4], (ver tabla 5), donde se indica que el valor de este parámetro debe ubicarse por encima del 0.25% para que el compost pueda ser comercializado.

Finalmente el % de nitrógeno total obtenido de las muestras de composta analizadas, es mayor que el mencionado por Trinidad [7], que es de 2.1 % para composta, con lo cual nuestra composta obtenida cumple con esta característica.

Tabla tomada de la NTEA-006-SMA-RS-2006

Características Químicas	Resultado
Relación carbono/nitrógeno	Menor a 12
Materia Orgánica	Mayor al 15 %
pH	6.5 a 8.0
Fosforo	Mayor a 0.10 % o 1,000 partes por millón
Potasio	Mayor a 0.25 % o 2,500 partes por millón

### CONCLUSIONES

Se obtuvo una composta de buena calidad bajo la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 [4], la cual establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos, donde se muestra que cumple con las características físico químicas establecidas por la norma, por lo que esta composta puede ser usada como mejorador de suelo.

De acuerdo a los materiales utilizados como materia prima hojas secas de las especies de Fresno, Álamo y Palo Blanco, esta composta puede ser utilizada de manera confiable para la jardinería, restauración del paisaje y la recuperación de espacios degradados [6].

Las determinaciones que se llevaron a cabo son las que están directamente relacionadas con los nutrientes presentes en la composta, por lo que en caso de implementar el proceso de compostaje para todos los residuos generados en la institución, se recomienda efectuar todas las evaluaciones descritas en la norma NTEA-006-SMA-RS-2006 [4].

Por los resultados obtenidos es recomendable la implementación del composteo de los residuos vegetales de los jardines del ITM, con lo cual se disminuyen los residuos enviados a disponer en el relleno sanitario.

## REFERENCIAS

[1] Altamirano, M. y Cabrera, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 9(17), 75-84. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/iigeo/v9n17/a10v9n17.pdf>, el 06 de febrero de 2013.

[2] Asociación GRAMA. (2005). *Manual del buen compostador*. Madrid, España: Grupo de Acción para el Medio Ambiente. Recuperado de <http://www.asociaciongrama.org/documentacion/manuales/Manual%20del%20Buen%20Compostador%20GRAMA.pdf>, el 19 febrero de 2013.

[3] Marañón, E. (2007). *Aplicaciones del compost obtenido a partir de la recogida selectiva de materia orgánica*. (IV Ponencia Técnica; Prevención, Reutilización y Reciclado). Asturias, España: COGERSA. Recuperado de <http://www.fav-gijon.com/documentos/archivos/documento206.pdf>, el 30 de septiembre de 2013.

[4] Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2005 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de México. Gaceta del Gobierno*. No. 71. Publicada el 9 de Octubre de 2006.

[5] Rodríguez, M. A. y Córdova, A. (2006). *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. México: S y G Editores, S. A. de C.V. Recuperado de <http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual%20de%20CompostajeSERMANAT-Mexico.pdf>. Consultado el 20 de mayo de 2013.

[6] Soliva, M. y López, M. (2004). *Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso*. Valsain, España: CENEAM/MIMAM. Recuperado de <http://gidr.gesfer.cat/tractaments/els-principals-tractaments/calidad-compost-lodos.pdf>, el 30 de septiembre de 2013.

[7] Trinidad Santos, A. *El papel de los abonos orgánicos en la productividad de los suelos*. En Martínez, C., R. Romero, L. Corlay, A. Trinidad y L.F. Santoyo (Eds). 1999. *I Simposium Internacional y Reunión Nacional. Lombricultura y Abonos Orgánicos*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Unidad de Identificación y Promoción de Mercados, UIPM. Montecillos y Chapingo. México.



# Bioquímica y Biológicos

# Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

# Evaluación de las concentraciones de partículas $PM_{10}$ y su relación con las condiciones meteorológicas (temperatura y humedad relativa) en el municipio de Frontera, Centla, Tabasco.

**RESUMEN:** La siguiente investigación se desarrolla con el propósito de realizar un diagnóstico de la calidad del aire del municipio de Frontera, Centla, Tabasco en un punto específico en relación a las Partículas de  $PM_{10}$  con un equipo muestreador de dichas partículas el equipo fue donado por la Secretaría de Energía Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNA-PAM), con el propósito de formar una red de la calidad del aire, el Nodo se ubica en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Centla (ITSCe), de Marzo a Agosto del 2014 se muestrearon dichas partículas para determinar las concentraciones de las partículas considerando que existe una relación entre los parámetros meteorológicos de Temperatura y Humedad Relativa, así mismo evaluar si las concentraciones se encuentran por debajo o por arriba de lo que establece la norma para medir el grado de contaminación de partículas  $PM_{10}$  en el (ITSCe), los resultados de este proyecto indican que la calidad del aire es buena y en relación con el nodo ubicado en el Tecnológico de Villahermosa tenemos menos emisiones de partículas  $PM_{10}$  al ambiente, así mismo, según el método de Pearson los datos de concentración tiene relación directamente proporcional con la temperatura e inversamente proporcional con la humedad relativa.

**PALABRAS CLAVES:** Concentración, Condiciones Meteorológicas, Nodo de muestreo, Humedad Relativa meteorológica, Normas ambientales, Partículas  $PM_{10}$ , Temperatura del ambiente.



## Colaboración

Sandra M. Suarez García; Marco Antonio Zárate; Ana de Pilar Villa Peralta; Alexander Cupil Cupil, Instituto Tecnológico Superior de Centla

**ABSTRACT:** The following research develops with the purpose of making a diagnosis of air quality of the town of Frontera, Centla, Tabasco at a specific point in relation to  $PM_{10}$  with a sampler equipment such particles, equipment was donated by the SERNAPAM with the purpose of forming a network of air quality, the node is located on the premises of ITSCe, from March to August 2014, these particles were sampled to determine the concentrations of particles whereas there is a relationship between meteorological parameters Temperature and Relative Humidity, also assess if concentrations are below or above which it sets the standard for measuring the degree of pollution of  $PM_{10}$  particles in the ITSCe, the results of this project indicate that air quality is and good relationship with the node located in Villahermosa Tech have less  $PM_{10}$  emissions to the environment, also, by the method of Pearson concentration data is directly proportional to temperature and inversely proportional to the relative humidity.

## INTRODUCCIÓN

Los daños a la salud inducidos por las partículas han sido estudiados en muchos países y los resultados obtenidos en todos ellos son consistentes y coherentes entre sí. Uno de los efectos más importantes, como es la mortalidad asociada a la exposición a partículas, se describió desde 1952 en los estudios realizados en la ciudad de Londres. [3]. En 1972, 119 naciones se reunieron por primera vez para discutir las graves preocupaciones ambientales señaladas por las comunidades científica y de conservación [1].

Los principales objetivos para proteger el medio ambiente y el bienestar humano del efecto de las sustancias emitidas a la atmósfera fueron establecidos en la Agenda 21 y el Plan de Aplicación de Johannesburgo. Los avances hacia el logro de los objetivos ambientales para el material particulado (MP) y el ozono troposférico son mixtos a pesar del gran nivel de

preocupación acerca de sus impactos, ya que las soluciones son complejas y pueden ser costosas. Durante los años 50 y 60, estudios y estadística de la secretaria de salubridad y asistencia (SSA) empezaron a mostrar mayor frecuencia de síntomas respiratorios en niños, ancianos y enfermos en la Ciudad de México. Investigaciones realizadas para conocer el deterioro atmosférico y su efecto en la salud de los habitantes del Distrito Federal a finales de la década de los 50, obligaron a las autoridades federales a medir la calidad del aire en la Ciudad de México al igual que otros grandes centros urbanos [2].

La necesidad de evaluar la calidad del aire de tabasco surge desde hace 10 años atrás dado que la actividad petrolera ha tomado relevancia y a su vez la actividad antropogénica [8]. Por lo anterior en Tabasco en 1995 el gobierno del Estado adquirió equipos para la medición de SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> Y NO<sub>x</sub>; 3 muestreadores para PM<sub>10</sub>, 2 juegos múltiples de tomas de muestra y 2 sistemas de adquisición de datos para integrar a futuro una red automática de medición de calidad de aire. En 1996 se realizó un estudio de calidad del aire en la región de dos bocas, en un proyecto conjunto con el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de esta forma inician en Tabasco los primeros trabajos de estudios de la calidad del aire [3].

En Tabasco el 13 de Diciembre del 2013 el Instituto Tecnológico Superior de Centla adquiere un equipo muestreador de partículas PM<sub>10</sub> con el firme propósito de enriquecer los trabajos formando parte de macro proyecto "Creación de una red multi-institucional de muestreo de partículas fracción respirable ≤ 10 MM (PM<sub>10</sub>) en el Estado de Tabasco, México. Derivado de este macro proyecto se desarrolla el presente proyecto que tiene como objetivo general el Seguimiento de las concentraciones partículas PM10 con un equipo muestreador de partículas (Hi-volt), comparando los resultados con las condiciones meteorológicas (temperatura y humedad relativa) presentes en cada muestreo, dentro de las instalaciones del ITSCe y como objetivos específicos: a) Conocer el marco legal en el establecimiento de los sistemas de monitoreo del aire y calibración del equipo muestreador hi-volt. b) Determinar las concentraciones de partículas PM10. c) Comparar los resultados de las concentraciones de partículas PM10 con la NOM-025-SSA1-1993 y d) Correlacionar los resultados de las concentraciones de partículas PM10 con los datos meteorológicos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (temperatura y humedad relativa).

Para evaluar las concentraciones de partículas PM10 e identificar las relaciones que puedan tener con las condiciones meteorológicas como Temperatura y Humedad Relativa y de esta forma poder proponer estrategias de control para contribuir con las afectaciones del fenómeno de Cambio Climático.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Tabla 1. Equipos e insumos para el desarrollo del proyecto.

Cantidad	Equipo
1	Equipo muestreador de partículas PM <sub>10</sub>
1	Estación metereológica
2	Secadores
1	Horno de laboratorio
1	Balanza Analítica
1	Termómetro de laboratorio
Cantidad	Insumos
1	Caja de 100 guantes
1	Caja de cubre bocas
1	Frasco de Vaselina
1	Caja de 100 filtros de fibra de vidrio

1). **Tabla 1. Equipos e insumos para el desarrollo del proyecto.**

### 2). Método para el Desarrollo del Proyecto

a). Ubicación de equipo muestreador de Partículas PM<sub>10</sub>. El equipo muestreador de partículas PM<sub>10</sub> que se encuentra en el ITSCe está ubicado en el techo del edificio A con una distancia del suelo de 11 metros respetando todas las indicaciones establecidas por la normatividad NOM-156-SEMARNAT-1993.

b). Calibración del equipo muestreador de partículas PM<sub>10</sub>. La calibración del equipo hi-volt fue trabajado por personal del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y tomando como base las indicaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993 para calibración de equipos mustradores de Partículas.

c) Determinación de las concentraciones de partículas PM10.

### 3). Trabajo de Laboratorio.

El proceso de preparación de filtros de secado y pesado se desarrolló bajo la indicaciones establecidas en la NOM-022-SSA1-1993.

Secado antes del muestreo: se colocaron los filtros en el secador por 48 horas aproximadamente, en 500 gramos de sílica con la finalidad de que esta absorba la humedad, cabe mencionar que en este punto se debían mantener controlados ciertos factores como la temperatura y la humedad.

Pesado de filtros antes de muestreo: después de secados los filtros se pesan en una balanza analítica con el propósito de obtener el peso inicial del filtro dato

que se requiere para el cálculo de las concentraciones de  $PM_{10}$ .

**4). Trabajo de Campo en equipo muestreador hi-volt.**

Esta etapa del proyecto se desarrolló en función a lo establecido por la norma NOM-022-SSA1-1993.

I). Se colocaron los filtros de fibra de vidrio para la captura de partículas  $PM_{10}$  en el equipo muestreador durante un tiempo de 24 horas. Se coloca el graficador medidor del flujo que ejerce el equipo para la succión de las partículas y la programación de la hora de inicio y la hora final de muestreo. El equipo se apaga automáticamente y se retira el filtro de fibra de vidrio con la muestra. Se pesa el filtro con muestra en una balanza analítica debidamente calibrada para evitar errores en el muestreo.

II). Posteriormente el filtro es etiquetado y guardado para no alterar las condiciones de Humedad Relativa (HR) y temperatura en el filtro.

III). Los datos de peso inicial y peso final del filtro se colocan en una bitácora, así igual se anotan los datos del flujo con que se tomó la muestra, la hora de colocación del filtro y las observaciones que se hicieron en campo.

IV). Aplicación de cálculos en los resultados de concentración de partículas  $PM_{10}$ . E IMECA.

En esta etapa se requirió formulas indicadas por la SERNAPAM y justificadas con la norma NOM-025-SSA1-1993. Las siguientes formulas fueron aplicadas en una matriz de datos para hacer cálculos de Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) y concentraciones de partículas  $PM_{10}$  las cuales se mencionan a continuación.

Se determinó la velocidad del flujo en M3 la siguiente formula nos muestra como calcular.

$VF M^3$  = Velocidad del flujo

$$F.cte.= \text{Flujo} \quad cte. \frac{Ft^3}{Min}$$

$$Vf M^3 = f cte. \frac{Ft^3}{Min} \times T.E. \times 0.0283 \quad (Ec. 1)$$

**T. E. = Tiempo de Exposición**

**Valor estándar = 0.0283**

El siguiente paso fue determinar las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  en  $\mu/M^3$  mediante la fórmula representada a continuación.

**C= Concentración**

**PF=Peso Final**

**PI= Peso Inicial**

**$VF M^3$ = Velocidad del Flujo M3**

Para concluir se determinó IMECA la siguiente formula se muestra a continuación.

$$C = \frac{PF-PI}{VF M^3} \times 1000000 \quad Ec. 2$$

**IMECA= índice Metropolitano de la Calidad del Aire**  
**CPM10 = Concentración de partículas PM10**

$$IMECA = \frac{CPM_{10}}{0.833} \quad Ec. 3$$

**Valor estándar= 0.833**

Las operaciones descritas anteriormente permiten obtener los resultados de concentración e IMECA [5].

e). Comparación de los resultados de las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  con la NOM-025-SSA1-1993. Las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  del equipo muestreador del ITSCe se compararon con los Límites Máximos Permisibles que establece la norma NOM-025-SSA1-1993 que en este caso es de  $120 \mu/M^3$  diarios (Ver Tabla I) para su análisis.

f). Correlacionar los resultados de las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  con los datos meteorológicos de la CONAGUA (temperatura y humedad relativa).

Se evaluó las concentraciones de  $PM_{10}$  con las condiciones meteorológicas, (temperatura y HR) los datos de temperatura y HR fueron tomados de la CONAGUA, tres brazos Frontera, Centla, Tabasco operada por OCFS con la siguiente ubicación longitud:  $92^{\circ}36'26''$ , latitud:  $18^{\circ}23'05''$ , altitud: 11. Se realizó un análisis de Correlación de Pearson, con el fin de determinar la relación de las condiciones meteorológicas con las concentraciones. Se realizaron un diagrama de dispersión y una Recta de regresión.

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

En la tabla 2 se observa que solo en un muestreo en particular el filtro número 6 es el que se elevan las concentraciones ( $696.48 \mu/M^3$ ), la norma NOM-025-SSA1-1993 establece el límite máximo permisible por día de partículas  $PM_{10}$  de  $120 \mu/M^3$ , por lo anterior se indica que solo tuvimos un evento relevante se fue propiciado por un incendio forestal ya que en observaciones de campo se registró en bitácora que ese día en particular se llevó acabo un incendio forestal en una comunidad llama el faisán, considerando este evento como aislado y único y reportando que según datos diarios de concentraciones de partículas.

En la Tabla 3 se observa un comparativo entre las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  detectadas en el muestreador de partículas que se encuentra ubicado en las instalaciones del ITSVH y el muestreador del ITSCe, se observa que las concentraciones más altas de manera diaria son en el muestreador del ITSVH en relación con el de ITSCe, como se puede observar en la tabla 3, estas concentraciones altas se deben a que en la ciudad de Villahermosa en particular en la zona donde se encuentra ubicado el muestreador hay mayor movimiento vehicular siendo esta una fuente de

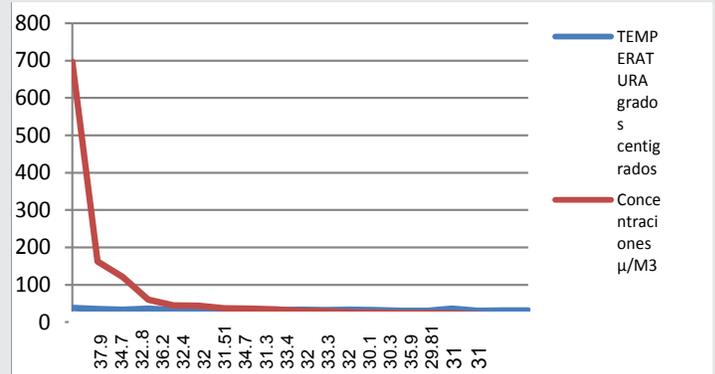
Tabla 2. Seguimiento de concentraciones de Partículas PM10 con el equipo muestreador ubicado en el ITSCe en comparación con los límites máximos permisibles establecidos en la norma NOM-025-SSA1-1993.

Numero de filtros	Concentración PM <sub>10</sub>	LIMITÉ MÁXIMO PERMISIBLE DIARIOS
1	24.52	120µ/M <sup>3</sup>
2	37.11	120µ/M <sup>3</sup>
3	29.29	120µ/M <sup>3</sup>
4	30.65	120µ/M <sup>3</sup>
5	35.73	120µ/M <sup>3</sup>
6	24.52	120µ/M <sup>3</sup>
7	33.72	120µ/M <sup>3</sup>
8	43.27	120µ/M <sup>3</sup>
9	696.48	120µ/M <sup>3</sup>
10	12.61	120µ/M <sup>3</sup>
11	60.19	120µ/M <sup>3</sup>
12	24.52	120µ/M <sup>3</sup>
13	18.39	120µ/M <sup>3</sup>
14	46.80	120µ/M <sup>3</sup>
15	121.26	120µ/M <sup>3</sup>
16	44.45	120µ/M <sup>3</sup>
17	23.65	120µ/M <sup>3</sup>
18	162.29	120µ/M <sup>3</sup>
19	2.04	120µ/M <sup>3</sup>
20	29.97	120µ/M <sup>3</sup>

Tabla 3. Comparación de las concentraciones de partículas PM10 del equipo muestreador del ITSCe contra las concentraciones de PM<sub>10</sub> del Instituto Tecnológico Superior de Villahermosa (ITSVH).

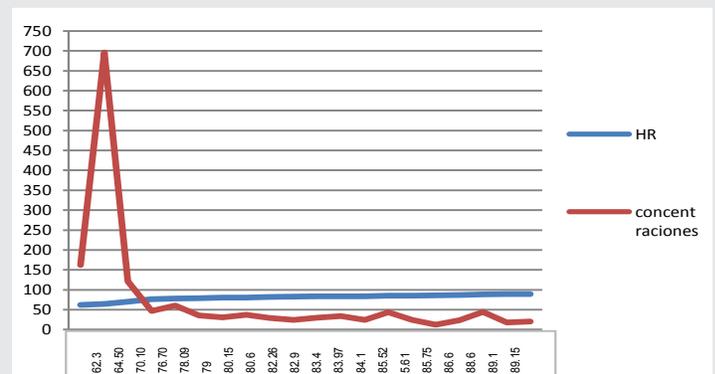
Fecha	Concentración (ITSCe) µ/M <sup>3</sup>	Concentración (ITVH) µ/M <sup>3</sup>
20/03/2014	24.52	42.50
28/03/2014	37.11	70.23
02/04/2014	29.29	33.42
04/04/2014	30.65	39.43
09/04/2014	35.73	41.13
11/04/2014	24.52	42.05
04/05/2014	2.04	27.68
13/05/014	33.72	40.26
19/05/2014	43.27	24.21
23/05/2014	696.48	20.73
31/05/2014	12.61	27.38
06/06/2014	60.19	22.00
18/06/2014	24.52	33.10
20/06/2014	29.97	45.75
22/06/2014	18.39	28.00
28/06/2014	46.8	47.89
03/07/2014	23.65	24.37
05/07/2014	121.26	33.71
10/07/2014	162.29	34.76
11/07/2014	44.45	32.12

concentraciones altas de partículas así también las chimeneas de tortillerías y pollerías que se encuentran en la zona, todas esta actividades influyen al incremento de las concentraciones de partículas PM<sub>10</sub> el único evento que se reportan alto el del muestreo 6 considerando que este evento se debe a lo ocurrido en la comunidad el faisán que fue un incendio forestal según datos observados de lo registrado en bitácora y por observaciones.



Gráfica 1: Comparación de concentraciones de partículas PM10 con la temperatura en relación de forma descendente.

En la gráfica 1 en el eje de la X se registró la temperatura y en el eje de las Y las concentraciones y se observa una relación directamente proporcional entre la temperatura registradas durante el periodo de desarrollo del proyecto y las concentraciones de partículas PM<sub>10</sub> registradas en ese día de muestreo, en la gráfica se observa que entre mayor temperatura mayor concentración de manera general salvo algunos eventos aislados como es el caso del filtro 6 donde se registra altas concentraciones, este día de muestreo se justifica mencionando que se reportó un incendio forestal en esos días [5] [7] en sus publicación hace referencia que a mayor temperatura mayor concentraciones de partículas PM10 contribuyendo el desarrollo de este proyecto a la misma hipótesis.



Gráfica 2: Comparación de concentraciones de partículas PM10 con la humedad relativa (HR) de forma ascendente.

La humedad relativa de una masa de aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que tendría si estuviera completamente saturada; así cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100 % más húmedo está, Montoya et al [6] por dicho efecto las partículas se precipitan hacia el suelo, provocando el efecto mencionado de a mayor HR menor concentración de partículas en el ambiente como se observa en la gráfica 2, al observar la relación inversa de los resultados apoyando con este fenómeno la discusión de Montoya et al [6].

## CONCLUSIÓN

Según estadísticas revisadas en INEGI [6] menciona que las condiciones meteorológicas como Temperatura y la humedad han cambiado en los últimos años incrementando la temperatura en 5% y así a su vez modificando los parámetros meteorológicos, indicando con lo antes mencionado que si el incremento de la temperatura continua tendremos mayor concentraciones de material particulado en el ambiente provocando con esto las enfermedades respiratorias.

Las actividades antropogénicas han afectado las condiciones meteorológicas de manera muy significativa el incremento de la temperatura tiene efectos indirectos como el incremento del nivel del mar entre otras múltiples acciones derivadas el aumento de la temperatura en el planeta, por eso es necesario evitar acciones que en particular en este proyecto se observaron que afecta al incremento de las concentraciones de partículas como incendios forestales y tráfico vehicular.

En cuanto al resultado del coeficiente de correlación de Pearson fueron los siguientes: concentración  $PM_{10}$  y temperatura °C: 0.765695, y concentración  $PM_{10}$  y humedad relativa: -0.69616398.

Determinándose que la relación de la concentración de partículas  $PM_{10}$  es directamente proporcional con la temperatura y con la humedad relativa es inversamente proporcional de esta forma la hipótesis del proyecto es pasiva a mayor temperatura mayor concentración de partículas  $PM_{10}$  y a menor humedad relativa mayor concentración de partículas  $PM_{10}$ .

## REFERENCIAS

### Libro

[1] Aldunate P. (2003.) *Los efectos de la contaminación atmosférica por  $pm_{10}$  sobre la salud, instituto de ingeniería sanitaria y ambiental.*

[2]; Wark.warner (2006) *Contaminación del aire origen y control editorial limusa 4 Edición, México DF.*

### Publicaciones oficiales de algún gobierno

[3] Consejo Editorial del Gobierno del Estado de Tabasco. (2010) *"Compendio Histórico, Geográfico y Estadístico del Estado de Tabasco"*. Tabasco, Mexico.

[4] *Secretaría de desarrollo social y protección del ambiente, 2011, Impactos de la Actividad Petrolera, en la Salud Humana y el Ambiente.*

[5] *Secretaría de desarrollo social y protección del medio ambiente 2010-2012 primer informe de la calidad del estado de tabasco.*

[6]; INEGI; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (2007). *1er Informe de la calidad del Aire, México Tabasco.*

[7]; Pérez-Vidal, H., Lunagómez-Rocha MA, Acosta-Pérez LI. (2010). *Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y partículas fracción respirable ( $PM_{10}$ ), en Cunduacán, Tabasco, Universidad y Ciencia: 26(2), 151162 (2010).*

### Sitios de Internet

[8]; US Environmental Protection Agency. *Particulate matter.* <http://www.epa.gov/air/particlepollution/>. Última actualización: abril 2012. Acceso: mayo 05, (2012).

NOM-025-SSA1-1993. *Salud ambiental., Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros  $PM_{10}$  y partículas menores de 2.5 micrómetros  $PM_{2.5}$  de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire. México (1993).*



**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

---

**Ingeniantes**

*Instituto Tecnológico Superior de Misantla*

# Variación espacio-temporal de ácaros (Cryptostigmata) en puntos estratégicos de la bahía de Chetumal Quintana Roo, México



## Colaboración

Sunny Arolid Tome Reyna; Leopoldo Querubín Cutz Pool; Héctor Javier Ortiz León, Instituto Tecnológico de Chetumal

**RESUMEN:** Los Oribátidos tienen una gran importancia ecológica; participan en los procesos de descomposición de la materia orgánica, en la formación de sustancias húmicas, en los procesos regenerativos del suelo, en las redes tróficas y son controladores de las poblaciones de hongos y bacterias. En este estudio se da a conocer la variación espacial y temporal de ácaros oribátidos en litorales de la Bahía de Chetumal. El muestreo se llevó a cabo en las épocas de lluvias (agosto, septiembre y octubre) y secas (febrero, marzo y abril). Se registraron 964 individuos; agrupados en 13 familias y 26 géneros. La temporada de lluvias tuvo la mayor abundancia y diversidad de ácaros. Existe una variación espacial en la densidad de los ácaros oribátidos. El mayor valor de equitatividad se presentó en la temporada de secas. Entre las temporadas de muestreo se obtiene un índice de similitud del 77.77%. En *Haplacarus*, *Loftacarus*, se encontró una correlación positiva entre temperatura y para *Trhypochthoniellus* y *Vepracarus* con el pH. Mientras que las densidades de *Afronothrus* y *Javacarus* mostraron una correlación negativa con la temperatura y *Xenolohmannia* con la Humedad.

**Palabras clave:** Abundancia, Bahía de Chetumal, diversidad, oribátidos, redes tróficas.

**Abstract:** Oribatid they have great ecological importance; participate in the processes of decomposition of organic matter, humic substances formation, regenerative soil processes are part of food webs and control populations of fungi and bacteria. This study discloses the spatial and temporal variation of oribatid mites in coastal Bay of Chetumal. Sampling was carried out in the rainy season (August, September and October) and dry (February, March and April). 964 individuals were recorded; grouped into 13 families and 26 genera. The rainy season had the highest abundance and diversity of mites. There is a spatial variation in the density of mites oribatid. The greatest value of evenness occurs in the dry season. Among the sampling seasons a similarity of 77.77% is obtained. For the *Haplacarus*, *Loftacarus*, *Vepracarus* *Trhypochthoniellus* there was a positive correlation between temperature, pH and density while the density of *Afronothrus*, *Javacarus* and *Xenolohmannia* was negatively correlated with temperature and Humidity.

**Keywords:** Abundance, Chetumal Bay, diversity, oribatids, food webs.

## INTRODUCCIÓN

El suelo está constituido por una mezcla de material orgánico e inorgánico el cual es bióticamente influenciado. Este se crea a través de los efectos de la biota, clima y procesos geomórficos y geológicos y los efectos químicos provocados por la atmósfera sobre la superficie del suelo. El suelo es un sistema termodinámicamente abierto que responde grandemente a los efectos internos y externos de los elementos químicos y energía (1, 2).

Los organismos del suelo no son exactamente habitantes del suelo, sino que ellos forman parte de él. Estos organismos determinan las propiedades del suelo tales como la hidrología, aeración y composición gaseosa, todo lo cual es esencial para la producción primaria y descomposición de los residuales orgánicos (2).

Los Oribátidos son de gran importancia ecológica debido a la participación en los procesos de descomposición y mineraliza-

ción de la materia orgánica y formación de sustancias húmicas como en la estructura del suelo, realizando la función de los procesos regenerativos del mismo (3,4). Participan directamente dentro de las redes tróficas, ya que son de los principales controladores de las poblaciones de hongos y bacterias (5, 6).

Los ácaros oribátidos (Cryptostigmata) son uno de los grupos dominantes de artrópodos dentro de los horizontes orgánicos de la mayoría de los suelos (7,8). Los ácaros oribátidos presentan un color usualmente determinado por el grado de esclerotización y melanización del integumento, presentando varios tonos que pueden ir desde blanco hasta un amarillo muy tenue, así como desde un pardo hasta la coloración negra (8, 9). En la actualidad se conocen más de 10,300 especies que han sido asignadas a 1,265 géneros (10, 11). Alrededor de 2500 especies se pueden considerar endémicas de las regiones tropicales.

El interés de estudiar la estructura de la comunidad de ácaros Oribátidos en el boulevard de la bahía de Chetumal en tres puntos de vegetación contrastante durante los periodos de lluvias y secas surgió por la importancia en su ecosistema que radia en su diversidad estructural y funcional al contribuir a la descomposición de la materia orgánica y al ciclo de nutrientes. El estudio de este orden ha sido muy escaso en la zona de los litorales y realizar un inventario, se aporta un enriquecimiento de conocimiento taxonómico en Oribátidos para la zona. Debido que para las zonas tropicales no existe información referente al uso de la fauna del suelo como bioindicador. Se eligió el boulevard de Chetumal debido a que está sujeta a alteraciones por ser zona urbana.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

En agosto, setiembre y octubre de 2009 (lluvias) y en febrero, marzo y abril de 2010 (secas). Se muestrearon tres puntos del litoral de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo con vegetación contrastante: Parque del Renacimiento (Sitio I; 18° 29'36.38" N 88° 18'08.31" W) pasto Sorghum halepense, la mega escultura (Sitio II; 18° 29'54.35" N 88° 17'4.28" W) mangle blanco Laguncuria racemosa, la UQRoo (Sitio III; 18° 31'18.43" N 88° 16'4.62" W) mangle botoncillo Conocarpus erectus (Figura 1).

En cada sitio se tomaron tres muestras de suelo y tres de hojarasca, para un total de 72 muestras de 225 cm2 cada uno; se registraron datos de temperatura y pH, del suelo en cada punto de muestreo. Las muestras fueron procesadas en embudos de Berlese-Tullgren sin fuente de luz por siete días (12). Después se separaron los ácaros en viales con alcohol al 70%, hasta niveles de taxa, con la ayuda de un estereoscopio. Posteriormente se hicieron preparaciones permanentes y se identificaron los ácaros a nivel género.

Se calcularon las densidades poblacionales (ind/m2), los índices de diversidad EC. (1), la equitatividad Ec. (2), la dominancia Ec. (3) i la similitud de Jaccard Ec.(4) (13).

$$H' = -\sum P_i \ln p_i \text{ Ec. (1)}$$

$$J' = H' / H'_{\max} \text{ Ec. (2)}$$

$$\lambda = \sum p_i^2 \text{ Ec. (3)}$$

$$IJ = c / a + b - c \text{ Ec. (4)}$$

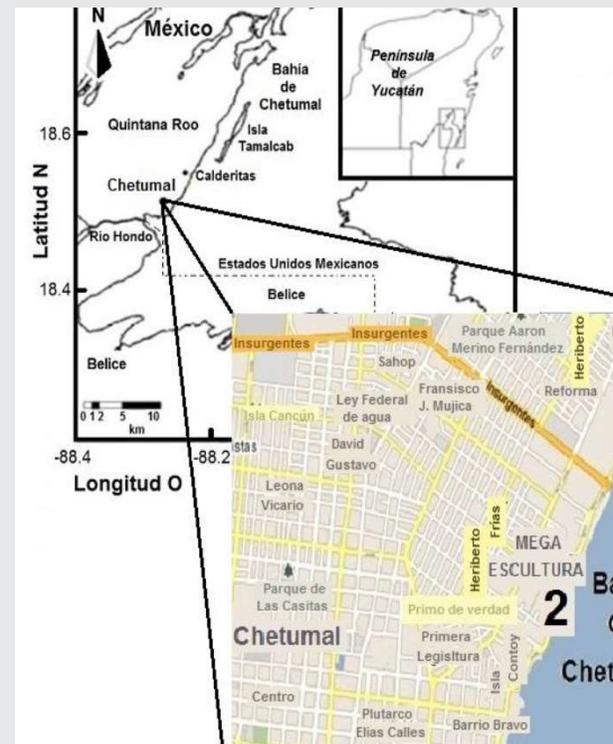


Figura 1. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo (Tomado de Javier-Matos, 2014) (14).

Las densidades se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y se correlacionaron con el pH, temperatura y humedad.

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Se obtuvieron un total de 964 individuos, agrupados en 13 familias y 26 géneros (Tabla 1).

Tala 1. Abundancia absoluta (total) y abundancia relativa (%) de ácaros oribátidos en el boulevard Bahía Chetumal. De acuerdo a los sitios que involucra la temporalidad de muestreo.

Familia / Genero	Lluvias			Secas			Total	Abundancia relativa %
	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Feb-10	Mar-10	Abr-10		
<b>Archenothridae</b>								
Lofacarus	7	0	0	0	0	0	7	0.73
<b>Basilobelbidae</b>								
Basilobeiba	0	1	4	4	1	0	10	1.04
<b>Epilohmannidae</b>								
Epilohmannia	17	10	12	7	7	2	55	5.71
<b>Euphthiracaridae</b>								
Euphthiracarus	5	0	1	0	0	0	6	0.62
Rhyssobia	33	16	22	26	21	21	139	14.42
<b>Hermannidae</b>								
Galapagacarus	0	0	1	0	0	0	1	0.1
<b>Galumnidae</b>								
Galumna	8	3	15	12	6	5	49	5.08
<b>Haplozetidae</b>								
Haplozetes	75	18	25	33	28	28	207	21.47
Rostrozetes	10	13	2	5	7	14	51	5.29
<b>Hermannellidae</b>								
Secobiobates	4	1	8	10	6	18	45	4.67
<b>Lioldidae</b>								
Teleiolodes	0	2	1	0	0	3	6	0.62
<b>Lohmannidae</b>								
Euryacarus	0	0	5	0	2	4	11	1.14
Haplicarus	5	1	4	0	1	1	12	1.25
Javacarus	4	1	0	7	7	1	20	2.07
Lohmannia	13	6	1	0	1	3	24	2.49
Torpacarus	0	1	0	0	0	1	2	0.21
Vepracarus	4	2	1	1	2	1	11	1.14
Xenolohmannia	12	0	0	1	1	0	14	1.45
<b>Oppidae</b>								
Oppia	31	36	14	25	26	24	156	16.18
<b>Phthiracaridae</b>								
Phthiracarus	0	0	1	0	2	1	4	0.42
Hoplophorella	7	11	3	14	10	13	58	6.02
Hoplophthiracarus	0	4	1	0	0	0	5	0.52
Archiphthiracarus	0	1	1	0	1	3	6	0.62
<b>Trihyochthoniidae</b>								
Allonothrus	1	0	0	0	0	0	1	0.1
Afronothrus	1	10	3	8	14	11	47	4.88
Trihyochthoniellus	10	2	0	3	2	0	17	1.77
<b>Riqueza</b>	18	19	20	14	19	18		
<b>Abundancia</b>	247	139	125	156	145	152	964	

La mayor abundancia fue en la temporada de lluvias (511 individuos), debido a que la humedad es un factor muy importante; tal como lo encontraron Vázquez-Noh y Cutz-Pool, 2013 (15). El efecto de la humedad se manifiesta en la dinámica de las poblaciones microbianas que constituyen recursos alimentarios para una gran parte de los invertebrados edáficos (8, 16) (Figura 2).

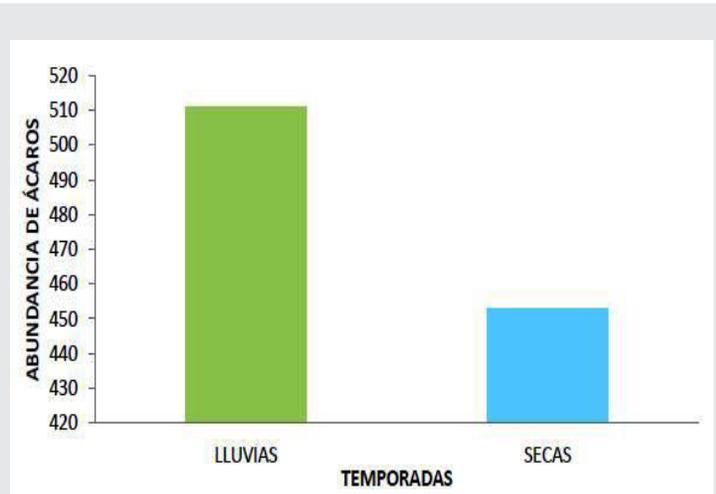


Figura 2. Abundancia de los oribátidos con respecto a las temporadas.

Con respecto al lugar de colecta existe una gran variación en la abundancia entre el sitio del Parque del Renacimiento (pasto) y el sitio de la Mega Escultura (mangle blanco). Siendo el sitio de la UQROO (mangle botoncillo) el lugar con la variación significativamente más baja; donde se puede ver que la variación espacial si tiene una influencia en la mesofauna edáfica (Figura 3). Se obtuvo la máxima abundancia en el sitio de la mega escultura con 454 individuos (Figura 3).

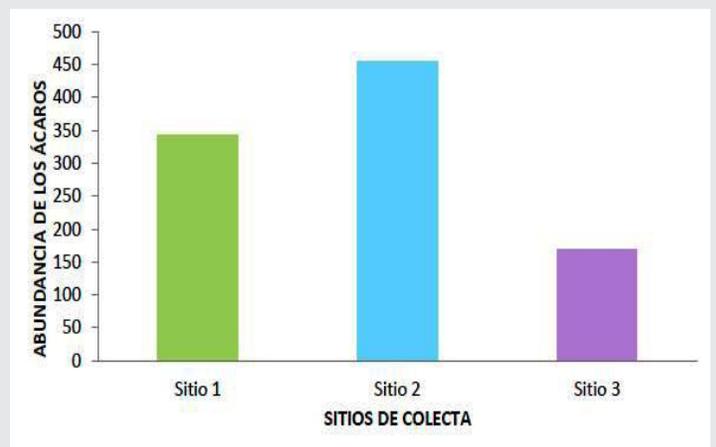


Figura 3. Distribución de la abundancia de ácaros oribátidos con relación los sitios de muestreo.

El género Haplozetes presentó la mayor abundancia con un 21.47%, seguido por Oppia con el 16.18% y los organismos con menos abundancia fue Allonothrus, Xenolohmannia y Galapagacarus con el 0.1% (Tabla 1). Bernal-Rojas et al. (17) reportaron al género Rostrozetes (Haplozetidae) como el más abundante en una plantación de café en la Sierra Sur de Oaxaca, México. Contrario a lo que reporta Accattoli et al. (18) al documentar que las familias Galumnidae y Oppidae, fueron las más abundantes en ciertos parques urbanos de Argentina al evaluar la afectación por actividades antropogénicas. Con lo anterior se constata que la familia

Haplozetidae y Oppiidae tienen la capacidad y facilidad de adaptación a los cambios inherentes a ciertos ecosistemas.

Comparando los sitios de colecta se obtiene que en el sitio I y II se registró la máxima riqueza de géneros con 22 (Tabla 1).

La temporada de lluvias presentó mayor diversidad ( $H' = 2.55$ ) comparada con secas (Tabla 2). En esta temporada se encontró una mayor riqueza de géneros, indicando que algunos ácaros oribátidos solo se encuentran en esta temporada como los géneros *Loftacarus*, *Euphthiracarus*, *Galapagacarus*, *Hoplophthiracarus* y *Allonothrus*.

La mayor diversidad y riqueza de ácaros oribátidos en temporada de lluvias fue influenciada por la humedad más alta. Al contrario, la temporada de secas presentó la menor diversidad y menor número de géneros (Tabla 2). La humedad de los microhábitats es un factor fundamental que influye en la diversidad, abundancia y distribución de los ácaros oribátidos (15, 19, 20).

Tabla 2. Fluctuación en los valores de los índices de diversidad ( $H'$ ), Equidad ( $J'$ ) y dominancia ( $\lambda$ ) de ácaros oribátidos en las dos temporadas de colecta del boulevard bahía Chetumal.

Índices	Temporada	
	Lluvias	Secas
$H'$ (Índice de Shannon)	2.555	2.444
$\lambda$ (Dominancia de Simpson)	0.8844	0.8855
$J'$ (Equidad de Pielou)	0.7841	0.7907

Tabla 3. Fluctuación en los valores de los índices de diversidad ( $H'$ ), Equidad ( $J'$ ) y dominancia ( $\lambda$ ) de ácaros oribátidos en los tres sitios de colecta del boulevard bahía Chetumal.

Índices	sitio		
	sitio I	sitio II	sitio III
$H'$ (Índice de Shannon)	2.406	2.564	1.68
$\lambda$ (Dominancia de Simpson)	0.8712	0.8988	0.7407
$J'$ (Equidad de Pielou)	0.7785	0.8296	0.676

De acuerdo con la dominancia los valores del índice de Simpson hubo mayor dominancia en la temporada de secas ( $\lambda = 0.8855$ ) (Tabla 2) con dos géneros muy abundantes *Haplozetes* y *Oppia* (Tabla 1). Al comparar los tres sitios de colecta se obtuvo la mayor dominancia en el sitio II ( $\lambda = 0.8988$ ) (Tabla 3).

En la temporada de secas ( $J' = 0.79$ ) se obtuvo el índice de equidad más alto (Tabla 2). Conforme a los sitios se pudo observar que la equidad más alta fue en el sitio II ( $J' = 0.8296$ ) (Tabla 3). En cuanto al índice de Jaccard en las comunidades de muestreo, muestra que hay mayor similitud de género entre las temporadas de lluvias vs. secas (77.77%). Con respecto al sitio de muestreo se observa un índice de similitud alto entre el sitio I vs. II (63%), el índice más bajo se obtiene entre los sitios de muestreo I vs. III (42%).

El análisis de varianza mostró que no existe un efecto significativo de la fecha de colecta  $F(5,102) = 1.9379$ ,  $p > 0.05$  sobre la densidad general de los ácaros. Sin embargo, si se encontró un efecto significativo del sitio II  $F(2,105) = 25.970$ ,  $P < 0.05$  sobre la densidad de los ácaros (Figura 4).

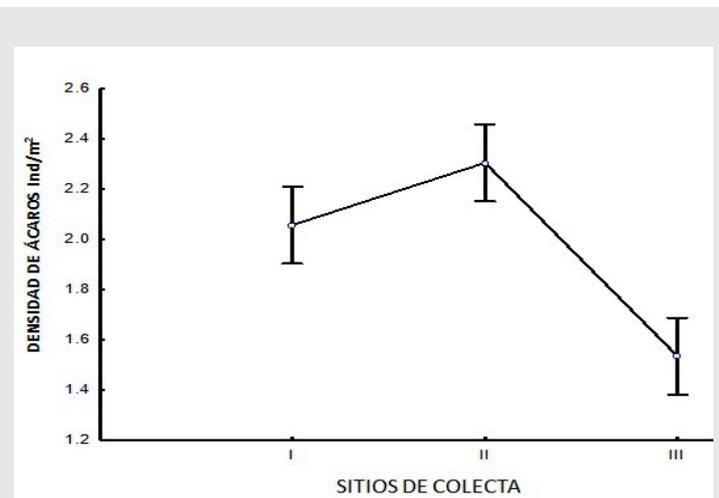


Figura 4. Análisis de la varianza de abundancia de los ácaros oribátidos colectados entre los sitios de muestreo.

Entre la densidad de los ácaros y las variables evaluadas no existe correlación significativa de manera general. Pero al considerar las densidades de cada género de ácaros se encontró una correlación significativa y negativa con respecto al porcentaje de la temperatura y la densidad del género: *Afronothrus* ( $r_{107} = -0.1619$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 5), *Javacarus* ( $r_{107} = -0.2420$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 6).

Se encontró que existe una correlación significativa y positiva con respecto a la temperatura y la densidad del género: Haplacarus ( $r_{107} = 0.1699$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 7), Loftacarus ( $r_{107} = 0.1839$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 8). Existe una correlación significativa y positiva con respecto al pH y la densidad del género: Trhypochthoniellus ( $r_{107} = 0.3650$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 9), Vepracarus ( $r_{107} = 0.2866$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 10). Se obtuvo una correlación significativa y negativa con respecto al porcentaje de la humedad y la densidad del género: Xenolohmannia ( $r_{107} = -0.1900$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 11). Lo anterior no concuerda con Gergócs y Hufnagel, 2009 (19); quienes mencionan que los ácaros oribátidos generalmente prefieren hábitats con una elevada humedad y que son susceptibles a la sequía.

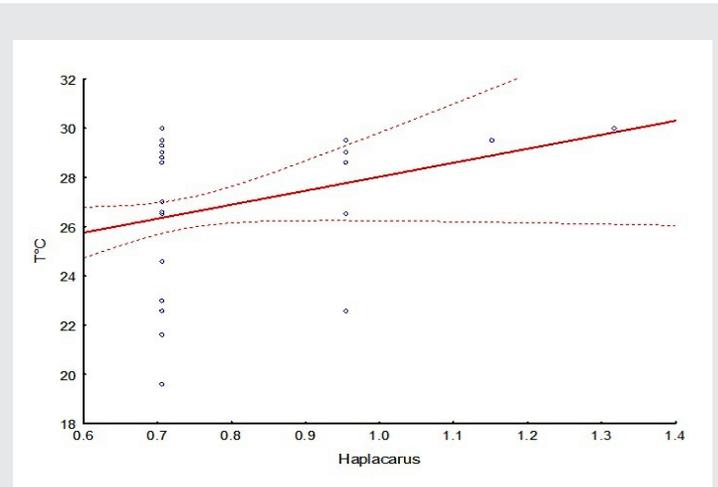


Figura 7. Análisis de regresión entre el porcentaje de la temperatura y la densidad del género Haplacarus.

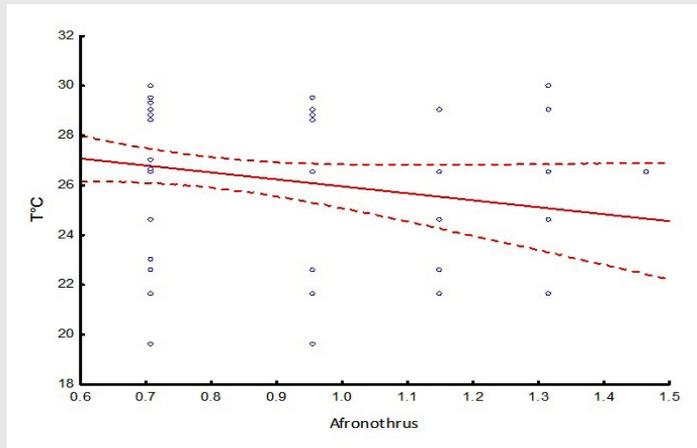


Figura 5. Análisis de regresión entre el porcentaje de la temperatura y la densidad del género Afronothrus.

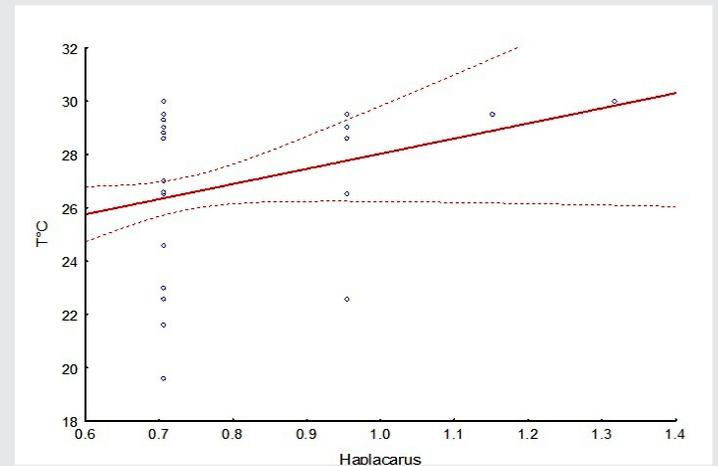


Figura 8. Análisis de regresión entre el porcentaje de la temperatura y la densidad del género Loftacarus.

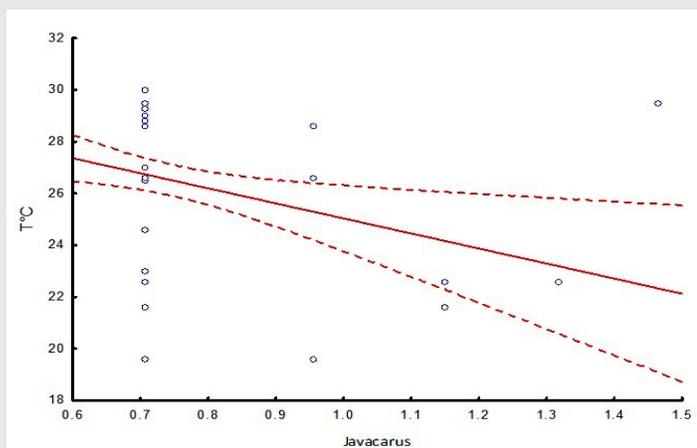


Figura 6. Análisis de regresión entre el porcentaje de la temperatura y la densidad del género Javacarus.

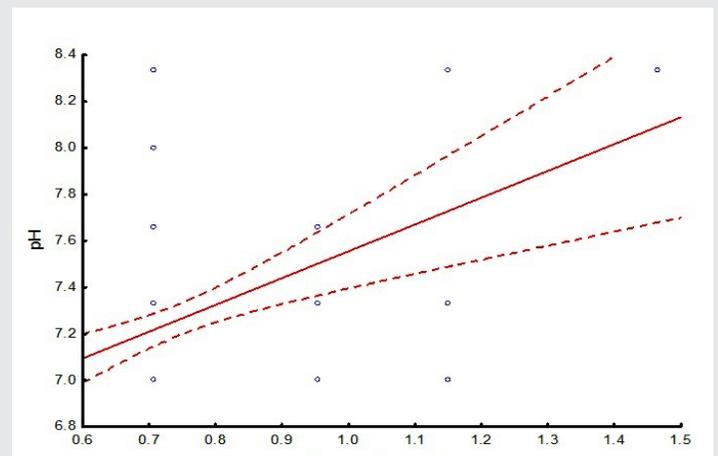


Figura 9. Análisis de regresión entre el porcentaje del pH y la densidad del género Trhypochthoniellus.

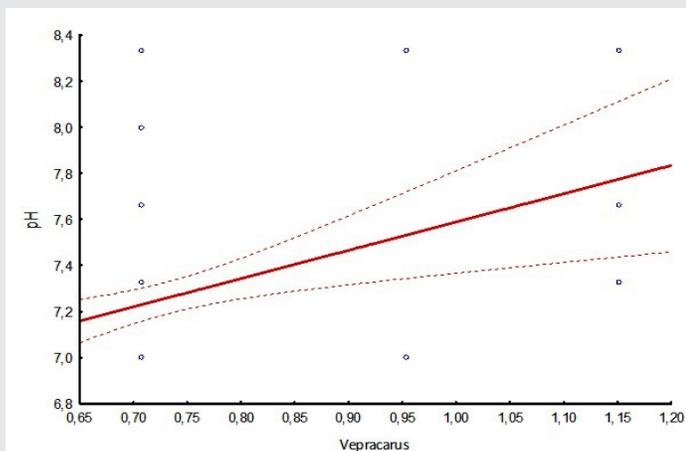
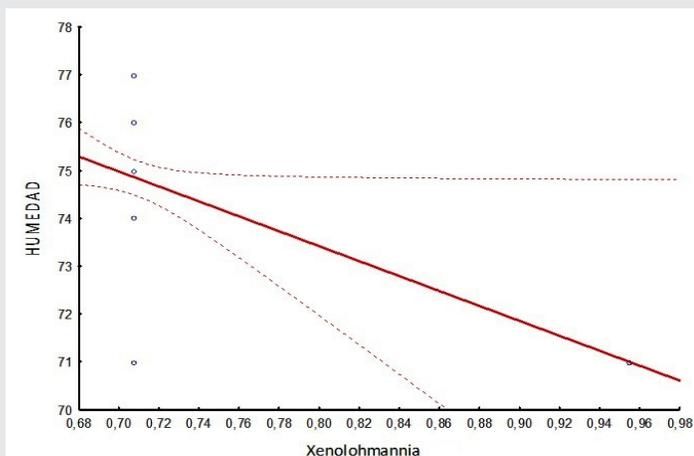


Figura 10. Análisis de regresión entre el porcentaje del pH y la densidad del género *Vepracarus*.



11. Análisis de regresión entre el porcentaje de la humedad y la densidad del género *Xenolohmannia*. gresión entre el porcentaje del pH y la densidad del género *Vepracarus*.

Los ácaros oribátidos son el grupo más representativo en la mesofauna del suelo (7). Estos organismos forman parte de todos los ecosistemas (18), como son los litorales de la bahía de Chetumal. Los oribátidos son habitantes del suelo y han sido poco aprovechados para los análisis biogeográficos, ya que son poco los estudios realizados sobre la biología y ecología de estos ácaros. Estos organismos son de gran importancia por su contribución en los procesos de degradación de la materia orgánica, la integración de nutrientes en el humus y en el suelo; pudiéndose utilizar como bioindicadores de perturbación (4, 7,16, 19, 21, 22, 23).

En este estudio la temporalidad al parecer no es un límite para la distribución de las abundancias de los ácaros oribátidos, mientras que los sitios si pueden ser una variable que condiciona el asentamiento de las comunidades de oribátidos, debido al tipo de vegetación, suelo y perturbación del sitio de muestreo (7, 20, 23). El índice de similitud de Jaccard indica que existe una modificación en la composición de las comunidades entre los tres sitios estudiados, mientras que para las temporadas climáticas si existe gran similitud.

La temperatura, el pH y la humedad del suelo no son barreras selectivas en la abundancia de los ácaros oribátidos en general, pero de manera particular existen géneros que son afectados positiva o negativamente por las variables estudiadas (23). La temporalidad podría ser uno de los factores importantes para la abundancia, diversidad y riqueza de los oribátidos, siendo algunos géneros exclusivos para la temporada de lluvias (20, 21, 22). Pero la humedad no influye siempre de manera positiva en la abundancia de los ácaros, sino también de manera negativa (22).

En este estudio se obtuvo el primer reporte de ácaros oribátidos en el litoral de la bahía de Chetumal comparando los diferentes tipos de vegetación y temporalidad. Siendo los géneros *Loftacarus*, *Galapagacarus* y *Vepracarus* bio-indicadores en la temporalidad de lluvias. La composición de la comunidad es modificada al tipo de suelo. *Galapagacarus*, *Euryacarus*, *Vepracarus* y *Torpacarus* podrían ser bioindicadores de suelos perturbados, exclusivos de vegetación de pasto.

REFERENCIAS

[1] Prado, B., C. Siebe, W. A. Bischoff, L. Hernández-Martínez, y L. Mora. (2015). El suelo: guardian de la calidad del agua subterránea. *Biodiversitas*, 122, 6-9.

[2] Cotler-Ávalos, E. (2015). ¿Conservar los suelos o sólo manejar bien la tierra?. *Biodiversitas*, 122, 12-16.

[3] López-Campos, M. G. y I. M. Vázquez. (2012). Generalidades de los ácaros. Pp.12-28. En: E. G. Estrada-Venegas, M. P. Chaires-Grijalva, J. A. Acuña-Soto y A. Equihua-Martínez (eds). *Ácaros de importancia en el suelo. Colegio de Postgraduados, México Texcoco*.

[4] Socarras, A. (2013). *Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y Forrajes*, 36, 5-13.

[5] Mahmud, A. (1983). *Realizó un estudio taxonómico de los oribátidos de una zona agrícola de*

- Toledo. *Actas del I Congreso Ibérico de Entomología*, 459-470.
- [6] Norton, R. A. (1990). *Acarina: Oribatida*. En: Dindal, D. L. *Soil Biology Guide*. Wiley. New York.
- [7] Behan-Pelletier, V.M. (1999). *Oribatid mites biodiversity in agroecosystems: role for bioindication*. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 74, 411-423.
- [8] Martínez, P. A. y E. G. Estrada-Venegas. (2012). *Oribatida*. Pp. 142-177. En: E. G. Estrada-Venegas, M. P. Chaires-Grijalva, J. A. Acuña-Soto y A. Equihua-Martínez (eds). *Ácaros de importancia en el suelo*. Colegio de Postgraduados, México Texcoco.
- [9] González, V.; Díaz, M. y Prieto, D. (2003). *Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar*. *Revista Biología*, 17(1), 18-25.
- [10] Pérez. T. M., C. Guzmán-Cornejo, G. Montiel-Parra, R. Paredes-León y G. Rivas. (2014). *Biodiversidad de ácaros en México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 399-407.
- [11] Schatz, H., V. M. Behan-Pelletier, B. M. O'Connor y R. A. Norton. (2011). *Suborder Oribatida van de Hammen, 1968*. In. *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*, Z. Q. Zhang (ed.). *Zootaxa (Special issue)* 3148, 141-148.
- [12] Palacios-Vargas, J. G. y Mejía-Recamier, B. E. (2007). *Técnicas de colecta montaje y preservación de microartrópodos edáficos*. *Las prensas de Ciencias*. México, D.F. 74p.
- [13] Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M & T.-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, 84 PP.
- [14] Javier Matos, M. M. (2014). *Artrópodos de la mesofauna litoral del boulevard bahía de Chetumal, Quintana Roo, México*. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal.
- [15] Vázquez-Noh W. P. y Cutz Pool L. (2013). *Diversidad de microartrópodos (ácaros y colémbolos) de musgos corticícolas en la selva baja de Nicolás Bravo*, *Acta Zoológica Mexicana (n.s)*, 29(3), 654-665.
- [16] Seastedt, T. R. (1984) *The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes*. *Annual Review of Entomology*, 29, 25-46.
- [17] Bernal-Rojas. A. G. Castaño-Meneses, G. P. Palacios-Vargas y N. E. García calderón (2009). *Oribatid mites and springtails from a coffee plantation in Sierra Sur, Oaxaca, Mexico*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 44 (8), 988-995.
- [18] Accattoli, C. y Ana Salazar-Martínez. (2012). *Oribátidos (Acarí: Oribatida): indicadores de impacto antrópico en parques urbanos de la Plata (Argentina)*. *Acta Zoológica Mexicana (n.s)*, 28:550-565.
- [19] Gergócs, V. y L. Hufnagel. (2009) *Application of Oribatid Mites as indicators (Review)*. *Applied Ecology and Environmental Research*, 7(1), 79-98.
- [20] Prieto-Trueba D., M. M. Vázquez-G y C. Rodríguez-Aragonés. (1999). *Comunidades de la mesofauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biósfera de Sian Kaan, Quintana Roo, México*. *Revista de Biología Tropical*, 46 (3), 489-492.
- [21] Siepel, H. (1996). *The importance of unpredictable and shortterm environmental extremes for biodiversity in oribatid mites*. *Biodiversity Letters*, 3, 26-34.
- [22] Socarras A. e I. Izquierdo. (1214). *Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo: mesofauna edáfica*. *Pastos y Forrajes*, 37 (1), 47-54.
- [23] Robaina N., A. A. Socarrás y D. Pérez. 2010. *Importancia de la cobertura vegetal para el mejoramiento de la diversidad biológica del suelo*. *Agricultura orgánica*, 2, 30-31.



**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

---

**Ingeniantes**

*Instituto Tecnológico Superior de Misantla*

# Evaluación de la carbonatación en estructuras de concreto ubicadas en la región Centro-Norte de Veracruz

**RESUMEN:** La presente investigación tiene por objeto evaluar el impacto de la carbonatación en estructuras de concreto en las zonas de Misantla, Martínez de la Torre y Vega de Alatorre. Con la finalidad de analizar la profundidad de carbonatación en dichas zonas, se elaboraron especímenes de concreto de acuerdo a la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004. Las mezclas elaboradas se diseñaron por el método de ACI 211.1, antes se realizó la caracterización de los agregados, dicha caracterización y el proceso de curado de los especímenes elaborados de acuerdo a lo establecido en la normativa ONNCCE. Las mezclas elaboradas se diseñaron para un  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup>, empleando un tipo de cemento CPC 30R. Después de la etapa de curado, los especímenes fueron colocados en puntos estratégicos de las zonas de estudio, para posteriormente ser evaluados por el método de vía húmeda de acuerdo al manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado. Y posteriormente pruebas de SEM en las zonas carbonatadas y las no carbonatadas. Además se está utilizara una puzolana artificial como puede ser el humo de sílice (Microsilice), disminuyendo la cantidad de cemento, dando así una alternativa de construcción sustentable, mejorando la durabilidad y vida útil de la estructura.

**PALABRAS CLAVE:** Concreto, Carbonatación, Estructura, Sustentable, Microsilice.



## Colaboración

Humberto Raymundo González Moreno, Instituto Tecnológico Superior de Misantla; Omar Farid Ojeda Farías, Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Veracruzana, Miguel Ángel Baltazar Zamora; Amador Arroyo Córdova; William Barranco Ramos; Oscar García Arcos, Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

**ABSTRACT:** This research aims to assess the impact of carbonation in concrete structures in areas of Misantla, Martínez de la Torre and Vega de Alatorre. In order to analyze the depth of carbonation in these areas, concrete specimens according to the NMX-C-159-ONNCCE-2004 standard was developed. The prepared mixtures were designed by the method of ACI 211.1, before characterizing the aggregates, such characterization and curing of the specimens prepared in accordance with the provisions of the regulations ONNCCE was performed. The prepared mixtures were designed for  $f_c = 300$  kg / cm<sup>2</sup> using a type of cement CPC 30R. After the curing step, the specimens were placed in strategic locations in the study areas, later to be evaluated by the wet method according to the manual inspection, evaluation and diagnosis of corrosion in reinforced concrete structures. And then SEM tests in carbonated and non-carbonated areas. Also used is an artificial pozzolan such as silica fume (microsilica), decreasing the amount of cement, thus giving an alternative sustainable building, improving durability and life of the structure.

**KEYWORDS:** Concrete, Carbonation, Structure, Sustainable, Microsilica.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se tienen distintos problemas en varios ámbitos, en el punto relacionado al ambiente, la contaminación ha sido un punto que se ha tratado en gran medida de disminuir, a la par de este tema se ha enfatizado el desarrollo sustentable con el uso de materiales reciclados y el aprovechamiento en sectores productivos como puede ser la industria de la construcción.

El avance del ser humano ha traído consigo muchas facilidades al igual que problemas que día a día van en aumento y uno de ellos son las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), provocado por los automóviles y fabricas que no solo afectan al ecosistema sino también a las estructuras de concreto reforzado.

Las principales fuerzas que fueron responsables de las transformaciones económicas y sociales en la actualidad son: crecimiento de la población, la industrialización y la urbanización, la globalización de la economía de mercado y el consumismo, aunado a la contaminación ambiental. Las fuerzas están interconectadas, su impacto combinado ha desencadenado otra fuerza conocida como cambio climático, que ha amenazado con causar graves daños a la civilización humana en la tierra. El cambio climático está trayendo gran influencia sobre el medio ambiente humano y se convierte en un problema importante al cual el mundo presta mucha atención. [1] No obstante el calentamiento global es el más importante tema de la sostenibilidad hoy en la mente del público. [2]

Es importante mencionar que las temperaturas excepcionalmente elevadas (1400-1500 ºC) que se requieren en la fabricación del cemento Portland son responsables de que se le atribuya el 40% del consumo de energía, penalizando el proceso con unos costos muy elevados. [3] La repercusión en el entorno ambiental resulta negativa, a consecuencia del consumo importante de materias primas y combustibles, y de la elevada emisión de gases de efecto invernadero, hasta el punto de que se atribuyen a la industria cementera un 6-7% del total de dichas emisiones. [4,5]

Además cabe resaltar que el incremento del número de infraestructura de concreto reforzado, presforzado o postensado que muestran signos de deterioro producto del ambiente en que están expuestos, han llamado la atención de las autoridades de gobierno,

Iniciativa privada y de la población en general y han planteado la necesidad de utilizar materiales que proporcionen a las estructuras de concreto mayor resistencia mecánica y disminuya su probabilidad de falla asociada a la degradación por sollicitaciones mecánicas y la exposición a agentes agresivos presentes en medios de exposición marinos, industriales y urbanos, donde se encuentren activos los iones cloruro (Cl<sup>-</sup>), ión sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), etc. Muchos de los colapsos de estructuras en servicio reportados en países industrializados como los Estados Unidos, Japón y Europa se atribuyeron a la degradación de la resistencia de diseño de la estructura producida por agentes ambientales. Aunque son diversos los mecanismos de deterioro presentes, por ejemplo, ataque por sulfatos, reacción álcali-agregado, ciclos de hielo-deshielo, corrosión, etc. – el más común reportado es debido a la corrosión de la armadura (armadura = acero de refuerzo + presfuerzo o postensionado).

Con respecto al problema de carbonatación, las investigaciones que generalmente se han realizado en los últimos años, después de identificar el agente que lo genera y la forma en cómo se produce el mecanismo, se han enfocado a la búsqueda de métodos de prevención y protección.

En México existe una diversidad muy grande de climas/microclimas que permitirán, con esta investigación, definir más acertadamente estos niveles de la carbonatación que causa la corrosión de la armadura. Esto en conjunto con los modelos que se definirán en el proyecto y los resultados de la evaluación físico-química de las diferentes probetas expuestas, permitirán definir una mejor forma de diseñar obras en concreto durables y reparar adecuadamente las ya existentes que presentan este problema. La zona de estudio puede tener diferentes características en base a temperatura y humedad relativa, además el uso diferentes mezclas de concretos sustentables puede determinar la mejor opción por cada zona. El desarrollo del proyecto analizara los daños que impactan a las estructuras de concreto debido al cambio climático y/o contaminantes de gases invernadero y la durabilidad que pueden llegar a tener usando diferentes tipos de concretos.

**MATERIALES Y METODOS**

Se realizaron especímenes con un f'c=300 kg/cm<sup>2</sup>, los cuales se colocaron en zonas donde las emisiones de CO<sub>2</sub> y la presencia de Cl es evidente, además de considerar los tipos de clima en las zonas de estudio:

**a) Realización de la Matriz de Experimentación.**

La matriz de experimentación se realizó en base a las variables del proyecto, como son; F'c del concreto, Zonas de exposición y mezclas de control, además de la sustitución del CPO 30R.

Las características se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Matriz Experimental

Concreto f'c	Mezclas	Zonas de Exposición	No. Esp.
300 kg/cm <sup>2</sup>	<b>CONTROL</b> CPC 30R	Misantla	20
	<b>MICRO 20%</b> CPC 30R (80%) y Humo de Sílice 20%	Martínez de la Torre	20
		Vega de Alatorre	20
1	2	3	<b>60</b>

Los materiales se caracterizaron en el ITSM, con el fin de conocer las propiedades físicas de los agregados a utilizar, con base a la Normativa ONNCCE, posteriormente con el método del ACI 211.1 se hace el proporcionamiento para determinar la cantidad de material necesario para elaborar una probeta en la mezcla de control y la Mezcla de Microsilice sustituyendo al cemento al 20%; en la siguiente tabla se muestra las cantidades empleadas.

Figura 9. Conexión del Módulo PLC SR3 B101FU

Contenido (Kg/m <sup>3</sup> )	Concreto f'c= 300 Kg/m <sup>3</sup>	Micro 20% f'c= 300 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Cemento</b>	0.72 kg	0.61 kg
<b>Agua</b>	0.37 kg	0.37 kg
<b>Grava</b>	1.83 kg	1.83 kg
<b>Arena</b>	1.74 kg	1.74 kg
<b>Microsilice</b>	-	0.11Kg

**b) Elaboración de probetas de estudio.**

Las probetas de estudio se realizaron en el ITSM, con las siguientes dimensiones:  
Elaboración de los moldes.

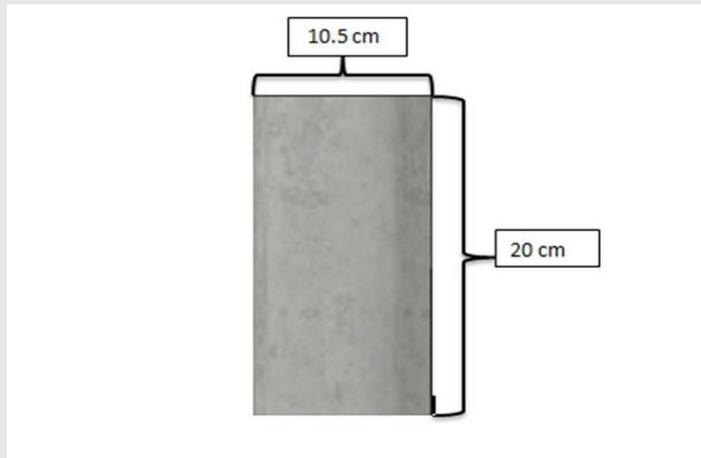


Imagen 2.1. Dimensiones de las probetas del estudio.

Se elaboraron con material de PVC, en base a un de 2" como se mencionó en las dimensiones, y se anclaron la paredes de la abertura con cintillas metálicas y cinchos de plástico para evitar el derramamiento del concreto en esa zona, además de que se realizaron cortes al tubo de 90° para no permitir la salida de agua por la parte inferior de las probetas. En la elaboración de las mezclas de concreto se rea-



Imagen 2.2. Moldes de PVC de 2".

lizaron las respectivas pruebas establecidas en la normativa ONNCCE; en este caso se realizó la prueba de temperatura la cual indico un parámetro de 24°C, además un revenimiento que se consideró en el diseño de la dosificación de 5 cm, el cual se cumplió en la elaboración de las mezclas mencionadas. También se consideró la respectiva normativa para el varillado y golpeo en las probetas de estudio.



Imagen 2.3. Revenimiento de mezclas de concreto.

24 horas posteriores al colado de los cilindros, se realizó el descimbrado de las probetas de los moldes establecidos, donde se colocaron en recipientes para su respectiva etapa de curado en 28 días.

**c) Ubicación de las zonas de estudio.**

Las zonas de estudio se evaluaron de acuerdo a características de diferencia de clima, así como la influencia de la incorporación de CO2 por medio del tráfico vehicular y algunas industrias cercanas.

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como lo evidencian un número significativo de cambios observados y sus respuestas que están siendo investigados tanto para los sistemas naturales como para los manejados. [4,5]



Imagen 2.4. Proceso de curado durante 28 días.



Imagen 2.5. Ubicación de las zonas de estudio en el estado de Veracruz.

Los municipios pertenecen a la región Centro – Norte del estado de Veracruz, donde prácticamente se constituyen distintos entornos, en Misantla se sitúa en una zona montañosa, Martínez de la Torre por su parte se encuentra en una zona de baja altitud, sin embargo, la actividad agrícola y la transportación de vehículos de carga de la misma materia prima son importantes para considerar la zona para el estudio. Por último se realizó la selección en Vega de Alatorre, en donde se enfatiza la baja altitud y cercanía del mar al municipio mencionado.

Incorporación de probetas en los municipios de estudio:

Tabla 2.3. Tipos de clima en la zona de estudio

Misantla	Martínez de la Torre	Vega de Alatorre
Clima es cálido-húmedo, con una temperatura de 22,7 °C.	Su clima es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 23.7°C.	Su clima es cálido-húmedo (húmedo tropical), con una temperatura media anual de 24 °C.



a) Imagen 2.7. Misantla, Veracruz.

Es de suma importancia analizar la combinación de los agentes que provocan la carbonatación:

Misantla es cálido-húmedo, con una temperatura de 22,7 °C. Su clima es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 23.7°C. Su clima es cálido-húmedo (húmedo tropical), con una temperatura media anual de 24 °C.



b) Imagen 2.8. Martínez de la Torre, Veracruz.

**d) Colocación de probetas.**

Se colocaron las probetas en puntos estratégicos de los 3 Municipios de estudio, en la figura 2.7, 2.8 y 2.9 se observa la colocación de los especímenes de estudio mencionados anteriormente.



c) Imagen 2.9. Vega de Alatorre, Veracruz.

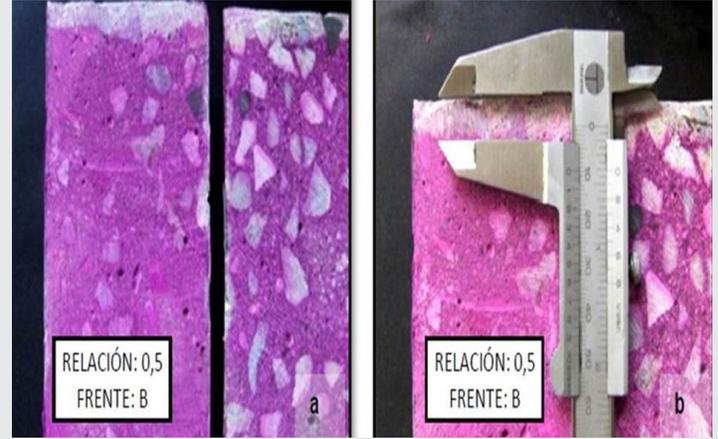


Imagen 2.10. Ejemplo de la prueba de Fenolftaleína por vía húmeda. [7]

**e) Determinación de la Carbonatación por el método de vía húmeda con solución de indicador acido-base.**

Una vez que las probetas cumplan los 30 días de exposición de forma ordenada se retiraran de las zonas de estudio en pares; es decir, un espécimen Ctrl y Micro 20%, de las zonas estudiadas, para realizar técnicas de Fenolftaleína para la determinación de la profundidad de carbonatación y velocidad de carbonación que se describen a continuación.

**Profundidad de Carbonatación**

Se determinara el avance de la carbonatación en el concreto por el método de vía húmeda con solución de indicador acido-base.

La carbonatación es la reducción de la alcalinidad normal (pH entre 12-14) del concreto por efecto del CO<sub>2</sub> que difunde desde el ambiente que lo rodea. En presencia de humedad, el CO<sub>2</sub> reacciona con los álcalis (usualmente hidróxidos de calcio, sodio y potasio), neutralizándolos para formar carbonatos disminuyendo el pH por debajo de 10. [6]

La prueba se realizara en el laboratorio de Química del ITSM, una vez seleccionada la probeta y estando la superficie libre de polvo, se aplicara por atomización el indicador acido-base en forma uniforme.

Luego de la aplicación, antes de trascurrir 5 minutos, se efectuara la medición de la longitud (profundidad) de la zona incolora desde la superficie, determinándose con precisión los valores máximos/mínimos del frente incoloro y media aritmética, de un mínimo de medición, en función del tamaño de la probeta

Nivel de pH. En función del indicador acido-base seleccionado se establecerá el pH del enfrente incoloro en la muestra.

La fenolftaleína es el indicador más comúnmente utilizado y su rango de viraje está entre pH 8,2 y pH 9,8. Varía su tonalidad de incoloro a violeta rojizo.

**f) Velocidad de carbonatación.**

Uno de los modelos más sencillos que permite predecir la velocidad de la carbonatación del concreto armado es la que relaciona profundidad de carbonatación con la raíz cuadrada del tiempo de exposición.

$$X_{CO_2} = K_{CO_2} \sqrt{t}$$

$X_{CO_2}$  = Profundidad de la carbonatación, mm  
 $K_{CO_2}$  = Constante de carbonatación, mm.año<sup>-05</sup>  
 t = tiempo en meses

$$K_{CO_2} = \quad ; t = \left(\frac{e_c}{K_{CO_2}}\right)^2$$

Con los resultados de una determinación de profundidad de carbonatación es posible predecir la progresión de la misma y el tiempo en el cual la carbonatación alcanzara el refuerzo o centro de la estructura de concreto si se conoce la profundidad de esta.

Se calculara la constante  $K_{CO_2}$  de la primera determinación y el tiempo en que ocurrió la carbonatación.



Imagen 2.11. Corte de los especímenes de estudio.



Imagen 2.12. Materiales y químicos usados en laboratorio.

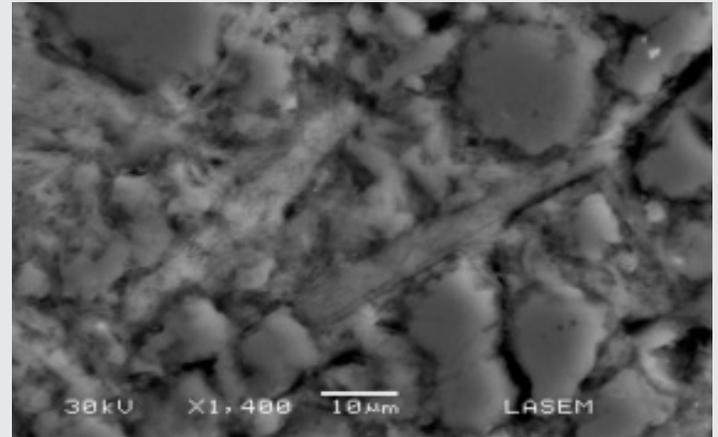


Imagen 2.14. Ejemplo de Fotomicrografía SEM en el concreto superficial de viga afectada por el fuego. . [9]

Posterior a los cortes se llevaron los especímenes del proyecto al laboratorio para poder realizar el procedimiento de vía húmeda.

Una vez que se conoce el volumen del recipiente con aspersión para mezclar el agua 50%, alcohol etílico 49% y Fenolftaleína 1%, se pesan en basculas de precisión, por último se revuelven con un agitador para que la sustancia sea homogénea y de esta forma se rocía sobre las muestras.



Imagen 2.13. Colocación de la solución de Fenolftaleína siendo rociada con aspersor.

Por último se realiza la medición con vernier digital y se llena la bitácora de las muestras para poder resultados y trabajarlos de forma matemática.

Una vez realizada las pruebas en el laboratorio de Química del ITSM, se almacenaran muestras de zonas carbonatadas y no carbonatadas en bolsas herméticas para que puedan ser trasladadas al laboratorio de materiales, de la FIC de la UANL, donde se les efectuara un procedimiento de Microscopia de Barrido Electrónica (SEM), y así evaluar el efecto de la reacción de la porlandita con el dióxido de carbono en la estructura de concreto. [8]

## RESULTADOS

Hasta el momento se cuenta con el cuarto ensaye y los resultados obtenidos son los siguientes:

Grafica. 3.1 Profundidad de carbonatacion en concreto convencional.

### RESULTADOS PROMEDIO CONTROL

CONTROL N° DE ENSAYE	PROFUNDIDAD DE CARBONATACION PH<8 (MM)	
MIS- PROMEDIO	0.985	
MTZ- PROMEDIO	1.738	PH DEL RESTO DEL NUCLEO DE ACUERDO A LA COLORACION
VEGA- PROMEDIO	2.423	

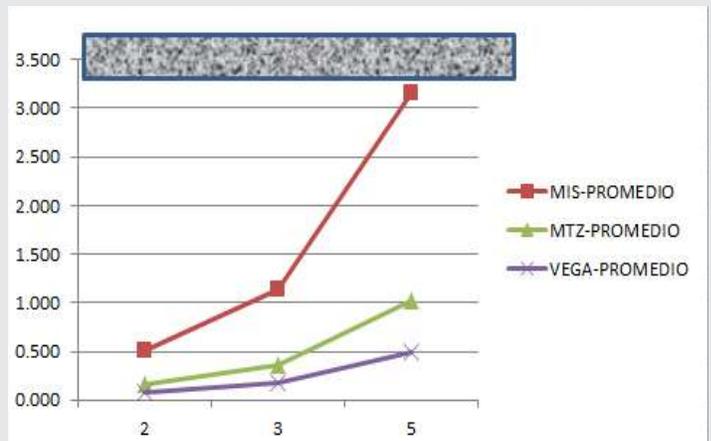
Los datos de las probetas localizadas en Vega de Alatorre cuentan con una profundidad de carbonatación pronunciada respecto a las de Misantla, las probetas son de control y manifiesta la influencia del NaCl en el proceso de la carbonatación.

Los pronósticos de años respecto a los cm. De recubrimiento están basados en la ley de la construcción del Distrito Federal.

Se observó una probabilidad muy baja de carbonatación en recubrimiento de las muestras de 2 cm. De Misantla, Veracruz. Ya que en aproximadamente media año podría existir disminuciones de pH a esa altura del recubrimiento.

Grafica. 3.2 Profundidad de carbonatacion en concreto con micro silice.

IDENTIFICACION				
ENSAYE:				
MUESTRA No.	MIS- PROMEDIO	MTZ- PROMEDIO	VEGA- PROMEDIO	
DATOS DEL ESPECIMEN				
DIAMETRO (Cm)	10.5	10.5	10.5	
EDAD "t" (años)	0.12	0.12	0.12	
DATOS DEL ENSAYE				
$\sqrt{t}$	0.35	0.35	0.35	
PROF. DE CARBONATACION (mm)	1.0	1.7	2.5	
PRONOSTICO DE CARBONATACION EN CM				
	2	0.505	0.162	0.078
	3	1.136	0.365	0.176
	5	3.156	1.014	0.490

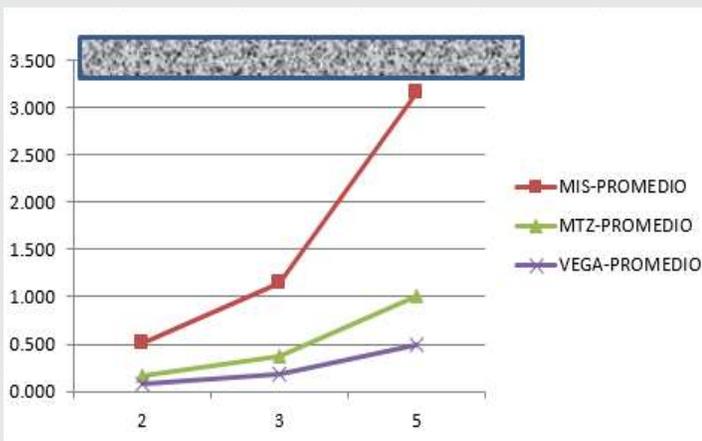


Grafica. 3.2 Profundidad de carbonatacion en concreto con micro silice.

La línea muestra el promedio que tiene las mediciones de la carbonatación de acuerdo a la predicción de número de años y en datos a 2,3 y 5 cm de acuerdo a los recubrimientos que recomiendo la ley de la construcción del Distrito Federal.

Se nota la predicción de los cilindros de mezclas de concreto control en el frente A, el cual está en dirección contraria a la costa.

Existe una gran diferencia del uso del aditivo al del control, hasta el momento representa un incremento aproximado de 10 años de diferencia, esta tendencia no se puede generalizar para los meses restantes del proyecto. De esta forma se podrá deducir si la mezcla en la cual se implementó la puzolana artificial, influye en la disminución del impacto de la carbonatación, y mejora la vida útil de la estructura logrando una mejor durabilidad en la misma.



Grafica. 3.1 Profundidad de carbonatacion en concreto convencional.

Las grafica 3.1 muestra la tendencia de los especimenes de concreto convencional de Vega de Alatorre con una tendencia de carbonatarse en menor tiempo en recubrimientos de 2,3 y 5 respectivamente.



Imagen 3.1. Coloración de carbonatación en mezcla de control de Misantla mes de enero 2016.

En la imagen 3.1 se puede apreciar la medición con ayuda del vernier digital, se nota una disminución de pH en una de las paredes.



Imagen 3.2. Resultados de pruebas de carbonatación en mezcla control de Martínez de la Torre



Imagen 3.4. Prueba de carbonatación en mezcla con Microsilice de Misantla mes de enero.



Imagen 3.3. Pruebas de carbonatación en mezcla de control de Vega de Alatorre mes de enero.

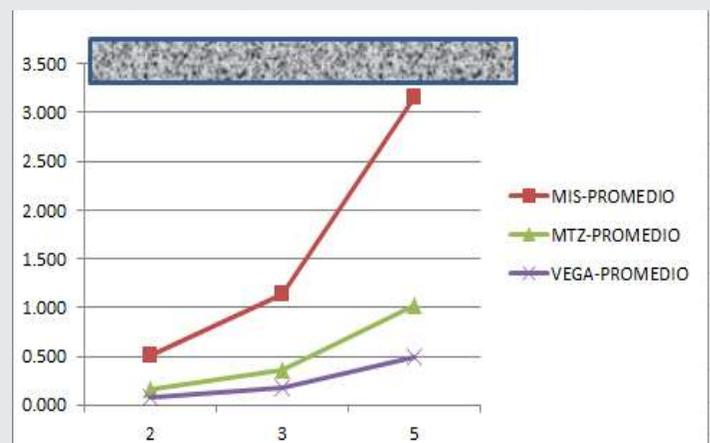
En las imágenes 3.2 y 3.3 se puede distinguir las mediciones realizadas en laboratorio por las pruebas de Fenolftaleína, además se destaca las profundidades de carbonatación en las vigas de Martínez de la Torre. Por su parte se desarrolló la metodología para las muestras que contienen Humo de Silice (Microsilice) en sustitución al cemento, y hasta el momento se han obtenido resultados distintos a los esperados, sin embargo, hay datos de aumento de pH en algunos sitios.

Ejemplo de ello son los siguientes datos:

Tabla 2.3. Tipos de clima en la zona de estudio

Misantla	Martínez de la Torre	Vega de Alatorre
Clima es cálido-húmedo, con una temperatura de 22,7 °C.	Su clima es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 23.7°C.	Su clima es cálido-húmedo (húmedo tropical), con una temperatura media anual de 24 °C.

El uso de la puzolana artificial no ha causado el impacto esperado en la zona de Martínez de la Torre de acuerdo al promedio de carbonatación, dato que se aproxima a los 3.255 mm.



Gráfica. 3.3 Profundidad de carbonatación en concreto con microsilice en Misantla.

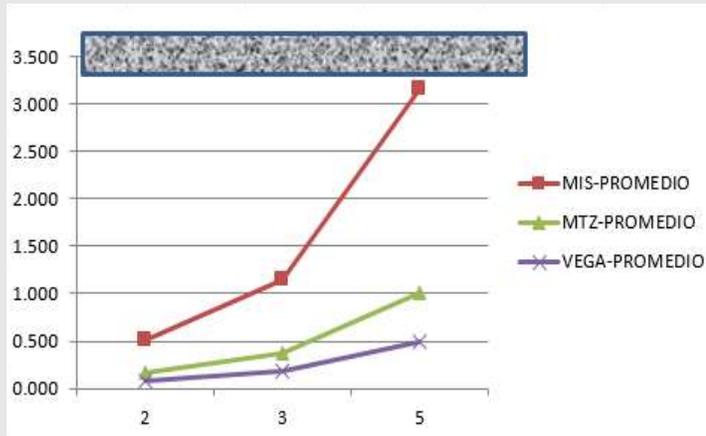
La tendencia es similar en los 3 medios, la muestra número 4 incrementa el pH con respecto a las primeras 2.

Las muestras de concreto con Microsilice en la mayoría de los casos presentan índices de carbonatación, además de que en el proceso de la aplicación de la Fenolftaleína tardan más que las de control en colorearse para su estudio.

En la gráfica 3. Se puede distinguir un caso de reactivación del pH en el tercer mes, lo cual hasta el momento ha sido el dato de mayor relevancia, puesto que se encuentran en una zona donde los Cloruros se integran a la matriz del concreto en grandes cantidades.

Hasta el cuarto mes con relación a los concretos modificados con Microsilice en Martínez de la Torre se observa una tendencia de aceleración en la carbo-

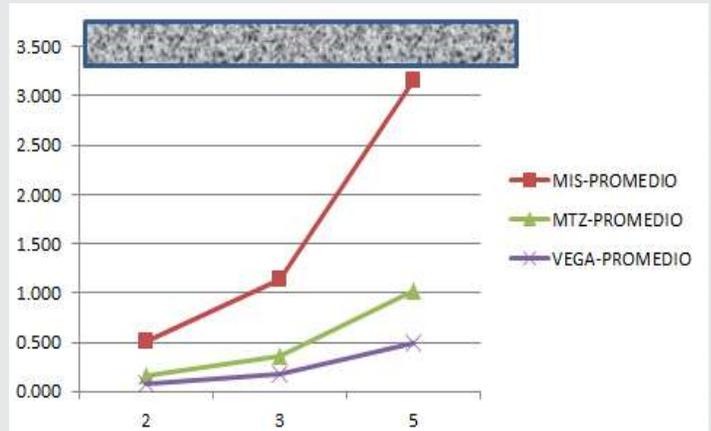
natación, en donde de acuerdo a la tendencia de la gráfica es poco probable que se reactiven los índices de pH.



Gráfica 3.4 Profundidad de carbonatación en concreto con microsilice en Vega de Alatorre.



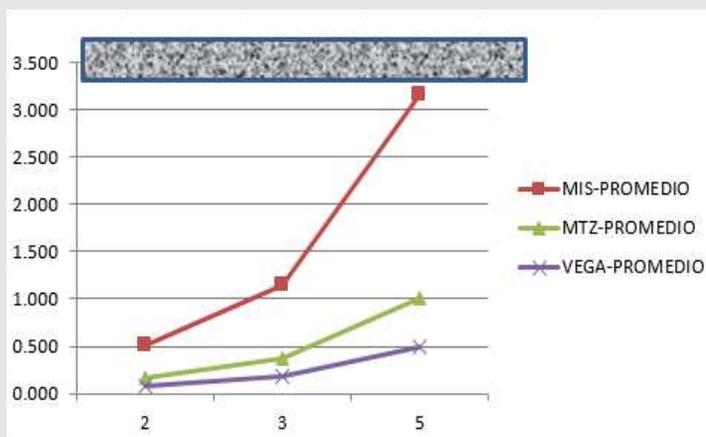
Imagen 3.6. Prueba de carbonatación en mezcla con Microsilice de Martínez de la Torre mes de enero. edio Control Vs Microsilice.



Gráfica 3.6 Resultados promedio Control Vs Microsilice.



Imagen 3.5. Pruebas de carbonatación en mezcla con Microsilice de Vega de Alatorre mes de enero.



Gráfica 3.5 Profundidad de carbonatación en concret con microsilice en Martínez de la Torre.

### CONCLUSIONES

Hasta el momento la investigación se encuentra cerca del 50% de su estudio, la presencia de carbonatación es notoria sobre todo para la zona de Vega de Alatorre, donde los índices son elevados, tanto en mezclas de control, así como en las mezclas sustituidas con Microsilice en 20%.

No obstante de acuerdo a los promedios de profundidad de carbonatación Martínez de la Torre concentra más sus índices y son más elevados, la cantidad de tráfico vehicular puede ser un aspecto significativo para este dato.

En las mediciones del quinto mes se podrán sustentar aún más dichas evidencias, ya que con la ayuda de una Microscopía electrónica de Barrido (SEM) se podrá distinguir las partículas de la matriz y la comparación de los elementos carbonatados a los no carbonatados.

La gráfica 3. Enfatiza la mezcla que hasta el momento poco ha cambiado en base a su pH, tratándose de un concreto convencional de la ciudad de Misantla, los aspectos son múltiples, pero la casi nula existencia de Cloruros y climas de altas temperaturas pueden ayudar a concretos del tipo ordinario. Cabe resaltar que los resultados no son definitivos. Por último se puede notar que el uso de la microsilice en concretos ubicados en la ciudad de Martínez de la Torre, hasta el momento no repercuten de forma positiva.

En la presente investigación se espera aun que la puzolana actúe de forma positiva en las muestras faltantes, sin embargo, el aporte a dichas ciudades de total relevancia ya que jamás se había desarrollado un estudio de Fenolftaleína en estructuras de la zona, y de esta forma se contribuye tanto a la investigación científica, así como a la industria de la construcción que ya puede tener un panorama real en la proyección de sus estructuras de concreto.

#### REFERENCIAS

1. - Guo Huadong. *Space observation and cognition of global change sensitive factors. Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2010, 25(2):167-169 (in Chinese).

2. - Mehta, P. K. (2010). "Sustainable Cements and Concrete for the Climate Change Era – A Review". *Proc. 2nd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*. Ancona, Italy, June 28-30.

3.- Adamec1 K., Palmer, R. N., Polebitski A. et al. *Climate Change Evaluation of Climate Change Impacts to Reservoir Operations within the Connecticut River Basin[C]*. *World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change*: 92-100.

4. A. Fernández-Jiménez, A. Palomo, C. López-Hombrados "Precast Elements Made of Alkali-Activated Fly Ash. Concrete" *ACI Mater. Journal* 103 No. 2 (2006) p.p. 106-112.

5. A. Fernández-Jiménez, A. Palomo "Factors affecting early compressive strength of alkali activated fly ash (OPC-free) concrete" *Materiales de Construcción* 57 No. 287 (2007) p.p. 7-22

6. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*, pag. 208, editorial, lugar de impresión, (año de publicación).

7. Balaguera Reina, Diego Armando; Porras Arevalo, Blanca Elizabeth, *Evaluación del efecto de la carbonación sobre el coeficiente de difusión del ion cloruro en el concreto*; Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Bucaramanga, 2009.

8. Stanish, K.D; Hooton, R.D.; Thomas, M.D.A. *Testing the Chloride Penetration Resistance of Concrete: a Literature Review*. Department of Civil Engineering, University of Toronto, 2000.

9. S. B. Gea; P. D. Chacón, *Evaluación de la acción del fuego en una estructura de hormigón armado mediante XRD, SEM y Espectroscopía infrarroja*, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina, 2013.



# Tierra, Medio Ambiente y Energía

# Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

# Caracterización de los residuos peligrosos generados en los establecimientos de la ciudad Victoria de Durango



## Colaboración

Daniel Torres Cerros; Gerardo Alfredo Pérez Canales; Edmundo Castruita Morán, Instituto Tecnológico de Durango

**RESUMEN:** Los datos que a continuación son presentados reflejan la situación que guardan los establecimientos en cuanto a la generación y tipo de residuo peligroso (RP) que se generan en Victoria de Durango, el cual se analizó de marzo de 2015 a octubre del mismo año.

Dado que los RP representan un daño potencial a la población y al medio ambiente, es necesario dar una solución sustentable para la disposición final de estos y para ello es necesario saber cuáles son y en qué cantidad se están generando. Debido a que estos RP son producidos por una amplia gama de actividades industriales, surgen tanto de la agricultura como de la industria, hasta las actividades domésticas, produciendo una amplia gama de RP [8]. Para ello es indispensable dar una estimación para estimar el tamaño de esta problemática.

Para la estimación de la generación de RP se realizaron encuestas a las empresas ubicadas en la ciudad Victoria de Durango y habiendo tenido como finalidad de conocer si dichas empresas son generadoras de residuos peligrosos. En donde se pudo observar que todas las empresas son generadoras de RP, de las cuales el 86% de las grandes empresas son generadoras de RP.

**PALABRAS CLAVE:** Sustentabilidad urbana, disposición de residuos urbanos, residuos peligrosos.

**ABSTRACT:** The data below are presented reflect the situation that saved the establishments in terms of the generation and type of hazardous waste (HW) that are generated in Victoria of Durango, which is analyzed in March of 2015 to October of the same year. Given that the HW represent a potential harm to the population and the environment, it is necessary to provide a sustainable solution for the disposal of these and to this end it is necessary to know what they are and in what quantity are being generated.

Because these HW are produced by a wide range of industrial activities, arise of both agriculture and industry, to domestic activities, producing a wide range of HW [8]. It is therefore essential to give an estimate to estimate the size of this problematic.

For the estimation of the generation of HW surveys were conducted to companies located in the city of Victoria of Durango and having had as objective to know if these companies are generators of hazardous waste. Where it could be observed that all companies are generators of HW, of which 86 per cent of large enterprises are generators of HW.

**KEYWORDS:** Urban Sustainability, disposal of urban waste, hazardous waste,.

## INTRODUCCIÓN

Aunque no existen datos precisos sobre la cantidad de residuos peligrosos (RP) que se generan, se estima que en el mundo se producen anualmente entre 350 millones y 450 millones de toneladas. Se incluyen los que son generados por la industria metalúrgica (residuos de metales), talleres mecánicos (aceite gastado), la industria química y los ocasionados por productos de uso doméstico (como insecticidas), entre otros [10].

Las organizaciones encargadas de disponer de los residuos producidos en el país ignoran las cantidades exactas de residuos que se están generando en cada uno de los establecimientos, así como

el tipo de residuos que corresponde a cada sector. Al no estar registrados todos los establecimientos, la falta de reportes de desechos y servicios brindados, son entre otras causas reflejos de esta problemática [3].

Ante la expectativa de crecimiento del problema que provoca el manejo y disposición de los RP, se necesita establecer cuál es la situación actual de las organizaciones encargadas del destino de los RP, así como de las fuentes que los generan. Esto sería la base para proponer estrategias de desarrollo ambiental para lograr una mejoría en la calidad de vida.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-052-SE-MARNAT-2005), los RP, son todos los residuos que poseen cualquier característica de las siguientes: explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad e inflamabilidad que les convierte en una amenaza para la integridad y salud humana, animal o vegetal (Tabla 1). Las fuentes que los generan, de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [5], deben prevenir y ejecutar su acopio en lugares de confinamiento autorizados. Sin embargo, según cifras publicadas por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) [4], sólo 27,280 empresas en México declaran los RP que generan y disponen aceptablemente de ellos; se presume que la cantidad total de establecimientos en el país que genera este tipo de desechos es superior a 100,000.

Tabla 1. Códigos de peligrosidad de los residuos.

Características	Códigos de peligrosidad de los residuos
Corrosividad	C
Reactividad	R
Explosividad	E
Toxicidad ambiental	T
Inflamabilidad	I
Biológico-infecciosos	B

Cuadro tomado de SEMARNAT 2012.

En México existen 68,733 empresas registradas como generadoras de RP [3]; en el período comprendido entre 2004 y 2011, todas ellas acumularon aproximadamente 1920,408 toneladas de desechos. De estas empresas, 1,729 se encuentran en el estado de Durango y se estima que en el mismo período generaron 48,308 toneladas de RP.

Para hacer la estimación se partió de dos supuestos:

1. Las empresas grandes son las que generan mayores cantidades de RP, pero también son las que les dan el confinamiento adecuado.

2. La normatividad vigente sobre el manejo y disposición de los RP no es conocida por todas las empresas instaladas en la ciudad.

3. Las organizaciones encargadas desconocen los RP que más se están generando en las empresas.

En cuanto a los residuos generados en el Estado, en 2011 se estimó que se generaron alrededor de 1,775 toneladas al día, y solamente al 70% de estos se le dio un confinamiento adecuado, de acuerdo a la normatividad establecida en el Artículo 115 Constitucional, sujeta a la norma NOM-083-SEMAENAT-2003 [6].

El servicio de recolección de basura en Victoria de Durango (Figura 1) cuenta con 48 unidades compactadoras. De las 707 ton/día que se generan en el municipio sólo atienden 470 ton/día. Las 10 principales localidades del municipio de Durango son: Victoria de Durango, EL Nayar, Cinco de Mayo, Colonia Hidalgo, La Ferrería, Llano Grande, José María Pino Suarez, Sebastián Lerdo de Tejada, Villa Montemorelos y Santiago Bayacora.



Figura 1. Ciudad de Victoria de Durango. Tomada de: Google Maps, marzo, 2015

En la ciudad Victoria de Durango hay 11 empresas que operan como centros de acopio de residuos peligrosos. En el resto del Estado, la mayoría de los residuos generados son enviados a rellenos sanitarios. Las empresas grandes cuentan con sus propios centros de acopio para estos desechos [9].

En la Figura 2 se presenta la cantidad de residuos sólidos y de manejo especial generados por día y su distribución por municipios a nivel estatal. Se destaca el municipio de Durango encabezando la lista con 707 kg/día [7].

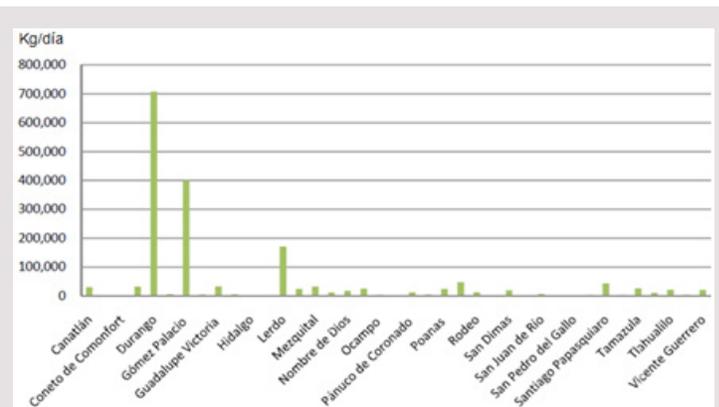


Figura 2. Generación de residuos de manejo especial y sólidos por municipio. Tomado de PPGIRED, 2011.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

El objetivo de la investigación es tener una estimación de la generación de residuos peligrosos generados en la ciudad Victoria de Durango, para poder identificar el tipo de RP producido que se está generando, considerando además, el tamaño y características generales del establecimiento.

Se parte además, de la situación de no tener evidencias documentadas de registros que den a conocer los tipos y cantidades de los RP que se están generando en la ciudad, y que incluyan información de los residuos por tamaño de empresa que sean generados en la ciudad, puesto que los informes acerca de los residuos que se reportan por las autoridades responsables incluyen tanto los urbanos y de manejo especial, por lo tanto no existe información relevante de los RP.

Para hacer la estimación de la generación de RP se realizaron encuestas a los encargados de establecimientos comerciales, industriales y de servicios en la zona urbana de la ciudad Victoria de Durango, para conocer si dichas empresas son generadoras de residuos peligrosos, y en el caso de que así fuera, saber qué tipo de RP generan y qué tratamiento le dan.

Los establecimientos se seleccionaron aprovechando la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), donde se presenta la relación de todas las unidades económicas ubicadas en el estado, el municipio y en la ciudad Victoria de Durango. Posteriormente se determinó la cantidad de establecimientos por su tamaño, de acuerdo a la clasificación establecida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [1] en la que se distinguen los micros, pequeños, medianos y grandes establecimientos. En este directorio se presentan los datos de cada establecimiento, se incluye con precisión su localización geográfica, su código del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) y su clase de actividad económica, además, se divide a las empresas por número y sector (Tabla 2).

**Variables utilizadas para el análisis:**

- Tamaño de la empresa
- Sector al que pertenece
- Empresas que generan RP
- Tipos de residuos que se están generando

En la Figura 3 se muestra el universo de estudio considerado, el cual consistió en 6,573 establecimientos. Para llevar a cabo el trabajo de campo, se aplicó un muestreo probabilístico, aleatorio estratificado; el tamaño de la muestra fue de 290 micros y pequeñas unidades económicas, 68 medianas y 8 grandes.

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Se pudo estimar que en cuanto a los micros y pequeños establecimientos, el 57% desconoce lo que es un RP y el 43% sí lo conoce. Se comprobó que el 83% no son

empresas generadoras de RP, mientras que el 17% sí lo son. De estos generadores el 86% no cuenta con áreas especiales para los RP pero el 77% si hace una correcta disposición de los residuos que generan.

En cuanto a los establecimientos de tamaño intermedio, el 39% son generadores de residuos peligrosos; del total de las unidades económicas que los producen, solamente el

Tabla 2. Universo de estudio según clave SCIAN, Sector y Número de empresas

Clave SCIAN	Sector	Número de empresas
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	6
21	Minería	20
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor	9
23	Construcción	222
31.33	Industrias manufactureras	518
43	Comercio al por mayor	135
46	Comercio al por menor	3645
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	6
61	Servicios educativos	127
62	Servicios de salud y de asistencia social	583
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	1302

Cuadro tomado de DENUE, 2015.

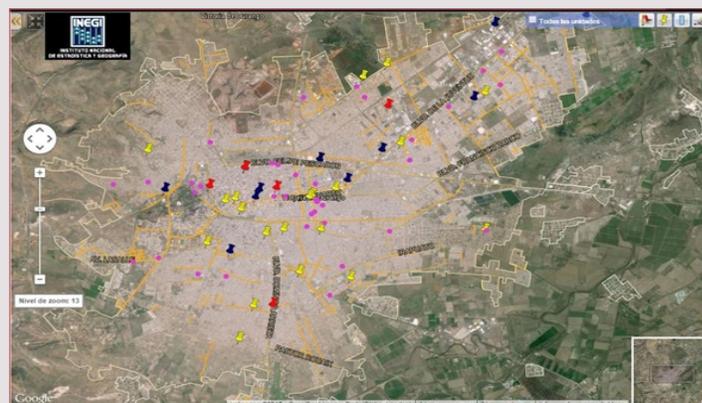


Figura 3. Universo de estudio. Tomado de DENUE, 2015.

61% hace una disposición correcta, y solo el 59% cuenta con la información necesaria para llevar a cabo la gestión adecuada.

De las grandes empresas el 80% conoce y tiene información necesaria para la disposición adecuada que se debe dar a los residuos que se generan; se incluye aquí a los residuos orgánicos, inorgánicos, peligrosos y de manejo especial. Se estableció que el 86% de las empresas grandes son generadoras de RP, mientras que el 14% de estas no son generadoras. Así mismo, el 93% cuenta con equipo adecuado para la manipulación de los RP.

En la Tabla 3 se presenta el porcentaje de empresas generadoras y no generadoras de RP haciendo una comparación de acuerdo a su tamaño.

Tabla 3. Generación porcentual de empresas generadoras de RP.

Tamaño de la empresa	Sí generan RP (%)	No generan RP (%)
Micros y pequeñas	17	83
Medianas	39	61
Grandes	86	14

En la Figura 4 se muestra el tipo de RP generados por establecimientos, que va desde micros hasta grandes, y en donde se aprecia que el residuo peligroso más producido es el aceite para motores de combustión interna. En cuanto a los RP generados por las instituciones de salud (hospitales), muestran una disposición final adecuada de un 100%.

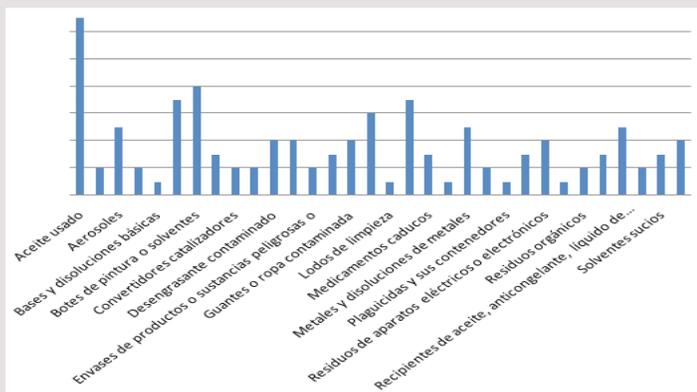


Figura 4. RP que generan las empresas en Victoria de Durango.

El resultado de las encuestas arrojó que en total el 86% de las empresas en la ciudad ha sido visitado por la PROFEPA.

Ya identificado el tipo de residuos peligrosos que son generados por los establecimientos de la ciudad, se asume que es necesario reforzar la normatividad para que se

respete y se aplique con rigor, y que los micros y pequeños establecimientos que ignoran en qué consiste un residuo peligroso, se incorporen en la práctica correcta para su manejo y disposición. El desconocimiento y la falta de interés son dos de los principales factores que provocan la inadecuada disposición de los RP.

REFERENCIAS

[1] Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Consultado el 15 de marzo del 2014. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/>.

[2] Google Maps. Durango, Dgo. Consultado en marzo, 2015. <https://www.google.com.mx/maps/place/Durango,+Dgo./>.

[3] Gutiérrez A, V. & Ramírez H, I. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2012). Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos. Consultado el 22 de abril de 2014. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/705/peligrosos.pdf>.

[4] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2007). Generación y composición de los residuos sólidos municipales. Consultado el 17 de febrero de 2015. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/35/internalizacion.html>

[5] Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. Consultado el 17 de septiembre de 2014. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LPGGIR\\_ref08\\_04jun14.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LPGGIR_ref08_04jun14.pdf).

[6] Ortiz C, R. (2011). Programa de prevención y gestión integral de residuos del estado de Durango. UJED, Facultad de Ciencias Forestales. Consultado el 3 de noviembre de 2015. [http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/gestionresiduos/pepgir\\_durango.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/gestionresiduos/pepgir_durango.pdf).

[7] Programa de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Durango. (2011). Programa de gestión integral de residuos en el estado de Durango. Consultado el 10 de diciembre de 2014. [http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/gestionresiduos/pepgir\\_durango.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/gestionresiduos/pepgir_durango.pdf).

[8] Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (2010). Control de Residuos Peligrosos. Consultado el 7 de febrero de 2015. [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/1370/1/mx/control\\_de\\_residuos\\_peligrosos.html](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/1370/1/mx/control_de_residuos_peligrosos.html).

[9] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). Residuos peligrosos. Consultado el 10 de diciembre de 2014. <http://web2.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/materialesactividades/Paginas/ResPel.aspx>.

[10] Vertice. (2011). Gestión Ambiental. Manipulación de residuos y productos químicos (3to. ed.). Residuos peligrosos. Editorial VERTICE (pp 42-48). España.

# Desarrollo de cubo virtual para recorridos semi-inmersivos este-reoscópicos



## Colaboración

Raquel Pérez Nuño; Gisela Ramírez Pimentel; Osvaldo René Rojo Roa; Mauricio Rojo Roa, Instituto Tecnológico Superior de Zapotlanejo

**RESUMEN:** Este trabajo tiene la finalidad de contribuir una nueva técnica de configuración y aplicación de la realidad virtual (RV), con una herramienta considerada semi-inmersiva, con el propósito de aportar al estado del arte conocimiento sobre el desarrollo de aplicaciones estereoscópicas, pero con un costo menor que el de los demás cubos o cuevas que existen en el desarrollo de la realidad virtual. Para lograr esto es necesario conocer qué es lo que se está desarrollando para poder hacer una aportación de manera significativa a este campo de investigación y desarrollo. Existe una gran diversidad de elementos de hardware y software que pueden aportar componentes para la aplicación de la realidad virtual. Sin embargo, la tecnología Nvidia, con su tarjeta de aceleración gráfica GeForce GTX 590, nos ofrece gran robustez para la aplicación de estas tecnologías y poder sincronizar varias pantallas 3D sin perder su función principal: generar tercera dimensión a los usuarios. A esto se une el software Unity 3D, que en su versión gratuita nos permite generar ambientes virtuales en 3D, pero sin el cubo virtual su desarrollo no tendrá el mismo potencial o alcance.

**PALABRAS CLAVE:** Estereoscopia, Realidad Virtual, Tarjetas de Aceleración Gráfica, Tecnología Nvidia, 3D.

**ABSTRACT:** This work has the finality the provide a new technique of configuration and application of virtual reality, with a semi-immersive named tool, with the aim of contributing to the state of the art on the development of stereoscopic applications, but at a lower cost than that of other cubes or caves that exists in the development of the RV. To achieve this we need to know what is being developed in order to make a significant contribution to this field of research and development. There are variety of hardware and software that can provide tools and/or components for the application of virtual reality, but found that Nvidia technology, with its accelerated graphics card GeForce GTX 590 gives us strength for the application of these technologies and synchronize multiple 3D screens without losing its main function, create 3D to generate users, this is combined with the Unity 3D software, free version that allows us to generate 3D virtual environments.

**KEYWORDS:** Stereoscopy, Virtual Reality, Graphics Acceleration Cards, Nvidia Technology, 3D.

## INTRODUCCIÓN

El constante cambio en el desarrollo tecnológico y la creciente necesidad de nuevas y mejores tecnologías que vivimos en la actualidad, ocasiona que algunas veces se mantenga al margen de las nuevas herramientas que surgen para satisfacer demandas de visualización e interacción en modelos que manejan grandes cantidades de información y que es transformada en datos concretos que ayudan a desarrollar nuevos métodos de implementación. Con la aparición de tecnologías emergentes, se han generado una serie de diversas herramientas que aportan nuevas maneras de implementar la tecnología para el provecho de la humanidad.

Actualmente la realidad virtual se aplica a numerosos campos como la educación, la medicina, videojuegos, entre otros. Sin embargo, en el caso de esta investigación, se trata la realidad virtual aplicada al campo de la educación y el desarrollo de tecnologías aplicadas a la investigación. Este proyecto es importante ya que se hará un aporte al estado del arte en cuestiones de desarrollo en la realidad virtual.

Existen 3 tipos de realidad virtual, que son:

a) Sistemas inmersivos. Son aquellos sistemas donde el usuario se siente dentro del mundo virtual que están explorando. Como se muestra la figura 1, el usuario está inmerso en el entorno mediante un casco que proyecta el mundo virtual acompañado de un control en forma de arma para interactuar con el medio.

c) No inmersivos o de escritorio. Son aquellos donde el monitor es la ventana hacia el mundo virtual y la interacción es por medio del teclado, micrófono, mouse o control (en inglés joystick), este tipo de sistemas son idóneos para visualizaciones científicas, también son usados como medio de entretenimiento, como se muestra en la figura 3.



Figura 1: Accesorios de los sistemas inmersivos  
(Fuente: <https://sites.google.com/site/mivinvestigaciones/family-profiles>)



Figura 3: Sistemas de escritorio.  
(Fuente: <https://sites.google.com/site/mivinvestigaciones/family-profiles>)

b) Semi-inmersivos. Su proyección se caracteriza por ser sobre 4 pantallas en forma de cubo (tres pantallas formando las paredes y una el piso), las cuales rodean al observador, el usuario usa lentes y un dispositivo de seguimiento de movimientos de la cabeza, de esta manera al moverse el usuario las proyecciones perspectivas son calculadas por el motor de RV para cada pared y se despliegan en proyectores que están conectados a la computadora. Este tipo de sistemas son usados principalmente para visualizaciones donde se requiere que el usuario se mantenga en contacto con elementos del mundo real como lo muestra la figura 2.

Una vez descrito lo anterior no hay que olvidar los orígenes de la realidad virtual. Ha sido uno de los paradigmas más interesantes desde el principio de la tecnología moderna hasta nuestros días, por ejemplo: la infografía 3D, ha sido una técnica que ha representado la forma de transmitir la información más explícita que el texto y las imágenes estáticas. El "true 3D", como también se le conoce, hace una ilusión de dar a los espectadores la perspectiva de la profundidad en un entorno 2D como se muestra en la figura 4.



Figura 2: Cave virtual. (Fuente: <https://sites.google.com/site/mivinvestigaciones/family-profiles>)



Figura 4: Imágenes en 2D y 3D.  
(Fuente: <http://www.vivitek3d.com/features.php>)

Por lo tanto la posibilidad de crear y experimentar elementos o entornos diferentes a los que se encuentra

el ser humano, ha sido una de las tareas que los usuarios han tratado de imitar considerando las nuevas tecnologías y la inmersión que genera el ambiente virtual. Cuando se ve una película 3D, se da la apariencia de que las cosas salen del entorno, lo cual crea la posibilidad de sorprender al espectador, aunque esto es solo en un sentido, ya que se encuentra en un entorno estático, sin tener la posibilidad de interactuar con él.

Por tal motivo se pretende realizar un prototipo tecnológico a bajo costo para la creación y proyección de aplicaciones inmersivas, tales como simuladores, juegos, aplicaciones, por mencionar algunos y todos en un entorno 3D.

### Sistemas Inmersivos

Para hablar de la inmersión de los sistemas, tenemos que mencionar los primeros componentes que con sus elementos físicos y lógicos ayudaron a que los usuarios pudieran observar y sentir un panorama virtual. Por ejemplo el proyecto Fully automatic multi-projector calibration with an uncalibrated camera [1], utilizando la calibración de varios proyectores, mediante el plug-in Compiz para corregir la coherencia de la imagen de un proyector a otro, de esta manera utilizan el modo pantalla extendida para enviar imagen a diferentes aparatos. Este procedimiento puede ser algo complicado tomando en cuenta los componentes de hardware y software necesario para lograr esto. Por lo cual el tener los elementos adecuados pueden ahorrar tiempo, dinero y esfuerzo. Por otra parte el proyecto 3D Object Handling Support System in a CAVE Setup [2], menciona que la Realidad Virtual (VR), permite ofrecer una experiencia ilusoria a los usuarios a través de la estimulación de los sentidos.

Estos desarrollos dan inicio a la utilización de la realidad virtual en áreas que anteriormente solo se relacionaban con videojuegos y abre la oportunidad a infinitas posibilidades tecnológicas, por lo cual la utilización del hardware y software adecuado simplifica la creación de prototipos para la educación, empresas y sociedad en general. Por tal motivo este proyecto tiene como aplicación la inmersión de los recorridos virtuales para dar más impacto que solo verlos en 2D, utilizando:

- Ambientes virtuales inmersivos para acceder a espacios inaccesibles o con riesgo, y poder modificar los eventos que ahí ocurren.
- Recrear ambientes para recorridos virtuales a empresas, instituciones educativas u organizaciones que serían muy costosos o no son posibles porque tienen áreas de acceso restringidas.
- Crear la impresión de estar dentro, forjando mayor impacto en las sensaciones generadas.
- Aprovechar la libertad y la amplitud de movimiento en la escena generada, las sensaciones que se producen con el sonido envolvente y la retroalimentación táctil, los mayores detalles al visualizar y la escala a la que se proyectan los ambientes.
- Por lo tanto, el objetivo es investigar, diseñar e implementar un cubo de realidad virtual para recorridos virtuales semi-inmersivos, utilizando la estereoscopia 3D.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Para presentar la propuesta de este proyecto es necesario explicar cuáles son los elementos de hardware requeridos para su implementación, considerando que el CUBO virtual se ha desarrollado para la creación de aplicaciones en tercera dimensión y poder comprobar su nivel de inmersión, ya que se pretende promover este tipo de tecnología, por su bajo costo y sobre todo su nivel de configuración. No olvidemos que esto hace algunos años no se podía realizar [3].

### Caracterización del lugar

El proyecto se desarrolló en el Instituto Tecnológico Superior de Zapotlanejo, el cual inicio sus operaciones en el 2004. Forma parte del modelo educativo del Sistema de Institutos Tecnológicos Descentralizados, en el cual el Gobierno Federal y Gobiernos de los estados comparten la responsabilidad de ofrecer educación superior con aportaciones financieras que apoyan la operación, infraestructura y equipamiento de las instituciones de este sistema. Ubicado en Zapotlanejo Jalisco, lugar de zapotes; tierra de la industria del vestir, de gente valerosa y emprendedora. Se contó con un espacio de 7.35 metros de ancho y 8.55 metros de largo por 3.55 metros de alto, como lo muestra la figura 5.

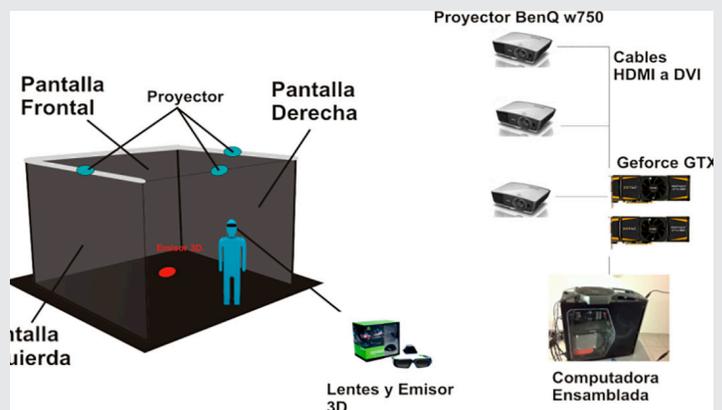


Figura 5. Esquema del cubo. (Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

### Propuesta de Requerimientos.

a) Proyectores o Cañones. Uno de los Proyectores que cuenta con los elementos es el "BenQ modelo W750 [4], como lo muestra la figura 6.



Figura 6 BenQ W750.

(Fuente: <http://www.benq.com/product/projector/w750/>)

Tabla 1. Especificaciones Técnicas.

Producto:

Producto:	BenQ W750
Código EAN:	47187550
Código del fabricante:	9H.J7K7
Brillo:	2500
Resolución:	1280 x
Tipo:	DLP
Contraste:	13000 : 1
Peso:	2,6 (kg)
Duración de lámpara:	4000 h
Duración de lámpara ECO	6500 h
Conexiones:	2xHDMI D-SUB 15pin in (VGA) S-Video RS232 3,5 mm Mini Jack
Características especiales:	HD

b) Computadora Ensamblada: Para que la configuración sea exitosa y soportes los 3 proyectores se requiere de un equipo robusto y que tenga compatibilidad con la tarjeta gráfica, como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones para la computadora.

Computadora Ensamblada:
Teclado Black finish and silver keys with laser cut lettering for true illumination through the keys
Raton Darkfield Laser Tracking works on more surfaces than other mice—even on glass
4 Gigas RAM Module - 4 GB - DDR3 SDRAM - 1333MHz DDR3-1333/PC3-10600 - ECC – 204-pin SoDIMMSSD
Disco duro 1 Tb SATA III WD Caviar Black high performance 3.5- Inch SATA hard drive combines 7200 RPM, 64 MB cache, and SATA 6 Gb/s interface.
Intel core i7 cuad core Intel Dual Core i7-2600K (4x3.4 GHz)
Tarjeta madre Intelligent Dual Processor technology, Intel Smart Response Technology with SSD speed hard drive capacity
Sistema operativo Windows 7 Pro en español 64 BITS OEM (Como mínimo).
Tarjeta de red: 10/100/1000 base T.
Unidad óptica: Blue Ray quemador, incluir software con licencia de uso perpetuo.
Puertos y slots: Mínimo 8 USB 2.0, al menos 2 PCI Express libre después de configuración.
Gabinete gamer con enfriamiento GHIA 1164 GX: Tipo tool less (abrir sin herramientas).
Fuente de Poder: Máximo 1000 Watts.

c) Tarjeta Gráfica: Una vez abordado el proyector y la PC, es de primordial importancia la tarjeta gráfica, ya que sin ella la configuración no será posible [5], lo cual se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. ZOTAC GeForce GTX 590.

INFORMACIÓN ADICIONAL	
Modelo	ZT-50501-10P
GPU	GeForce GTX 590
Procesadores Core	1024 (2 x 512) Stream Processors
Tamaño de la memoria	3072MB (2 x 1536 MB)
Tipo de memoria	GDDR5
DVI	3
Dual-Link DVI	SI
HDMI	1 x Mini-HDMI 1.4
DisplayPort	1 x Mini DisplayPort
Resolución máxima	2560 x 1600
Interfaz	PCI Express 2.0 x 16 (compatible con 1.1)
Tipo de enfriador	Fan (Dual Slot)
SLI Apoyado	SI
DirectX	DirectX 11
Dimensiones	4.376in x 11in - 111.15mm x 279.4mm
Peso	5.3600

d) Lentes 3D. Una de las herramientas que nos ayudarán a la inmersión de las cosas que se proyecten en el cubo, son los lentes que visualizan en 3D, para ello se necesitan lentes especiales, por cuestión de que los lentes vienen con el emisor de 3D y lo cual varios lentes pueden recibir señal de un solo emisor, se propuso dos tipos de ellos, los cuales un tipo viene con el emisor y el otro no, esto ahorrará costo en ello. Los lentes 3D [6] del primer tipo, como los muestra la Figura 7, son los lentes con su emisor 3D de los cuales la tabla 4 y 5 muestra sus características. El otro tipo de lentes se muestran en la Figura 8.



Figura 7. Lentes con Emisor 3D.

(Fuente: <http://www.nvidia.com/object/product-geforce-3d-vision2-wireless-glasses-kit-us.html>)

Tabla 4. Nvidia 3D Vision.

GAFAS INALAMBRICAS	
Receptor de infrarrojos	Capta la señal a distancias de entre 0,5 y 4,5 metros
ALIMENTACIÓN	
Duración de la batería	40 horas de visión estereoscópica
Botón de encendido	Botón ON
Conector para recarga de batería	Conector USB 2.0 mini-B
INDICADORES LUMINOSOS	
Nivel de carga de la batería	Luces verde y roja
En carga	Luz ámbar
DIMENSIONES	
Dimensiones del producto	16,5 x 16,3 x 4,1 cm
PESO	
Peso del producto	50 gramos

Tabla 5. Emisor 3D.

EMISOR DE IR INALAMBRICO	
Transmisor de infrarrojos	Transmite la señal a distancias de entre 0,5 y 4,5 m
BOTONES	
Botón de retroiluminación de NVIDIA	NVIDIA 3D Vision on/off
Ajuste de la profundidad	Dial en la parte posterior del emisor de IR
CONECTORES	
USB 2.0 mini-B	Conexión con el PC para activar NVIDIA 3D Visión
DIMENSIONES	
Dimensiones del producto	6,3 x 6,3 x 3,8 cm de altura
PESO	
Peso del producto	47 gramos



Figura 8. Lentes 3D Vision 2. (Fuente: <http://www.nvidia.com/object/product-geforce-3d-vision2-wireless-glasses-kit-us.html>)

Sus características se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Lentes 3D Vision 2.

Receptor de infrarrojos	Recibe la señal entre 1,5 y 15 pies
POTENCIA	
Duración de la batería	60 horas
Botón de encendido	El botón
Conector de la batería recargable	Conector de alimentación USB 2.0 mini-B
LUCES INDICADORAS	
Nivel de la batería	Indicadores luminosos verdes y rojos
Carga	Luz intermitente de color ámbar durante la carga
DIMENSIONES	
Dimensiones del producto	6.5 "x 6.4" x 1.6 "
PESO	
Peso del producto	56 oz gramos/1.96

e) Pantallas Elite Screens Eléctricas. Una vez abordado los elementos principales del cubo, ahora se requiere definir donde se van a proyectar las imágenes, para ello se pueden usar pantallas eléctricas, con el fin de poder hacer reutilizable el lugar, ya que si quedaran fijas ocuparían mucho espacio y no serviría para darle otra función al lugar. Las características mínimas requeridas se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Plantillas

Elite screens Eléctrica de 3.05 x 3.05 m	
Material de la pantalla	
160 amplio ángulo de visión	
Fronteras de enmascaramiento 4-negro estándar	
El material blanco mate es durable y fácil de limpiar	
Disponible en 04:03, 16:09 y 16:10 relación de aspecto	
Diagonal tamaños que van desde 84 " - 128"	
Control Total	
Infrarrojos (IR) de control remoto	
Interruptor de la pared de 3 vías desmontable	
Construido en 5-12 puerto de activación voltios (RJ-45)	
Receptores de infrarrojos interno / RF de baja tensión	
Control remoto IR ZR800D universal opcional	

Tabla 8. Costo total de Cubo

No.	Componentes	Precio
3	Proyectores BenQ W750	\$35,800
2	Tarjetas gráficas GeForce GTX 590	\$28,000
1	Computadora ensamblada	\$9,000
8	Lentes 3D	\$15,600
3	Pantallas elite screens eléctricas	\$13,500
3	Bases para proyectores	\$2,500
2	Tubos PTR para las bases	\$200
12	Taquetes para concreto	\$350
3	Cables DVI - HDMI de 15 metros	\$950
Total		\$105,900

Nota: Los precios fueron obtenidos de las páginas eBay, Amazon, MercadoLibre y Steren.

Una vez encontrados los componentes de hardware, se comenzó la construcción de la estructura del cubo, se crearon las bases para los proyectores y las pantallas para lo que se usó tubo de PTR de 1 pulgada con una solera de acero para que pueda soportar el peso de los componentes, además para las pantallas se generó una escuadra de PTR de media pulgada para que fuera movable y autoajustable, como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Base PTR de una pulgada y escuadra PTR media pulgada. (Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

Los proyectores se colocaron a mitad de las pantallas para poder dar el campo de visión de los 3 metros aproximadamente, como lo muestra la Figura 10.



Figura 10. Base para proyectores. (Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

Cabe señalar que toda la estructura del cubo fue realizada desde cero. Para que los proyectores alcanzaran la transmisión de datos a la computadora principal, se ocupó de cables HDMI a DVI de 15 metros, porque se necesitaban que pasaran por encima del plafón

### Configuración

La configuración de los 3 proyectores para que emitan una misma señal, pero dividida entre los

componentes, se realizaron pruebas con diferentes maneras de utilizar el protocolo Surround, y se encontró que al momento de hacer la configuración, la posibilidad de seguir utilizando el 3D no funcionaba.

Para solucionar esto se aplicó la siguiente configuración que conservaba todas las funciones y propiedades del protocolo y la emisión de imágenes o videos estereoscópicos.

Cuando se conectan los cables de HDMI a los proyectores y los DVI a la tarjeta gráfica, el BIOS intenta reconocer todos los elementos de hardware que están conectados, por tanto, toma un proyector como base para mostrar la imagen principal, para esto el protocolo de la tarjeta Nvidia. Uno de los proyectores es reconocido como si fuera un monitor o pantalla normal, mientras que los otros 2 como pantallas DVI, lo cual al querer hacer la combinación de los proyectores, no se puede realizar al menos que se realicen entre las pantallas DVI, quedando la pantalla normal o TV y la combinación entre pantallas DVI, la pantalla normal se debe de deshabilitar para que solo estén en función las combinadas, esta operación se realiza en la ventana de resolución de pantalla.

Una vez realizado lo anterior, entramos al panel de control Nvidia y en la sección Configuración Multi-GPU, PhysIX, Surround, aplicamos la opción: extender las pantallas con Surround, esto hará que la pantalla que estaba deshabilitada se habilite y se una a las demás que estaban combinadas. Como lo muestra la Figura 11.

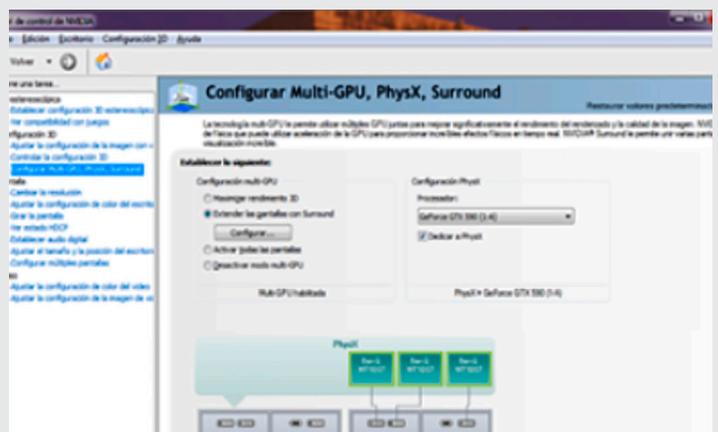


Figura 11. Configuración Panel Nvidia. (Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

Entonces comenzará un asistente donde se mostrarán 2 opciones: 1.- Realizar resolución especial; 2.- No, realizar resolución estándar. Como lo muestra la Figura 12.

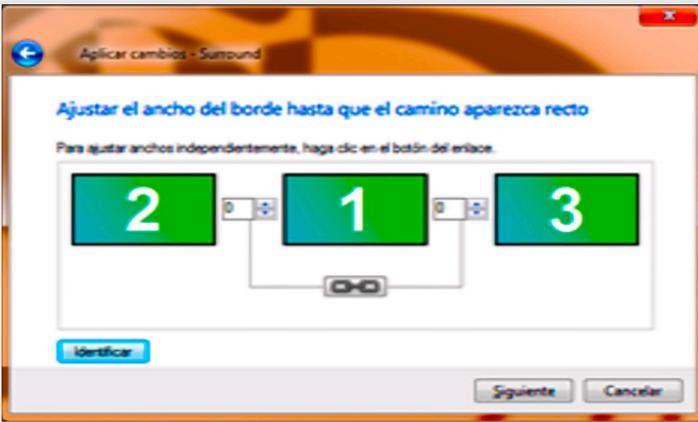


Figura 12. Aplicar cambios Surround.  
(Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

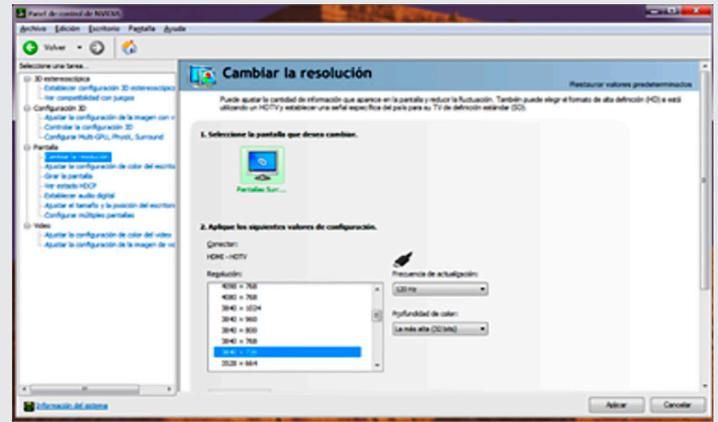


Figura 14. Resolución de las pantallas.  
(Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

A continuación, se identificar cual proyector debe ir en qué posición, esto para poder especificar el origen de la imagen proyectada, como lo muestra la Figura 13.

1. Los proyectores debe de emitir a 120 Hz. Para ello nos dirigimos a la pantalla de Panel de control de Nvidia y en la sección de cambiar la resolución, hacemos el ajuste en los Hz, si es necesario. Como lo muestra la figura 15.

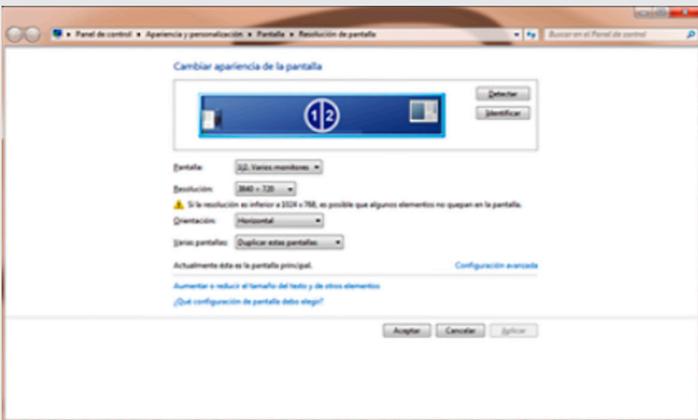


Figura 13. Ordenamiento de los proyectores. (Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

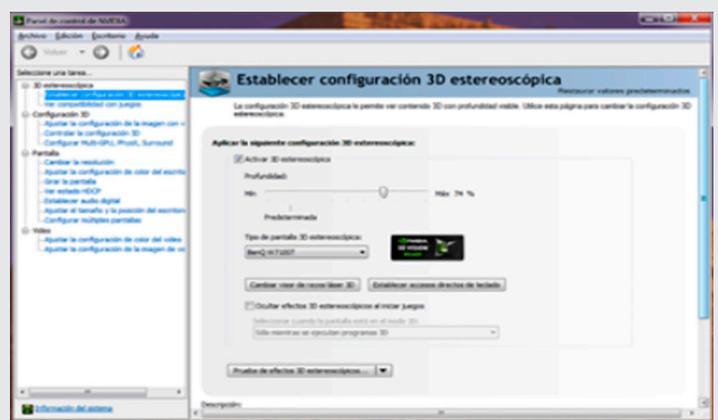


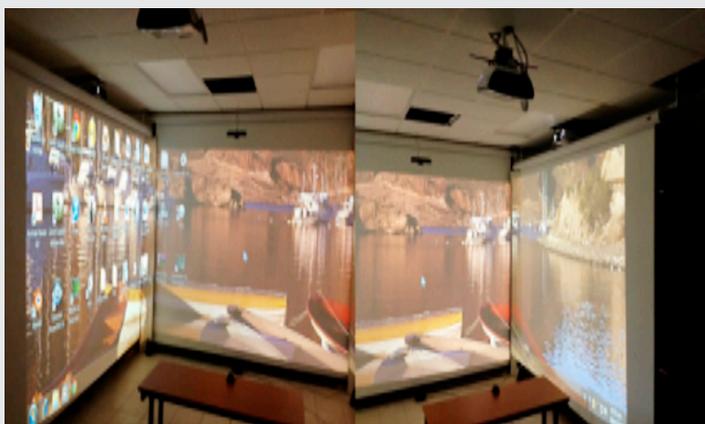
Figura 15. Resolución de 120Hz. (Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

Una vez realizado lo anterior se presiona el botón siguiente y después finalizar, comenzando los cambios de la configuración, lo cual nos mostrará el escritorio de la computadora emitida en las tres pantallas donde cada una de ellas muestra un tercio de la imagen. Para terminar solo falta elegir la resolución adecuada para poder proyectar en 3D. Para ello presionamos clic derecho sobre el escritorio de Windows y elegimos la opción "resolución de pantalla", mostrando la Figura 14.

2. También nos dirigimos en la misma ventana a la opción "Establecer configuración 3D Estereoscópica" y se verifica que la opción establecida es "BenQ W710ST", en la opción "Tipo de pantalla 3d Estereoscópica", agregando la imagen o logotipo de Nvidia 3D, como se muestra en la figura 16.

Cuando la configuración anterior fue aceptada por los equipos, queda como resultado una visión cúbica, donde los tres proyectores están emitiendo la misma imagen con la posibilidad de activar el 3D, cuando se requiera y las aplicaciones que lo necesitan. Los resultados se muestran en las figuras 17 y 18.

De la figura anterior se utilizó la configuración 3840 x 720, ya que cada proyector emite los 120 Hertz a una resolución de 1280 x 720, para que la configuración de Estereoscopia 3D, no se deshabilite, para verificar esto se realizan los siguientes pasos:



Figuras 17 y 18. Resultados de la configuración.  
(Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### Resultados

El cubo virtual fue creado con la intención de desarrollar aplicaciones semi-inmersivas, donde el usuario pueda percibir la esencia del medio al cual está expuesto, para ello se realizaron una serie de aplicaciones en distintos entornos y así percibir el desarrollo de componentes en 3D.

### Isla Virtual

El objetivo de esta aplicación es incluir al usuario en un entorno tropical, que involucra vegetación, montañas, aves y una cabaña, lo cual va acompañado de audio 5.1 envolvente para ayudar al usuario a sentirse dentro ambiente. La aplicación Isla es un recorrido virtual de la naturaleza donde se incluyen objetos, física, texturas y demás componentes que asemejan a una isla real que está rodeada de agua, como se muestra la figura 19. Este desarrollo fue creado en la plataforma Unity 3D, que nos permite realizar entornos virtuales en tercera dimensión.



Figura 19. Isla Virtual. (Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

### 3.1.2 Recorrido Virtual del ITS de Zapotlanejo.

En la segunda aplicación se realizó el recorrido virtual del Instituto Tecnológico Superior de Zapotlanejo, donde se puede acceder tanto al exterior como al interior del instituto. Como lo muestra la figura 20. En este proyecto se desarrollaron los modelos con la mayor similitud posible tanto de la estructura de sus edificios como del mobiliario de sus respectivas áreas. La entrada al instituto lo muestra la imagen 20, lo cual ayuda a dar a conocer las instalaciones virtualmente. Dicho proyecto tuvo tanto impacto que se desarrolló en versiones para web y móviles.



Figura 20. Recorrido Virtual del ITS Zapotlanejo.  
(Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

Este mismo proyecto y sus aplicaciones generaron el interés de algunas instituciones educativas, empresas y entes gubernamentales para realizar recorridos virtuales a sus instalaciones.

### Recorrido virtual de la empresa Sanmina SCI.

Este proyecto simplificó y modernizó el recorrido virtual que se le brinda al cliente nuevo, dentro de la empresa ya que se realizó en 3D y es interactivo. Por políticas internas de la empresa no nos permitieron presentar imágenes del proyecto.

### Recorrido Virtual del Centro de Software de Guadalajara.

Este proyecto está enfocado a la Protección Civil, dado que Jalisco es un estado de alta sismicidad y se encuentra al occidente de la república mexicana a un costado del Océano Pacífico una estructura geológica que se le denomina zona de subducción, en esta se generan el 99% de los sismos en la República Mexicana. El recorrido se realiza en las 2 plantas de la organización indicando rutas de evacuación, salidas de emergencia, etc. Este proyecto está en desarrollo, como lo muestra la figura 21.



Figura 21. Recorrido Virtual del Centro del Software de Guadalajara. (Fuente: ItsZapotlanejo. 2014)

## CONCLUSIONES

La utilización de la realidad virtual ayuda a que las personas conozcan métodos de implementación en las empresas, estudien la aplicación y desarrollo de aplicaciones o video juegos en 3D y porque no, una forma de conocer nuevos lugares, ya sea en la antigüedad como en el futuro, la imaginación y creatividad dependen del enfoque y ganas de su aplicación. Por otra parte el conocer un método de implementación que no necesite de software adicional para la sincronización de hardware y que nos permita la Estereoscopia, es muy importante porque acerca este tipo de tecnología al alcance de las personas y sobre todo de su amigable configuración, por lo cual el utilizar el equipo adecuado, con las características necesarias, nos pueden generar mejores resultados que la implementación de costosas herramientas. Con el presente artículo hemos brindado la posibilidad de aplicarlas en distintas áreas, lo cual acerca el aprendizaje (Educación) con la aplicación (empresas).

## REFERENCIAS

*Paper Científicos.*

[1] Garcia, I., Cooperstock, J. Automatic multi-projector calibration with an uncalibrated camera. June 2011. In *International Workshop on Projector-Camera Systems*, Colorado Springs, IEEE.

[2] J. De Oliveira V. De Almeida and P. Ferreira. 3d object handling support system in a cave setup. *Virtual and Augmented Reality (SVR), 2012 14th Symposium on*. 2012. IEEE.

[3] Sajadi, B., *Autocalibrating Tiled Projectors on Piecewise Smooth Vertically Extruded Surfaces*, IEEE Computer Society, 2011.

*Fuentes electrónicas*

[4] BenQ. BenQ W750 Home Cinema Projector. Consultado el 21 de Marzo del 2014: <http://www.benq.com/product/projector/w750/>.

[5] Logan, T. OC3D.net, Consultado 25 de marzo del 2014. [http://www.overclock3d.net/reviews/gpu\\_displays/zotac\\_gtx590\\_sli\\_5760x1080\\_nvidia\\_surround\\_review/1](http://www.overclock3d.net/reviews/gpu_displays/zotac_gtx590_sli_5760x1080_nvidia_surround_review/1).

[6] NVIDIA, 3D Vision 2 Wireless Glasses Kit, Consultado: Junio del 2014. <http://www.nvidia.com/object/product-geforce-3d-vision2-wireless-glasses-kit-us.html>



# Ciencias *de la* Computación

---

# Ingeniantes

---

*Instituto Tecnológico Superior de Misantla*

# Plataforma virtual para tutorías de la Academia de Informática del ITCH

**RESUMEN:** Actualmente el Tecnológico Nacional de México (TecNM), está impulsando y fortaleciendo la actividad tutorial, en todos sus Institutos Tecnológicos que se encuentran ubicados en todo lo largo y ancho de nuestro país, mediante la utilización de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), las cuales han permitido desde el año 2014, la implementación a nivel nacional, de un “Diplomado de Formación de Tutores del TecNM, en línea”, que a su vez, ha propiciado en los tutores participantes, el desarrollo de nuevas estrategias tutoriales con el uso de las TIC.

En la Academia de Informática del ITCH, desde septiembre del 2013 a la fecha, se han generado distintos prototipos de software, los cuales permitirán virtualizar los distintos proyectos académicos que son atendidos por esta misma, considerando entre ellos, los procesos correspondientes al Programa Institucional de Tutorías. Estos prototipos de software, han constituido los resultados obtenidos de las investigaciones desarrolladas para la línea de investigación autorizada, “Sistemas Virtuales Educativos”, obteniéndose como producto final, una Plataforma Virtual para Tutorías, la cual al igual que los prototipos preliminares, fue desarrollada utilizando el lenguaje de programación de PHP con el manejador de Base de Datos MySQL, aplicando la metodología de software Orientado a Prototipos.

**PALABRAS CLAVE:** Tutoría, TecNM, TIC, Estrategia Tutorial, Prototipo, Plataforma Virtual.



## Colaboración

José Abel Díaz Aguado; Felipe Luna García; Susana Bello Saldaña, Instituto Tecnológico de Chilpancingo

**ABSTRACT:** Currently the National Technological of Mexico (TecNM), is promoting and strengthening the activity tutorial, in all its technological institutes that are located throughout the length and breadth of our country, through the use of information and communication technologies (ICT), which have been allowed since 2014, the implementation at the national level, a “Certificate of formation of Tutors of the TecNM, on-line”, which in turn, has led in the tutors participants, the development of new strategies tutorials with the use of ICT.

At the Academy of Informatics of the ITCH, from September 2013 to date, have led to a number of different software prototypes, which will allow virtualize the various academic projects that are served by this same, considering between them, the processes involved in institutional program of tutorials. These prototypes of software have been the results of the research developed for the line of authoritative research, “Educational Virtual Systems”, obtaining as the final product, a Virtual Platform for Mentoring, which like the preliminary prototype was developed using the programming language PHP handler with the MySQL Database, applying the methodology-oriented software prototypes.

**KEYWORDS:** Mentoring, TecNM, ICT, Tutorial Strategy, Prototype, Virtual Platform.

## INTRODUCCIÓN

En la Academia de Informática perteneciente al Instituto Tecnológico de Chilpancingo, a partir de la autorización de la línea de investigación denominada “Sistemas Virtuales Educativos”, durante el mes de noviembre de 2012, se han venido desarrollando una serie de proyectos de investigación, los cuales han sido formulados con respecto a esta misma línea. Siendo el primer proyecto de investigación que se realizó y el cual tuvo por título, “Virtualización de la Academia de Informática del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, un caso de estudio para fundamentar la virtualización en el SNEST” [1], donde se obtuvo como resultado, un prototipo de software, el cual contribuyó al enfoque del concepto de virtualidad de la Academia de Infor-

mática y su posible implementación en el SNEST. Con el prototipo de virtualización obtenido, se realizó la implementación de los distintos procesos académicos que son atendidos por la Academia de Informática, mediante un enfoque de gestión de proyectos, incorporando para ello, un proyecto para la operación del Programa Institucional de Tutorías, mediante la investigación denominada, "Aplicabilidad del prototipo de virtualización de la Academia de Informática, en la operación del Programa Institucional de Tutorías del Instituto Tecnológico de Chilpancingo" [2], con el nuevo prototipo generado, se comprobó la factibilidad para incorporar la actividad tutorial tanto de los tutores, como de los tutorados de la carrera de Ingeniería Informática, para lo cual se definió como objetivo principal de la presente investigación; Desarrollar una Plataforma Virtual para la operación de Tutorías de la Academia de Informática del ITCH, la cual permitirá sistematizar el registro y consulta de los formatos de Seguimiento Académico y el reporte del Seguimiento de Tutorías, los cuales son requisitados de forma manual y mediante una reunión presencial del tutor con sus tutorados, ya sea de tipo grupal o individual, simplificado con esto, los tiempos de atención personal a cada tutorado y maximizando la capacidad de cobertura del tutor, lo que le permitirá analizar la situación académica de cada uno de sus tutorados asignados, esta plataforma virtual le permite ingresar a los tutorados vía web, para que puedan registrar sus calificaciones parciales por unidad de cada asignatura que este cursando, con la posibilidad de adjuntar uno o varios archivos digitales (PDF, doc, jpg, etc) los cuales conformaran las evidencias de los trabajos y/o exámenes que le fueron evaluaron, de igual forma, el tutor podrá verificar en línea, la información que ha ingresado cada tutorado, en cualquier momento y lugar que el disponga, lo que le permitirá, programar reuniones personales con aquellos tutorados que el mismo determine, quedando registrada esta sesión, mediante el módulo de Sesiones Tutoriales, tomando siempre en consideración, que cada tutorado, requiere distintos tipos de tutoría y de canalización.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La plataforma virtual para tutorías de la Academia de Informática, se encuentra instalada y disponible en línea, a través del servidor asignado a esta Academia. Fue desarrollada con el lenguaje de programación PHP, empleando como manejador de la Base de Datos a MySQL, siendo ambos, software libre. Para realizar las pruebas experimentales de esta plataforma virtual, se seleccionó una muestra de 15 alumnos tutorados, pertenecientes todos al décimo semestre de la carrera de Ingeniería Informática, los cuales cursaban una o dos asignaturas, durante el semestre de enero-junio del 2015, así como la participación de 3 tutores, los cuales

tenían previamente asignados desde el primer semestre, a 5 tutorados cada uno.

La metodología de software que se empleó para el desarrollo de esta plataforma virtual, fue la de orientado a prototipos, en la cual se van construyendo distintos prototipos, cada vez más específico uno del anterior, con la finalidad de que el desarrollador tenga un panorama amplio de lo que debe realizar y donde el usuario pueda observar los resultados en un corto plazo. El prototipado permite entregar al usuario, una visión de la solución final en etapas tempranas del desarrollo, logrando con esto, la reducción de los costos por especificaciones erróneas. Esta metodología está integrada por cinco fases, las cuales fueron desarrolladas, como a continuación se detalla:

- **Investigación preliminar:** Se tomó como punto de partida, toda la documentación que previamente se había analizado en investigaciones anteriores, lo cual permitió identificar los lineamientos y procedimientos institucionales para la operación de tutorías en el ITCH [3], entre estos destacan: Manual del Tutor y Cuaderno de Trabajo de Tutoría del Estudiante [4], los expedientes de los alumnos tutorados, así como los anteriores reportes semestrales de tutorías de la carrera de Ingeniería Informática, disponibles en el Departamento de Desarrollo Académico.
- **Definición de los requerimientos del sistema:** Se consideraron los requerimientos obtenidos con anterioridad [3], así como la nueva interacción que se tuvo con los distintos usuarios de la plataforma virtual (tutor y tutorado), para conocer sus necesidades en el prototipo que se estaba construyendo, mediante las demostraciones y las retroalimentaciones que le realizaron a esta misma.
- **Diseño técnico:** En esta fase se consideraron dos etapas: Producción de la documentación de diseño, donde se especificó la nueva estructura del prototipo de software, sus interfaces de usuario, su funcionalidad y el control de flujo.
- **Producción:** De todo lo necesario para realizar una actualización del prototipo, lo cual permitirá una mayor flexibilidad en las mejoras y/o actualizaciones que se le deseen implementar a la plataforma.

- Programación y prueba:** Durante esta fase, se implementaron dos módulos adicionales al prototipo inicial, el de Seguimiento Académico y el de Sesiones Tutoriales, para cada uno de estos módulos, se desarrollaron dos tipos de interfaces de usuario independientes, una para la sesión del tutor y otra para la sesión del tutorado respectivamente. Para las pruebas se contó con la participación de tres tutores, que tenían asignados a cinco tutorados, cada uno de ellos, lo que permitió realizar distintas pruebas funcionales a cada uno de los módulos implementados y para cada uno de los tipos de usuarios disponibles.
- OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:** Al concluir con todas las pruebas necesarias, para obtener el prototipo final de esta investigación, el cual desde un inicio, se encontraba instalado y configurado en el servidor de la Academia de Informática, en donde de manera adicional, se efectuaron dos tipos de pruebas para verificar el acceso a la plataforma virtual, una mediante el uso de una Intranet, disponible en la Academia y la otra mediante el uso de la Internet, lo que permitió identificar y corregir algunas situaciones, que se presentaron al utilizar cada una de las distintas redes de comunicación, sobre las cuales opero la plataforma.

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

A continuación se muestran los resultados que se obtuvieron en cada una de las fases de la metodología antes descrita:

**Investigación preliminar:** En esta fase se consideraron los procedimientos institucionales previamente identificados, para la operación del Programa Institucional de Tutorías en el ITCH, que se muestra en la figura 1.

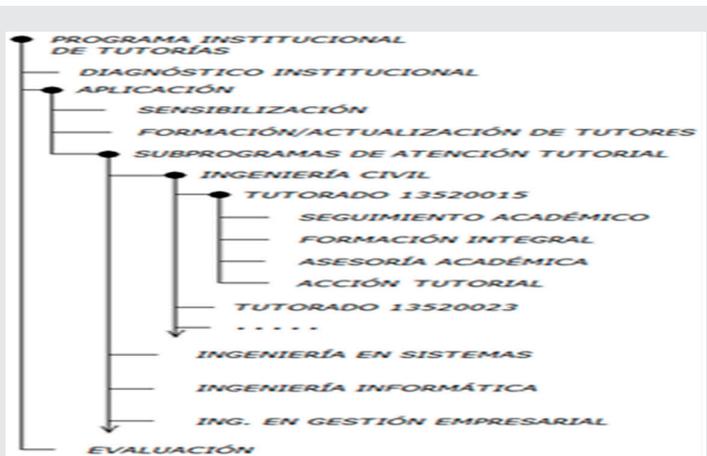


Figura 1. Procedimientos para el PIT en el ITCH.

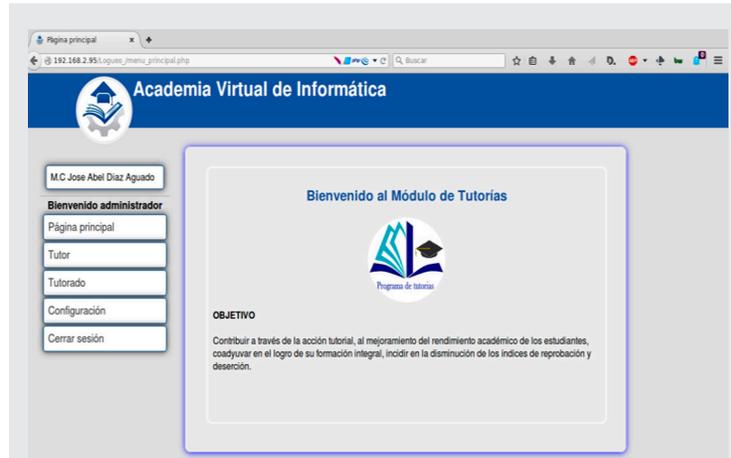


Figura 2. Interfaz del usuario Tutor.



Figura 3. Interfaz del usuario Tutorado.

**Definición de los requerimientos del sistema:**

Durante esta fase se elaboraron casos de uso, para desarrollar las dos interfaces gráficas, para cada uno de los distintos usuarios, tutor y tutorado; de acuerdo a las demostraciones que se realizaron y a los comentarios de ambos tipos de usuarios, en la figura 2, se muestra la interfaz de usuario del tutor, mientras que la figura 3, muestra la interfaz del tutorado.

**Diseño técnico:** Para atender de manera integral, las dos etapas que conforma esta fase, se documentaron todas adecuaciones que se estaban presentando en cada prototipo que era evaluado por los usuarios, todo esto mediante el modelado de la Base de Datos utilizada, la elaboración y diseño de diagramas de casos de uso, manejo de una bitácora del código generado en PHP, para finalmente la elaboración del Manual de los usuarios (tutor y tutorado) y el Manual Técnico de la plataforma virtual. En la figura 4, se muestra un diagrama de caso de uso elaborado.

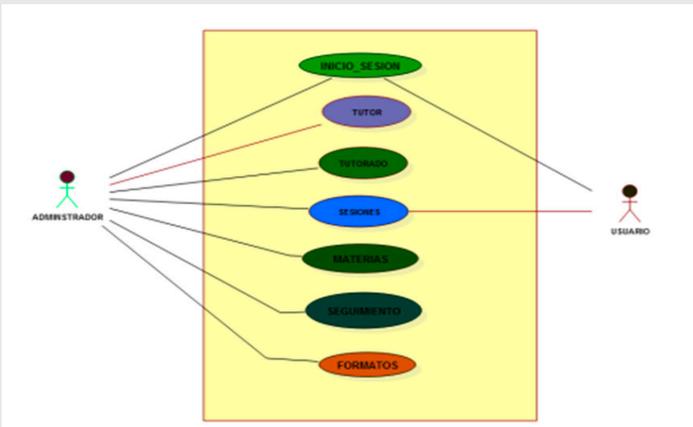


Figura 4. Caso de uso del módulo de Seguimiento Académico.

Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Chilpancingo																																																																							
Instituto Tecnológico de Chilpancingo Programa de Tutorías Formato DGEST/PNT/SA1 Subprograma de Seguimiento Académico																																																																							
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Camargo Carrera					Periodo Semestral: Agosto - Diciembre																																																																		
Depto. Académico de adscripción: SISTEMAS Y COMPUTACION					Carrera: ING. INFORMÁTICA																																																																		
Nombre del Tutorado: Natividad Sanchez Romero					Carrera: ING. INFORMÁTICA																																																																		
Semestre: 11					Promedio Bachillerato: 10.0																																																																		
					No Control: 10520009																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Semestre</th> <th colspan="7">Fecha del seguimiento semestral del aprovechamiento</th> <th rowspan="2">Promedio</th> <th rowspan="2">Oportunidad</th> <th rowspan="2">Observaciones</th> </tr> <tr> <th>U 1</th> <th>U 2</th> <th>U 3</th> <th>U 4</th> <th>U 5</th> <th>U 6</th> <th>U 7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calculo diferencial</td> <td>90</td> <td>85</td> <td>98</td> <td>87</td> <td>85</td> <td></td> <td></td> <td>89.00</td> <td>NORMAL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fundamentos de programación</td> <td>85</td> <td>0</td> <td>85</td> <td>78</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> <td>NORMAL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fundamentos de matemáticas</td> <td>85</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>REPITE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matemáticas discretas</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ESPECIAL</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Semestre	Fecha del seguimiento semestral del aprovechamiento							Promedio	Oportunidad	Observaciones	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	U 7	Calculo diferencial	90	85	98	87	85			89.00	NORMAL		Fundamentos de programación	85	0	85	78	0			0.00	NORMAL		Fundamentos de matemáticas	85								REPITE		Matemáticas discretas									ESPECIAL	
Semestre	Fecha del seguimiento semestral del aprovechamiento							Promedio	Oportunidad		Observaciones																																																												
	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	U 7																																																																
Calculo diferencial	90	85	98	87	85			89.00	NORMAL																																																														
Fundamentos de programación	85	0	85	78	0			0.00	NORMAL																																																														
Fundamentos de matemáticas	85								REPITE																																																														
Matemáticas discretas									ESPECIAL																																																														

Figura 6. Formato del Seguimiento Académico final por tutorado en PDF.

**Programación y prueba:** Se implementaron los módulos de Seguimiento Académico y Sesiones Tutoriales, para cada uno de los usuarios de la plataforma, en donde en el módulo de Seguimiento Académico, el tutor puede verificar las calificaciones y las evidencias, que va ingresando el tutorado, por cada una de las asignaturas que está cursando en el semestre, indicando con colores, el estatus de la asignatura, si es verde, indica que la acredita, si es rojo, la no acreditación y si es morado, que aún no ha concluido su asignatura, como se muestra en la figura 5, además de tener la posibilidad de generar en pdf, el formato del seguimiento académico, una vez que finalizado el semestre por cada tutorado asignado, como se muestra en la figura 6.

Para el módulo de Sesiones Tutoriales, el tutor de acuerdo con el seguimiento realizado a cada uno de sus tutorados, programa citas personales, con los tutorados que el determine, para efectuar una sesión tutorial, en la cual se van a tratar los asuntos relacionados a su bajo desempeño académico, para conocer los motivos y canalizar a su tutorado, esta reunión se registra mediante este módulo, indicando la fecha, hora, cubículo, las asignaturas que fueron analizadas, así como la acción tutorial recomendada en cada caso, incluyendo la firma digital de ambos, con la opción de generar el formato de la sesión en pdf para su impresión, en la figura 7, se muestra este módulo y la figura 8, muestra el formato de la sesión en PDF.

Asignatura	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	U 7	Promedio	Oportunidad	Observaciones
CALCULO DIFERENCIAL	90	85	98	87	85			89.00	NORMAL	
FUNDAMENTOS DE INVESTIGACION	85	0	85	78	0			0.00	NORMAL	
FUNDAMENTOS DE PROGRAMACION	85								REPITE	
MATEMATICAS DISCRETAS										

Figura 5. Consulta del tutor, para realizar el seguimiento académico de uno de sus tutorados.

Figura 7. Registro de una sesión tutorial presencial.

>/sesiones\_pdf.php

FECHA	HORA	LUGAR	ASIGNATURA	FIRMA ALUMNO	FIRMA TUTOR
13-06-2015	13:00 - 14:00	CUBICULO 1	CALCULO DIFERENCIAL	DIANA	ABEL II
22-04-2015	12:25 - 13:25	CUBICULO 1	ALGEBRA LINEAL	DIANA	ABEL II
13-05-2015	13:25 - 14:25	CUBICULO 1	CALCULO INTEGRAL	DIANA	ABEL II

Figura 8. Formato de la sesión tutorial en PDF

**Operación y mantenimiento:** La plataforma virtual de tutorías, fue instalada y puesta en marcha en el servidor perteneciente a la misma Academia, en donde se pudieron realizar todas las pruebas con cada uno de prototipos desarrollados, esta plataforma estaba disponible mediante una dirección IP estática, con la cual se realizaron dos pruebas de conexión, mediante una intranet de la Academia y por medio de la Internet, obteniéndose resultados óptimos en la comunicación, al utilizar cada una de estas redes. Queda pendiente la asignación de un nombre de dominio propio, el cual será proporcionado por la Administración del Centro de Cómputo del ITCH.

Como conclusiones de esta investigación, primeramente, se logró cumplir con su objetivo principal, que era la obtención de una plataforma virtual para tutorías, la cual en esta primera instancia, consideró los módulos de Seguimiento Académico y de Sesiones Tutoriales, los cuales permitirán a los tutores de la Academia de Informática, maximizar sus tiempos de atención tutorial, en relación al número de tutorados que le son asignados, en el período de ingreso de cada nueva generación de alumnos de la carrera de Ingeniería Informática, aunado a esto, las asignaturas que debe impartir, así como las distintas actividades complementarias que les son asignadas en cada semestre, apoyándose y haciendo uso de las nuevas tecnologías, para lograr un mejor desempeño en su labor como tutor, sin que esto limite o sustituya la interacción personal con sus tutorados, porque es una parte esencial de la tutoría, el escuchar y charlar con ellos, para poder conocer sus inquietudes y problemáticas, esto permitirá realizar un diagnóstico inicial completo, el cual será determinante para las futuras canalizaciones que vaya a requerir el tutorado. Esta plataforma permite la integración de nuevos módulos y funcionalidades de manera flexi-

ble, siendo una de sus principales fortalezas, su actualización y adaptación, ante las futuras necesidades que se vayan presentando en la operación del Programa Institucional de Tutorías, no solo del ITCH, sino de cualquier otro Instituto Tecnológico que quiera hacer uso de esta misma.

Para futuros trabajos, se tiene considerado a mediano plazo, su implementación en todas las demás Academias que integran el ITCH, con la finalidad de establecerla como una plataforma virtual institucional para tutorías, y a largo plazo, pueda convertirse en la plataforma virtual para tutorías del TecNM.

**REFERENCIAS**

[1] Hernández Hernández J.L., Luna García F., “Diseño de virtualización en un caso de estudio para fundamentar la virtualización en el SNEST”, Congreso Internacional de Computación C-ICOM México-Colombia, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México, Marzo 2012. pp (384-390) ISBN 978-607-7760-62-7

[2] Bello Saldaña, S, Díaz Aguado, J.A., Martínez Castro, J.M., Martínez Zamudio. M.L., “Aplicabilidad del prototipo de virtualización de la Academia de Informática, en la operación del Programa Institucional de Tutorías del Instituto Tecnológico de Chilpancingo”, Congreso Internacional de Investigación Academia Journals, Instituto Tecnológico de Villahermosa, Villahermosa, Tabasco, México, Mayo 2014. Tomo 5 pp (391-396) ISSN 1946-5351, Vol.6, No.3

[3] Tecnológico Nacional de México, Normateca de la Dirección de Docencia e Innovación Educativa (Tutoría), Octubre 2015, <http://www.tecnm.mx/academica/normateca-de-la-direccion-de-docencia-dp1>

[4] Díaz Aguado, J.A., Luna García F., Martínez Zamudio. M.L., “Aplicabilidad de un prototipo de virtualización académica en procesos de tutorías y de ingreso”, Revista Tlamati, No. Especial 3 C-ICOM 2014 IV Congreso Internacional de Computación C-ICOM México-Colombia, Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, Guerrero, México, Octubre 2014. pp (279-285) ISSN 2007-2066,

[5] Rivas Manzano, R., Ruíz-Corbella, M., “Los valores vinculados a la competencia del trabajo en equipo en entornos virtuales de aprendizaje. Un estudio en la Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)”, Revista Complutense de Educación, Volumen 26, No. 3, Madrid, España, Enero 2015. pp (759-780) ISSN 1130-2496

[6] Molina Alventosa, P., Valencia-Peris, A., Valenciano Valcárcel, J., "Los blogs como entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje en Educación Superior", *Revista Complutense de Educación*, Volumen 26, No. 3, Madrid, España, Enero 2015. pp (15-31) ISSN 1130-2496

[7] America Learning & Media, "Debate: evaluación de tutores virtuales, Febrero 2014, <http://www.americalearningmedia.com/edicion-027/307-tendencias/5021-evaluacion-tutores-virtuales>

[8] Castellanos Sánchez, A., Sánchez Romero, C., "Las competencias profesionales del tutor virtual ante las tecnologías emergentes de la sociedad del conocimiento", *Revista Edutec-e Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, No. 44, España, Junio 2013. pp (01-15) ISSN 1135-9250

[9] Gamboa Villalobos, Y., "La tutoría virtual. Quehaceres para el buen desempeño", *Edu-tec-e Costa Rica* 2013, ISBN 978-996-8969-55-0 [http://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/yaha\\_80.pdf](http://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/yaha_80.pdf)

[10] Cabero Almenara, J., Hernández Ramírez, M., Leal Ríos, F., Padilla Sánchez, G.E., "Un reto para el profesor del futuro: La tutoría virtual", *Universidad de Sevilla*, España 2012, ISBN 978-849-4006-21-0 <http://libros.uaq.edu.mx/omp/index.php/editorialuat/catalog/book/42>



# Ciencias de la Computación

---

# Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

# Monitoreo de temperatura y humedad de invernaderos con Arduino



## Colaboración

Miguel Ángel Barrera Valdés; Lic. Julián Omar Baltazar Hernández; José Rebrindanard Rubalcava López, Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha

**RESUMEN:** El cultivo en invernaderos permite obtener productos de primera calidad y mayor rendimiento en cualquier época del año, a la vez que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles. El incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir en tecnología, mejorando la estructura del invernadero, los sistemas de riego localizado, los sistemas de gestión del clima, etc. Reflejándose mejora en los rendimientos y de la calidad del producto final. Por lo tanto se está enfocando en el monitoreo de la temperatura y la humedad para evitar entre otras cosas el crecimiento de plagas y hongos provocados por la humedad. Se utilizó Arduino para realizar este proyecto, y en futuro se espera poder utilizar Android para manejar el prototipo con un teléfono celular. En esta etapa se envían los resultados vía GSM con las lecturas de temperatura y humedad.

**PALABRAS CLAVE:** Humedad, Temperatura, GSM, Arduino, Monitoreo.

**ABSTRACT:** Greenhouse cultivation can get quality products and better performance in any season, while allowing lengthen the growing season, allowing produce in the most difficult times of the year. The increase in value of products allows the farmer to invest in technology, improve the structure of the greenhouse, drip irrigation systems, systems management climate, etc. Reflecting improved yields and product quality. Therefore it is focusing on monitoring the temperature and humidity to prevent among other things the growth of pests and fungi caused by moisture. Arduino was used for this project, and future hopes to use Android to manage the prototype with a cell phone. At this stage the results are sent via GSM with readings of temperature and humidity.

**KEYWORDS:** Humidity, Temperature, GSM, Arduino, Monitoring.

## INTRODUCCIÓN

Los invernaderos, estructuras con techo y paredes transparentes, han sido diseñados para el cultivo de plantas en condiciones ambientales controladas. El cultivo en invernaderos presenta varias ventajas [1]: Contribuye a mantener un ambiente óptimo para el crecimiento de las plantas y protege a los cultivos de las plagas y de las condiciones exteriores variantes como el exceso de frío o calor, tormentas, tormentas de nieve y sequías.

Los invernaderos se han optimizado para recoger y almacenar la energía solar. Por lo tanto, los invernaderos permiten el crecimiento de las plantas en lugares que, de otra manera, no serían aptos para el cultivo como en ciertos climas con una temporada limitada. A esto, los cultivos en un invernadero se pueden tener todas las épocas del año [2], los invernaderos son cada vez más importantes para el suministro de alimentos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se desarrolló un prototipo para monitorear la temperatura y la humedad y posteriormente se espera tener el control de todos los factores que influyen en el invernadero e incrementar la producción significativamente y obtener mejores productos y cosechas por planta [4].

Se desarrollara el prototipo versión beta con las lecturas de temperatura con el sensor TMP102 y humedad con el sensor HIH4030 ver las siguientes figuras 1 y 2:

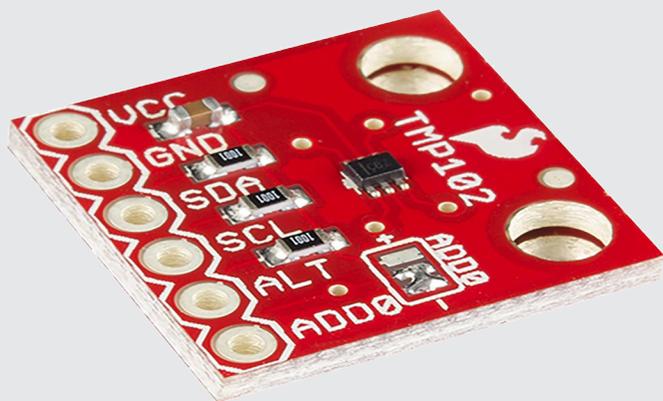


Figura 1. Sensor de Temperatura TMP102

Al prototipo se le están haciendo pruebas en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha en el laboratorio de Telecomunicaciones de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y las pruebas se realizarán en el invernadero de la propia institución, para posteriormente teniendo la versión completa del prototipo se pondrá a prueba en los invernaderos de la región.

También se utilizó un puente H para el control del giro de las llantas del prototipo (ver figura 4), y circuitería, así como llantas y motores, acrílico. Este material usado para su fabricación.

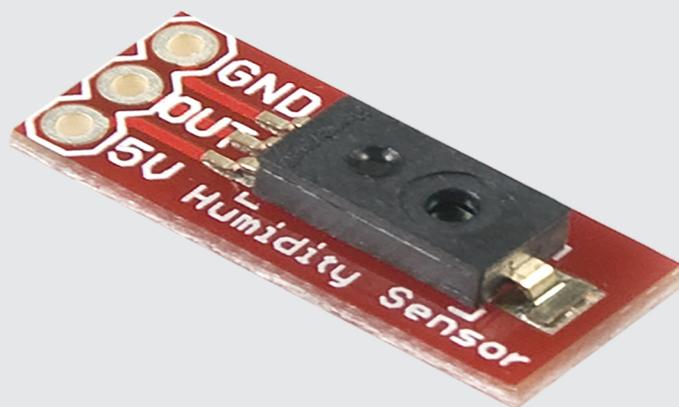


Figura 2. Sensor de Humedad HIH4030

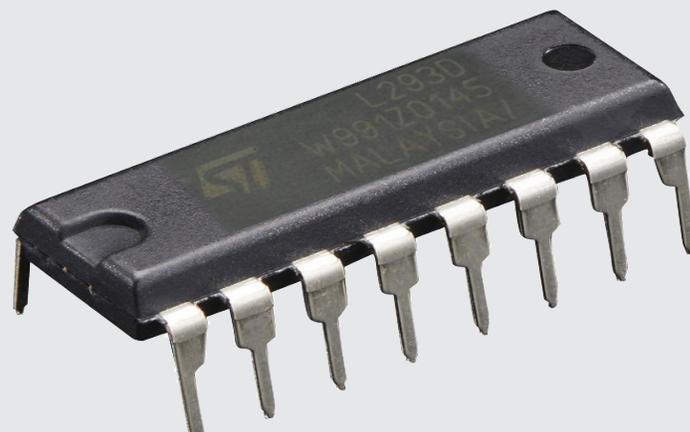


Figura 4. Puente H L239D

Se utilizara Arduino y La tarjeta Arduino GPRS/GSM Shield que incluye todas las piezas necesarias para conectar directamente a Arduino el módulo celular SIM900 para él envío de las lecturas. Ver figura 3:

### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se tiene el prototipo en su versión beta el cual manda los datos recolectados por vía GSM (Mensaje de texto), con algunas desventajas que detectamos, en cuanto al envío de datos es por mensajería y cada mensaje tiene un costo y debe de tener saldo el chip del prototipo para poder regresar las lecturas, así como el consumo de las baterías el cual no duran más de 5 días debido a esto se está trabajando para implementar celdas solares y tener otra manera de enviar los datos, se quiere ver la manera de utilizar Android y Bluetooth. Hasta este momento las lecturas hechas dentro del invernadero son adecuadas comparadas con medidores fijos, pero teniendo un barrido más amplio de las lecturas por lo que le prototipo recorre todas las zonas del invernadero.

A continuación se presentan algunas fotografías del prototipo así como algunos datos importantes [2]: Con la aparición de nuevas normas de transmisión también aparecieron nuevas funcionalidades y por ende áreas de aplicación que han excedido a la simple telefonía [5].

Actualmente en el mundo existe una total penetración de la telefonía móvil, en nuestro país más del 90% cuenta con cobertura GSM, permitiendo de esta forma



Figura 3. Tarjeta SM5100B Cellular Shield

desarrollar aplicaciones con el uso de esta red, que no solo permita comunicación sino desarrollo tecnológico como la automatización.

**El servicio de mensajes cortos SMS**

Permite el envío/recepción de mensajes breves de texto, el tamaño máximo es de 160 caracteres. Al recibir el mensaje además del texto se obtiene una serie de datos como es el remitente, la hora y la fecha de recepción.

**El SMS**

Usa un protocolo sin conexión, cuando se transmiten un mensaje no se produce ninguna conexión directa entre el terminal que envía y el que recibe. En el estándar GSM hay especificados 2 tipos diferentes de SMS.  
 SMS point to point: enviar un texto de un teléfono GSM a otro.  
 SMS Cell broadcast: enviar uno o más mensajes simultáneamente.

En la siguiente figura 7 se ven algunas lecturas tomadas con el prototipo.

Hora del Día	Variables De Instrumentación	Termómetro		Prototipo Robótico	
		Dentro	Fuera	Dentro	Fuera
10:00 am	Temperatura:	27.8oC	29.8oC	27.50oC	29.37oC
	Humedad:	28.19%	31.69%	28.21%	31.21%
11:00 am	Temperatura:	32.8oC	31.8oC	32.31oC	31.62oC
	Humedad:	22.42%	22.42%	25.31%	25.51%
12:00 pm	Temperatura:	30.6oC	32.0oC	30.31oC	32.56oC
	Humedad:	21.78%	21.29%	21.78%	21.28%
01:00 pm	Temperatura:	31.2oC	32.6oC	31.75oC	32.69oC
	Humedad:	24.51%	24.80%	24.78%	24.51%
02:00 pm	Temperatura:	33.8oC	35.6oC	33.25oC	35.50oC
	Humedad:	26.26%	21.27%	23.26%	21.27%

Figura 7. Lecturas tomadas con el prototipo comparadas con medidores fijos

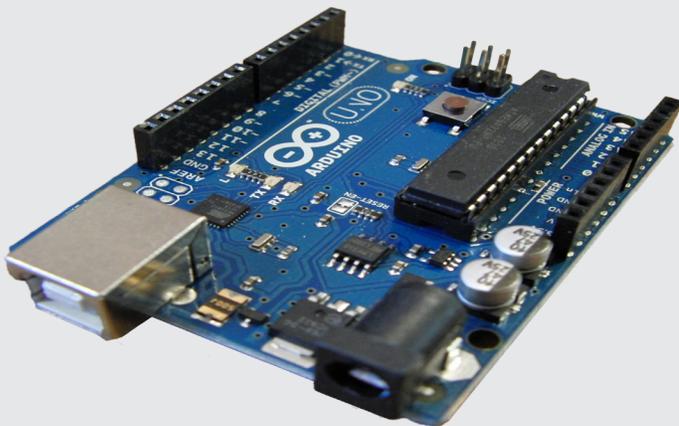


Figura 5. Arduino uno. Utilizado en el prototipo

En la figura 6 se muestra el prototipo versión beta que se armó para medir los parámetros de temperatura y humedad.

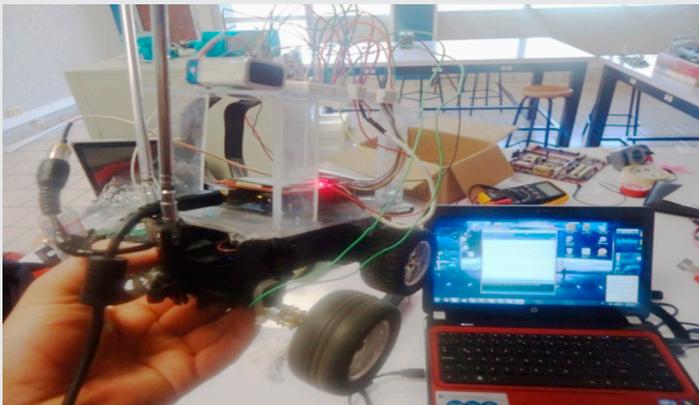


Figura 6. Prototipo para la medición de parámetros

En la figura 8 se muestra el prototipo dentro del invernadero.



Figura 8. Prototipo dentro del invernadero

La programación se hizo en el software Arduino y el lenguaje utilizado es C++.

REFERENCIAS

[1] Irene Sendiña Nadal, Vicente Pérez Muñuzuri, "Fundamentos de Meteorología"

[2] J. Houghton Física de la atmósfera, Cambridge University Press, 2002, ISBN 0-521-80456-6.

[3] Artículo "Invernadero". Disponible en "www.ur-bipedia.org". Consultado 23 de octubre del 2012.

[4] Artículo Principales tipos de invernaderos. Disponible en "www.infoagro.com". Consultado 24 de octubre del 2012.

[5] Artículo "Cultivar en un invernadero". Disponible en plantas.facilísimo.com". Consultado 1 de noviembre del 2012.



# Ciencias de la Computación

---

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

# Implementación de una plataforma para monitoreo de estudiantes y gestión de contenidos en nivel básico y medio superior basado en tecnologías e-learning.

**RESUMEN:** La relación que existe entre el estudiante y profesor hoy en día se aplica de manera directa, es decir, el profesor va creando el conocimiento con el estudiante, en este software se ofrecen herramientas para establecer el aprendizaje tales como visual, practica y auditiva.

La aplicación se encuentra dividida en 2 secciones las cuales están dirigidas al docente y al estudiante. Dentro del apartado del docente se encuentra la teoría y la opción de insertar nuevos ejercicios para los estudiantes, ya que el docente selecciona las actividades que el estudiante debe resolver para reforzar el aprendizaje.

Learning of the hand, mejora la atención del alumno hacia la adquisición del nuevo conocimiento, y a su vez es una herramienta que facilita al profesor impartir una clase más dinámica que fomente mayor interés a los estudiantes.

**Palabras clave:** Interfaz, JFrame, NetBeans, Software, Gestor, GUI, API.



## Colaboración

Víctor Manuel Mendoza León; Mario Meza Infante; Maribel García de la Rosa; Jorge Alejandro Duran Ortega; Josué Vicente Cervantes Bazán, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca

**ABSTRACT:** It is educational software that provides teachers and students with the tools to create awareness of how interrelational.

Through a JFrame NetBeans platform which guides users to information through redirecting arrow buttons interfaces is created, which will contain an a menu of materials according to the educational level to select, resulting in the information required by the user. Manipulating it to suit your needs.

By interacting with the information we can find divided into 2 sections. Each section is dedicated to the teacher and the student.

Under the heading of teaching theory, which the aforementioned handle to interact with students was found. While in the student section can be made relevant to the issues discussed activities.

## INTRODUCCIÓN

La evolución de la educación en México se refiere a los diferentes procesos educativos que se han dado a lo largo de su historia, los cuales dependieron de las necesidades de la sociedad, además de las herramientas y avances que se tenían en cada contexto.

Hay que recalcar que no se puede hablar de sistemas educativos a lo largo de la historia, sino de intentos para instruir a la población.

De entre 34 naciones evaluadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), publico en la página electrónica reportemex.mx, México en el 2013 ocupó el último lugar en los rubros examinados: matemáticas, lectura y ciencia.

De acuerdo con los resultados lanzados el mismo año el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés), si México sigue con este pobre desempeño, tardaría hasta 65 años en

alcanzar el promedio en la calidad de lectura del resto de las naciones examinadas.

Pero con el pasar de los años la república Mexicana ha evolucionado tanto educativa como tecnológicamente, haciendo una fusión entre estos dos grandes conceptos muy importantes para el crecimiento de una nación. Es por ello que para crear, mantener y superar nuestra propia educación es necesario apoyarse y tener más sustentos educativos para un México mejor.

A través de los planes y programas incorporados por la SEP (Secretaría de Educación Pública), se han desglosado temarios transversalmente en ciertas áreas para los niveles ya mencionados. Dichos temarios tienen un contenido que va desde el primer año de secundaria hasta el último de nivel medio superior.

Learning of the hand es un software educativo informático con diversas interacciones que facilitan la comprensión de los docentes y alumnos en la escuela, abarcando niveles educativos como lo son: nivel básico y nivel medio superior. Como su nombre lo cita; Learning of the hand (Aprendiendo de la mano), consta de una aplicación lógica y relación recíproca con el usuario haciendo de este una herramienta para el uso y ejecución de acciones monitoreadas por el profesor dentro del aula.

La finalidad del proyecto consiste en dar una aplicación lógica a profesores y alumnos para mejorar la educación y aprendizaje a través de la visualización y relación con el software. El proyecto permite una interacción a modo de diálogo con el usuario.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Como herramienta fundamental para el desarrollo del software se utilizó NetBeansIDE 8.0.1 (Imagen 1), en el cual se utilizaron algunas de sus características como JFrames y JButton.

NetBeans es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. Existe además un número importante de módulos para extenderlo. NetBeans IDE2 es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso.

La plataforma NetBeans permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos. Un módulo es un archivo Java que contiene clases de java escritas para interactuar con las APIs de NetBeans y un archivo especial (manifest file) que lo identifica como módulo. Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas agregándole nuevos módulos. Debido a que los módulos pueden ser desarrollados independientemente, las aplicaciones basadas en la plataforma NetBeans pueden ser extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software



Imagen 1. Inicio de NetBeans

Se crearon diferentes JFrames los cuales nos sirvieron para ir moldeando la interfaz de acuerdo a nuestras necesidades y dentro del mismo se agregó un JButton de inicio (Imagen 2).

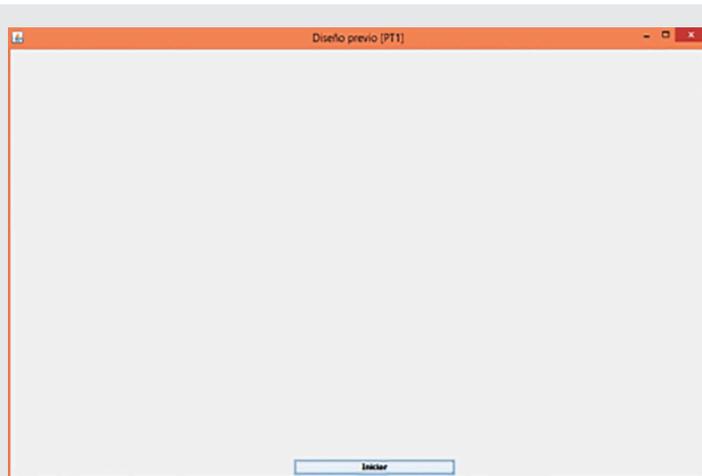


Imagen 2. JFrame con JButton de inicio.

En este apartado visualizamos el código utilizado en la mayoría de las interfaces graficas que se manejaron. (Imagen 3).



Imagen 3. El código del JFrame

EL login fue creado para condicionar la entrada al programa, cuenta con dos usuarios los cuales se muestran más adelante (imagen 4) y se añadió un fondo de acuerdo al software.

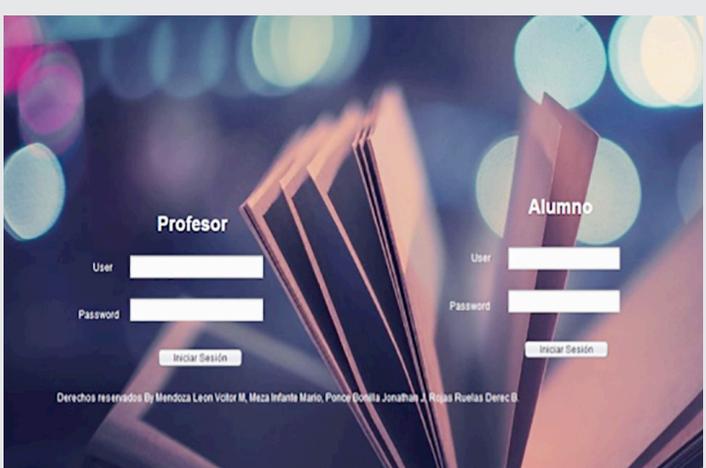


Imagen 4. Login con usuarios distintos y fondo de acuerdo al software

Ingresando al software se muestran dos opciones para seleccionar el nivel educativo en que se está impartiendo curso (imagen 5), este re direccionara al usuario a los distintos grados (imagen 6).

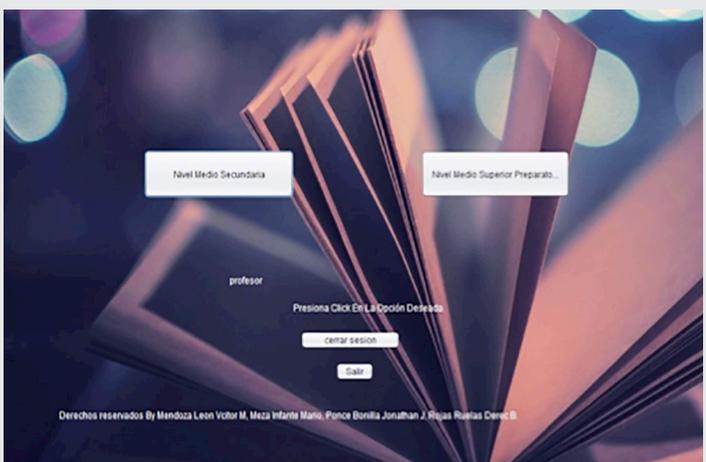


Imagen 5. Login para selección de nivel educativo

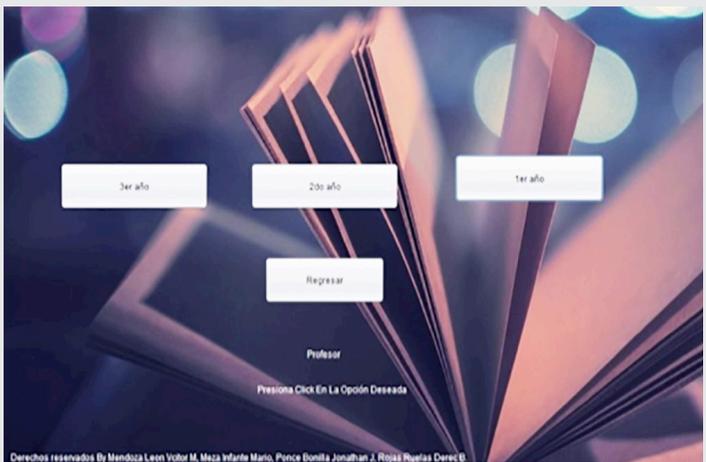


Imagen 6. Login para seleccionar el grado

Para el desarrollo de la aplicación es necesario contar con 50 equipos de cómputo máximo, incluyendo el del profesor.

Contar con un Sistema Operativo Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 y Windows 10.

Determinando la situación actualidad de la educación en México, se puede decretar que hay bastantes problemáticas en el gestor de aprendizaje en nuestros jóvenes estudiantes de hoy en día. Ellos se ven envueltos en distintas problemáticas que les incomodan una buena enseñanza en el ámbito educativo.

¿Cuáles son algunos de estos problemas?

Hablando práctica y específicamente en el ámbito tecnológico, podemos expresar que los alumnos se ven envueltos en:

- Pocos equipos tecnológicos para uso de todos los estudiantes de un aula.
- Falta de un aparato inteligente en casa, así como la carencia de internet.

Basándonos en el censo realizado en abril de 2014, México cuenta con 25 millones de alumnos. Hoy en pleno año 2015 con un enorme campo educativo, dentro de 1 aula en donde se encuentran aproximadamente 36 y 37 estudiantes, 15 de ellos son capaces de manejar casi sin problemas un aparato electrónico, ya sea un Smartphone, Tablet, computadora, etc. (Fig.1)



Fig. 1 Grupo 1

Esto nos da un promedio general dentro de la república Mexicana, la cual cuenta con más de 25 millones de alumnos, da un promedio de 60% de estudiantes sin conocimientos específicos y/o empíricos para manejar adecuadamente un aparato electrónico. (Tabla 1)

Tabla 1 Promedio general dentro de la república.

Estudiantes	Porcentaje	No tienen conocimientos específicos
25 millones de alumnos	100% de estudiantes	60% de estudiantes

La población de 1200 estudiantes el 70% representa nivel básico y 30 % el medio superior se obtuvo los siguientes porcentajes los cuales representa una pequeña muestra del 100% en el Municipio de Ixtapaluca (Fig.2).

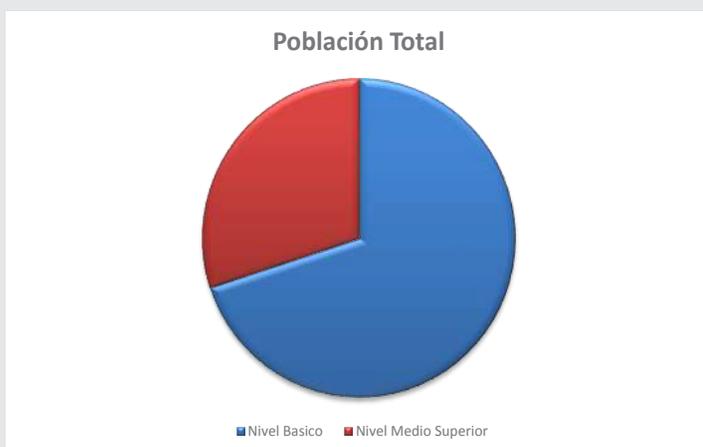


Fig. 2 Población Total

En el municipio de Ixtapaluca existen 105 escuelas secundarias, 31 Escuelas en Bachillerato. El municipio tiene 467,361 habitantes, la población en edad de estudiar de 6 a 24 años es de 178,612 habitantes, lo que representa el 38% de los habitantes de municipio. El grupo de población de 6 a 11 años tiene un índice de no escolarización del 2%, lo que muestra que la mayoría de los niños de ese grupo de edad asisten a la escuela. Para el grupo de 12 a 14 años, el índice de no escolarización es de 5%. En cuanto el grupo de 15 a 17 años el índice se incrementa alarmantemente con un 27%. Finalmente, para el grupo de población de 18 a 24 años, el índice de no escolarización muestra un porcentaje del 72%. (Tabla 2).

Tabla 2 Índices de no escolarización

Estudiantes	6 a 11 años	12 a 14 años	15 a 17 años	18 a 24 años
178,612	2%	5%	27%	72%

Otro de los puntos importantes para definir el mercado potencial es el hecho de que la población estudiantil de nivel básico y medio superior ya no tienen el hábito de consultar los libros, si no que por el contrario la mayoría busca sus trabajos escolares en las famosas tecnologías de la información y comunicación (TIC'S). Tal como lo muestra la (Tabla 3)

Tabla 3 ¿Obtienes información de los libros o internet?

Total de alumnos	1200
Libros	100
Internet	1200

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De esta manera se logró una experiencia inigualable y a la misma vez satisfactoria el crear e implementar un soporte educativo con el cual puede ayudar a la educación en nuestro país y así enriquecer a los docentes como alumnos a una mejor preparación académica en nuestro México.

Los objetivos específicos se cumplen, ya que se logró generar una aplicación lógica que refuerce el entendimiento del alumno con las características ya mencionadas.

Para la educación de un pueblo es necesario, mayor interés de todo el gobierno, maestros, directores y padres de familia, además de mejorar en cultura de información.

## REFERENCIAS

### Libro

[1] Cuarta edición C/C+ como programar y Java () Harvey M. Deitel & Paul J. Deitel Deitel & Associates, Inc.

[2] Integración de áreas e interdisciplina. (1996). Referencias pedagógicas (2ª ed.). Buenos Aires, Álvarez, Silvia.

[3] Aprendiendo Java y POO (2008) Gustavo Guillermo Pérez Autoedición.

[4] Curso de Java Julio Cesar López Dávila Desde cero 3ctm training & consulting. Fuentes electrónicas.

[5] <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2013/11/27/inegi-64-2-de-hogares-en-mexico-no-tiene-computadora-y-69-3-no-tiene-conexion-a-internet-5153.html>.

# Diseño y construcción de un sistema de telecontrol usando radiofrecuencia



## Colaboración

Francisco Ramos Guzmán; Luis Antonio Ponce Mora, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio

**RESUMEN:** En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de telecontrol inalámbrico para cargas eléctricas basado en la plataforma ARDUINO y en los módulos de radiofrecuencia XY-FST y XY-MK-5V a 433 MHz. El sistema está constituido por un bloque emisor que contiene una interfaz de usuario en la que se visualiza el estatus de las cargas a controlar así también permite introducir las instrucciones para su encendido o apagado; un bloque receptor que incluye una etapa de potencia en función de las cargas eléctricas a controlar. Se obtuvo como resultado el control de encendido y apagado de cuatro cargas a una distancia de 45 metros con obstáculos de hasta tres paredes de concreto y 100 metros sin obstáculos.

**PALABRAS CLAVE:** Arduino, Cargas eléctricas, Emisor, Inalámbrico, Radiofrecuencia, Receptor, Telecontrol.

**ABSTRACT:** In this project, it's presented the development of a wireless remote control for electric charges based on the Arduino platform and modules XY- FST and XY- MK- 5V radio frequency 433 MHz. The system consists of an emitter block containing a user interface in which the status displays charges the control allows you to enter instructions to turn off or on the device; a receiver block including a power amplifier according to the electrical charges to be controlled. Power control was obtained as a result of four charges at a distance of 45 meters with obstacles up to three concrete walls and 100 meters without obstacles.

**KEYWORDS:** Arduino, electric charges, Emitter, Wireless, Radiofrequency, Receiver, Remote Control.

## INTRODUCCIÓN.

Con el desarrollo de dispositivos inteligentes, la conectividad alámbrica transita a la inalámbrica, y el modo de control remoto de las cargas eléctricas tiende a diversificarse [10]. Por su parte la domótica ha permitido que las técnicas provenientes de la automática industrial se apliquen al hogar con el objetivo de ofrecer servicios que aporten, entre otras cosas, confort, seguridad y eficiencia energética a los usuarios [3]; presentando la característica de ser vista como un lujo por su elevado costo de implementación [4].

Bajo este contexto, y considerando que los dispositivos inalámbricos más comunes para controlar cargas eléctricas se basan en infrarrojos y bluetooth, los cuales presentan la limitante de la distancia de interacción, que en promedio es de 10 y 20 metros respectivamente, se ha vislumbrado la necesidad de desarrollar un sistema de mando a distancia de mayor alcance, bajo costo, y que contribuya a incrementar las formas de interacción del usuario con los aparatos eléctricos.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de control inalámbrico cuyo objetivo es controlar de manera remota el encendido y apagado de lámparas energizadas con 127 volts a una distancia de por lo menos 45 metros, utilizando para ello dos tarjetas de desarrollo ARDUINO UNO y los módulos de radiofrecuencia XY-FST y XY-MK-5V como herramientas principales. Se eligió Arduino por ser una plataforma de hardware libre, además simplifica el proceso de trabajar con microcontroladores.

El artículo está organizado de la siguiente manera: con base en un estado del arte sobre la aplicación de la radiofrecuencia en el desarrollo de sistemas de telecontrol, se describen los materiales y métodos utilizados, mostrando los diagramas esquemáticos diseñados y las placas de circuito impreso construido; finalmente se presentan los resultados obtenidos con las respectivas conclusiones.

### Estado del arte.

En [6] el telecontrol se define como el mando ejercido a distancia de un aparato o sistema. Utiliza medios guiados o no guiados para establecer la comunicación entre el dispositivo emisor y el receptor; dentro de los medios inalámbricos se encuentra la radiofrecuencia, la cual se ha introducido como soporte de transmisión de una instalación domótica para que sus elementos intercambien información [1]; aunque resulta sensible a perturbaciones electromagnéticas, representa la posibilidad de incrementar la distancia de interacción con las cargas respecto a otras tecnologías como el Bluetooth y el infrarrojo.

En la literatura se ha reportado el desarrollo de sistemas de mando a distancia que utilizan diferentes herramientas tecnológicas. En este sentido, en [3] se plantea que es posible gobernar cualquier dispositivo que utilice control por infrarrojos a través de una red domótica inalámbrica empleando el protocolo Zigbee como tecnología de transmisión. Zigbee también es empleado en [10] para formar una red de control de los aparatos domésticos dentro de una casa utilizando la red GSM y el Internet, realizando el enlace de control a través de los módulos de radiofrecuencia XBee.

Una herramienta para desarrollar aplicaciones de control a distancia, cuyo uso se ha popularizado por su versatilidad y bajo costo es la plataforma de desarrollo Arduino; con una tarjeta de desarrollo Arduino es posible enviar instrucciones a un aparato usando señales de radiofrecuencia a través del espacio radioléctrico [2]; otra aplicación se aprecia en la gestión de una bombilla LED de manera remota para prenderla y apagarla empleando una placa Arduino bajo el concepto de internet de los objetos, enfocado a la domótica [11].

En [8] se reporta un sistema de monitoreo a control remoto de un vehículo, donde la comunicación entre éste y el centro de control se logra a través de Bluetooth y una red WLAN, se usa el microcontrolador Arduino Uno R3, para interpretar las señales de control de acuerdo con el

código cargado en él y emite la acción correspondiente para controlar el movimiento del vehículo; este sistema presenta una modificación en [5] donde se introduce un sistema de marcación por tonos DTMF para enviar las señales de control y ser recibidas por un receptor de FM.

El empleo de radiofrecuencia no solo se limita a instalaciones domóticas, ejemplo de ello se encuentra en el control de tarjetas de radiofrecuencia empleadas en autos de radiocontrol demostrando el procesamiento de la señal de control a través de un microcontrolador y una etapa de potencia diseñada a la medida de los requerimientos del sistema [9]; mientras que en [7] se utiliza radiofrecuencia para gobernar el funcionamiento de un robot destinado a realizar funciones bélicas en el campo de batalla con la intención de sustituir a soldados humanos.

De acuerdo a lo anterior, la radiofrecuencia ha tomado un auge como medio de transmisión en sistemas de control inalámbrico, y el surgimiento de nuevas herramientas tecnológicas hace posible desarrollar diferentes sistemas para diversificar el modo de control de cargas eléctricas.

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### Material de estudio.

Se utilizaron como materiales principales los módulos de radiofrecuencia XY-FST y XY-MK-5V a 433 MHz, el microcontrolador Atmega 328 programado con una tarjeta de desarrollo ARDUINO UNO y una tarjeta de desarrollo ARDUINO MINI, el software EAGLE 7.2.0 Professional, una pantalla de cristal líquido 2x16, optoacopladores y triacs. El trabajo se desarrolló en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Electrónica del ITSAO, ubicado en el kilómetro 5.5 de la carretera Acatlán-San Juan Ixcaquixtla, Unidad Tecnológica, Acatlán de Osorio Puebla.

#### Diseño del sistema.

Se inició con la determinación de las especificaciones de funcionamiento, de esta manera el sistema requerido debe ser capaz de enviar instrucciones de control para encender o apagar cargas eléctricas que operen con 127 volts, tales como aparatos electrodomésticos o luminarias a una distancia de por lo menos 45 metros de manera inalámbrica. En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques del sistema propuesto, donde se observa que el emisor contiene un microcontrolador Atmega 328, una interfaz de usuario y un módulo de radiofrecuencia emisor; por su parte el receptor contiene otro microcontrolador Atmega 328, un módulo de radiofrecuencia receptor y la interfaz para conectar las cargas eléctricas.

**Entorno de desarrollo.**

Haciendo uso del entorno de programación de ARDUINO se desarrolló el código para establecer las condiciones de operación del sistema y se transfirió a las tarjetas correspondientes empleando un cable USB.

Después de haber cargado el programa se realizaron las pruebas de funcionamiento necesarias para observar si cumplían con los requerimientos de diseño, al obtener resultados satisfactorios se realizó el montaje de los bloques emisor y receptor en las placas de circuito impreso y fueron colocadas en los gabinetes; en la figura 4 se muestra el bloque emisor mostrando la interfaz de usuario, a través de la cual se introducen las instrucciones de control y es posible observar si las cargas están encendidas o apagadas.



Figura 4. Bloque emisor con la interfaz de usuario. Creación propia.

En la figura 5 se muestra el bloque receptor, el cual contiene cuatro salidas disponibles por medio de una etapa de potencia basada en cuatro optoacopladores MOC3011 y cuatro triacs BTA600 para conectar cualquier carga que se energice con 127 V.

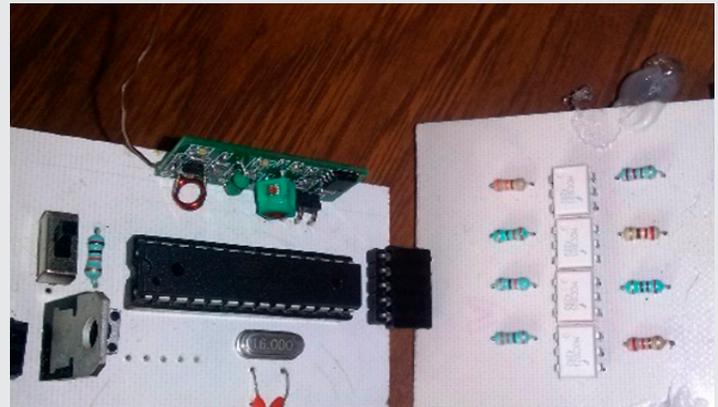


Figura 5. Bloque receptor que incluye la etapa de potencia. Creación propia.

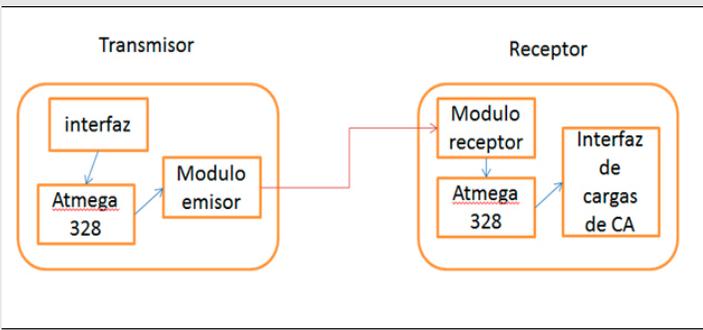


Figura 1. Arquitectura general para el sistema de control inalámbrico diseñado. Creación propia.

Utilizando el software EAGLE 7.2.0 Professional se desarrollaron los elementos que conforman el sistema. En la figura 2 se muestra el diagrama esquemático del bloque emisor, que contiene una tarjeta ARDUINO UNO, una pantalla LCD y un módulo de RF emisor.

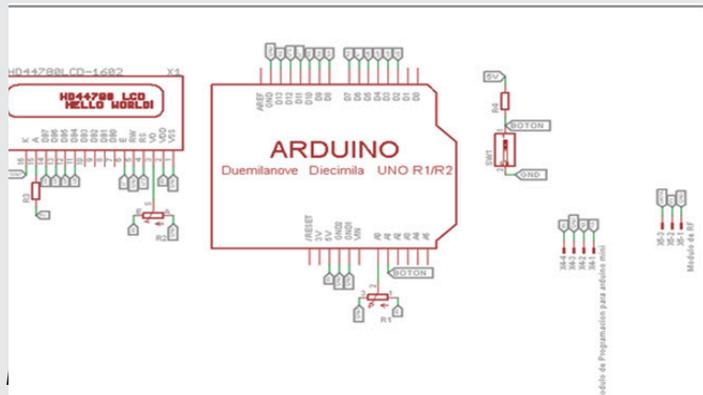


Figura 2. Diagrama esquemático del bloque emisor.

Por su parte, el bloque receptor fue diseñado, considerando un módulo de radiofrecuencia receptor y el microcontrolador ATMEGA 328, el cual es programado en el entorno de desarrollo ARDUINO. En la figura 3 se muestra el diagrama esquemático correspondiente.

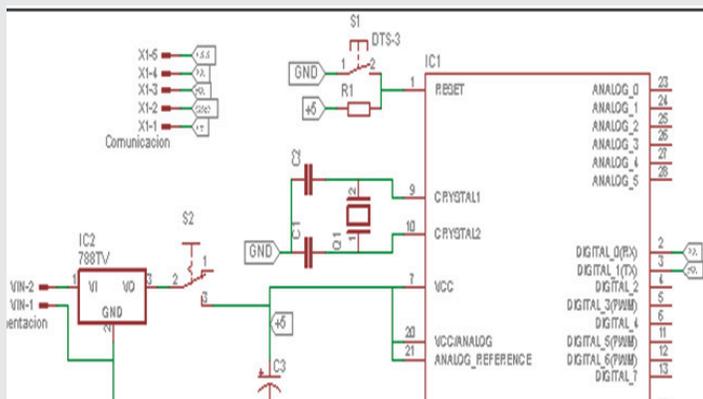


Figura 3. Diagrama esquemático del módulo receptor.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El sistema desarrollado presenta un bloque emisor donde se observa el estado actual de las cargas a través de una pantalla de cristal líquido, en ella puede leerse el número de carga y su estado actual, es decir si está encendida o apagada, de esta manera, el usuario tiene el control en tiempo real del encendido y apagado de las cargas, además de conocer en que estatus se encuentran.

El bloque receptor contiene cuatro salidas disponibles para conectar cualquier carga que se energice con 127 V y que el usuario necesite controlar.

La distancia promedio para controlar el encendido y apagado de las cargas eléctricas fue de 100 metros sin obstáculos y 45 metros cuando la señal transitaba por paredes construidas en base a concreto y tabique; esta situación representa una mayor comodidad para el usuario si se compara con otras tecnologías como el infrarrojo y el bluetooth, cuya distancia oscila entre 10 y 20 metros.

Con este trabajo se contribuye al desarrollo de aplicaciones con la plataforma ARDUINO UNO y módulos de radiofrecuencia a 433MHz, para establecer un sistema de comunicación inalámbrica, el cual, en este caso es utilizado para enviar instrucciones de control, pero representa la base para utilizarlo en otras aplicaciones.

## REFERENCIAS.

### Libros

[1] Romero Morales Cristóbal, Vázquez Serrano Francisco, De Castro Lozano Carlos. (2007). *Domótica e inmótica, viviendas y edificios inteligentes*, 2ª Edición. Alfaomega Ra-Ma. México.

[2] Torrente O. (2013). *Arduino, curso práctico de formación*, Alfaomega, México.

### Artículos de Revistas Científicas

[3] Asencio, G., Maestre, J., Escañó, J., Macareno, C., Molina, M., Camacho, E. (2011). *Interoperabilidad en Sistemas Domóticos Mediante Pasarela Infrarrojos-ZigBee*. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial* 8, 397-404.

[4] Barrera, M., Londoño, N., Carvajal, J., Fonseca, A. (2012). *Análisis y diseño de un prototipo de sistema domótica de bajo costo*. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad Antioquia* N.º 63 pp. 117-128.

[5] Nathan, D., Chima, D., Chineze, B., Onome, J., Ayodeji, O. (2014). *Design and Construction of a Wireless Remotely Controlled Video Capturing Vehicle II*. *Scholars Journal of Engineering and Technology (SJET)*. 2(2A):142-151.

Fuentes electrónicas.

[6] *Diccionario de la lengua Española* (2014). *Vigesimotercera edición*. Consultado el 21 de Noviembre de 2015, web: <http://dle.rae.es/?i=d=ZLX5yDd>.

[7] Naskar, S., Das, S., Seth, A., Nath, A. (2011). *Application of Radio Frequency Controlled Intelligent Military Robot in Defense*. Consultado el 21 de noviembre de 2015, *IEEE Xplore Digital Library*, página web: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5966476&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D5966476](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5966476&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5966476).

[8] Nathan, D., Umunnakwe, A., Odiaka, C., Okoye, I. (2015). *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 6, Issue 11, página web: [http://www.researchgate.net/publication/283998739\\_Design\\_and\\_Construction\\_of\\_An\\_Arduino\\_based\\_Wireless\\_Remote\\_Controlled\\_Video\\_Capturing\\_Vehicle](http://www.researchgate.net/publication/283998739_Design_and_Construction_of_An_Arduino_based_Wireless_Remote_Controlled_Video_Capturing_Vehicle).

[9] Rodríguez M., Molina C. (2007) *Automatización de Tarjetas Electrónicas de Radiofrecuencia Empleadas en Autos de Radio Control Nikko*, *Conciencia Tecnológica* julio-diciembre, consultado el 28 de junio de 2014, página web: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94403423> > ISSN 1405-5597.

[10] Tengfei, Z., Qinxiao, L., Fumin, M. (2013). *Remote control system of smart appliances based on wireless sensor network*. Consultado el 20 de Noviembre de 2015, *IEEE Xplore Digital Library*, página web: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6561592&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D6561592](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6561592&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6561592)

[11] Vega E., Adriana Marcela; Santamaría P., Francisco; Rivas T., Edwin. *Internet de los objetos empleando arduino para la gestión eléctrica domiciliaria*. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, núm. 77, julio-diciembre, 2014, pp. 24-41. Universidad EAN. Bogotá, Colombia, consultado el 30 de septiembre de 2014, página web: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20633274004>.

# Comunidad virtual de aprendizaje: un enfoque para el fortalecimiento académico

**RESUMEN** Los cambios tecnológicos, así como los métodos y los recursos disponibles para el proceso de enseñanza-aprendizaje son tomados para alcanzar el éxito, cumpliendo con las metas establecidas tanto por los profesores como por los estudiantes, provocando la aparición de nuevos conceptos dentro del campo educativo como son las Comunidades Virtuales de Aprendizaje (CVA).

La importancia del proyecto se origina de la incertidumbre e inquietud que se encontró en el estado de Tabasco en detonar el desarrollo académico, cultural, investigación y de capacitación al personal administrativo, docente y comunidad estudiantil, debido que no existe un aprovechamiento integral en el desarrollo productivo de proyectos académicos, investigación y cursos-talleres de capacitación.

Se realizó una investigación descriptiva con el propósito de detallar los objetos de estudios como docentes, administrativos, estudiantes y jefe departamentales de las carreras a través de una investigación de campo obteniendo información relacionado al impacto que tendría la Comunidad Virtual de Aprendizaje (CVA) en las actividades académicas, de investigación y eventos culturales que llevan a cabo cada uno de los Instituto Tecnológicos.

Los resultados de esta investigación se obtuvieron como productos, el estudio de factibilidad para implementarlo, de igual manera se alcanzó el modelo arquitectónico de sistemas que se requiere para implementar el CVA.

## **PALABRAS CLAVES**

*Comunidad Virtual de Aprendizaje, Fortalecimiento Académico, Red de Trabajo, Aprendizaje.*



## **Colaboración**

Roberto Custodio Martínez; Ana Lilia Sosa López; Miguel Alberto López Guzmán, Instituto Tecnológico Superior de Centla

**ABSTRACT** Technological changes, as well as methods and resources for the teaching-learning process are taken to achieve success, meeting the goals set by both the teachers and the students, causing the appearance of new concepts within the educational field such as Virtual Learning Communities (CVA).

The project's importance stems from the uncertainty and anxiety that was found in the state of Tabasco to detonate the academic, cultural, research and training of administrative staff, faculty and student community development because there is no use in developing comprehensive production of academic projects, research and training courses and workshops.

A descriptive study was conducted with the purpose of detailing the objects of study as teachers, administrators, students and department head of racing through a field investigation to obtain information related to the impact that the Virtual Learning Community (CVA) in the academic, research and cultural events that take place each of the Technological Institute. The results of this research were obtained as products, the feasibility study to implement, just as the architectural model systems required to implement the CVA was reached.

**KEW WORDS:** *Virtual Learning Community, Strengthening Academic, Work Network, Learning.*

## **INTRODUCCIÓN**

Debido a la creciente innovación tecnológica que se presenta día a día y con la oportunidad de aprovecharlas en un cien por ciento, este proyecto se origina de la incertidumbre e inquietud que se vive en el estado de Tabasco en detonar el desarrollo académico, cultural, de investiga-

ción y de capacitación al personal administrativo, docente y comunidad estudiantil, debido a que no existe un aprovechamiento integral en el desarrollo productivo de proyectos académicos en los diferentes Institutos Tecnológicos de nuestro estado, esta problemática se descubre a través de la experiencia propia como docente-investigador ya que al momento de intercambiar ideas y proyectos con los demás institutos tecnológicos descentralizados en el estado de Tabasco se percató que la mayoría de los proyectos de investigación son similares e iguales, la idea original es trabajar de manera integral, para el bienestar de la comunidad social.

Otras de las problemáticas que se debe a atacar es la parte académica, actualmente el estado de Tabasco adolece de la parte académica, según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2010) realizó la medición del rezago educativo, a nivel nacional y por entidad federativa, con base en los censos de población y vivienda 1990, 2000 y 2010. De acuerdo a los resultados emitidos por CONEVAL señala que Tabasco ocupa por historia el lugar Núm. 22 de 32 entidades, tomando en cuenta los porcentajes del rezago educativo de la población de 6 a 15 años de edad. Argumentando la problemática académica del estado de Tabasco CONEVAL dentro de sus estadísticas menciona que Tabasco en la década de los 80 estuvo rezagado académicamente en el lugar 27, históricamente la entidad ha sufrido mucho en esta parte.

Es por eso la relevancia de desarrollar una Comunidad Virtual de Aprendizaje a través de una Aplicación Web que permita ofrecer asesorías en línea de materias específicas y en tiempo real por medio de un video/chat para facilitar la comprensión de los estudiantes sobre las dudas que se le presenten en su formación profesional. Así mismo, los profesores de los diferentes Institutos Tecnológicos, podrán interactuar con el resto de la plantilla docente que conformaran la Comunidad Virtual de Aprendizaje, entre otras cosas, para intercambiar métodos y técnicas de enseñanza, colaborar en proyectos de investigación entre otras actividades, los cuales los estudiantes se vean beneficiados, siendo este nuestro principal objetivo.

En el estado de Tabasco falta trabajar en proyectos integrales en donde las universidades del estado trabajen para el beneficio de Tabasco.

## **MATERIAL Y METODOLOGÍA.**

Este trabajo propone el implementar un espacio a través del cual se lleven a cabo las actividades académicas, proyectos de trabajo, capacitación, talleres y eventos que organizan cada una de las instituciones educativas de los Institutos Tecnológicos Descentralizados del Estado de Tabasco con el fin de integrarlos y trabajar en el mismo fin académico. De tal forma que su uso permite a los participantes de la comunidad virtual de aprendizaje retroalimentar las actividades de manera rápida y sencilla.

## **Tecnología Web y Bases de Datos**

Para el desarrollo del proyecto Comunidad Virtual de Aprendizaje se utilizaron las siguientes herramientas:

Lenguajes de Programación Web como PHP; con ella se realizó la aplicación web en donde se administrará y controlaran los servicios que presenta la Comunidad Virtual de Aprendizaje. Se pretende que los estudiantes, profesores y administrativos puedan acceder a los foros, cursos, talleres y asesorías a través de la aplicación.

La Tecnología AJAX se utilizó para la programación del lado del Cliente de la Aplicación web, con el objetivo de lograr las validaciones y transferencia de información al servidor de base de datos por medio de consultas SQL, utilizando el lenguaje Javascript y XML dentro del mismo entorno (Aplicación Web).

Como Sistema Gestor de Base de Datos se utilizó MySQL, tomando en cuenta que es una herramienta robusta, que ayuda en el almacenamiento de los datos de los participantes de la Comunidad Virtual de Aprendizaje, de igual manera para el control y administración de los foros, asesorías, cursos, talleres, etc.

## **Recopilación y Análisis de la Información**

Para el desarrollo del proyecto se realizó una investigación de campo para generar un análisis y un estudio de factibilidad para la realización del Proyecto CVA, se llevaron a cabo encuestas donde se evaluó el conocimiento que tienen los actores (estudiantes, docentes, administrativos, instituciones) que participaran en la CVA referente a la importancia de pertenecer una comunidad virtual.

Los resultados obtenidos de la recopilación de la información fueron los siguientes:

Los profesores de los Tecnológicos, podrán interactuar con el resto de la plantilla de docentes que conformara la CVA, para intercambiar métodos y técnicas de enseñanza, con los cuales los estudiantes se vean beneficiados, la encuesta señala que el 88% de los catedráticos están de acuerdo en pertenecer a una Comunidad Virtual de Aprendizaje y mientras el 12% de los catedráticos no saben nada de lo que es una comunidad virtual, pero se ofrecerán capacitación o cursos para que así se integren al proyecto CVA.

Se impartirán foros de discusión sobre temas relevantes, que tanto profesor y estudiante consideren necesarios ampliar los conocimientos, ideas y opiniones del resto de los participantes. Por parte de los docentes el 90% le gusta la idea y si le gustaría impartir asesorías en línea, dando a conocer otra forma de conocimiento. En la recopilación de la información señalan los profesores que la CVA tenga seguridad, rápido acceso, para garantizar la confiabilidad e integridad de la información de los integrantes de la Comunidad.

En la plataforma educativa, podrán los estudiantes adelantar alguna materia o llevarla nuevamente debido a que no la aprobó en el ciclo anterior, tendrá la opción de cursarla en cualquier Tecnológico perteneciente a la CVA, para

así, poder concluir de manera anticipada o en tiempo y forma sus estudios a nivel superior de modo satisfactorio. El 95% de los estudiantes si se inscribirían a la Comunidad Virtual de Aprendizaje.

Los jefes de carreras y maestros de extraescolares están de acuerdos que se realice la CVA, para poder promocionar las carreras de los Tecnológicos, subir las calificaciones de los alumnos y publicar sus calendarios de eventos, así como los deportes que se practica en cada plantel, y así poder hacer competencias con los otros Institutos.

### Arquitectura de la CVA

A través de este diagrama podemos darnos cuenta como estará distribuido la comunidad virtual de aprendizaje, ver figura 1.

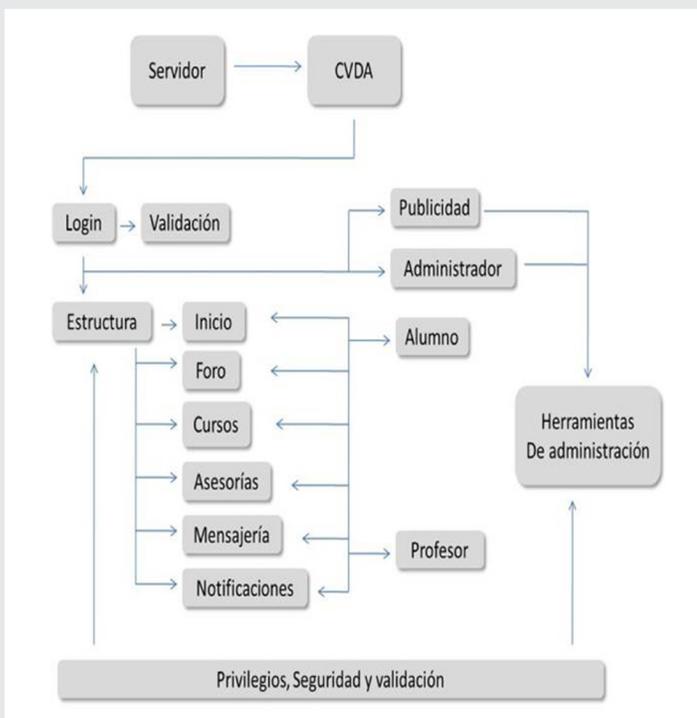


Fig. 1. Diagrama de Navegación del CVA

En la Etapa del Análisis se trabajó en la Descripción de los Requisitos obteniendo el siguiente resultado del análisis. En el Diagrama se presentan los Tecnológicos Descentralizados que participaran en el uso del CVA ver figura 2.

- Los Tecnológicos involucrados en el son:
- Instituto Tecnológico Superior de Centla (ITSCe)
- Instituto Tecnológico Superior de Macuspana (ITSM)
- Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco (ITSC)
- Instituto Tecnológico de Villahermosa (ITV)
- Instituto Tecnológico Superior de los Ríos (ITS Ríos)
- Instituto Tecnológico Superior de la Sierra (ITSS)
- Instituto Tecnológico Superior de la Venta (ITSV)

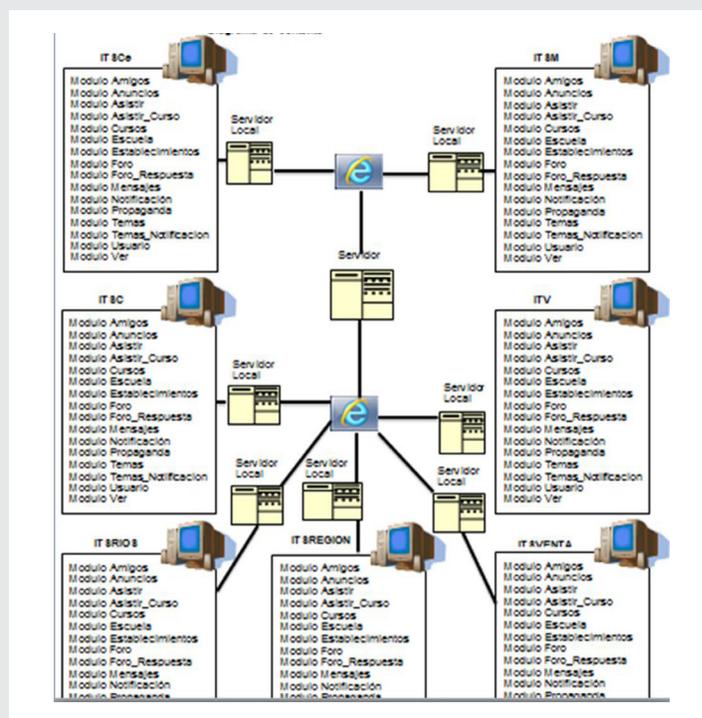


Fig. 2. Diagrama del contexto de la Comunidad Virtual de Aprendizaje (CVA)

### RESULTADOS

Después de realizar el análisis de toda la información obtenida por los analistas y probables usuarios del sistema, se diseñó el modelo de la base de datos, cubriendo todas las expectativas requeridas para el óptimo desempeño del CVA y con ello una mejor usabilidad para el usuario final.

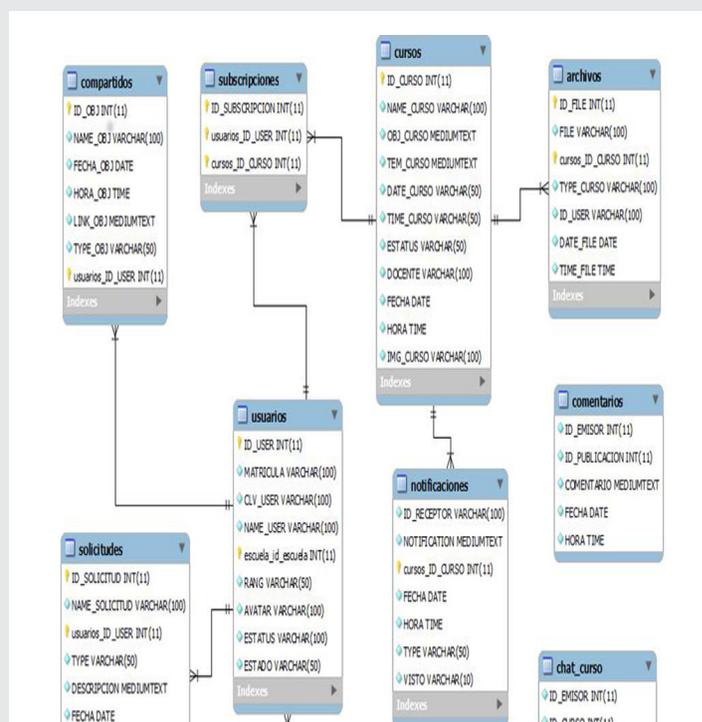


Fig. 3. Diagrama Entidad-Relación de la Comunidad Virtual de Aprendizaje (CVA).

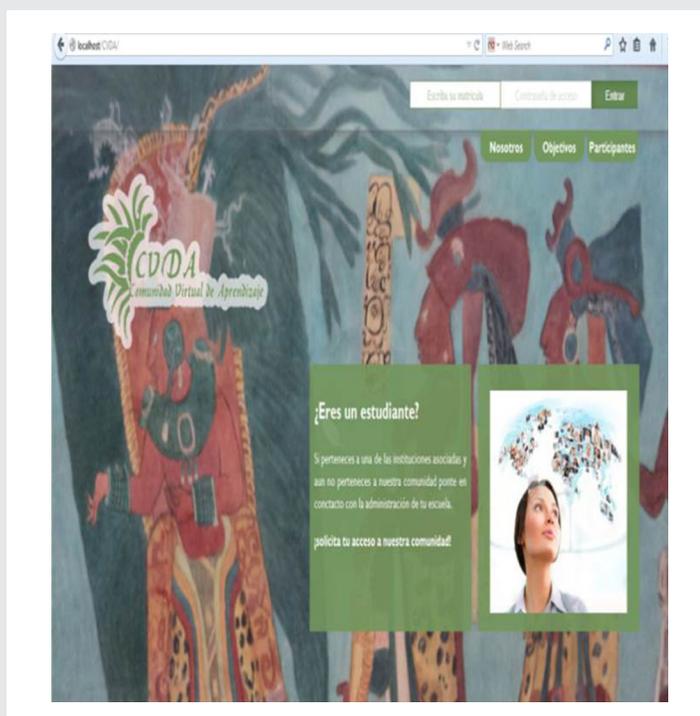


Fig. 4. Pantalla Principal de la Comunidad Virtual de Aprendizaje (CVDA).

En la Fig. 3 se hace referencia al modelo de la base de datos propuesta y sus respectivas relaciones. Este modelo cumple con los requerimientos especificados por los analistas de la primera fase del proyecto.

En la Fig. 4 Se pudo observar el prototipo de la pantalla de inicio de la comunidad virtual de aprendizaje, el software de dicha comunidad se llama CVDA; En la primera pantalla los usuarios de la CVDA deberán autenticarse a través de su matrícula o clave que se le asigne y una contraseña la cual es generada por el usuario.

A continuación se describen cada uno de los módulos que contiene la CVDA:

**Módulo Inicio:** mostrará los anuncios y eventos que cada uno de los tecnológicos participantes publiquen en la comunidad virtual, la cual será visible para cada uno de los estudiantes que tengan acceso a la comunidad virtual.

**Módulo Foro:** en ella se anunciarán los foros de discusión o de temas innovadores que ayuden en el aprendizaje del estudiante.

**Módulo Cursos:** en este módulo se publicarán los cursos que ofertará cada Instituto Tecnológico en la cual los estudiantes estarán enterados y así poder inscribirse al curso que mejor les convenga para su actualización constante para su perfil académico.

**Módulo Asesorías:** de la misma manera se publicarán las asesorías disponibles en la cual los estudiantes interesados podrán tener en línea.

Con cada uno de los módulos presentados en la Aplicación CVDA se piensa fortalecer de manera académica cada uno de los Institutos Tecnológicos descentralizados en el estado de Tabasco. La comunicación que asumirán los estudiantes con los Profesores Académicos o Tutores en la Comunidad Virtual de Aprendizaje se establecerá en los módulos de Cursos, Asesoría y Foros, algunos de los módulos mencionados contará con un chat en línea para lograr la interacción entre el profesor o tutor con el estudiante y de igual manera se podrán dejar mensajes o avisos a los estudiantes y profesores según sea el caso.

Al integrar esta Comunidad Virtual de Aprendizaje en los Institutos Tecnológicos Descentralizados en el estado de Tabasco con el fin de transferir los conocimientos y habilidades formando con ello una Red de Aprendizaje para el mejoramiento académico en los estudiantes de las instituciones participantes y así, contribuir a la formación académica de los estudiantes y profesores de los institutos mediante la implementación de una Aplicación Web, la cual está en desarrollo con un 90% de avance hasta al momento.

A continuación se presenta las diferencias entre CVDA y las plataformas existentes:

a) Desde esta perspectiva se considera que CVDA persigue como objetivo primordial la adquisición de conocimientos, aprendizajes, capacidades y competencias de estudiantes, docentes, administrativos y tutores, en donde a diferencia de las comunidades de aprendizaje tradicionales, la interacción se realiza a través de la red, presentando la ventaja de superar las limitaciones que el espacio y el tiempo incorpora a las primeras, el poder incorporar personas y expertos alejados geográficamente, y revisar con más facilidad el histórico de las intervenciones realizadas.

b) La interacción de la plataforma CVDA se realiza utilizando diferentes tipos de herramientas de comunicación, tanto sincrónica (chat) como asincrónicas (Foros y Cursos/Talleres), y se realiza una comunicación multidireccional, que va de uno a uno, o de uno a todos. Existen en la actualidad muchas plataformas

c) Existen en la actualidad muchas plataformas de Learning Management System (LMS) o Sistema de Gestión del Aprendizaje que son usados en educación superior, categorizados en dos áreas, sistemas open-source (Moodle y Sakai) y propietario (Blackboard, Desire2Learn y eCollege), comparando la plataforma que se está desarrollando con respecto a las mencionadas, la plataforma CVDA tendrá actividades instruccionales e interacciones colaborativas entre los estudiantes y profesores utilizando herramientas como foros, chats, cursos, talleres, avisos y/o anuncios por parte de cada institución educativa, la plataforma CVDA busca formar una comunidad entre Institutos Tecnológicos Descentralizados con el objetivo de integrar pro-

yectos investigación compartir conocimientos a través de cursos y foros, y así lograr el fortalecimiento académico en el Estado de Tabasco de manera gratuita desarrollado a la medida, de acuerdo a la problemática que se vive en las instituciones de la entidad.

### CONCLUSIONES

El CVDA ayudará a los estudiantes a mejorar su nivel educativo acrecentando sus competencias comunicativas orales y digitales. Las actividades deben estar bien diseñadas para alcanzar nuestros objetivos, y el resultado que se obtendrá en los profesores es la aceptación del método comunicativo; el desafío ahora es saber cómo estructurar lecciones y tareas significativas en el marco de la comunidad virtual.

La generación del aprendizaje a través del CVDA es la razón primordial en esta investigación, se busca formar un espacio común entre estudiantes y profesores de distintos Tecnológicos en donde los estudiantes puedan acudir a asesorías, cursos o foros con otros profesores diferentes a su institución para profundizar y conocer opiniones distintas de acuerdo a las temáticas que se trate para generar un fortalecimiento académico en el estado de Tabasco.

En la actualidad la dinámica y movilidad del aprendizaje es vital en el desarrollo de las regiones, el CVDA busca motivar en los estudiantes una manera diferente de aprender y conocer opiniones de diferentes profesionistas de su carrera con el afán de progresar, formando redes de investigación y de aprendizaje en un futuro en los Institutos Tecnológicos del país, a través de los estudiantes.

Lo que se requiere concluir al final de esta investigación es que los Tecnológicos Descentralizados del Estado de Tabasco puedan trabajar proyectos integrales para el beneficio del estado de Tabasco.

Los trabajos futuros del proyecto es evaluar el rendimiento del CVDA en las Instituciones Tecnológicas ya mencionadas en encontrar una nueva forma de trabajo colectivo para el bienestar social, económico y académico del estado de Tabasco. Más adelante está la idea de proponerlo ante el Tecnológico Nacional de México para implementarlo a nivel nacional para integrar proyectos académicos y de investigación para el beneficio del país.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] Lemus, A., Rodríguez, O., Gaytán, R. *Diseño y Operación de las Comunidades Virtuales de Aprendizaje de Ibero On-line. IV Encuentro Internacional de Educativo Superior. UNAM 2005. Del 20 al 24 de Junio 2005. México D.F*

[2] STAIR, R. (2005). *Principios de Sistemas de Información. Editorial Pearson 7ª Edición, México.*

[3] Pardo, S. (2009). *Plataformas virtuales para la educación. Taller Digital de la Universidad de Alicante. Blog: www.eltallerdigital.com*

[4] Santoveña, S. (2002). *Metodología didáctica en plataformas virtuales de aprendizaje. Editorial McGraw-Hill.*

[5] Castro, C. (1999). *Comunidades Virtuales de Aprendizaje: una Figura que Pisa Fuerte en Internet. Consultado el 14 de Septiembre del 2012 en el World Wide Web: [http://www.colombiaaprende.edu.co/html/medioteca/1607/articulos-106216\\_archivo.pdf](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/medioteca/1607/articulos-106216_archivo.pdf)*

[6] Díaz A. y García A. (2014). *Análisis y Estudios de Factibilidad para la implementación de una comunidad virtual y aprendizaje para los institutos tecnológicos descentralizados del estado de tabasco. Tesis de licenciatura no publicada, Instituto Tecnológico Superior de Centla, Tabasco, México.*

[7] Consejo Nacional de Evaluación de la política de Desarrollo Social (CONEVAL). <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Medicion-C3%B3n/Avances-Rezago-educativo.aspx>

[8] *Estadísticas de educación básica, media superior y superior. Serie Boletín de estadísticas continuas, demográficas y sociales. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Edición 2005.*



# Ciencias *de la* Computación

---

Ingeniantes

---

*Instituto Tecnológico Superior de Misantla*

# Análisis comparativo entre los aceros AISI 1020 y 4130 del chasis de los automóviles Baja-SAE

**RESUMEN:** La investigación realizada en el año 2015 en el Instituto Tecnológico de Chihuahua (ITCH), consiste en seleccionar el mejor material para realizar un mejor diseño del chasis en los vehículos tipo Baja-SAE, mediante un análisis entre un tubo de acero AISI 1020 y un tubo de acero AISI 4130. La propuesta se realiza por medio de una simulación de cargas estáticas en ambos materiales con la ayuda del software Solid Works Simulation 2012. En la etapa de mallado, en el software, para el tubo se optó por usar el mallado fino y sólido ya que es la definición máxima de calidad que soporta el software Solid Works. Para el material AISI 4130 se realizaron pruebas de tensión variando las fuerzas para observar cómo se iban deformando y cuánta fuerza soportaban para así poder hacer la comparación. Estas pruebas fueron de 8000, 10000, 12000, 16000, 24000 y 60000 kilogramos de fuerza aplicados. Para el AISI 1020 se le realizaron también las mismas pruebas que el AISI 4130 solo que las fuerzas sí difieren con las anteriores. Se hicieron análisis con 1000, 4000, 8000 y 24000 kilogramos de fuerza aplicadas.

También se realizaron pruebas destructivas de impacto en el Péndulo Charpy y pruebas de flexión en la máquina universal de ensayos mecánicos.

Dicho análisis determina cuál de los dos aceros tiene mejores propiedades de resistencia a la tensión, al impacto y a la flexión.

**PALABRAS CLAVE:** Análisis, tubo, acero, chasis, vehículos.



## Colaboración

Francisco Rosas Pérez; Francisco Ignacio Ávila Delgado; Ignacio De Luna Zamora, Instituto Tecnológico de Chihuahua

**ABSTRACT:** The research conducted in 2015 at the Instituto Tecnológico de Chihuahua (ITCH), consist to select the best material to create a better chassis design in BAJA SAE vehicles, through analysis between an AISI 1020 and AISI 4130 steel tube. This proposal was made through simulations of static charges in both materials using Solid Works Simulation 2012 software. At the meshing stage for the tube, it was decided to use a fine and solid mesh due to the highest definition Solid Works software can support. About AISI 4130 material plenty stress tests were performed varying loads to see how they deform and endure in order to make a comparison. The loads used in simulation were about 8'000, 10'000, 12'000, 16'000, 24'000 and 60'000 kilograms of force applied. Same tests from AISI 4130 were made for AISI 1020; however these forces differ with the other ones. Analysis collected 1'000, 4'000, 8'000 and 24'000 kilograms of force applied.

In turn, destructive impact tests in Charpy Pendulum and bending tests on the universal machine were also performed in mechanical trial.

## INTRODUCCIÓN

Baja SAE es una competencia intercolegial de diseño automotriz que se originó en la Universidad del Sur de Carolina en 1976 [9], siendo hasta el año de 1985 cuando el Instituto Tecnológico de Chi-

huahua empezó con el primer club de Mini Baja y hasta la fecha siguen participando en esta competencia. Baja SAE consiste en tres concursos regionales que simulan los proyectos de diseño de ingeniería al mundo real y sus desafíos relacionados. Los estudiantes de ingeniería tienen la tarea de diseñar y construir un vehículo todo terreno.

Debido a lo anterior se decide analizar el acero AISI 4130, el cual es un acero con aleación de Cromo y Molibdeno, que cumple con los lineamientos de la competencia Baja SAE. Estos aceros, al Cromo – Molibdeno, son relativamente baratos, poseen buenas características de ductilidad y soldabilidad. Los aceros al Molibdeno son menos susceptibles a fragilizarse, como consecuencia del revenido, que los demás aceros aleados [5]. Es un importante formador de carburos estables a altas temperaturas por lo que su adición aumenta la dureza y resistencia [3]. Este acero aleado tiene como propiedad baja resistencia a la corrosión, respondiendo al tratamiento térmico a un nivel alto y cuando requiere que el material tenga una mayor resistencia a la abrasión y al desgaste puede nitrurarse calentándose aproximadamente a 500° C en una atmósfera de amoníaco y así obtener una superficie más dura [2]. También puede ser tratado térmicamente para que sus propiedades mecánicas mejoren.

El bastidor o chasis es una estructura de sostén en la que se fijan de una u otra forma los distintos elementos y grupos mecánicos que componen el automóvil, motor, grupos de transmisión, elemento de dirección, carrocerías, entre otros [1].

En los primeros automóviles los bastidores se construyeron de madera siguiendo con la morfología de los carruajes de entonces, y posteriormente algunos constructores emplearon bastidores metálicos de tubos y perfiles laminados. Finalmente los bastidores se construyeron de elementos de plancha embutida, unidos unos a otros por remachado y más adelante, por soldadura, siendo este tipo los bastidores el que se siguen empleando en la actualidad [8].

El chasis del vehículo además de soportar el peso de todos los elementos debe soportar las sobrecargas de uso, lo que incluye no sólo el peso de la carga y los ocupantes del vehículo, sino también las cargas dinámicas originadas por el funcionamiento de los distintos elementos y por el propio movimiento del vehículo [6].

El bastidor es el que soporta todos los órganos mecánicos del vehículo y absorbe las fuerzas de flexión y los impactos que se producen en la marcha del vehículo, también es la parte más resistente en caso de colisión como se muestra en la figura 1. Este bastidor se puede deformar de diversas formas, las cuales se pueden agrupar en distintas categorías, aunque en ocasiones se pueden presentar varias a la vez, siendo las más frecuentes: Desviación lateral, Hundimiento, Aplastamiento, Diamante, entre otras [4].



Fig. 1 Chasis impactado del vehículo Baja-SAE

Fig. 1 Chasis impactado del vehículo Baja-SAE  
El chasis, en muchas de las ocasiones, durante la competencia, si no tiene el material adecuado solía romperse. Así, en el proceso del diseño del chasis, se requiere buscar y comparar los distintos materiales que pueden utilizarse en su construcción. De esta manera, después de un análisis de dos diferentes tipos de materiales (comparaciones físico-químicos entre los dos materiales) que fueron sometidos a pruebas de Von Mises, se decide usar la aleación de Cromo Molibdeno o acero AISI 4130.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una prueba en la máquina universal para comparar la resistencia a la tensión de ambos materiales, comenzando con el tubo de material AISI 4130, dicho tubo contaba con un relleno de 5 centímetros de Aluminio en los extremos, éste relleno al igual que el Cromo Molibdeno fue vencido por la fuerza de sujeción de la mordaza de la máquina universal como se muestra en la Fig. 2 quedando el estudio inconcluso. Al no tener resultados ciertos se procedió a utilizar el software de Solid Works para los análisis requeridos.



Fig. 2 Extremos aplastados por la máquina de tensión

Se realiza el análisis de tipo lineal con una carga estática por medio de un área de partición, ya que en el software Solid Works al querer hacer un análisis dinámico no se pueden variar las cargas aplicadas porque estas mismas van variando conforme al tiempo, por lo que se tomó como referencia estas cargas fijas en el tiempo al momento de hacer éste análisis estático.

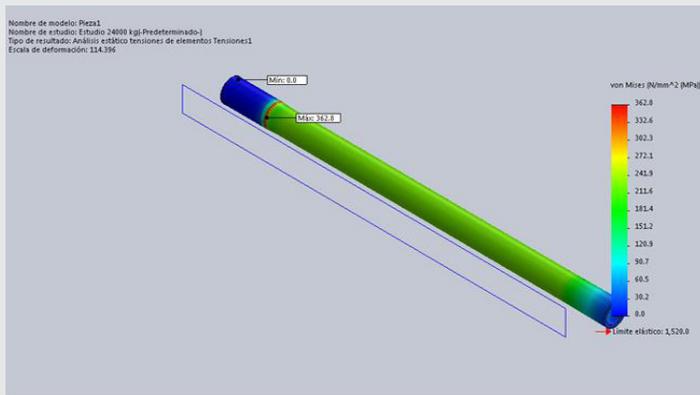
Se realiza un análisis de tensión con el software Solid Works como si se tratase de probar en una máquina universal. Para realizar esto se simuló una sujeción fija del tubo de 5 centímetros solo por un extremo como si fuera la mordaza que sostiene al tubo en la maquina universal; después de esto se le añadió la contraparte de dicha máquina, para simular eso se procedió a poner en 5 centímetros un área de partición y así poner una fuerza en dirección opuesta a la sujeción. Ya con la fuerza existente se puso el mallado y se pasó a modo de ejecutar.

En la etapa de mallado para el tubo se optó por usar el mallado fino y sólido ya que es la definición máxima de calidad que soporta el software Solid Works.

Para el material AISI 4130 se realizaron algunas pruebas variando las fuerzas para observar cómo se iban deformando y cuánta fuerza soportaban para así poder hacer la comparación. Estas pruebas fueron de 8000, 10000, 12000, 16000, 24000 y 60000 kilogramos de fuerza aplicados.

Para el AISI 1020 se le realizaron también las mismas pruebas que el AISI 4130 solo que las fuerzas sí difieren con las anteriores. Se hicieron análisis con 1000, 4000, 8000 y 24000 kilogramos de fuerza aplicadas.

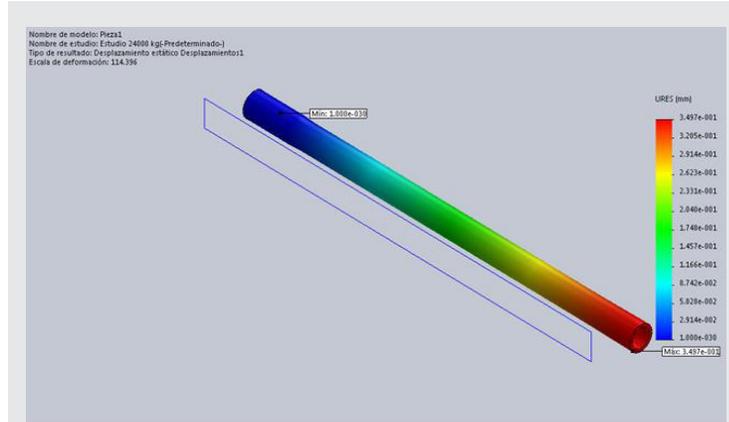
En la Fig. 3. se muestra la gráfica de concentraciones de esfuerzos y de deformación por desplazamiento de cuando se le aplicaron 24000 kilogramos al material AISI 4130. Se puede observar que no existen concentraciones de esfuerzo por el color azul; aun así predomina el color verde que tiene un valor de aproximadamente 230 MPa y teniendo en la parte superior de la mordaza que está simulada una concentración de esfuerzos máxima de 362.8 MPa.



Pieza1-Estudio 24000 kg-Concentración de esfuerzos.

Fig. 3 Concentración de esfuerzos con 24000 kilogramos

En la Fig. 4. se ve que predominan los colores azul, verde y rojo, siendo éste último donde se encuentra la mayor parte del desplazamiento generado por 24000 kilogramos de fuerza, teniendo un valor de 0.35 milímetros. El azul tiene un valor bastante pequeño en comparación al rojo de 1 micrómetro.



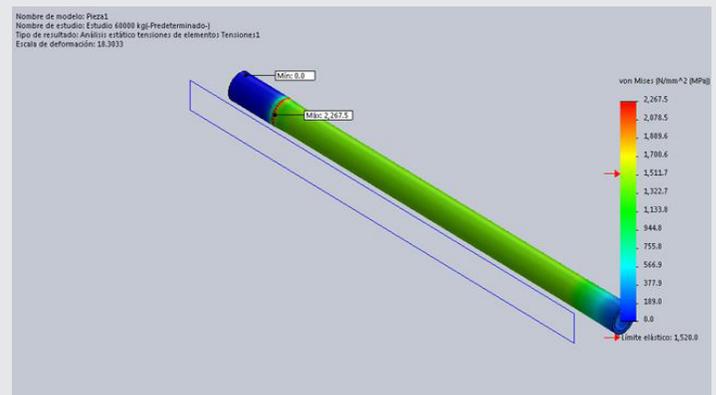
Pieza1-Estudio 24000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig. 4 Deformación por desplazamiento con 24000 kilogramos

Al igual que el anterior, se muestran los resultados de concentración de esfuerzos y de deformación por desplazamiento pero ahora para 60000 kilogramos.

En la Fig. 5 Se muestra la concentración de esfuerzos con 60000 kilogramos y se puede apreciar que sólo en la parte donde se sujeta la barra no existe concentración alguna de esfuerzo. Siguiéndole el color verde donde se puede observar que sobrepasa el límite elástico que es de 1.520 MPa y una pequeña porción de color rojo donde existe una máxima concentración de esfuerzos de 2267.5 MPa.

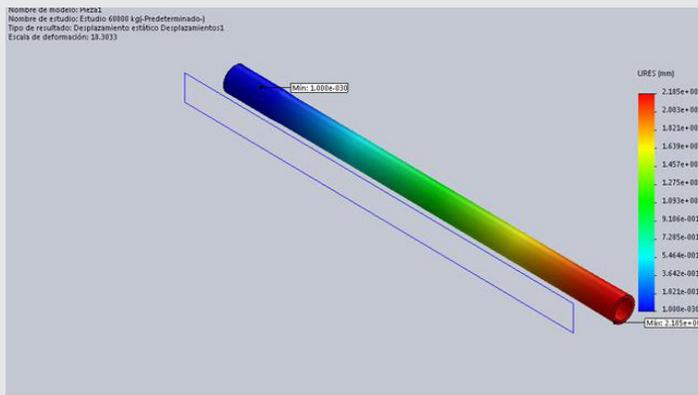
Al aplicarse una fuerza de mayor de 60000 kilogramos se puede ver claramente que si existe una deformación permanente del material ya que sobrepasa su límite elástico.



Pieza1-Estudio 60000 kg-Concentración de esfuerzos.

Fig. 5 Figura de Concentración de esfuerzos con 60000 kilogramos

En la Figura 6. Se muestra la deformación por desplazamiento con 60000 kilogramos. Se tienen tres colores principalmente; siendo el azul un color que significa un desplazamiento mínimo con 1 micra, pasando por el verde con un desplazamiento promedio de 1.4 milímetros y por último el color rojo que quiere decir que la barra sufre un desplazamiento máximo de 2.185 milímetros. Pero al ser su deformación un valor de milimétrico no repercute mucho en dicha barra.

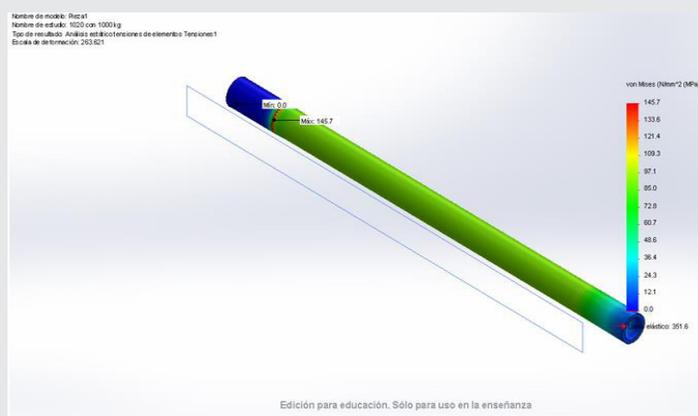


Pieza1-Estudio 60000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig. 6 Deformación por desplazamiento con 60000 kilogramos

Al material AISI 1020, como ya se mencionó, se le hicieron los mismos análisis pero con cargas estáticas menores por ser un material que soporta menos. Se muestran a continuación los resultados cuando se le aplicó una fuerza mínima de 1000 kilogramos.

En la Fig. 7 Se muestra la concentración de esfuerzos con 1000 kilogramos, se ve que el color azul representa que no existe concentración de esfuerzos, pero predomina el color verde con una concentración promedio de 80 MPa; siendo la parte posterior a la mordaza que se simula donde existe una concentración máxima de esfuerzos de 145.7 MPa que se puede apreciar por medio del color rojo. Esto no representa alguna deformación, por lo que soporta perfectamente esta fuerza.

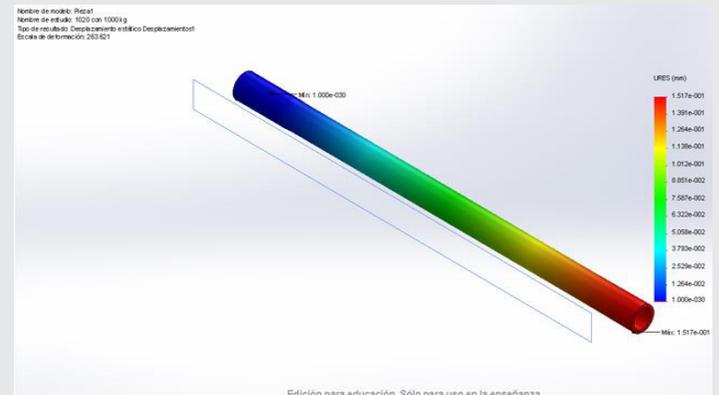


Pieza1- Estudio 1000 kg- Concentración de esfuerzos.

Fig. 7 Concentración de esfuerzos con 1000 kilogramos

En la Fig. 8 se muestra la deformación por desplazamiento con 1000 kilogramos, en el cual existen tres colores; el azul representa un desplazamiento de 1 micra, siguiendo con el color verde que representa un desplazamiento de aproximadamente 0.78 micras y el color rojo que presenta una deformación de 0.151 milímetros, siendo insignificantes las deformaciones presentadas en este análisis con dicha fuerza aplicada.

Los análisis posteriores a éste que son los de 4000, 8000 y 24000 kilogramos, sobrepasaron el límite elástico, por lo que sólo se mostrará el de mayor deformación para efectos de comparación.

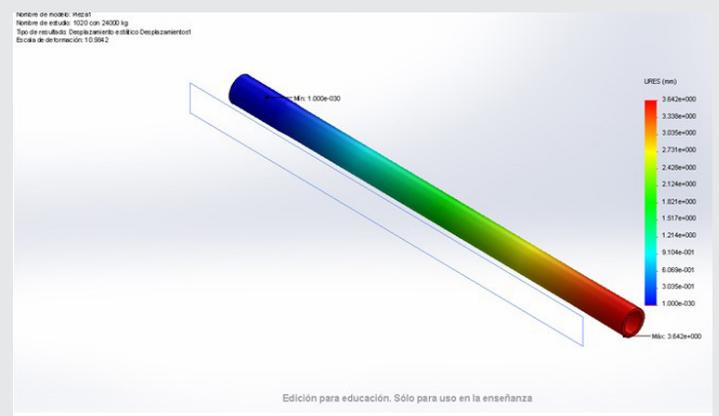


Pieza1-Estudio 1000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig. 8 Deformación por desplazamiento con 1000 kilogramos

Los resultados para el mismo material pero con 24000 kilogramos se muestran a continuación:

En la Fig. 9 muestra una concentración de esfuerzos con 24000 kilogramos, se puede ver que en donde se encuentra la sujeción de la mordaza no existe concentración de esfuerzos, pero en el otro extremo de la barra se puede observar que existe un tono de azul más bajo representando, que superó el límite elástico a los 351 MPa; a partir

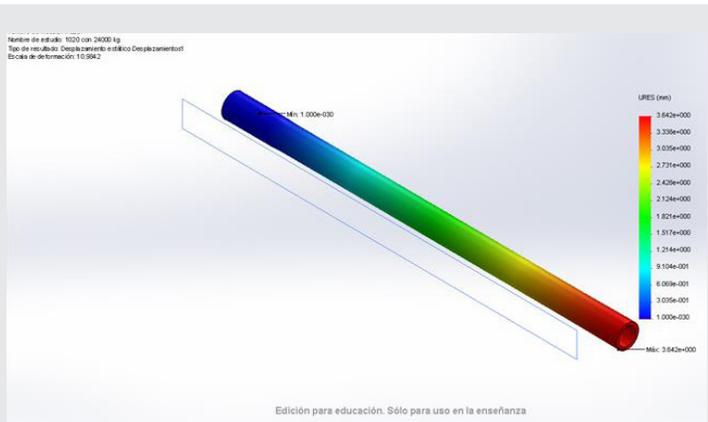


Pieza1-Estudio 24000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig.9 Concentración de esfuerzos con 24000 kilogramos

de este color se tendrá una deformación permanente en la barra, como es el caso del color verde y del rojo donde en éste último se tiene una concentración máxima de 3.496 MPa.

En la Fig. 10 muestra deformación por desplazamiento con 24000 kilogramos, se ve al igual que en las ilustraciones anteriores de deformación por desplazamiento que el color azul más fuerte representa una deformación nula; siguiéndole con el color verde que presenta un desplazamiento de aproximadamente 1.8 milímetros y por último el color rojo donde existe la mayor deformación de 3.64 milímetros. Éste último desplazamiento es el más significativo de todos los análisis del material AISI 1020, pero aun así sigue siendo un desplazamiento milimétrico por lo que no influye mucho en el resultado final.



Pieza1-Estudio 24000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig. 10 Deformación por desplazamiento con 24000 kilogramos

**Análisis físico-químico de aceros AISI 1020 Y AISI 4130**

Como se ha dicho, el material usado anteriormente para la elaboración del chasis era de acero comercial 1020 con diámetros distintos, pero al ver que no cumple con las expectativas, se empezó a buscar otra aleación y no fue hasta el año del 2002 cuando se decidió por una aleación de Cromo- Molibdeno tipo AISI 4130, el cual se estaba probando en la fabricación del chasis para ver si daba mejores resultados que el AISI 1020. Éste último, es uno de los aceros más utilizados, son fáciles de formar, de ahí su popularidad donde no se requiere una alta resistencia. El AISI 1020 es un acero al carbono que tiene 0.2% en peso de carbono. Los contenidos de los elementos químicos en un acero AISI 1020 pueden estar dentro de los intervalos mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Elementos Químicos en un acero AISI 1020. (Pazos Peinado, 2005)

Elemento	Porcentaje en peso
Carbono	0.17 a 0.23
Hierro	99.08 a 99.53
Manganeso	0.3 a 0.6
Fósforo	0.04 máximo
Azufre	0.05 máximo

Haciendo un resumen comparativo en las propiedades de ambos aceros mostrados en la tabla 1, se pueden observar las propiedades químicas de ambos materiales, ver la tabla 2.

Tabla 2. Análisis Químico nominal, %. [5]

Código	Nombre del acero	Análisis químico nominal, %							
		Cr	Mn	Mo	Ni	V	P	S	Si
10XX	Al Carbón		0.4				0.04	0.05	
41XX	Cromo-Molibdeno	1.0	0.8	0.2			0.04	0.04	0.30

Para dar inicio al análisis en ambos aceros, se verifica en la tabla 3 que el acero AISI 4130 tiene una mayor resistencia a la tensión comparada con el acero AISI 1020, independientemente del proceso de fabricación con el que se haya elaborado.

Tabla 3. Tratamientos y propiedades mecánicas de aceros seleccionados [5].

	YS (σ), Mpa	Elastic Modulus	Density	Cost
		(E), Gpa	(ρ), g/cc	Category (C)
AISI 1020	280	210	7.8	5
AISI 4130	1520	212	7.8	3
AA 6061	275	70	2.7	4
Epoxy-70%	1270	28	2.1	2

**Prueba de Impacto entre los aceros AISI 1020 Y AISI 4130**

Se realizaron pruebas de impacto a ambos aceros en el Péndulo Charpy del laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Chihuahua, se utilizaron muestras de los tubos antes mencionados con una longitud de 220 mm. En ambas pruebas, a cada muestra se le aplicó el mismo ángulo de carga de 157°, dando como resultados un ángulo de 2° y 5° en la escala graduada del Péndulo Charpy para el Acero 4130 y el Acero 1020 respectivamente. El resultado en la escala graduada del Péndulo Charpy no muestra una diferencia muy marcada, pero en la Figura 11 podemos observar la deformación de ambos materiales debido al impacto, mostrando una marcada diferencia entre ambos materiales, donde podemos observar que el acero 1020 es menos resistente a la prueba de impacto.

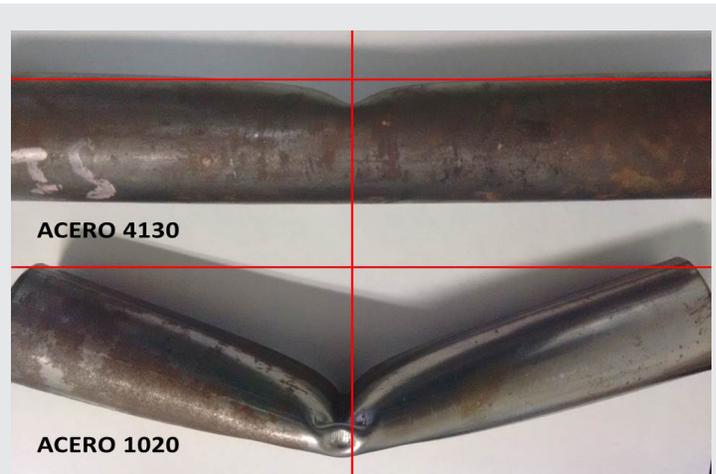


Fig. 11 Deformación de ambos aceros por prueba de impacto

Prueba de Flexión entre los aceros AISI 1020 Y AISI 4130 Se realizaron pruebas de Flexión a ambos aceros en la Máquina Universal Marca: Shimadzu, Modelo: UH-300KNI del laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Chihuahua, se utilizaron muestras de los tubos antes mencionados. En ambas pruebas, a cada muestra se le dio la misma distancia entre los soportes de apoyo de 9 pulgadas, dando como resultado una carga máxima de 539.469 lbf para el acero 1020 como se muestra en la figura 12 y una carga máxima de 2973.40 lbf para el acero 4130 como se muestra en la figura 13.

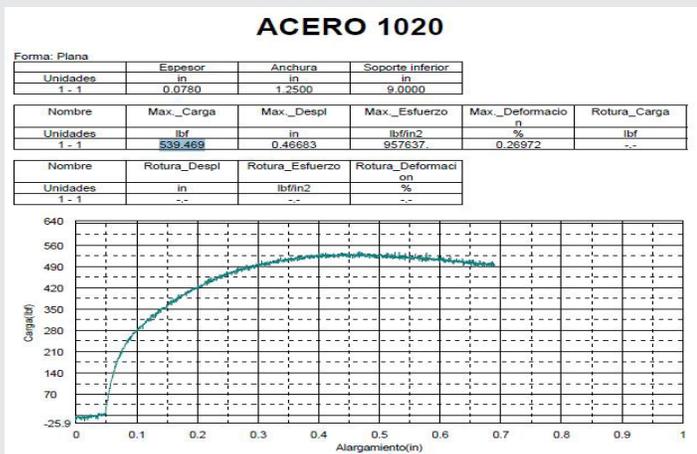


Fig. 12 Gráfica de Flexión Acero 1020

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

**Comparación de colores de las gráficas del AISI 4130.**

En las figuras de concentración de esfuerzos con 24000 kilogramos y anteriores se puede observar que la barra vuelve a su estado original ya que no vence su límite elástico, pero al momento de aplicarle una fuerza de 60000 kilogramos, se puede ver claramente como sobrepasa su límite elástico, teniendo una mayor concentración de esfuerzos que las anteriores analizadas y así puede significar una deformación permanente en el material.

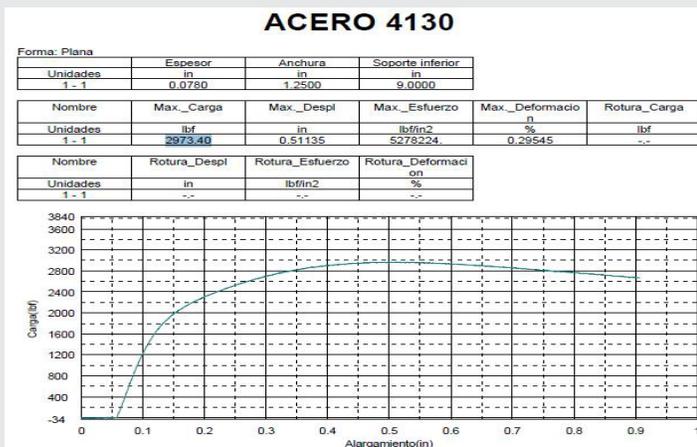


Fig. 13 Gráfica de Flexión Acero 4130

En la figura de deformación por desplazamiento de 24000 kilogramos se ve que se tiene una deformación máxima de 0.35 milímetros y en la de 60000 kilogramos se presenta una deformación máxima de 2.18 milímetros. Pero como se puede apreciar en ambas gráficas estos milímetros no representan un desplazamiento visible o importante, por lo que soporta bien las cargas aplicadas.

**Comparación de colores de las gráficas del AISI 1020**

En las figuras de concentración de esfuerzo con una fuerza mínima de 1000 kilogramos, se ve que no afecta mucho a la barra teniendo un esfuerzo máximo de 145 MPa, siendo la mitad de su límite elástico, por el contrario, en todos los análisis con fuerzas mayores a ésta, su límite elástico se ve sobrepasado y al hacer el análisis con la fuerza máxima de 24000 kilogramos se ve que lo supera por mucho y se puede verificar observando el valor máximo de la concentración de esfuerzos que es casi 10 veces su valor límite.

En la figura donde se muestran las deformaciones por desplazamiento por una fuerza de 1000 kilogramos se puede ver que el resultado es una desplazamiento de 0.15 milímetros y en la figura donde actúa una fuerza de 24000 kilogramos, se observa un desplazamiento de 3.64 milímetros. Ambos presentan un desplazamiento no tan pronunciado, queriendo concluir que sus desplazamientos no serán tan graves al momento de aplicar dichas fuerzas.

Después de observar las investigaciones realizadas anteriormente, podemos concluir que el acero AISI 1020 aguanta por mucho menos que el acero AISI 4130, ya que aparte de tener un límite elástico menor, se vence con menos kilogramos de fuerza aplicados.

**REFERENCIAS**

[1] Alonso Pérez, J. M. (2010). *Técnicas del Automóvil Chasis (8 ed.)*. Madrid, España: Paraninfo.

[2] Altig, L. (1996). *Proceso Para Ingeniería de Manufactura (3 ed.)*. Nueva York: Alfaomega.

[3] Barroso Herrero, S., & Ibáñez Ulargui, J. (2014). *Introducción al conocimiento de materiales*. Madrid: UNED.

[4] Gómez Morales, T., Navarro, J. M., Águeda Casado, E., & García Jiménez, J. L. (2002). *Estructuras del vehículo*. Paraninfo.

[5] Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Ciudad de México: Pearson. Prentice Hall.

[6] Mezquita, F. (2004). *Tratado sobre automóviles, Tomo I*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

[7] Pazos Peinado, N. (2005). *Tecnología de los metales y procesos de manufactura*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.

[8] Pérez, J. M. (2010). *Técnicas de Automóvil Chasis*. Thomson Paraninfo.

[9] SAE. (2015). (SAE INTERNATIONAL, 2015).



# Ingeniantes

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla