

**Ciencias de la Ingeniería y Tecnología**  
*Handbook T-III*

**Quintanilla Domínguez-Joel**  
**Barrón Adame-José Miguel**

*Directores*

# Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

---

Volumen III

---

## **ECORFAN Ciencias de la Ingeniería y Tecnología**

---

El Handbook ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato en su área de investigación en Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Además de tener una evaluación total, en las manos de los directores de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (LATINDEX-DIALNET-ResearchGate-DULCINEA-CLASE-HISPANA-Sudoc- SHERPA-UNIVERSIA), el Handbook propone así a la comunidad académica , los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

**María Ramos · Virginia Aguilera**

Editoras

# Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

## *Handbook T-III*

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. Agosto 15-16, 2013.



# ECORFAN®

*Editoras*

María Ramos  
ramos@ecorfan.org

Virginia Aguilera  
vaguilera@utsoe.edu.mx

Rectora de la UTSOE  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

ISBN-CL 978-607-8324-12-5  
ISBN-V 978-607-8324-14-9  
ISSN 2007-1582  
e-ISSN 2007-3682  
Sello Editorial ECORFAN: 607-8324  
Número de Control HCIT: 2013-03  
Clasificación HCIT (2013): 090813-0301

## ©ECORFAN-México.

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley Federal de Derechos de Autor ,podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos ,de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Para los efectos de los artículos 13, 162,163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169,209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Violaciones: Ser obligado al procesamiento bajo ley de copyright mexicana. El uso de nombres descriptivos generales, de nombres registrados, de marcas registradas, en esta publicación no implican, uniformemente en ausencia de una declaración específica, que tales nombres son exentos del protector relevante en leyes y regulaciones de México y por lo tanto libre para el uso general de la comunidad científica internacional. HCIT es parte de los medios de ECORFAN ([www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org))

## Prefacio

Una de las líneas estratégicas de la política pública ha sido la de impulsar una política de ciencia, tecnología e innovación que contribuya al crecimiento económico, a la competitividad, al desarrollo sustentable y al bienestar de la población, así como impulsar una mayor divulgación científica y tecnológica, a través de distintos medios y espacios, así como la consolidación de redes de innovación tecnológica. En este contexto, las Instituciones de Educación Superior logran constituirse como un elemento articulador de la investigación, ciencia y tecnología.

El Subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, a través de diferentes Universidades que lo conforman, de manera permanente y decidida vienen propiciando el surgimiento y desarrollo de grupos de investigación (Cuerpos Académicos), gestionando los apoyos necesarios para que los mismos puedan incursionar de manera adecuada en el campo de la investigación aplicada, la vinculación con pertinencia con los sectores productivos y promoviendo la participación activa de la razón de ser de nuestras instituciones, los estudiantes, así como impulsar el desarrollo tecnológico regional.

La Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato visualiza la necesidad de promover el proceso de integración entre los Cuerpos Académicos de las instituciones de Educación Superior y de Nivel Medio Superior, proporcionando un espacio de discusión y análisis de los trabajos realizados por dichos cuerpos y fomentando el conocimiento entre ellos y la formación y consolidación de redes que permitan una labor investigativa más eficaz y un incremento sustancial en la difusión de los nuevos conocimientos. Este volumen III contiene 23 capítulos arbitrados que se ocupan de estos asuntos en Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, elegidos de entre las contribuciones, reunimos algunos investigadores y estudiantes de posgrado, a partir de 12 estados de México.

*Gaytán* realizó una propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado pluvial, para el Fraccionamiento Villas de Guadalupe, del municipio de Guadalupe, Zac., donde se aplicó la combinación de dos metodologías diferentes, el método Racional Americano y el modelo de simulación Storm Water Management Model (SWMM).

*Jurado, Gallegos, Martínez, Luna & Martínez* presentan una alternativa para extraer características de objetos por medio de un sensor ultrasónico para aplicaciones en procesos productivos, que consiste en tomar la distancia del objeto al sensor en diferentes posiciones y con ayuda de un procesamiento de datos se obtendrán sus dimensiones (largo, ancho); *Coria, De la Cruz & Trejo* proponen y evalúan una metodología de minería de datos para descubrir perfiles de ciudades sobre la base de las características educativas de sus habitantes y de clases discretas que describen la presencia de tecnologías de información y comunicación (TIC) en hogares; *Luna & Rojas* reportan un marco teórico-metodológico, en el cual son presentadas alternativas para realizar proyecciones precisas sobre el crecimiento de la demanda de energía eléctrica nacional, así como para analizar la integración de fuentes alternas en sistemas híbridos de generación de energía a nivel cliente o usuario final mediante el uso de modelación estocástica; *Nunez, Rodriguez, Sapiens & Rodriguez* presentan un modelo de Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés) de un robot Bioloid en configuración humanoide; *López, Hernández, Rangel, Rodríguez, Butrón & Jasso* proponen la inclusión de tres heurísticas (identidad, accesibilidad, y atractividad) a aquellas propuestas por J. Nielsen, a fin de identificar mejor los problemas sobre la EU en SI, el nuevo conjunto de heurísticas fue probado en un caso de estudio compuesto por 54 SI, 141 usuarios, y un cuestionario aplicable a los usuarios; *De Anda* optimiza los parámetros de diseño de un concentrador tipo troncocónico para captar, transferir y difundir luz solar, de tal forma que los reflejos de la luz se concentren y multipliquen en las paredes del cono y posteriormente dentro del tubo para proyectarlos al interior de cualquier construcción; *Rojas & Luna* analizan la demanda de la energía eléctrica en los sectores industrial, comercial y habitacional representa una problemática actual para predecir con tiempo de anticipación el consumo eléctrico en dichos sectores; con la finalidad de evitar multas impuestas por las respectivas compañías suministradoras de energía eléctrica; se propone desarrollar un sistema de perspectiva de la demanda de energía eléctrica para edificios inteligentes utilizando redes neuronales artificiales (RNA) que nos permita una perspectiva del consumo eléctrico con tiempo de anticipación, y en consecuencia una mejor administración de la energía en los edificios; *Delgado, Ruiz, Flores & Gómez* plantean un tratamiento mediante el proceso de la biodigestión anaerobia donde se obtienen como productos el biogás y el compost, este compost se utiliza para producir compostas y el conjunto de estos dos tratamientos nos permite darle una valorización energética a los residuos y aprovechar sus nutrientes para enriquecer las compostas y al suelo; *Uribe, Acosta & Uribe* proponen una guía de validación para la determinación de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) en aguas residuales, para ello se establecieron los parámetros de límite de cuantificación, linealidad, intervalo de trabajo, recuperación, sesgo y precisión (repetibilidad); *Chávez, Zaldívar, López & Álvarez* presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, ubicada en el municipio de Huejutla del estado de Hidalgo, en el que se desarrolla una alternativa no convencional para obtener agua, energía y alimentos, cuyo propósito es mitigar los problemas de la escasez de agua, situación que afecta principalmente a la producción de alimentos provocando pérdidas en cultivos de maíz, frijol, hortalizas y principalmente el sector ganadero, que son impedimentos crónicos para el crecimiento económico y la estabilidad social en nuestro país; *Chávez, García, Olivo & Rodríguez* acotan que la energía solar, dos manifestaciones de ésta, luz y calor, son fácilmente reconocidas y ambas juegan un papel vital en la vida de nuestro planeta; *Ortiz, Mendoza, Zayas, Flores, Lucero, Pérez & Guadalupe* presentan un sistema que tiene capacidad de almacenar toda esa información, con el fin de determinar cuáles son las condiciones idóneas que optimicen la producción de mojarra, también se hizo hincapié en las ventajas que los sistemas autónomos proporcionan, a saber, la independencia relativa del productor sobre el sistema de producción sin descuidar la producción misma, así como el ahorro de recursos.

*Virgilio, Macossay, Abreu & Martín* generan un trabajo la realidad aumentada jugo un papel importante en la materia de Animación 3d en la Universidad Tecnológica del Usumacinta ya que se logro facilitar la comprensión de fenómenos complejos, posibilitando una visualización del entorno y de los objetos desde diferentes ángulos, más comprensiva, rica, detallada y complementada mediante los datos digitales añadidos a través del uso del plugin AR Media dentro del software Google Sketchup; *Toledo, Vázquez, Toledo, Santana & Flores* acotan que cuantos menos residuos se generen, más eficiente será el aprovechamiento de la materia y energía en consecuencia más perdurable los recursos del planeta y el equilibrio ecológico; *Figueroa* aplica una metodología de reducción del lead time de manufactura, en una empresa del ramo de logística, debido a que algunos de sus productos están causando deficiencias en las entregas; *Martínez, Coello & Pérez* acotan que los hornos de inducción son importantes en la producción de piezas de hierro fundido sobre todo en fundiciones de hierro nodular, ya que su sistema de operación permite una mezcla homogénea de los elementos aleantes provocando que existan pocos defectos debido a cambios en la microestructura de los productos; *Alba, Ramos, Cisnero & López* muestran un procedimiento de síntesis cinemática para el mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera el cual es diseñado para que la corredera siga una trayectoria preestablecida, así como también, generar una función para el ángulo de salida del mecanismo en función del de entrada, el cual define la longitud recorrida en la trayectoria que se desea seguir; *Muñoz, Flores, Hernández & Nieto* construyen un sistema de entrenamiento hidráulico con componentes industriales, el objetivo de este trabajo es que sea utilizado por maestros y alumnos en las prácticas de laboratorio de las materias de Sistemas Hidráulicos, Automatización y Robótica; *López, Márquez, Romo & Rodríguez* presentan el sistema integral para el control del expediente clínico electrónico con un enfoque en la aplicación para dispositivos móviles estructurada en las pestañas de: cáncer, brotes, diabetes, citas, campaña, personal y expediente donde se incluyen mecanismos para mantener la seguridad de la conexión con la base de datos del servidor central; *Sotelo, Coria & García* reportan un producto de las actividades de investigación y desarrollo realizadas en el cuerpo académico denominado “Sistemas de control y procesamiento de señales”, consistente en el diseño y desarrollo de un vehículo sumergible orientado a la inspección de instalaciones sumergidas y exploración subacuática; *Kao, Lara, Loeza & Zapata* presentan un proyecto del cuerpo académico de Redes y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Metropolitana (UTM) para reforzar la línea de investigación de la conectividad; *Fernández & Pérez* acotan que en el sector educación se debe considerar que las formas y los métodos de enseñanza que nos permitan mejorar el procesos de enseñanza - aprendizaje a través de diferentes medios y la comunicación profesor-alumno, tales como el uso de sociales redes, blogs, foros, nubes, software multimedia, educativos, tutoriales, pantallas interactivas y un montón de recursos educativos en línea.

Quisiéramos agradecer a los revisores anónimos por sus informes y muchos otros que contribuyeron enormemente para la publicación en éstos procedimientos repasando los manuscritos que fueron sometidos. Finalmente, deseamos expresar nuestra gratitud a la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato en el proceso de preparar esta edición del volumen.

Valle de Santiago, Guanajuato.  
Agosto 15-16, 2013

*María Ramos  
Teresa Ramírez*

<b>Contenido</b>	<b>Pag</b>
<b>1 La simulación hidráulica en el diseño de sistemas de alcantarillado</b> <i>Roberto Gaytán</i>	1-11
<b>2 Medición de las dimensiones del producto en un sistema automatizado</b> <i>Alejandro Jurado, Eloísa Gallegos, Rafael Luna, Abraham Martínez y Ángel Martínez</i>	12-17
<b>3 Minería de datos para perfilamiento de las brechas digital y educativa de ciudades en censos de población y vivienda</b> <i>Sergio Coria, Ivania Orozco y Juan Luna</i>	18-33
<b>4 Modelación y proyección de energía eléctrica mediante redes neuronales y simulación de Monte Carlo: Caso de estudio de México</b> <i>R. Luna &amp; J. Rojas</i>	34-50
<b>5 Modelo VRML interactivo de un robot humanoide Bioloid</b> <i>Víctor Núñez, Alberth Sapiens, Dora Rodríguez y Víctor Rodríguez</i>	51-63
<b>6 Obtención empírica y no empírica de un conjunto específico de heurísticas sobre experiencia de usuario para sistemas de información</b> <i>José López, Jorge Hernández, Nelson Rangel, Mario Rodríguez, Martha Butrón y Omar Jasso</i>	64-80
<b>7 Optimización de parámetros de un concentrador solar tronco cónico</b> <i>Rosa Anda</i>	81-94
<b>8 Perspectiva del uso de energía eléctrica mediante redes neuronales</b> <i>José Rojas &amp; Ricardo Luna</i>	95-104
<b>9 Producción de biogás y composta a partir de efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas</b> <i>María Delgado, Graciela Ruiz, Álvaro Flores y Blanca Gómez</i>	105-117
<b>10 Propuesta de una guía de validación para la determinación de sólidos suspendidos totales en aguas residuales</b> <i>Melina Uribe, Sheila Uribe y Jorge Acosta</i>	118-127
<b>11 Prototipo generador de agua para la producción sustentable de hortalizas en invernadero familiar</b> <i>César Chávez, Said Zaldívar, Adolfo López y Álvaro Álvarez</i>	128-134

<b>12 Prototipo itinerante de un sistema fotovoltaico para casa habitación, aislada de la red</b>	135-147
<i>Rufino Chávez, Rufino García, Marco Olivo y Juan Rodríguez</i>	
<b>13 Prototipo piscícola de control y automatización de 4 variables</b>	148-159
<i>Carlos Ortiz, Patricia Mendoza, Ricardo Zayas, Iván Flores, Lucero Álvarez, Pascual Pérez y Guadalupe Hernández</i>	
<b>14 Proyecto 3d + Realidad aumentada</b>	160-170
<i>Victor Virgilio, Julia Padilla, Salustino Jimenez y Mario Martin</i>	
<b>15 Reciclaje y utilización de termoplásticos</b>	171-181
<i>Ignacio Toledo, Alfonso Toledo, Armando Vázquez, Víctor Santana y Arturo Flores</i>	
<b>16 Reducción del LEAD TIME de manufactura</b>	182-193
<i>Martin Figueroa</i>	
<b>17 Simulación magnetohidrodinamica con ANSYS® de un horno de inducción</b>	194-200
<i>M. Martínez, A. Coello y A. Pérez</i>	
<b>18 Síntesis del mecanismo plano biela-manivela-corredera como seguidor de curvas prescritas</b>	201-209
<i>Eduardo Alba, Raúl Ramos, Vicente Cisneros y José López</i>	
<b>19 Sistema de entrenamiento hidráulico con componentes industriales</b>	210-222
<i>Luis Muñoz, Juan Flores, Manuel Hernández y Víctor Nieto</i>	
<b>20 Sistema integral de expediente clínico electrónico con dispositivos móviles</b>	223-233
<i>Luis López, María Márquez, Ana Romo y Sandra Rodríguez</i>	
<b>21 Vehículo subacuático Sub-Chaac</b>	234-242
<i>Arturo Sotelo, Luis Coria y Manuel García</i>	
<b>22 Centro de carga controlado por Wi-Fi</b>	243-250
<i>Luis Kao, Luisa Lara, Fernando Loeza y Martha Zapata</i>	
<b>23 Innovación y desarrollo en la formación profesional a través de las tecnologías de la información y comunicación en los TSU en desarrollo de negocios de la Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado</b>	251-260
<i>Karina Fernández &amp; Adriana Pérez</i>	

Apéndice A . Consejo Editor Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato	261
Apéndice B . Consejo Editor ECORFAN	262-263
Apéndice C . Comité Arbitral Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato	264-268

## **La simulación hidráulica en el diseño de sistemas de alcantarillado**

Roberto Gaytán

R. Gaytán  
Universidad Autónoma de Zacatecas, Ave. Ramón López Velarde, No 801, Col. Centro, CP 98000,  
Zacatecas, Zacatecas  
gaytanb\_2004@yahoo.com.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de  
Santiago, Guanajuato, 2013.



## **Abstract**

A proposal of design of a storm sewer system was realised, for the neighborhood Villas de Guadalupe, municipality of Guadalupe, Zac., where it was applied the combination of two different methodologies, the American Rational method and the model of simulation Storm Water Management Model (SWMM). The objective was to detect advantages of the simulation models. The analysis of results obtained from the system shows important advantages of model SWMM on the Rational method, because different storm scenes can be simulated that allow to predict the zones susceptible to flood and the diameters of the pipes can be optimized, allowing to save in the design of the pluvial systems.

## **1 Introducción**

El desarrollo urbano altera sustancialmente la hidrología de las cuencas donde se produce.

En particular, se modifican la red de drenaje natural y el proceso de transformación lluvia-escorrentía, incrementándose los volúmenes de escurrimiento y la velocidad en la superficie del terreno. Por efecto de la urbanización, los cauces naturales que conformaban la red de drenaje natural sufren alteraciones, lo que afecta de forma directa su capacidad de desagüe y por tanto se propicia la existencia de inundaciones.

Por lo anterior podría decirse que frecuentemente el desarrollo urbano ha sido poco respetuoso con la red de drenaje natural, lo que ha provocado problemas de inundaciones, por incapacidad de la red de drenaje artificial construida en su lugar. La aplicación del método Racional Americano en el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, es práctica común en nuestro país.

El uso de esta metodología ha permitido por su sencillez el diseño de muchos sistemas de alcantarillado pluvial (Kibler, 1982); pero su aplicación tiene varios inconvenientes cuando se tienen áreas susceptibles de inundación, con sus consecuentes costos económicos y molestias a las poblaciones donde se presentan.

Las condiciones actuales tan cambiantes en el régimen de precipitaciones, requiere considerar el uso de otras metodologías que permitan prevenir este tipo de situaciones y los daños correspondientes.

Las simplificaciones que considera el método Racional Americano, no permiten conocer el comportamiento real de los sistemas pluviales en general, debido a que esta metodología considera un flujo estático permanente en cada tramo de tubería que forma parte de la red de alcantarillado (Bradley et al, 1996).

El comportamiento real de los sistemas pluviales es variable durante la precipitación, lo cual dista mucho de la suposición del comportamiento lineal del escurrimiento en las tuberías del alcantarillado.

Una alternativa al uso de las tradicionales tormentas de diseño es la simulación continua, que supera muchas de las desventajas e inconvenientes de los métodos que utilizan eventos de diseño y que permite considerar por igual condiciones para cualquier frecuencia (Guo y Adams, 1998). No obstante, desde hace algunos años, se han desarrollado una serie de modelos basados en la reproducción, más o menos fiel, de los procesos hidráulicos que realmente se producen en la cuenca (Puertas-Suárez-Cagiao, 2002), tanto los de tipo hidrológico e hidráulico, como los de calidad. El funcionamiento del sistema, como hemos dicho, es extraordinariamente complejo, por lo que también se deben realizar simplificaciones que agilicen el proceso de toma de datos y de cálculo. La filosofía fundamental en la modelación de redes de drenaje es una aproximación reduccionista mediante la cual es posible aproximarse a la respuesta total del sistema a través de la simulación de la respuesta individual de los componentes del mismo (Choi y Ball, 2002). Tal es el caso del fraccionamiento Villas de Guadalupe, zona casi plana ubicada entre las coordenadas, 758390.08 -759145.35 E y 2518954.07 – 2519483.33 N de la proyección WGS84 zona 13. Tiene una superficie aproximada de 18 has. Se localiza sobre tierras de cultivo de temporal, que con el paso del tiempo se han convertido en zonas habitacionales suburbanas. Las pendientes del terreno son suaves menores al 1%. El escurrimiento natural es del noroeste al sureste. Colinda al norte y al oriente con un arroyo intermitente que actualmente transporta aguas, residuales procedentes de otras colonias nuevas ubicadas al norte y oriente de la zona denominada la Condesa, debido a su ubicación aguas arriba de la zona de estudio descargan en este arroyo, y justo en el Fraccionamiento Villas de Guadalupe se convierte en dren, este tiene una altura aproximada de 3.00 m X 8.00 m de ancho, el cual fue construido con anterioridad para la protección de zonas de cultivo desviando el agua producto de las precipitaciones que inundaban sus cultivos ubicados en la misma área, figura 1.

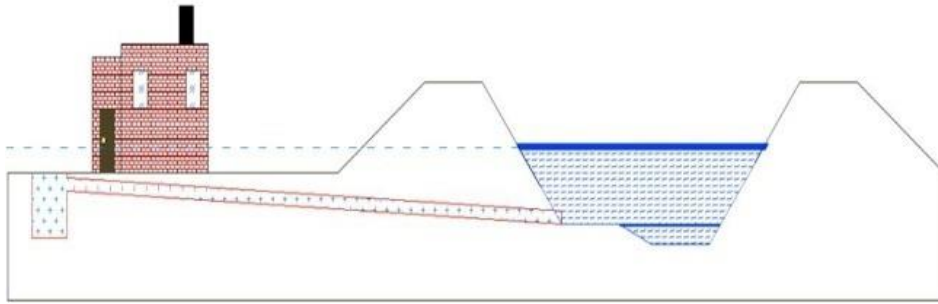
**Figura 1** Localización zona de estudio



Este dren actúa en temporada de lluvias como una represa que invierte el flujo del interior del dren hacia la zona habitacional de villas del Guadalupe, pues en época de tormentas el nivel del agua en el interior del dren.

Es mayor que el nivel de la única rejilla existente en la colonia, de dimensiones 2m X10m conectada al dren con una tubería de 30cm de diámetro, que es insuficiente para el desalojo total del agua pluvial que transita por la colonia, ocasionando daños materiales y molestias a la población local, figuras 1.1 y 1.2.

**Figura 1.1** Problema de inundaciones en temporada de lluvias



**Figura 1.2** Rejilla de aguas pluviales de 2 x 10m



El objetivo del presente trabajo es diseñar el sistema pluvial que resuelva el problema de inundaciones usando la combinación de dos metodologías diferentes: a) el método Racional Americano y b) el modelo de simulación Storm Water Management Model (SWMM); después validar o modificar los resultados obtenidos con el método racional aplicando el modelo SWMM.

## 1.1 Métodos y materiales

Se propuso desarrollar el proyecto del sistema de alcantarillado pluvial basado en la metodología del método Racional.

Donde se limitó la elevación de tirantes de la tubería para que en ningún caso fueran mayores al 85% del valor del diámetro y se cumpliera a cabalidad con las normas del manual para agua potable alcantarillado y saneamiento (MAPAS), de la Comisión Nacional del Agua, para después validar o modificar los resultados obtenidos, mediante la simulación con SWMM (EPA USA, 2005).

El trazado de la red de drenaje pluvial fue como se muestra en la figura 1.3.

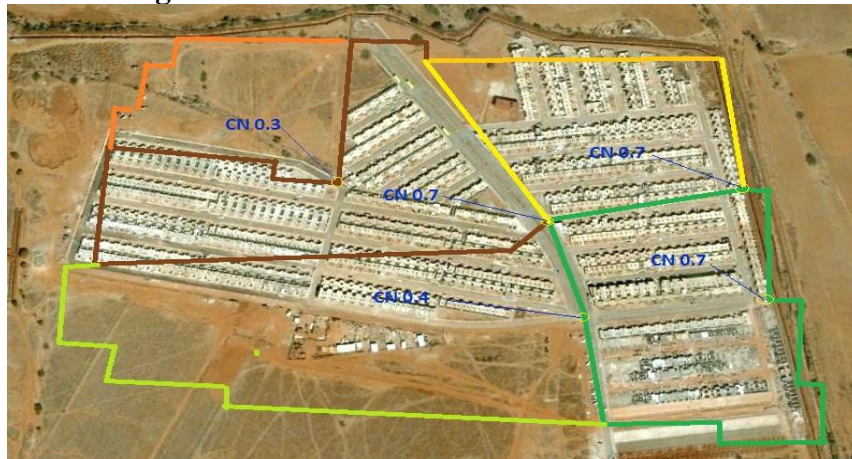
Se recopiló la información necesaria para construir el modelo hidrológico preliminar de la zona, para esto se usó el programa Watershed Modeling System (WMS, 2006), que es un programa para la delineación de cuencas y la determinación de parámetros geométricos, por lo que se utilizó información topográfica del modelo de elevaciones digital (DEM), obtenido del continuo de elevaciones mexicano del INEGI, cartas de uso y tipos de suelo para determinación de los números de curva y el sentido de los escurrimientos; las subcuencas obtenidas con WMS se muestran en la figura 1.4.

**Figura 1.3** Trazo de red pluvial propuesto



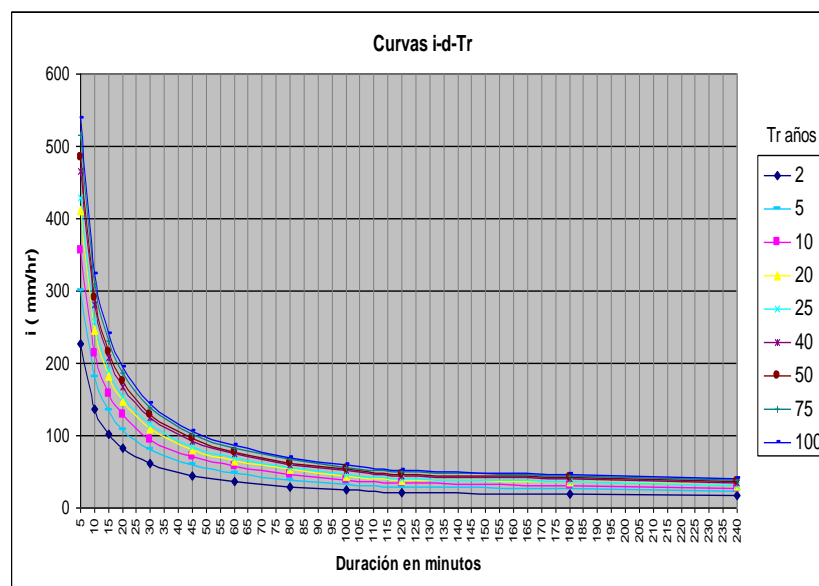


**Figura 1.4** Subcuencas delimitadas con WMS



El método racional fue utilizado para obtener los flujos máximos de los hidrogramas de escurrimiento para cada una de las subcuencas. Cada subcuena representa el área que captan los tramos de la red. La información meteorológica de la estación Guadalupe fue utilizada y depurado sus datos de precipitación empleando metodologías empíricas contenidas en los textos “Procesos del Ciclo hidrológico” editado por la Universidad de San Luis Potosí y el “Manual para la Estimación de Avenidas Máximas en Cuencas y Presas Pequeñas” de la extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ambos desarrollados por Daniel Francisco Campos Aranda. El tiempo de concentración fue calculado para cada subcuena y junto con las curvas Intensidad-Duración-Periodo de retorno (I-D-T), se determinó la tormenta de diseño de dos años de periodo de retorno, obtenidas con la información de la estación meteorológica de Guadalupe, figura 1.5.

**Figura 1.5** Curvas I-D-T de la estación Guadalupe



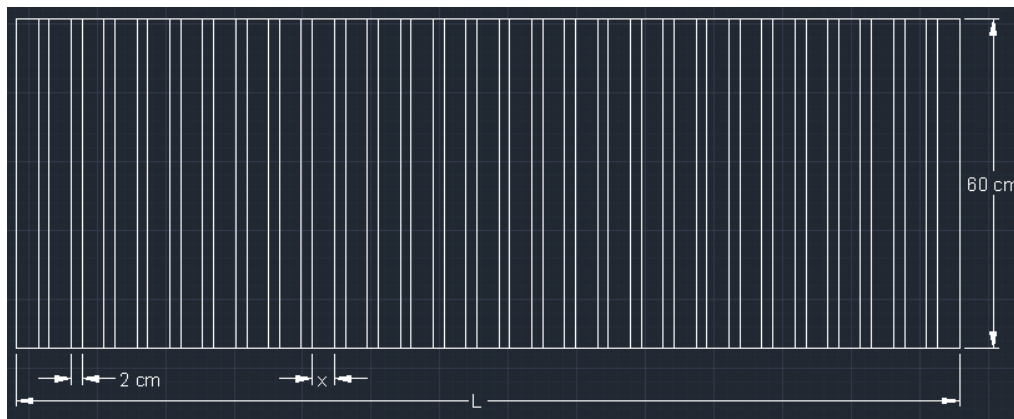
La información obtenida con WMS fue luego introducida en el software de simulación Storm Water Management Model (SWMM), donde se terminó de construir el modelo de la cuenca.

Para determinar los tamaños óptimos de los diámetros de la red de drenaje pluvial, se cargaron en SWMM los hidrogramas obtenidos con el método racional y se realizaron las corridas de simulación, donde se vigiló se cumplieran las normas de diseño referentes a pendientes permitidas y las velocidades máximas y mínimas permisibles, según el tipo de material de las tuberías, se consideraron tuberías de concreto, PVC y acero galvanizado.

Para el diseño de las bocas de tormenta se utilizó la ecuación de Maninng para flujos a superficie libre y la ecuación para orificios.

Las dimensiones de las bocas de tormenta se propusieron de dimensiones 1.20m X 0.60m, con tubos de descarga de 0.30 cm de diámetro, como se muestra en la figura 1.6.

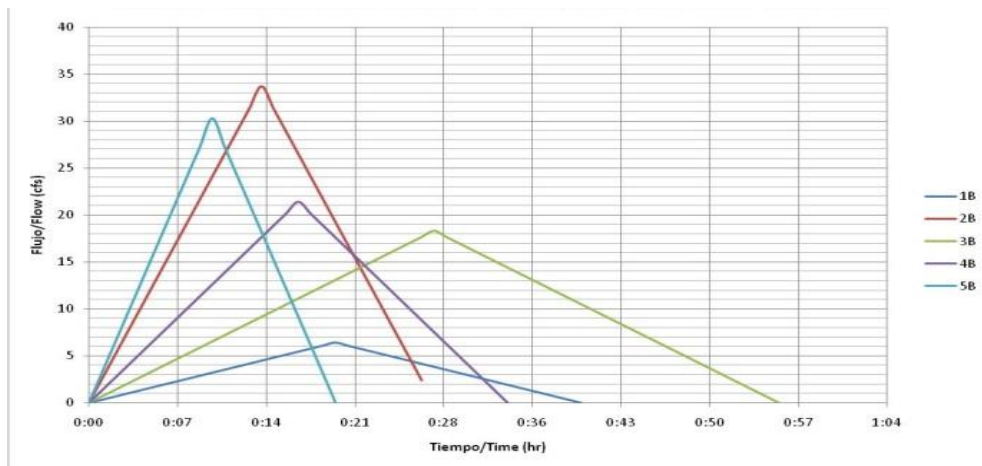
**Figura 1.6** Dimensiones de las bocas de tormenta



## 1.2 Resultados y discusión

Los flujos de escurrimiento máximos obtenidos con el método racional en las cinco subcuencas de la zona de estudio se muestran en la figura 1.7.

**Figura 1.7** Flujos máximos obtenidos con el método Racional

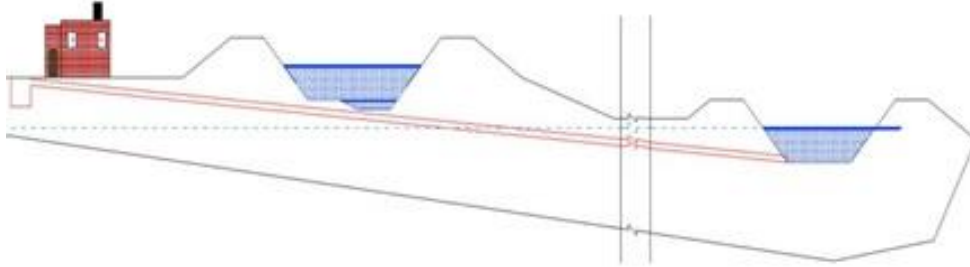


En las simulaciones realizadas en SWMM se observaron los resultados de las velocidades, tirantes y pendientes en los diferentes tipos de tubería, después se analizaron las características de los materiales de las tuberías y se optó por proponer tuberías de acero galvanizado, tiene un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.012 y es muy liviana.

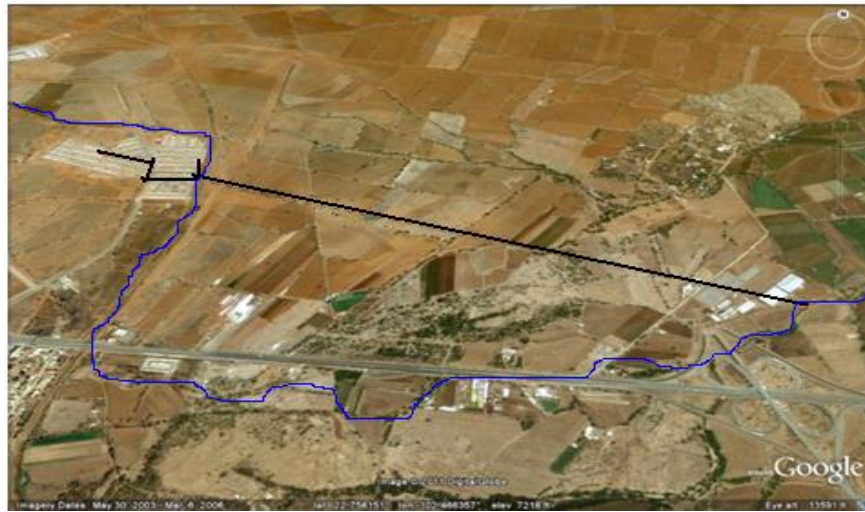
También se observó en las simulaciones realizadas, que el aumento del número de descargas al dren y el incremento de los diámetros de la tubería de la red propuesta, por sí mismos no solucionarán los futuros problemas de inundación en el fraccionamiento, debido a que existe muy poca diferencia de nivel entre la plantilla del dren y la elevación de las nuevas descargas de la red pluvial, la pendiente obtenida en los tramos de descarga al dren es de 0.00035 m/m, que es inferior a la mínima permitida de 0.0015 m/m; por lo que no evitarían la inversión del flujo al fraccionamiento.

Esta situación obligó a buscar otra alternativa de solución; ésta fue colocar la tubería por debajo del dren en el fraccionamiento para luego conectar la descarga a una longitud de 2270 m aguas abajo del fraccionamiento, donde se logra un desnivel entre el fraccionamiento villas de Guadalupe y la descarga de la red de 32.5 m que es suficiente para cumplir con la pendiente mínima y evitar la inundación en la zona, figura 1.8 y 1.9.

**Figura 1.8** Propuesta de alternativa aguas abajo del arroyo



**Figura 1.9** Localización del punto de conexión de la descarga



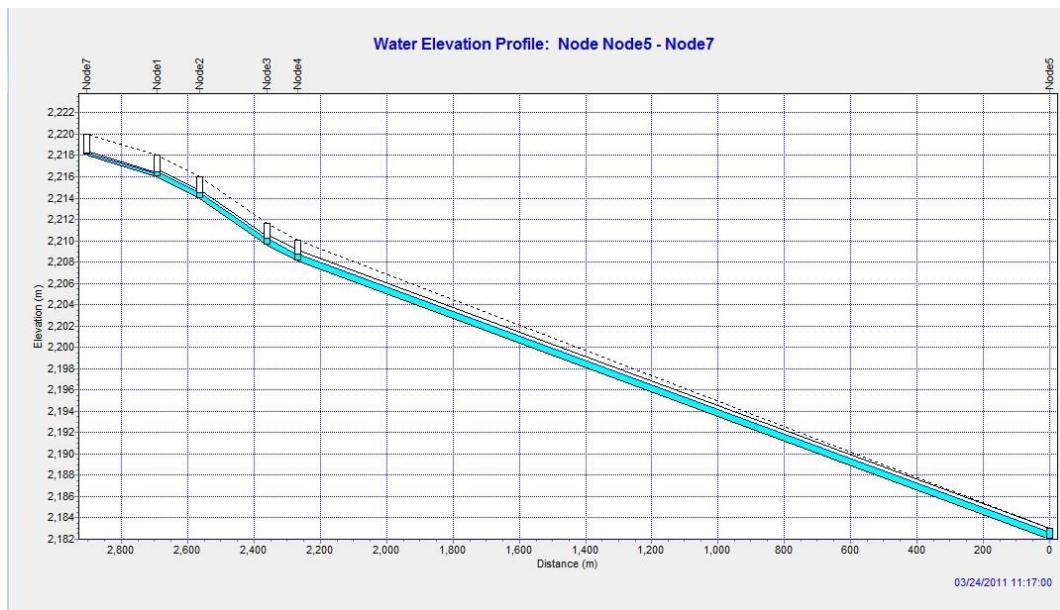
Los resultados de las simulaciones para el sistema de alcantarillado pluvial propuesto obtenido con el modelo SWMM, se muestran en la tabla 1. Los tirantes máximos obtenidos para la tubería de acero galvanizado en el sistema de alcantarillado pluvial se muestran en la figura 11.

**Tabla 1** Resultados del sistema con el modelo SWMM

Tubo	Longitud (m)	Cota Plantilla inicial	Cota Plantilla final	Pendiente (m/m)	Diámetro (cm)	Velocidad (m/s)	Flujo Max. (l/s)	Tirante Max. (cm)
7-1	212	2218.00	2216.00	0.00946	40	1.86	176	29
1-2	130	2216.00	2214.00	0.01538	70	3.40	1035	52
2-3	203	2214.00	2209.59	0.02168	80	4.34	1561	54
3-4	90	2209.59	2208.09	0.01668	100	4.29	2238	63
4-5	2270	2208.09	2182.00	0.01149	100	4.19	1959	64
6-3	125	2211.60	2209.59	0.01600	50	2.83	498	47



**Figura 1.10** Perfil de tirantes máximos obtenidos con SWMM



### 1.3 Conclusiones

El uso de modelos de simulación como SWMM ofrece una ventaja muy grande con respecto al uso muy generalizado del método Racional, que si bien es muy aceptado para resolver los problemas de diseño de redes de alcantarillado pluvial; no permite visualizar el comportamiento de los escurrimientos dentro de las alcantarillas que como se dijo antes es variable en el tiempo, lo cual se puede verificar con las simulaciones del modelo de la red.

Se observa también que la red por si misma sirve como un estructura de almacenamiento temporal del agua, que atenúa el proceso de inundación, esto es de suma importancia, pues este conocimiento permite diseñar sistemas más apegados a la realidad que se pueden utilizar de forma conjunta con otras estructuras de detención como tanques de almacenamiento temporal para aliviar de forma controlada el fenómeno de las inundaciones.

Otra ventaja del modelo es que permite observar la variación de los tirantes de circulación dentro de los ductos, pudiendo predecir de esta manera si en algún momento de la tormenta considerada para el diseño, los ductos se desborden produciendo inundaciones; lo que es imposible predecir con el uso del método Racional.

También se pueden simular diversos escenarios modificando la tormenta de diseño y con ello revisar los diámetros de los tubos, para encontrar los diámetros óptimos, esto permite realizar diseños de proyectos más económicos pues los diámetros obtenidos serán los más adecuados, evitando se sobredimensionen los sistemas de alcantarillado pluvial.

Una ventaja adicional en el uso del modelo SWMM, es que se puede realizar simulación continua lo cual es ventajoso cuando se tienen tormentas frecuentes y el comportamiento es diferente a cuando se tienen eventos aislados de precipitación, por las condiciones de humedad antecedente.

#### **1.4 Referencias**

Bradley, A., Cooper, P., Potter, K. y Price, T. (1996). Floodplain Mapping Using Continuous Hydrologic and Hydraulic Simulation Models. *Journal of Hydrologic Engineering*, 1 (2), 63-68.

Choi, K. y Ball, J. (2002). Parameter estimation for urban runoff modelling, *Urban water*, 4, 31-41.

EPA USA (2005). Storm water management model User's manual version 5.0 Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory Cincinnati. (Traducción al Español por GMMF), p 257.

Guo, Y. P. y Adams, B. J. (1998). Hydrologic analysis of urban catchments with event-based probabilistic models. 1. Runoff volume. *Water Resources Research*, 34(12),3421-3431. 2. Peak discharge rate. *Water Resources Research*, 34(12), pp.3433-3443.

Kibler, D. (1982). *Urban Stormwater Hydrology*. Water Resources Monograph 7. Washington, USA: American Geophysical Union.

Puertas, J., Suárez, J. y Cagiao, J. (2002). El sentido físico de los parámetros en la modelización numérica del drenaje urbano, *Ingeniería del agua*, 9, 3, 269-278.

WMS (2006). *Watershed Modeling System Software V.7.1*. Brigham Young University. 242 Clyde Building. Provo, UT 84602. [on line]: <http://www.emrl.byu.edu/wms.htm>

## **Medición de las dimensiones del producto en un sistema automatizado**

Alejandro Jurado, Eloísa Gallegos, Rafael Luna, Abraham Martínez y Ángel Martínez

A. Jurado, E. Gallegos, R. Luna, A. Martínez y Á. Martínez  
Universidad Tecnológica de Salamanca, Guanajuato  
alejandro.jurado.paramo@gmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

In this paper present a possibility for extract of characteristics of object via ultrasonic sensor. For applications in production processes. This consists in samples of distances between the sensor and the object in different positions. Then the data is processing to obtain the dimensions (large and width). The results present graphics of the error in the measurement and the behavior for the sensor with the objects.

## **2 Introducción**

En cuanto al manejo de productos en procesos de producción se tiene la necesidad de medir las dimensiones del producto, el volumen o la forma de manera rápida y con un rango de error muy pequeño por cuestiones de calidad. Uno de los sensores ampliamente utilizados para el posicionamiento de sistemas automáticos es sin duda el sensor ultrasónico el cual es un sensor de distancia. Este sensor se utilizará para determinar el largo y el ancho de objetos rectangulares.

Sensor ultrasónico:

El funcionamiento básico se basa en el tiempo de vuelo de una señal ultrasónica de 40 KHz. La distancia se calcula utilizando la siguiente fórmula:

Interfaz para la captura de datos en la PC: La interfaz para la captura de datos en la PC se lleva a cabo mediante un convertidor RS232 a USB y un PIC16F877A. En esta etapa se hace la conversión de protocolos debido a que se utilizó el PIC16F877A posteriormente se harán mejoras y se optará por utilizar el PIC18F4550 el cual integra un bloque para transmisión por el protocolo USB.

Encoder: El encoder consiste en una base dividida en 180 partes para medir la posición angular del objeto con respecto al sensor. El sensor que se utiliza para medir este ángulo es un fototransistor con un led infrarojo.

### **2.1 Metodología**

Para el desarrollo de este trabajo se realizaron las siguientes actividades:

- Prueba del sensor con un PIC16F877A
- Construcción de una base giratoria con un servomotor de 360° y giro continuo.
- Realización e instalación de un encoder para tener la posición del objeto cada 2 grados.

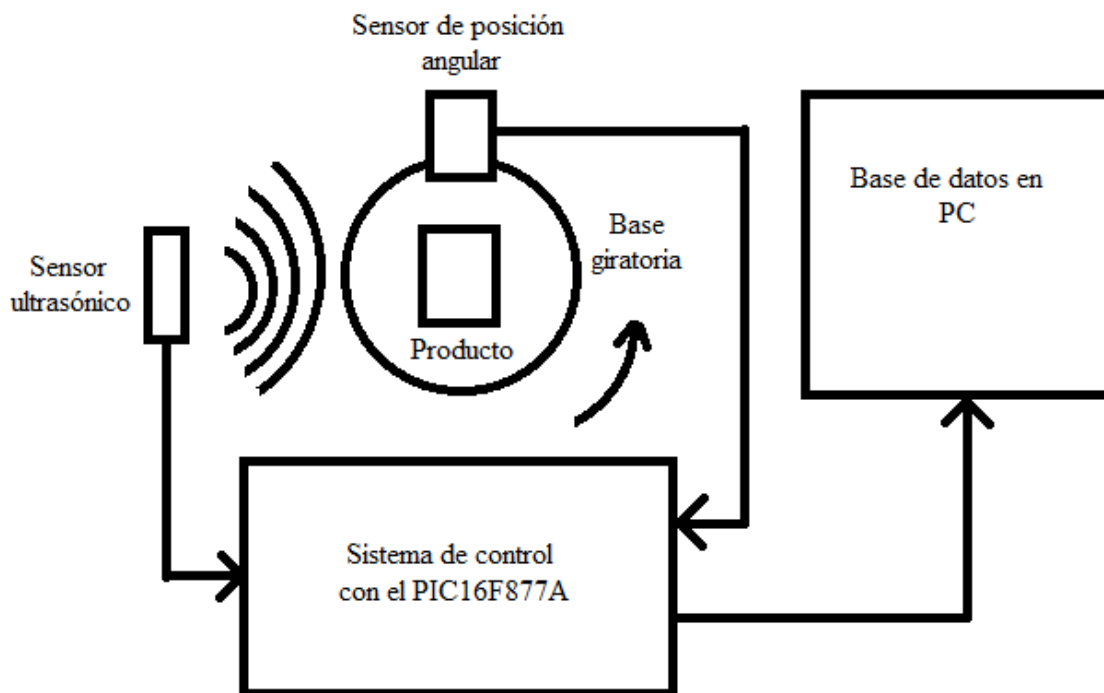
- Programación y armado para construir una interfaz para la adquisición de datos del sensor ultrasónico y del encoder.
- Realización de una base de datos para el análisis y procesamiento de señal.
- Algoritmo para el procesamiento de señales.

El sensor ultrasónico consiste en un módulo HC-SR4. Este sensor tiene un rango de 2cm a 400cm de alcance y trabaja con una frecuencia de 40KHz. Para obtener una medición del sensor se activa mediante un pulso de  $10\mu\text{s}$  y se mide el tiempo de respuesta, el cual determinará la distancia de acuerdo a la ecuación 1 descrita anteriormente. El encoder consiste en una base transparente dividida con 180 líneas oscuras las cuales interrumpen la señal que recibe el fototransistor del led infrarrojo proporcionando una señal cuadrada. El ángulo se obtiene utilizando la siguiente fórmula.

La base giratoria es movida mediante un servomotor de  $360^\circ$  y giro continuo. Este servomotor puede cambiar la dirección de giro o detenerse mediante una señal PWM.

En la figura 2 se muestra la interacción de los tres bloques.

**Figura 2** Integración del sistema completo



El sensor de posición angular se comunica con el PIC16F877A y le indica la posición en la que se encuentra y cada que se incrementa la posición en el encoder el servomotor se detiene y toma la medida en esa posición posteriormente cada una de estas mediciones se pasan a una PC mediante una interfaz. Cada uno de estos datos se almacenan en una base de datos y serán procesados posteriormente para el cálculo de las dimensiones del objeto en estudio utilizando las fórmulas descritas en el apartado siguiente. Donde:

A es el ancho

C es la distancia del sensor al centro de la base giratoria  $d_1$  es la distancia del sensor a la cara 1

$d_2$  es la distancia del sensor a la cara 2

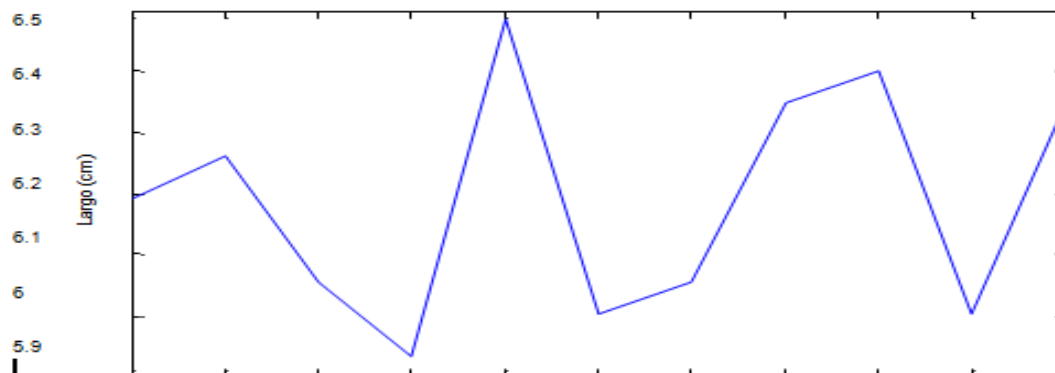
$d_3$  es la distancia del sensor a la cara 3  $d_4$  es la distancia del sensor a la cara 4.

## 2.2 Resultados

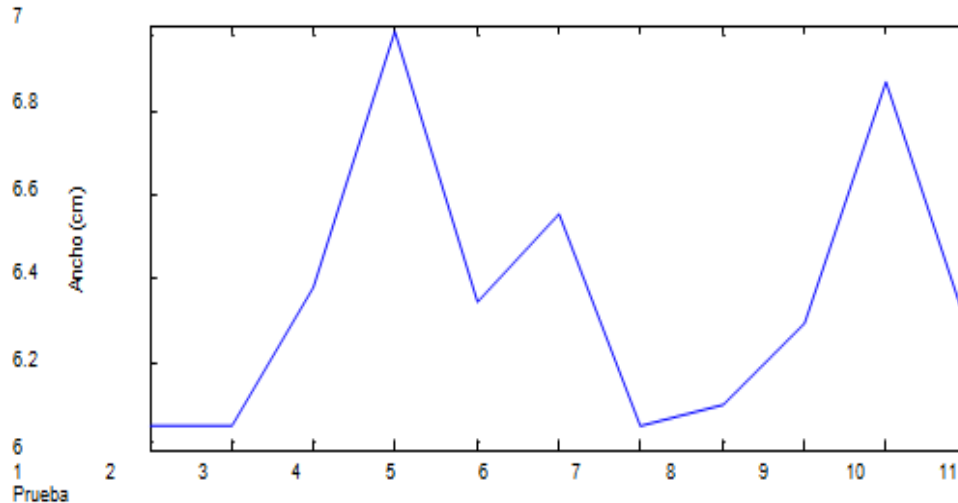
La base de datos construida consta de 11 pruebas con 180 mediciones de distancia cada una. Cada una de estas pruebas nos entrega el largo y ancho del objeto.

Para la validación de los resultados se aplicaron las fórmulas 3 y 4 que anteriormente se mencionan los resultados de cada una de las pruebas se muestran en el grafico 2 y en el grafico 2.1.

**Grafico 2** En esta gráfica se muestran los resultados de cada una de las 11 pruebas para el cálculo del largo del objeto



**Grafico 2.1** En esta gráfica se muestran los resultados de cada una de las 11 pruebas para el cálculo del ancho del objeto



También se calculó un promedio de cada una de las tablas anteriores obteniendo como resultado los siguientes valores

Medida real del objeto en (cm)	Medida realizada por el sistema (cm)	Porcentaje de error
Largo = 6	6.18	3%
Ancho = 6	6.36	6%

### 2.3 Discusión

En estos resultados se puede apreciar el rango de error en la medición del sensor primero mediante varias pruebas y finalmente se calcula el promedio. El porcentaje de exactitud es bueno más sin embargo el sistema se tendrá que diseñar para que realice el procedimiento un determinado número de veces. Considerando que una prueba consta de 180 mediciones del orden de entre  $250\mu\text{s}$  a  $10000\mu\text{s}$  entonces el sensor se tardaría aproximadamente  $120000\mu\text{s}$  y el servomotor tiene una velocidad de 60 RPM entonces el tiempo de medida dentro del sistema depende principalmente del servomotor.

Posteriormente en trabajos futuros se maximizara la exactitud de nuestro sistema modificando los parámetros de trabajo del sensor ultrasónico.

## 2.4 Conclusiones

Este proyecto se encuentra en sus primeras fases la cual consiste en solo obtener el largo y ancho de un cubo de arista 6 cm. Tiene muchas ventajas dentro de la industria ya que utiliza un método de medición no invasivo el cual permite que el producto no se dañe. Con respecto a los resultados son muy buenos pues tenemos un error del 3% y 6%.

## 2.5 Referencias

Pauvonic Ivan, Todorovic Darko, Bozic Miroslav, S. Djordjevic, December 2009, Calibration of Ultrasonic Sensors of a Mobile Robot, Serbian journal of electrical engineering, Vol. 6, 3, 427-437

Zou Yi, Ho Yeong Khing, Chua Chin Seng, and Zhou Xiao Wei, Multi-ultrasonic sensor fusion for autonomous mobile robots, School of Electrical and Electronic Engineering, Nanyang Technological University, Nanyang Avenue, Singapore, 639798.

Cao Alex, Borenstein Johann, April 1-5, 2002, Experimental Characterization of Polaroid Ultrasonic Sensors in Single and Phased Array Configuration, Presented at the UGV Technology Conference at the 2002 SPIE AeroSense Symposium, Orlando, FL



## **Minería de datos para perfilamiento de las brechas digital y educativa de ciudades en censos de población y vivienda**

Sergio Coria, Ivania Orozco y Juan Luna

S. Coria, I. Orozco y J. Luna  
Universidad de la Sierra Sur (UNSIIS), Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca., México  
coria@unsis.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

This work proposes and evaluates a data mining methodology to discover profiles of cities on the basis of educational characteristics of inhabitants and on discrete classes describing the presence of information and communication technologies (ICT) in households. City profiling involves discovering the variables and their corresponding values that allow distinguish classes of cities within a country regarding a determined target variable. Pattern discovery on the interaction among educational attainment of inhabitants, presence of ICT in households and other demographical and economical variables is relevant to researchers, public policy makers and private company managers. Using city (municipality) as analysis and modeling unit is novel in this research field because most of previous work has used the country level. In addition, the data mining approach is also novel in this area because prevailing approaches are based on creating composite quantitative indexes or on performing multivariate analyses.

## **3 Introducción**

Existen diversas teorías sobre la noción de brecha digital. Esta investigación está basada en la definición establecida por (OECD, 2007): las diferencias entre individuos, hogares, negocios y áreas geográficas en distintos niveles socio-económicos respecto a sus oportunidades para acceder a tecnologías de información y comunicación (TIC), así como a su utilización de Internet para una amplia variedad de actividades. Por su parte, la brecha educativa involucra, principalmente, las diferencias entre el número de años de educación formal de los individuos de una región, país o conjunto de países. Generalmente, el fenómeno de la brecha educativa se investiga usando la medida denominada logro educativo (educational attainment) como medio de comparación entre diferentes contextos geográficos o socio-económicos. El logro educativo refiere al grado más alto completado dentro del nivel más avanzado atendido en el sistema educativo del país [u otra unidad territorial] donde se recibió la educación (OECD, 2007). Sobre esta base, un amplio número de países miden el logro educativo en términos del número de años acumulados de educación formal correspondiente al grado educativo más alto estudiado.

La investigación sobre la relación entre brecha digital y brecha educativa es relevante porque su entendimiento en contextos nacionales e internacionales puede conducir a explicaciones causales útiles para crear políticas públicas o para crear estrategias de empresas privadas que impacten en el mejoramiento de las condiciones socio-económicas de la población. Además de la disponibilidad de TIC y del logro educativo, otras variables demográficas y económicas que están involucradas en este fenómeno son, por ejemplo: poder adquisitivo de individuos o de familias, precios de los servicios de telefonía y de Internet, aspectos de regulación gubernamental sobre las TIC, etc. (Chinn & Fairlie, 2007).

Desde la década pasada, los censos de población y vivienda de una serie de países ofrecen online una amplia variedad de datos demográficos y socio-económicos que están disponibles en diferentes niveles geográficos de agregación y que incluyen información sobre bienes y servicios de TIC en hogares.

Uno de estos niveles de agregación es el de ciudad, que se ha vuelto más importante para propósitos de análisis y modelación porque los investigadores, los funcionarios gubernamentales y los administradores de empresas privadas requieren una mayor comprensión de los fenómenos de las brechas digital y educativa a este nivel.

El problema de investigación que abordamos en este trabajo consiste en determinar cómo las técnicas de minería de datos, particularmente los árboles de clasificación (AC, para abreviar) y el análisis de correlación pueden usarse para descubrir patrones no-triviales en el fenómeno que involucra la relación entre brecha digital, brecha educativa y otras variables demográficas y socio-económicas que están disponibles en censos de población y vivienda. El interés es en el nivel de ciudad (específicamente, el de *municipio*) debido a las razones expuestas anteriormente.

Respecto a las técnicas de AC (Han, Kamber & Pei, 2011), se eligió el algoritmo J4.8 (Witten & Frank, 2011), a su vez inspirado en el algoritmo C4.5 (Quinlan, 1993), porque además de las fortalezas de los algoritmos de AC en general, este está implementado en una herramienta de software libre: WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis). El análisis de correlación, particularmente la regresión lineal simple (RLS), se aplica como técnica de análisis y modelación porque permite medir fácilmente y en modo general y compacto la interacción entre pares de variables numéricas.

Este artículo está organizado en las secciones que se enumeran a continuación: la sección 3.1 comenta los antecedentes y algunos trabajos relacionados. La sección 3.2 describe los datos fuente que son usados para crear y evaluar nuestra metodología. La sección 3.3 presenta la metodología de minería de datos que proponemos. La sección 3.4 presenta los resultados obtenidos. La sección 3.5 discute los resultados y, finalmente, la sección 3.6 presenta algunas conclusiones y sugiere trabajo de investigación futuro en este campo.

### **3.1 Antecedentes y trabajos relacionados**

Las investigaciones sobre la correlación entre la disponibilidad y uso de TIC (tanto en hogares como en escuelas) por una parte, y el logro educativo por otra parte, ofrecen resultados contradictorios (OECD, 2010). Sin embargo, los resultados de la prueba PISA del año 2003 sugieren que los resultados más bajos son obtenidos por estudiantes con acceso limitado a las TIC, con menor experiencia en uso de TIC y menos confianza en su habilidad para usar computadoras. También, el uso más frecuente de TIC no siempre está correlacionado con mayores puntajes en pruebas PISA.

Por otra parte, respecto a la influencia del logro educativo sobre el grado de brecha digital de contextos territoriales determinados, otros trabajos, por ejemplo (Robinson, DiMaggio & Hargittai, 2003), establecen que el logro educativo podría estar asociado a la brecha digital más de lo que el poder adquisitivo de la población está asociado con esta última.

En un estudio sobre las formas de reducir la brecha digital para la población de bajos ingresos en Australia, (Yelland & Neal, 2013) descubrieron que el acceso a computadoras e Internet por jóvenes de edad escolar de familias desfavorecidas facilitaba la realización de tareas escolares, les permitía comunicarse con amigos y darles acceso a actividades de esparcimiento. Estos beneficios eran alcanzables debido a un entrenamiento para instalar y usar la computadora y a apoyo de línea de ayuda.

De acuerdo a la OECD (2012), los hogares de sus países miembros tienen altos porcentajes de acceso a Internet. En promedio, 67% de los hogares reportaron una suscripción de banda ancha en 2011. Sin embargo, México estaba debajo del porcentaje promedio, con aproximadamente 20% de los hogares con acceso a banda ancha. La OECD reporta que 47% de los usuarios de Internet en sus países miembros usan Internet para aprender. En México, solamente 10% lo usa para este propósito. La brecha digital es todavía un reto a resolver en México, tanto en hogares como en escuelas. En otros países, el acceso a TIC en escuelas está próximo a ser completo y la nueva preocupación es reducir la brecha en términos de competencias y habilidades para beneficiarse del uso de computadoras (OECD, 2012b).

Esta investigación está inspirada en las líneas generales descritas por (Coria et al., 2013), (Coria et al., 2013b) y (Coria et al., 2013c). Una metodología novedosa para analizar y modelar la brecha digital de ciudades (sin profundizar en el fenómeno de la brecha educativa) es propuesta por (Coria et al., 2013); ellos usan el algoritmo J4.8 para producir un conjunto de AC que describen perfiles de brecha digital de ciudades (municipios) usando datos del Censo Mexicano 2010. *Delta score* (Coria et al., 2013c) es propuesta como una medida multidimensional discreta de la brecha digital de ciudades. Esta medida puede interpretarse como un *ranking* de ciudades basado en la presencia de bienes y servicios de TIC, particularmente Internet, PC, teléfono fijo y teléfono celular. Su variante, *Delta+* (Delta Plus), incluye una medición del logro educativo a nivel de ciudad.

Delta y Delta+ pueden usarse también en inferencia estadística para propósitos de análisis y modelación de brecha digital de ciudades. En (Coria et al., 2013b) se hace una comparación entre los algoritmos J4.8 y PART (Frank & Witten, 1998) como medios para analizar y modelar la brecha digital de ciudades (la brecha educativa no es abordada); concluye que ambos algoritmos son útiles para este propósito, aunque PART puede producir modelos más compactos que presentan *accuracies* similares a las logradas por modelos J4.8.

### 3.2 Datos fuente

Los datos para crear y evaluar nuestra metodología provienen del Censo de Población y Vivienda de México del año 2010 (INEGI, 2011), que describe 2,456 municipios. Su correspondiente diccionario de datos (INEGI, 2011b) es altamente útil para explotar esta información. Sus aproximadamente 200 atributos están organizados en 14 categorías, como se enumera a continuación: identificación geográfica (9 atributos), población (47), fecundidad (1), migración (12), población indígena (13), discapacidad (9), educación (42), características económicas (12), servicios de salud (6), situación conyugal (3), religión (4), hogares censales (6), características de la vivienda (35) y tamaño de localidad (1).

Los items de identificación geográfica son: coordenadas geográficas (longitud, latitud, altitud), así como nombres e identificadores de entidad federativa, municipio y localidad (unidad territorial más pequeña que el municipio). La sección del censo que contiene el mayor número de atributos es la categoría de población; sus atributos consideran sexos y varios segmentos de edades de los habitantes.

La categoría de educación es la segunda con más atributos. Estos describen a la población considerando sexos y segmentos de edades que: asisten, o no, a la escuela; saben, o no, leer y escribir; tienen, o no, educación primaria incompleta; tienen, o no, secundaria incompleta y tienen, o no, educación post-básica. También, esta categoría incluye variables muy importantes para esta investigación: promedios de años de educación de población masculina, femenina y totalizada. Una de las variables más importantes en esta categoría es GRAPROES (promedio de años de educación de la población, tomada aquí como una medición del logro educativo).

Los atributos sobre características de la vivienda son importantes para esta investigación porque incluyen cuatro variables descriptivas de bienes y servicios de TIC en hogares: número de hogares por municipio que tienen Internet (*VPH\_INTER*), computadora personal (*VPH\_PC*), teléfono fijo (*VPH\_TELEF*) y teléfono celular (*VPH\_CEL*). Además, otras variables interesantes en esta categoría abordan la presencia de: electricidad, receptor de radio, televisor, automóvil, refrigerador doméstico y lavadora de ropa.

Un aspecto importante de los datos del censo en relación a los propósitos de esta investigación es que no incluyen estrictamente información específica sobre el ingreso económico de los habitantes (p. ej. ingreso promedio por municipio). Aunque esta variable es importante para analizar los fenómenos de la brecha digital y del logro educativo, esta investigación se limita a explorar únicamente las variables disponibles en el censo. Esta variable podría incluirse en análisis y modelos a realizarse en trabajo futuro.

### 3.3 Metodología de minería de datos

La metodología de minería de datos que proponemos es altamente similar a la de (Coria et al., 2013) y (Coria et al., 2013b), pero está complementada con el uso de análisis de correlación, el cual no es utilizado por ninguna de estas dos.

Por lo tanto, nuestra metodología usa el algoritmo J4.8 para producir un conjunto de AC, y regresión lineal simple (RLS) para producir análisis de correlación.

Desde una perspectiva teórica, se eligió el algoritmo J4.8 porque produce automáticamente modelos clasificadores que describen las interacciones entre grandes conjuntos de datos, lo cual permite descubrir y representar patrones implícitos en el fenómeno de la interacción entre brechas digital y educativa de ciudades.

También, porque en comparación con otros algoritmos clasificadores (como el perceptrón multicapa), los modelos J4.8 son más expresivos y fáciles de entender para usuarios que no son expertos en aprendizaje automático.

Por otra parte, se aplica RLS porque permite evaluar qué tanto una variable específica podría estar asociada a otra en un fenómeno determinado. Se descartaron otras técnicas más sofisticadas para análisis de correlación porque el propósito principal en esta investigación es descubrir las correlaciones más sustanciales. La metodología está constituida por los siguientes pasos generales: 1) selección de datos, b) preprocesamiento, c) discretización, d) organización de datasets experimentales, e) generación y evaluación del conjunto de AC, y f) análisis de RLS. Estos pasos son explicados a continuación.

### **3.4 Selección de Datos**

Al igual que en (Coria et al., 2013), se selecciona la gran mayoría de los atributos de la base de datos del censo. Los datos que no son seleccionados son: seis identificadores geográficos que no pueden contribuir al descubrimiento de patrones, incluyendo dos de localidad, dos de municipio y dos de entidad federativa; también, la variable de tamaño de localidad es descartada manualmente porque representa al número total de habitantes del municipio usando una escala numérica ordinal y preferimos usar el número total de habitantes disponible en la base de datos fuente.

El número total de atributos que se incorporan en cada dataset experimental depende de cuál sea la variable objetivo (*target*) para la creación de sus correspondientes modelos de AC. La razón es que una serie de targets específicos no necesitan (o no deben usar) a un subconjunto determinado de atributos para evitar así la generación de patrones triviales en los modelos de AC y de RLS. Por ejemplo, si el target para crear un AC es la variable discretizada que representará al promedio municipal de años de educación, entonces los atributos de porcentajes de población que tiene diversos niveles de educación son manualmente descartados del dataset experimental.

### **3.5 Reprocesamiento**

Se realizan cálculos sencillos sobre las variables seleccionadas de los datos fuente para producir los porcentajes de hogares y de habitantes por municipio considerando la mayoría de los atributos del censo.

El porcentaje de hogares que tienen Internet en un municipio determinado es calculado dividiendo el número de hogares que tienen Internet entre el número total de hogares del municipio. Las cuatro variables de ICT se usan para producir estas variables porcentuales: *VPH\_INTER\_%*, *VPH\_PC\_%*, *VPH\_TELEF\_%* and *VPH\_CEL\_%*. Se realizan cálculos similares sobre todas las otras variables seleccionadas.

Las variables del censo que no necesitan ningún cálculo son, por ejemplo, las coordenadas geográficas, el total de habitantes del municipio, el promedio de hijos nacidos vivos, entre otras. El promedio municipal de años de educación es procesado realizando un simple redondeo (ver subsección 3.3 *Discretización*).

### 3.6 Discretización

Se realiza una discretization sobre los atributos porcentuales *VPH\_INTER\_%*, *VPH\_PC\_%*, *VPH\_TELEF\_%* y *VPH\_CEL\_%* para producir cuatro variables nominales que se usan como target para los modelos de AC. Se usan varios tamaños de intervalo para hacer la discretización de cada atributo porcentual. A su vez, la discretización de *GRAPROES* se realiza como un simple redondeo hacia arriba (*half-up rounding*) para transformar ese número de tipo real en un entero de dos dígitos que se maneja como valor nominal.

Los valores nominales correspondientes a los atributos porcentuales se producen como sigue: con *VPH\_INTER\_%* se genera *inet\_6* e *inet\_25*; con *VPH\_PC\_%* se produce *pc\_6* y *pc\_25*; con *VPH\_TELEF\_%* se genera *telef\_7* y *telef\_25*; y con *VPH\_CEL\_%* se genera *cel\_7* y *cel\_25*. Los números 6, 7 y 25 en los nombres de los atributos nominales refieren al tamaño de intervalo usado para discretización en cada caso. Los valores para cada atributo nominal se definen usando un conjunto de etiquetas:  $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ , que representan a la *clase 1* (la clase con porcentajes más altos en cualquier variable), *clase 2*, *clase 3...* y *clase n* (la clase con porcentajes más bajos en cualquier variable). Por ejemplo, *inet\_6* es el atributo nominal que describe la presencia de Internet en hogares de municipios considerando un tamaño de intervalo de 6 puntos porcentuales; los municipios con porcentajes más altos de Internet corresponden a la *clase 1* ( $c_1$ ) y aquellos con los porcentajes más bajos pertenecen a la *clase n* ( $c_n$ ), donde  $n$  es igual al número total de clases de esa variable. La Tabla 3 muestra más detalles acerca del manejo de intervalos para los atributos discretizados en los diversos datasets experimentales. Con *GRAPROES* se produce *graproes\_1*, *graproes\_4*, *graproes\_5* y *graproes\_6*. Los números 1, 4, 5 y 6 también refieren a tamaños de intervalo, aunque en este caso no se trata de intervalos de porcentajes, sino de números de años de educación (ver Tabla 3). Por ejemplo, en *graproes\_1* el tamaño de intervalo es de 1 año, y los valores nominales  $c_1$  a  $c_n$  que se manejan para este atributo representan:  $c_1$ , a la clase de municipios con el mayor número de años de educación, y  $c_n$  a la clase de municipios con el menor número. Los tamaños de intervalo para discretizar los porcentajes de cada una de las cuatro variables de TIC se definieron en dos modalidades distintas: 1) usando la fórmula de (Sturges, 1926), y 2) estableciendo un tamaño convencional de 25 puntos porcentuales para manejar 4 clases nominales ( $c_1, c_2, c_3, c_4$ ) en cada variable.

La fórmula de Sturges es:  $C = rango / (1 + 3.322 \log N)$ , donde  $C$  es el tamaño óptimo de intervalo,  $rango$  es la diferencia entre los valores máximo y mínimo del atributo y  $N$  es el número de instancias en el dataset (2,456 municipios).

**Tabla 3** Datasets Experimentales y Resultados de los Árboles de Clasificación Generados

Tema	Atributo target del dataset	No. de clases en dataset	Clases mayoritarias en dataset	ID del árbol	Comentarios sobre predictores seleccionados manualmente	Accuracy (%) del árbol	Kappa del árbol	No. de hojas del árbol	Atributo raíz del árbol
Internet	inet_6	12	c12 (63.6%) + c11 (18.4%) = 82.0%	i6pc	Con VPH_PC_%. Sin VPH_PC_%. = 82.0%	82.4	0.6797	120	VPH_PC_%. P18YM_PB_F_%. = 82.0%
				i6nopc	Sin VPH_PC_%. = 18.4%	75.3	0.5484	179	P18YM_PB_F_%. = 18.4%
	inet_25 <sup>a</sup>	4	c4 (95.0%)	i25pc	Con VPH_PC_%. Sin VPH_PC_%. = 95.0%	98.6	0.8786	9	VPH_PC_%. GRAPROES_F_%. = 95.0%
				i25nopc	Sin VPH_PC_%. = 5.0%	97.7	0.7599	22	GRAPROES_F_%. = 5.0%
PC	pc_6	12	c12 (34.5%) + c11 (26.1%) + c10 (16.9%) + c9 (9.6%) = 87.2%	p6i	Con VPH_INTEER_%. Sin VPH_INTEER_%. = 87.2%	73.8	0.6594	183	VPH_INTEER_%. GRAPROES_F_%. = 87.2%
				p6noi	Sin VPH_INTEER_%. = 12.8%	63.7	0.5283	249	GRAPROES_F_%. = 12.8%
	pc_25 <sup>a</sup>	4	c4 (88.4%)	p25i	Con VPH_INTEER_%. Sin VPH_INTEER_%. = 88.4%	96.5	0.8329	25	VPH_INTEER_%. P18YM_PB_M_%. = 88.4%
				p25noi	Sin VPH_INTEER_%. = 11.6%	95.2	0.7619	32	P18YM_PB_M_%. = 11.6%
Teléfono fijo	telefon_7	13	c12 (18.2%) + c11 (16.9%) + c10 (15.1%) + c13 (13.6%)+ c9 (12.1%) + c8 (10.0%) = 86.0%	t7i	Con VPH_INTEER_%. Sin VPH_INTEER_%. = 86.0%	32.5	0.2194	506	VPH_AUTO_M_%. VPH_AUTO_M_%. = 86.0%
				t7noi	Sin VPH_INTEER_%. = 14.0%	31.5	0.2069	503	VPH_AUTO_M_%. = 14.0%



	telef_25 <sup>a</sup>	4	c4 (57.9%) + c3 (36.4%) = 94.3%	t25i	Con VPH_INTER. %.	78.9	0.5871		VPH_INTER_%
				t25noi	Sin VPH_INTER. %.	77.1	0.5655	180	VPH_REFRI_%
Teléfono celular	cel_7	13	c13 (16.7%) + c6 (11.3%) + c7 (9.6%) + c5 (8.9%) + c8 (8.9%) + c4 (7.0%) + c9 (7.0%) + c12 (6.9%) + c3 (6.3%) = 82.7%	c7	*****	29.4	0.2221	523	VPH_PC_%
	cel_25 <sup>a</sup>	4	c4 (32.1%) + c2 (30.3%) + c3 (30.0%)	c25	*****	68.6	0.5573	217	VPH_PC_%
Promedio de años de educación	grapros_1	13	c9 (27.6%) + c10 (22.5%) + c8 (18.6%) + c7 (11.2%) = 80.0%	e1	Sin otros atributos de educación.	50.0	0.3831	341	VPH_PC_%
				d1	Solo delta_score .	44.8	0.3011	28	delta_score
	grapros_4	4	c3 (80.0%)	e4	Sin otros atributos de educación.	87.1	0.6108	85	VPH_PC_%
				d4	Solo delta_score .	83.7	0.3316	28	delta_score
grapros_5	3	c3 (61.8%) + c2 (38.2%) = 99.9%	e5	Sin otros atributos de educación.	88.2	0.7496	83	VPH_PC_%	

				d5	Solo delta_score	81.9	0.6176	28	delta_s core
	grap oes_6	2	c2 (80.4%)	e6	Sin otros atributos de educación.	93.5	0.7925	46	VPH_P C_%
				d6	Solo delta_score	90.8	0.6682	28	delta_s core

El tamaño de intervalo no está calculado con la fórmula de Sturges, que se basa en el rango de la variable, sino definido de modo convencional con base en una escala de 0% a 100%

**Organización de Datasets Experimentales:** Una vez que los porcentajes de las variables seleccionadas han sido calculados y los atributos *target* han sido discretizados, se crean 12 datasets (ver Tabla 1).

Cada dataset corresponde a un atributo target deseado para crear modelos de AC y de RLS. En cada dataset se incluyen casi todos los atributos porcentuales generados a partir de las cantidades de hogares y de habitantes correspondientes a cada categoría del censo. También, se incluyen otros atributos que no requieren ningún tratamiento aritmético y que son incorporados directamente de la fuente de datos original, como los mencionados en la sección preprocesamiento.

**Generación y Evaluación de Árboles de Clasificación:** Los modelos de AC son creados antes que los de RLS porque con los primeros se identifica cuáles son los pares de variables que podrían tener mayor potencial para estar correlacionadas en el fenómeno de nuestro interés. La Tabla 3.1 muestra los modelos generados con el software WEKA (Witten & Frank, 2011) para los diversos datasets.

**Tabla 3.1** Análisis de correlación de variables clave del censo usando RLS

Análisis No.	Variables analizadas <sup>b</sup>	Ecuación lineal	R <sup>2</sup>
1	VPH_INTER_% (y), VPH_PC_% (x)	$y = 0.751x - 2.496$	0.925 1
2	VPH_PC_% (y), P18YM_PB_M_% (x)	$y = 2.496x - 3.030$	0.799 0
3	VPH_PC_% (y), GRAPROES (x)	$y = 6.209x - 29.243$	0.786 1
4	VPH_INTER_% (y), P18YM_PB_F_% (x)	$y = 1.782x - 4.689$	0.739 0
5	VPH_INTER_% (y), GRAPROES (x)	$y = 4.454x - 23.060$	0.663 0
6	VPH_INTER_% (y), GRAPROES_F (x)	$y = 4.221x - 20.910$	0.645 0
7	VPH_CEL_% (y), GRAPROES (x)	$y = 13.009x - 47.690$	0.632 1
8	VPH_INTER_% (y), VPH_TELEF_% (x)	$y = 0.409x - 3.160$	0.573 0
9	VPH_TELEF_% (y), VPH_REFRI_% (x)	$y = 0.462x - 5.699$	0.520 0
10	VPH_INTER_% (y), VPH_CEL_% (x)	$y = 0.240x - 2.782$	0.519 0
11	VPH_TELEF_% (y), VPH_AUTOM_% (x)	$y = 0.556x + 6.554$	0.472 0
12	VPH_TELEF_% (y), GRAPROES (x)	$y = 6.616x - 20.263$	0.428 9

*VPH\_INTER\_%* es porcentaje de hogares con Internet; *VPH\_PC\_%* es porcentaje de hogares con PC; *P18YM\_PB\_M\_%* es porcentaje de habitantes que tienen 18 o más años que son varones y que tienen educación post-básica; *GRAPROES* es el promedio de años de educación; *P18YM\_PB\_F\_%* es el porcentaje de habitantes que tienen 18 o más años que son mujeres y que tienen educación post-básica; *GRAPROES\_F* es promedio de años de educación de población femenina; *VPH\_CEL\_%* es porcentaje de hogares con teléfono celular; *VPH\_TELEF\_%* es porcentaje de hogares con teléfono fijo; *VPH\_REFRI\_%* es porcentaje de hogares con refrigerador; *VPH\_AUTOM\_%* es porcentaje de hogares con automóvil

Los criterios de aceptación (Coria et al., 2013) de los AC son: 1) accuracy mayor o igual que 75%, 2) Kappa (Cohen, 1960) mayor o igual que 0.67 y 3) número de clases mayoritarias mayor o igual que 2. Posteriormente, con base en (Coria et al., 2013) y (Coria et al., 2013b), de cada árbol aceptado se debe: 1) extraer sus reglas clasificadoras, 2) calcular sus respectivos valores de soporte (*support*, *coverage*) y de confianza (*confidence*), 3) ordenar las reglas con base en su valor de soporte para identificar las más significativas y, 4) agrupar las reglas correspondientes a cada clase para identificar los perfiles de los municipios.

Análisis de RLS: Una vez generados los AC e identificados los que cumplan los criterios de aceptación, se realiza un análisis de RLS para cada uno de aquellos usando, por ejemplo, Microsoft Excel, Calc de OpenOffice, R, etc.

Para cada AC elegido, su correspondiente análisis de RLS se realiza designando como variable independiente ( $x$ ) a la variable numérica correspondiente al atributo que aparece como raíz del AC, y como variable dependiente ( $y$ ) al atributo porcentual correspondiente al atributo nominal que se haya definido como *target*. Después, se calculan la ecuación lineal para  $y$  y la medida de correlación  $R^2$ , considerando los valores generalmente aceptadas en la literatura para su interpretación: -1.0, alta correlación negativa; 0.0, no existe correlación; +1.0, alta correlación positiva.

Por ejemplo, en la Tabla 3, en el árbol *i6pc*, el target es *inet\_6* y la raíz es *VPH\_PC\_%*, así que su RLS se realiza designando a *VPH\_PC\_%* como  $x$  y a *VPH\_INTER\_%* como  $y$ . Los análisis se generan así porque el atributo que aparece como raíz en un AC es el que tiene el mayor poder discriminador entre todos los atributos de su dataset para clasificar instancias  $y$ , por lo tanto, tiene también el mayor potencial para estar correlacionado con el target. De este modo, se puede medir, por ejemplo, la correlación entre presencia de PC y presencia de Internet en hogares de los municipios.

### 3.7 Resultados

La Tabla 3 presenta las principales características de los datasets experimentales junto con los resultados de los 22 modelos de AC de estos (todos los modelos de AC completos están disponibles con los autores). La Tabla 3.1 muestra los resultados de RLS. En la Tabla 1, para cada aspecto del fenómeno de interés (Internet, PC, teléfono fijo, telefono celular y promedio de años de educación), se define una serie de targets en varios datasets considerando diferentes tamaños de intervalo que, a su vez, determinan al número de clases en el correspondiente dataset. Las clases mayoritarias son aquellas que, con base en análisis de Pareto, constituyen aproximadamente el 80% de las instancias del dataset.

Con cada dataset se producen varios modelos de AC, en los cuales se incorporan o se excluyen manualmente algunos atributos dependiendo del target. Por otra parte, en la Tabla 3 se presentan los resultados de RLS que tienen  $R^2$  mayor o igual que +0.4; están ordenados con base en este valor en forma descendente, de modo que se identifican los casos que tienen las correlaciones positivas más significativas.

Resultados de Árboles de Clasificación (AC): Con base en los criterios de aceptación enumerados en la sección Generación y Evaluación de Árboles de Clasificación, la Tabla 1 muestra que solamente dos modelos de AC son aceptables: 1) *i6pc*: su target es la presencia de Internet con tamaño de intervalo 6, usando el atributo *VPH\_PC\_%* junto con otros predictores, y 2) *e5*: su target es el grado promedio de estudios con tamaño de intervalo 5, sin utilizar ninguno de los otros atributos predictores relacionados con educación. De los árboles aceptados, se muestran como ejemplo las reglas que tienen mayor soporte:

En *i6pc*: Si  $VPH\_PC\_ \% \leq 11.9$  AND  $VPH\_PC\_ \% \leq 8.5$ , entonces *inet\_6*:  $c_{12}$  (ocurre en 1,154 de 2,456 municipios, sin excepción). Significa: si los hogares con PC son menores o iguales al 11.9% y además son menores al 8.5%, entonces el municipio pertenece a la clase 12 de *inet\_6*, teniendo entre 0% y 6% de presencia de Internet en hogares.

En *e5*: Si  $VPH\_PC\_ \% \leq 10.2$  AND  $VPH\_PC\_ \% \leq 7.0$  AND  $PNACENT\_F\_ \% > 44.8$ , entonces *grapros\_5*:  $c_3$  (ocurre en 902 de 2,456 municipios, con 7 excepciones). Significa: si los hogares con PC son menores o iguales al 10.2% y además son menores al 7.0% y la población femenina nacida en la misma entidad federativa del municipio es mayor al 44.8%, entonces el municipio pertenece a la clase 3 de *grapros\_5*, teniendo entre 2 y 6 años de educación.

Para aprovechar plenamente los dos modelos aceptados se requeriría analizar y organizar todas sus reglas, generando los perfiles de las clases de los municipios como se indica en la sección Generación y Evaluación de Árboles de Clasificación.

Resultados de Regresión Lineal Simple (RLS). La Tabla 3.1 muestra 12 análisis de RLS, incluyendo sus correspondientes pares de variables, ecuaciones lineales y valores de  $R^2$ . Cada  $x$  corresponde a la raíz de un AC, y su  $y$  corresponde al target de ese árbol. La  $R^2$  más alta (0.9251) corresponde al par  $VPH\_INTER\_ \%$  y  $VPH\_PC\_ \%$ , lo cual sugiere que la presencia de Internet en hogares está asociada a la presencia de PC. Este patrón podría parecer trivial; sin embargo, no lo es porque otros dispositivos de TIC para acceder a Internet que son distintos a la PC tienen una presencia creciente en México.

El segundo  $R^2$  (0.7990) corresponde al par: PC y población que tiene 18 años o más, que tiene educación post-básica y es de sexo masculino; esto sugiere que la presencia de PC en hogares está asociada con la educación media superior o superior de la población masculina. La tercera  $R^2$  es 0.7861 y corresponde al par de: PC y promedio municipal de años de educación, lo cual sugiere que la presencia de PC en hogares está asociada con el logro educativo de los municipios.

### 3.8 Discusión

Los resultados generados por la metodología propuesta son consistentes con diversas teorías expuestas inicialmente y el enfoque es novedoso.

La interacción entre brecha digital, brecha educativa y características socio-económicas y demográficas de la población ha sido poco abordada en trabajos previos haciendo uso de técnicas de aprendizaje automático tales como los AC. Así como el uso de AC en (Coria et al., 2013) y (Coria et al., 2013b) facilita el descubrimiento de perfiles de brecha digital de ciudades, también facilita el descubrimiento de perfiles de brecha educativa, como puede observarse en los resultados del modelo *e5*.

El uso del nivel de ciudad (específicamente, de municipio) como unidad de análisis y modelación es original para abordar los fenómenos de interés de esta investigación. Además, es relevante en el contexto particular de México porque el municipio es una unidad territorial y política que tiene autonomía institucional con base en la Constitución Federal. Esto le da facultades para planeación y toma de decisiones que podrían aprovecharse para establecer políticas públicas de alcance local para enfrentar las problemáticas de las brechas digital y educativa.

En los análisis realizados con RLS, las fuertes correlaciones entre los atributos de Internet o de PC, con los atributos educativos, son consistentes con investigaciones internacionales sobre el tema, p. ej. (Robinson, DiMaggio & Hargittai, 2003). Una de las correlaciones descubiertas empíricamente en nuestra investigación es: presencia de Internet, y población que tiene 18 años o más con educación post-básica y es de sexo femenino ( $R^2=0.7390$ ); es decir, la presencia de Internet en hogares podría estar asociada a la presencia de mujeres con educación media superior o superior. Algunas aplicaciones potenciales de los modelos de AC y de los análisis RLS que se generaron en esta investigación serían ser, por ejemplo: generar los perfiles completos de brecha digital y educativa de los municipios mexicanos (o de otros países usando sus respectivos datos) y definir prioridades y líneas de acción para contribuir a la solución de estas problemáticas. Además, con los modelos de AC generados se podrían desarrollar sistemas de soporte a las decisiones (DSS, *decision support systems*).

### **3.9 Conclusiones y trabajo futuro**

Este artículo ha presentado una metodología de minería de datos para abordar la investigación sobre las relaciones entre brecha digital, brecha educativa y aspectos demográficos y socio-económicos de ciudades (municipios), haciendo uso de censos nacionales. Los resultados empíricos muestran que los árboles de clasificación generados con el algoritmo J4.8 y la regresión lineal simple son técnicas útiles para hallar patrones no triviales que describen interacciones entre el promedio de años de educación y la presencia de: Internet, PC, teléfono fijo, y teléfono celular en hogares de los municipios.

Las principales contribuciones científicas de esta investigación son: 1) una metodología que puede aplicarse sobre datos de censos nacionales de población y vivienda para analizar y modelar el fenómeno de la interacción entre brechas digital y educativa y otros aspectos socio-económicos y demográficos de las ciudades; 2) para el contexto específico de México, descubrimiento de patrones representados como árboles de clasificación que muestran los perfiles de municipios respecto a las brechas digital y educativa, y 3) identificación de pares de variables que presentan una alta correlación positiva dentro del fenómeno de la relación entre brechas digital y educativa en México.

En trabajo futuro se podría analizar y modelar datos de censos de otros países para descubrir sus respectivos patrones, pudiendo contrastarse estos con los de México. También, se podría probar PART y otros algoritmos clasificadores.

Otras variables que son relevantes para los fenómenos de las brechas digital y educativa, tales como el ingreso promedio por municipio, podrían incorporarse a los datasets experimentales generados para realizar nuevos modelos y análisis.

### 3.10 Referencias

Cohen, J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, vol. 20, pp. 37–46, 1960.

Chinn, D.M. & Fairlie, W. R. The determinants of the global digital divide: A crosscountry analysis of computer Internet penetration. *Oxford Economic Papers*, vol. 59, No. 1, pp.16–44, 2007.

Coria, S.R., Mondragón-Becerra, R., Pérez-Meza, M., Ramírez-Vásquez, S. K., Martínez-Peláez, R., Barragán-López, D. & Ávila-Barrón, O. CT4RDD: Classification trees for research on digital divide. *Expert Systems with Applications*, vol. 40, pp. 5779–5786, 2013.

Coria, S.R.; Pérez-Meza, M., Mondragón-Becerra, R., Barragán-López, D. Metodología de Minería de Datos para Perfilamiento Cuantitativo de la Brecha Digital de Ciudades.

Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial (COMIA 2013). Francisco I. Madero, Hgo., Mexico, May 28-31, 2013. In: M. González-Mendoza y F. Castro-Espinoza (eds.), *Research in Computing Science*. Vol. 62. *Avances en Inteligencia Artificial*. México, pp. 3-13, 2013b.

Coria, S.R.; Ramirez-Vásquez, S.K., Luna-Trejo, J., Mondragón-Becerra, R., Pérez-Meza, M., Avila-Barron, O. Delta score: a novel simplified measurement for digital divide of cities. In: *Procs. of the 14th Annual International Conference on Digital Government Research*. Quebec, Canada, 2013c, pp. 102-110.

Frank, E. & Witten, I.H. Generating accurate rule sets without global optimization. In: *15th IMLS International Conference on Machine Learning*, pp. 144–151. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco (1998).

Han, J., Kamber, M. & Pei, J. *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Waltham: The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, 2011.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2011). Base de datos por localidad del censo nacional de población y vivienda 2010, <http://www.inegi.org.mx>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2011b). Conformación de la base de datos por localidad del censo nacional de población y vivienda 2010, <http://www.inegi.org.mx>

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2007). Glossary of statistical terms. <http://stats.oecd.org/glossary/index.htm>.

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2010). The policy debate about technology in education. In: *Are the New Millennium Learners Making the Grade?: Technology Use and Educational Performance in PISA 2006*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264076044-4-en> Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2012). Internet adoption and use: Households and individuals. In: *OECD Internet Economy Outlook 2012*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264086463-6-en>

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2012b). Equity and Equality of Opportunity. In: *Education Today 2013: The OECD Perspective*, OECD Publishing. [http://dx.doi.org/10.1787/edu\\_today-2013-11-en](http://dx.doi.org/10.1787/edu_today-2013-11-en)  
Quinlan, R. C4.5: Programs for machine learning. San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers, 1993.

Robinson, J.P., DiMaggio, P. & Hargittai, E. New social survey perspectives on the digital divide. *IT & Society*, Vol. 1, No. 5, pp. 1-22, 2003.

Sturges, H.A. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 21, No. 153, pp. 65–66, 1926.

Yelland, N. & Neal, G. Aligning digital and social inclusion: A study of disadvantaged students and computer access. *Education and Information Technologies* (2013) 18:133–149. DOI 10.1007/s10639-012-9223-y.

Witten, I.H. & Frank, E. *Data mining: Practical machine learning tools and techniques*, 3rd ed. Burlington: Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, 2011.



## **Modelación y proyección de energía eléctrica mediante redes neuronales y simulación de Monte Carlo: Caso de estudio de México**

R. Luna & J. Rojas

R. Luna & J. Rojas

Universidad de Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N, Las Campanas, 76010 Santiago de Querétaro, Querétaro de Arteaga Departamento de Mantenimiento Industrial, Facultad de Ingeniería  
ricardo.luna.rubio@gmail.com.

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

In the present work is reported a theoretical-methodological framework, in which are presented alternatives for carried out accurate projections about the growth of the national electrical power demand, as well as for analyzing the integration of alternative energy sources into hybrid energy systems at customer or end user scale by using of stochastic modeling. For the projections of the national electrical power demand growth, a meta-heuristic approach is presented. This approach combines artificial neural networks modeling with Monte Carlo simulations. On the other hand, for the analysis of the alternative sources into hybrid energy systems at end user level, an approach where deterministic computational simulation models are combined with Monte Carlo simulations is proposed.

## **4 Introducción**

El modelado y pronóstico de demanda de energía eléctrica juega un papel de vital importancia para los responsables de políticas energéticas y organizaciones relacionadas, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. Bajas estimaciones en el crecimiento de energía pueden traer como consecuencia un desabasto energético, lo cual trae implicaciones económicas serias para la nación; por otro lado, sobreestimaciones en el crecimiento de la demanda eléctrica traerá como consecuencia gastos innecesarios para aumentar la capacidad de abasto.

El pronóstico de la demanda de energía eléctrica requiere un marco teórico-metodológico que permita hacer frente a las múltiples variables no lineales que influyen en el crecimiento del sector eléctrico, de tal forma que sea posible interpretarlas y relacionarlas de la mejor manera con la demanda de energía en el futuro próximo, permitiendo de esta manera tomar mejores decisiones en la planeación de la capacidad energética requerida de manera precisa. Hoy en día, el modelado de energía eléctrica es un tema de gran interés para ingenieros y científicos preocupados por el problema de producción y consumo de energía (Egelioglu, Mohamad y Guven 2001, Zhou, Ang y Poh 2006, Ünler 2008).

Debido a lo antes mencionado, con la finalidad de predecir de manera precisa la demanda futura de energía eléctrica varias técnicas novedosas han sido reportadas durante la década pasada (Suganthi y Samuel 2011, Sözen y Arcaklioglu 2007). La relación entre consumo de energía e indicadores económicos, sociales y demográficos ha sido un tema ampliamente estudiado (Sözen y Arcaklioglu 2007). Kavaklioglu et al. (Kavaklioglu et al. 2009), utilizan RNA's para modelar y predecir el consumo de electricidad anual de Turquía, en su trabajo reportado consideran como variables independientes la población, PIB, importaciones y exportaciones. Mediante modelos de regresión, Bianco et al. (Bianco, Manca y Nardini 2009) modelan la relación entre el consumo de energía eléctrica e indicadores económicos y demográficos como PIB, PIB per cápita y población.

En México, la planeación del desarrollo del sector eléctrico es realizada año con año por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la cual, es llevada a cabo con base en una proyección que sobre el crecimiento de la demanda de energía eléctrica a nivel nacional. Con dicha proyección de crecimiento, se determina la nueva capacidad de generación de energía requerida para realizar el despacho esperado.

Los pronósticos de crecimiento de demanda energética se basan en una media aritmética y no consideran posibles variaciones en el producto interno bruto o en la población nacional, por lo que las proyecciones realizadas son lineales y difícilmente se aproximan a la realidad.

Por lo anterior, dentro del presente trabajo de investigación es planteado un marco teórico-metodológico basado en el uso de técnicas estocásticas, el cual, se propone como una alternativa para tareas propias de planeación y desarrollo del sector eléctrico nacional.

#### **4.1 Método**

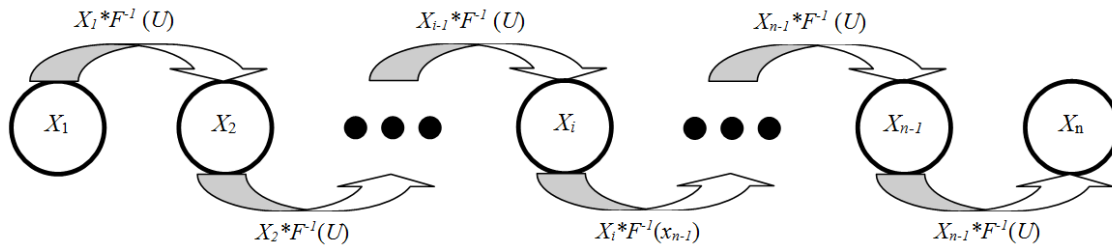
Modelación de la demanda de energía eléctrica en México. Para la modelación y proyección de la energía eléctrica neta consumida, con base en la revisión de literatura realizada, se propone relacionar indicadores nacionales tales como, producto interno bruto (PIB), población (POB), tasa de desempleo (TDD) e importaciones y exportaciones de bienes y servicios (IBS y EBS respectivamente) con consumo neto de energía eléctrica (CNE) a nivel nacional.

Para dicha relación, son consideradas tres técnicas de modelación distinta: regresiones lineales múltiples, regresiones no lineales y redes neuronales artificiales. Para esta parte del estudio propone dividir en tres grandes etapas el análisis: modelado, validación y proyecciones. Una vez calibrados los modelos predeterminados, son evaluados en la etapa de validación, donde son puestos a prueba ante un nuevo conjunto de datos entrada-salida.

Para los procesos de modelación y validación es considerada la información comprendida entre los años 1980 y 2009. Con base en la modelación de información de expertos reportada dentro del marco teórico de la presente tesis, son caracterizadas mediante el método PERT ( $F(U)$ ) las tasas de crecimiento que pudieran tener las variables de entrada a los modelos calibrados.

La metodología propuesta plantea lo siguiente. A partir de un valor inicial  $X_1$  (ver figura 4), una cadena de  $n$  valores futuros  $X_i$  de una variable  $x$  son calculados mediante el cálculo de una tasa de crecimiento obtenida mediante simulaciones de Monte Carlo, esto es mediante la generación de valores aleatorios  $U \in (0,1)$  evaluados en  $F^{-1}(U)$ .

**Figura 4** Cadena de transiciones para calcular los valores futuros  $X_i$ , dada una fdp de la tasa de crecimiento de la variable  $x$  y un número aleatorio  $U$



## 4.2 Resultados

Construcción del modelo de regresión lineal. Las variables independientes para el modelo de regresión lineal que predice la CNE de México son determinadas utilizando la técnica de regresión paso a paso o stepwise. El enfoque utilizado es el de selección de variables hacia adelante.

Los estadísticos empleados para determinar la adición de nuevas variables son el coeficiente de correlación, la desviación estándar estimada de los residuos o desviaciones alrededor del modelo y el error absoluto medio (EAM). En cuanto a la información de entrada utilizada para ajustar los parámetros del modelo de regresión fueron tomadas las primeras dos terceras partes del total de registros disponibles (1980-1999). El proceso iterativo para la construcción del modelo de regresión lineal es presentado a continuación y detallado paso a paso.

- a) Paso 1: Son obtenidos modelos de regresión con una variable de entrada, es decir, con la forma presentada en con  $n = 1$ . Para la variable independiente  $x_1$  luego del análisis presentado en la sección anterior, son considerados únicamente los indicadores PIB, POB, IBS y EBS. Resultados del proceso de calibración de modelos se encuentran resumidos en la Tabla. Como podemos ver, el modelo con mayor coeficiente de correlación y menor error es el que considera a la población como variable independiente.

**Tabla 4** resultados del proceso de calibración para los modelos lineales considerados en el paso 1

$x_1$	$\beta_0$	$\beta_1$	$r^2$	$\sigma_{residuos}$	EAM
PIB	-93.7278	4.66E-10	0.9136	8.71228	6.88463
POB	-152.201	3.0482E-06	0.977	4.49899	3.46148
IBS	59.3652	6.62E-10	0.8075	13.0038	8.60601
EBS	56.2309	7.14E-10	0.9028	9.24186	7.49587

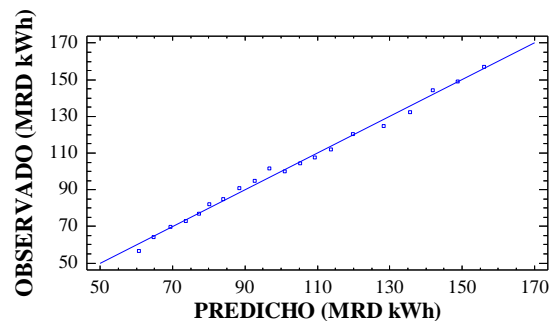
- b) Paso 2: Para el segundo paso de nuestro proceso iterativo para construir el modelo de regresión lineal, se evalúa el impacto de adicionar una segunda variable al mejor modelo obtenido en el paso anterior. Resultados del proceso de calibración de modelos correspondientes a esta segunda etapa de la construcción del modelo se encuentran resumidos en la Tabla. Como podemos apreciar, el modelo que considera como variables de entrada a la POB y a las EBS es el que reporta mejores resultados. Con esta segunda iteración y con el mejor modelo obtenido, se termina el proceso de construcción del modelo. Finalmente, son presentadas como resultado del proceso de construcción del modelo las gráficas 4 y 4.1.

**Tabla** ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.**4.1** Resultados del proceso de calibración para los modelos lineales considerados en el paso 2

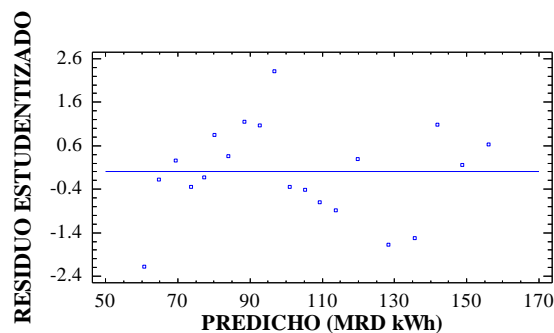
$x_1$	$x_2$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$r^2$	$\sigma$ residuos	EAM
POB	PIB	-144.324	2.4455E-06	1.01E-10	0.9816	4.13833	3.2562
POB	IBS	-124.118	2.6206E-06	1.17E-10	0.9831	3.96031	3.3610
POB	EBS	-95.4555	2.1899E-06	2.31E-10	0.9941	2.34494	1.7363

Resultados del modelo lineal construido (CNE = f(POB,EBS)).

**Grafico 4** Gráfico de correlación



**Grafico 4.1** Residuos estudentizados



Construcción del modelo de regresión no-lineal

De manera similar a la construcción de modelo de regresión lineal, son utilizados los mismos datos de entrada (1980-1999) y la misma metodología para la selección de variables independientes (stepwise). En cuanto al modelo no-lineal a calibrar, funciones exponenciales del tipo presentado en son calibradas. A continuación, el proceso de construcción del modelo es presentado paso a paso.

Paso 1: Son obtenidos modelos de regresión con una variable de entrada, es decir, con la forma presentada con  $n = 1$ . Al igual que para el modelo lineal, para la variable independiente  $x_1$  son considerados únicamente los indicadores PIB, POB, IBS y EBS.

Resultados del proceso de calibración de modelos se encuentran resumidos en la Tabla. Como podemos ver, el modelo con mayor coeficiente de correlación y menor error es el que considera a la población como variable independiente. Como podemos ver, la variable que mejor describe al CNE son las EBS, por lo tanto, seleccionamos esta variable y evaluamos el impacto de agregar una segunda variable en el paso siguiente.

**Tabla 4.2** Resultados del proceso de calibración para los modelos no-lineales considerados en el paso 1

$x_1$	$\beta_0$	$\beta_1$	$r^2$	$\sigma_{residuos}$	$EAM$
PIB	0.110793	0.255411	0.2240	26.1091	20.0294
POB	0.100452	0.380208	0.2773	25.1965	19.468
IBS	0.0417702	0.315199	0.7320	15.343	9.87123
EBS	0.0222778	0.340539	0.8711	10.64	8.48373

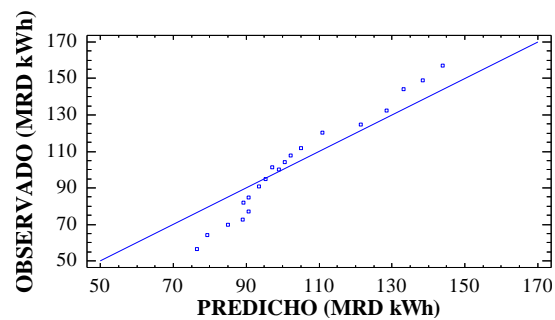
Paso 2: Se evalúa ahora el impacto de adicionar una segunda variable al mejor modelo obtenido en el paso anterior. Resultados del proceso de calibración de modelos correspondientes a esta segunda etapa de la construcción del modelo se encuentran resumidos en la tabla 4.3. Como podemos apreciar, el modelo que considera como variables de entrada a las EBS y a las IBS es el que reporta mejores resultados. Sin embargo, las estimaciones del modelo no mejoran significativamente respecto a los resultados del paso anterior. Esto es claro puesto que las IBS y las EBS reportaron una alta correlación en el análisis presentado en la Sección. Con esta segunda iteración se termina el proceso de construcción del modelo. Finalmente, son presentadas como resultado del proceso de construcción del modelo los gráficos 4.2 y 4.3. Como podemos ver en estas gráficas, los errores del modelo ajustado presentan una clara tendencia, ello indica que probablemente la precisión en las predicciones del modelo disminuya para realizar extrapolaciones para valores futuros.

**Tabla 4.3** Resultados del proceso de calibración para los modelos no-lineales considerados en el paso 2

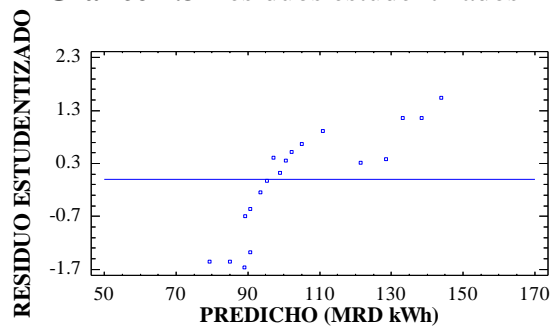
$x_1$	$x_2$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$r^2$	$\sigma$ residuos	EAM
EBS	PIB	0.0058774	0.311552	7.67E-02	0.8601	11.4078	8.77412
EBS	POB	0.00844525	0.304529	1.02E-01	0.8543	11.6411	8.97336
EBS	IBS	0.00661939	0.219597	1.70E-01	0.8997	9.65741	6.41097

Resultados del modelo no-lineal construido (CNE = f (EBS)).

**Grafico 4.2** Gráfico de correlación



**Grafico 4.3** Residuos estudentizados



Construcción del modelo de regresión no-lineal.

Finalmente, siguiendo con el mismo procedimiento de selección de variables es seleccionado un modelo basado en redes neuronales.

Paso 1: De manera inicial son calibrados redes neuronales del tipo perceptrón multicapa, con una entrada, una capa oculta de 3 neuronas y una capa de salida con una neurona. Para el proceso de entrenamiento fueron utilizados un coeficiente de aprendizaje de 0.5 y un coeficiente de momentum de 0.1. Resultados del proceso de entrenamiento se encuentran en la tabla siguiente.

**Tabla 4.4** Resultados del proceso de calibración para los modelos de redes neuronales considerados en el paso 1 para redes neuronales con una variable de entrada  $x_1$ , 3 neuronas en la capa oculta, coeficiente de aprendizaje de 0.5 y coeficiente de momentum de 0.1.

$x_1$	$r^2$	$\sigma_{residuos}$	EAM
PIB	0.9582	8.25548	6.69767
POB	0.9894	4.21930	3.40347
IBS	0.9015	12.48811	8.55047
EBS	0.9805	5.72181	4.75409

Como podemos ver, el modelo que considera como variable de entrada a la POB es el que reporta mejores estimaciones. El coeficiente de correlación es tan alto (0.9894) que se decide parar el proceso de construcción del modelo.

### 4.3 Discusión

Validación de los modelos seleccionados: Para validar los modelos seleccionados en la sección anterior, las estimaciones de los mismos ante el tercio restante de las variables de entrada (información del período 2000-2009) son evaluadas. Resultados de este proceso de validación son presentados a continuación.

**Tabla 4.5** Resultado del proceso de validación con los modelos seleccionados

$x_1$	$x_2$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$r^2$	$\sigma_{residuos}$	EAM
POB	EBS	-95.4555	2.1899E-06	2.31E-10	0.98706	4.85184	28.78109
EBS	-	0.0222778	0.340539	-	0.92498	9.01658	27.20426
POB	-	-	-	-	0.97820	4.11511	6.16342

Resultados del proceso de validación

**Gráfico 4.4** de correlación

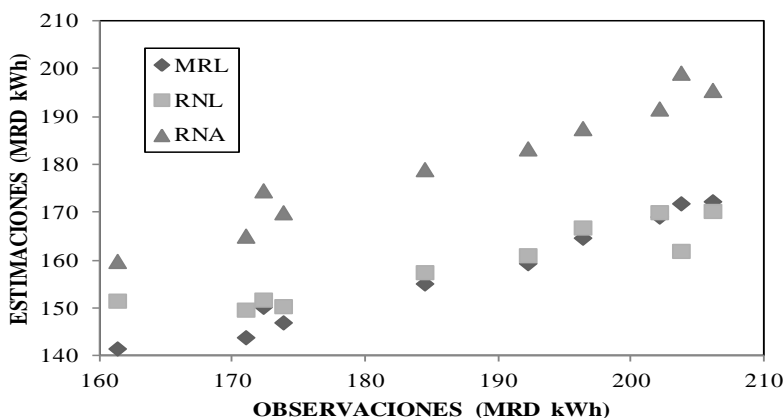
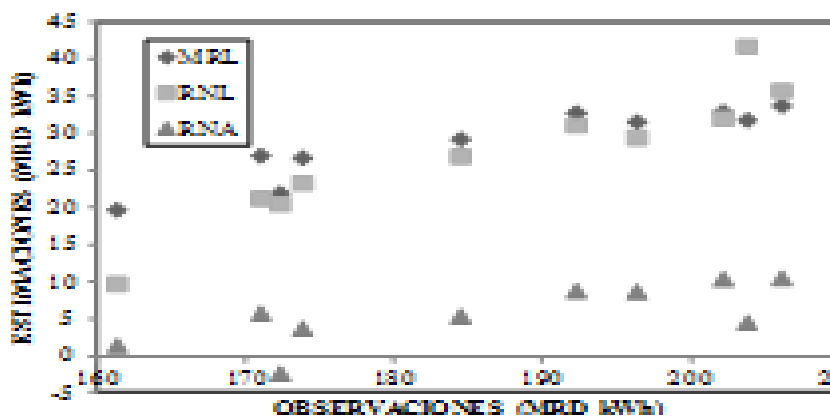




Gráfico 4.5 de residuales



Como podemos apreciar, es evidente que el modelo que mejores estimaciones realiza durante el proceso de validación es el modelo de redes neuronales artificiales, mientras que las estimaciones de los modelos MRL y RNL presentan una gran similitud entre sí. Adicional al análisis estadístico previo, es realizado un análisis de varianza (ANOVA). El ANOVA es utilizado para hacer un análisis de medias, esta técnica descompone la varianza de nuestros datos en dos componentes, esto es, un componente entre grupos o modelos y un componente dentro de grupos o modelos. El estadístico F, que en este caso es igual a 16.69 (ver Tabla ), es el resultado entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Dado que el valor P de la prueba de F es menor que 0.05, podemos afirmar que existe una diferencia significativa entre las medias de las 4 variables (valores reales, estimaciones MRL, RNL y RNA) con un nivel del 95% de confianza. Para determinar cuáles son las variables diferentes, es realizada una prueba de rangos múltiples.

**Tabla 4.6** de ANOVA entre los valores reales y las estimaciones hechas por el modelo MRL, RNL y ANN

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6497.81	3	2165.94	13.69	0.0000
Intra grupos	5694.06	36	158.168		
Total (Corr.)	12191.9	39			

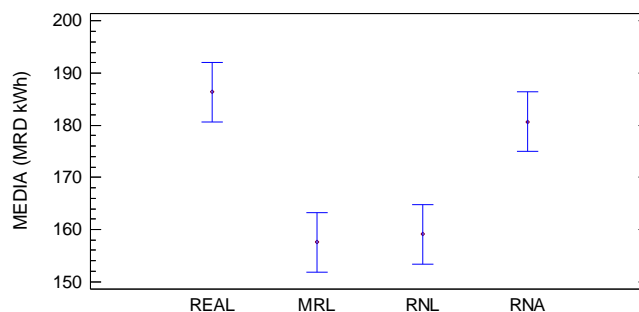
Adicional al análisis de varianza, las medias de los valores reales, y las estimaciones hechas por el MRL, RNL y la RNA son examinadas. Para dicho análisis, un gráfico de medias es presentado en el grafico 4.6.

En el gráfico la media de cada muestra es presentada junto con un intervalo de incertidumbre, para este caso en particular, intervalos de menor diferencia significativa de Fisher son presentados.

Estos intervalos se construyen de manera tal que es posible seleccionar un par de muestras y declarar que sus medias son significativamente diferentes si los intervalos no se traslapan en la dirección vertical.

La posibilidad de declarar incorrectamente que dos muestras son diferentes con este método está ajustada a un 5%, haciendo que las comparaciones entre muchos pares de medias resulten erróneas en al menos un par con una probabilidad muy alta.

**Gráfico 4.5** Gráfico de medias (intervalos de menor diferencia significativa de 95% de Fisher)



Como podemos ver en gráfico 4.5, las estimaciones hechas por la RNL y la RNA son muy similares, mientras que las estimaciones que se acercan más a los valores reales son las estimaciones hechas por la RNA. Finalmente, una prueba de rangos múltiples es realizada con la finalidad de identificar grupos o diferencias significativas entre las estimaciones y los valores observados.

La tabla 4.6 muestra la diferencia significativa entre cada par de medias, el asterisco indica que estos pares de muestras presentan una diferencia significativa con un nivel de confianza de 95%. Por otro lado, en la tabla 4.7 se identifican 2 grupos homogéneos (según la alineación de las X's en columnas). El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de la diferencia mínima significativa de Fisher. Con este método existe un riesgo del 5% al decir que cada par de medias es significativamente diferente cuando la diferencia real es igual a 0.

**Tabla 4.6** Prueba de rangos múltiples (95% intervalos de menor diferencia significativa)

	Casos	Media (MRD kWh)	Grupos Homogéneos
VRL	10	157.563	X
VRNL	10	159.14	X
VANN	10	180.651	X
Real	10	186.344	X

**Tabla 4.7** Diferencias estimadas entre cada par de muestras

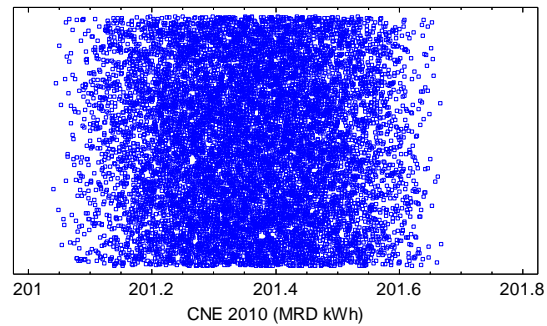
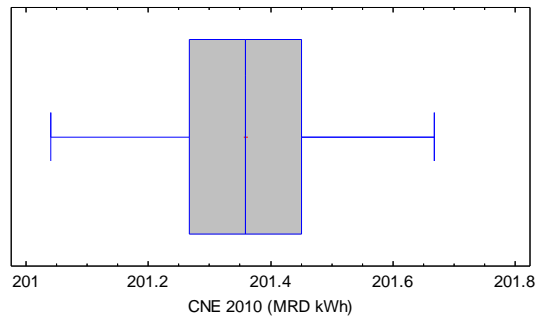
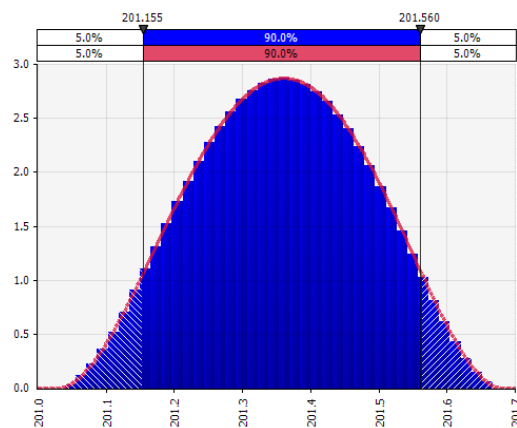
Contraste	Sig.	Diferencia (MRD kWh)	+/- Límites
Real – VRL	*	28.7811	11.4068
Real - VRNL	*	27.2043	11.4068
Real - VANN		5.69289	11.4068
VRL - VRNL		-1.57683	11.4068
VRL - VANN	*	-23.0882	11.4068
VRNL - VANN	*	-21.5114	11.4068

Indica una diferencia significativa

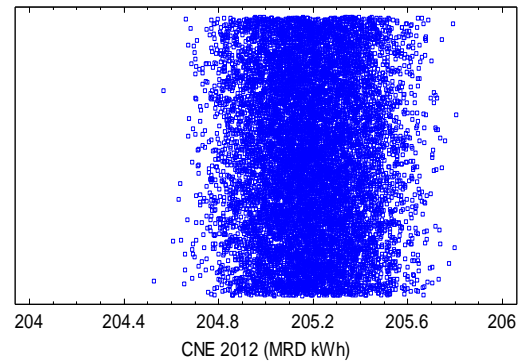
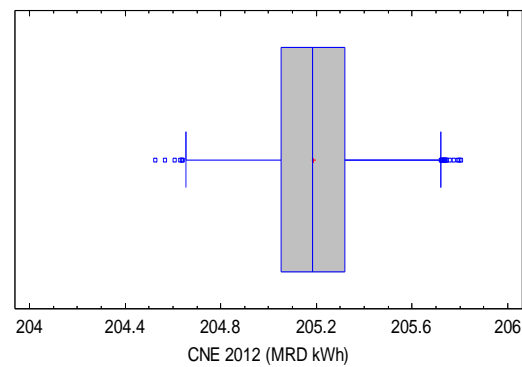
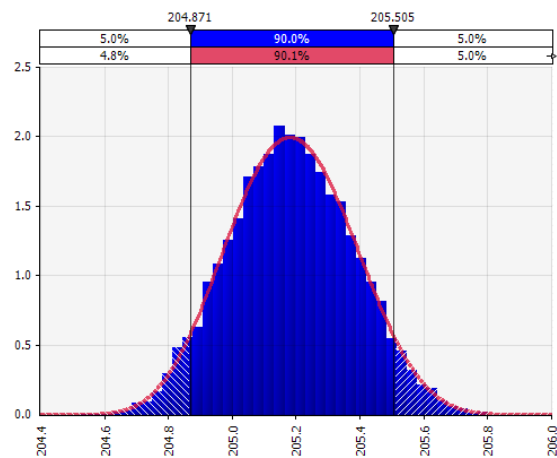
Con base en el análisis estadístico presentado en el proceso de validación, el modelo de RNA es seleccionado para combinarlo con las simulaciones de Monte Carlo para proyectar valores futuros del CNE.

Luego del proceso de validación de los modelos seleccionados, para realizar proyecciones en la demanda de energía eléctrica neta para México, fue seleccionado el modelo de RNA. Las variables de entrada de dicho modelo fueron proyectadas para los años 2010, 2012 y 2014 utilizando información disponible de expertos (CONAPO). Cada una de las variables de entrada fue caracterizada su probabilidad de ocurrencia para los años considerados utilizando funciones de distribución de probabilidad del tipo PERT. Luego de este proceso de caracterización de las variables de entrada al modelo de RNA, fueron realizadas simulaciones de Monte Carlo para generar valores de ocurrencia probables para todas las entradas al modelo. En total, fueron realizadas 10000 simulaciones, es decir, fueron creados 10000 distintos escenarios posibles de ocurrencia para cada una de las variables de interés, con dicha información fue alimentado el modelo RNA para generar la misma cantidad de escenarios probables en el crecimiento de la demanda de energía eléctrica para México. Resultados de las simulaciones son presentados en los gráficos 4.6, 4.7 y 4.8.

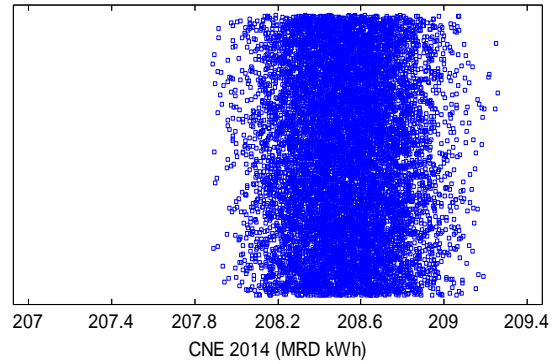
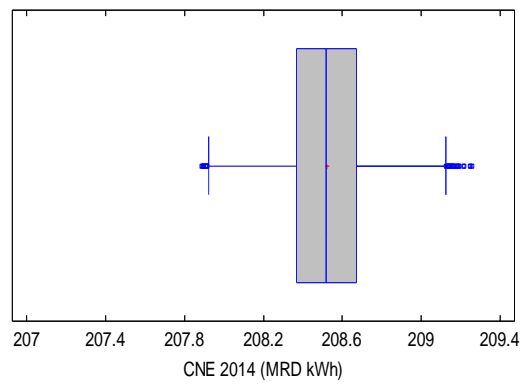
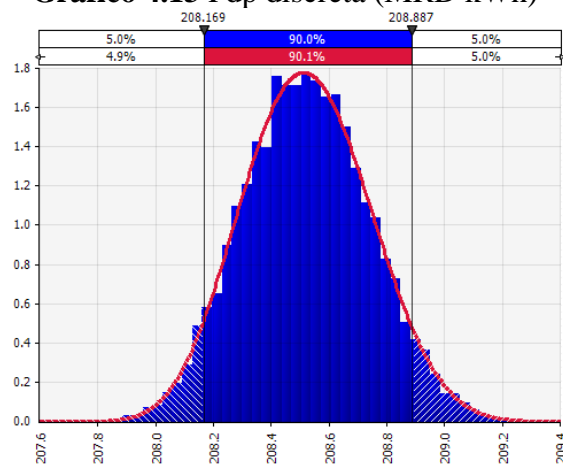
Proyecciones estimadas para el CNE (MRD kWh) correspondiente al 2010 (10000 simulaciones) con el modelo de RNA calibrado.

**Grafico 4.6** Gráfico de dispersión**Grafico 4.7** Gráfico de caja y ejes**Grafico 4.7** Fdp discreta (MRD kWh)

Proyecciones estimadas para el CNE (MRD kWh) correspondiente al 2012 (10000 simulaciones) con el modelo de RNA calibrado.

**Grafica 4.8** Gráfico de dispersión**Grafico 4.9** Gráfico de caja y ejes**Grafico 4.10** Fdp discreta (MRD kWh)

Proyecciones estimadas para el CNE (MRD kWh) correspondiente al 2014 (10000 simulaciones) con el modelo de RNA calibrado.

**Gráfico 4.11** Gráfico de dispersión**Gráfico 4.12** Gráfico de caja y ejes**Gráfico 4.13** Fdp discreta (MRD kWh)

#### 4.4 Conclusiones

En el caso de estudio reportado se mostró una alternativa para proyectar el crecimiento de la capacidad instalada en la red eléctrica nacional mediante simulaciones de Monte Carlo. La propuesta metodológica reportada permite integrar la información de expertos de distintas áreas y combinarla con modelos determinísticos previamente calibrados, como resultado, las estimaciones realizadas consideran una gran cantidad de escenarios que siguen la información proporcionada por expertos y/o información histórica.

Lo anterior permite evaluar estadísticamente la incertidumbre inherente al fenómeno de interés. Respecto a las variables de entrada consideradas para predecir el consumo neto de energía, pudimos observar que todas a excepción de la TDD presentan una alta multicolinealidad entre ellas. El uso de un análisis de regresión paso a paso nos permitió seleccionar los indicadores que estimaran con mayor precisión el consumo neto de energía para cada una de las metodologías de modelado consideradas (MRL, RNL, y RNA). Para el caso de estudio reportado, se observó una alta relación entre la población y el consumo neto de energía eléctrica de México. Para la etapa de validación, los tres modelos calibrados reportaron altas precisiones; sin embargo, resultados demostraron la efectividad de las redes neuronales artificiales para estimar con mayor precisión la demanda de energía eléctrica para el caso de nuestro país.

#### 4.5 Referencias

- Cho, A. (2010). Energy's tricky tradeoffs. *Science*, 329(5993), 786-787.
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B., & Leahy, M. (2010). A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. *Applied Energy*, 87(4), 1059-1082.
- Del Río, P., & Burguillo, M. (2008). Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(5), 1325-1344.
- Dyer, C. (1996). Neural Networks. CS 540 Lecture Notes, (pp. Chapter 18.6.3 - 18.7).
- Eastin, J., Grundmann, R., & Prakash, A. (2010). The two limits debates: "Limits to Growth" and climate change. *Futures*.
- Floyd, J., & Zubevich, K. (2010). Linking foresight and sustainability: An integral approach. *Futures*, 42(1), 59-68.
- Hocaoglu, F., Gerek, O., & Kurban, M. (2009). The effect of model generated solar radiation data usage in hybrid (wind-PV) sizing studies. *Energy Conversion and Management*, 50(12), 2956-2963.

Hopfield, J. (1982). Neural networks and to physical systems with emergent collective computational abilities. *Proc Natl Acad Sci*, 79, 2554-2558.

Kaldellis, J., & Zafirakis, D. (2011). The wind energy (r)evolution: A short overview of a long history. *Renewable Energy*, 36(7), 1887-1901.

Kammen, D. M. (2010). 2020 visions. *Nature*, 463(7), 26-32.

Kolokotsa, D., Rovas, D., Kosmatopoulos, E., & Kalaitzakis, K. (2011). A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings. *Solar Energy*, 85(12), 3067-3084.

Luna-Rubio, R., Herrera-Ruiz, G., Trejo-Perea, M., Vargas-Vázquez, D., & Ríos-Moreno, G. (2009). Lighting automatic control system for intelligent buildings. *International Review of Automatic Control*, 2(4), 469-476.

Luna-Rubio, R., Rojas-Renteria, J., Vazquez-Cruz, M., & Rodriguez-Resendiz, J. (In Process). Modeling and Forecasting of Electrical Net Consumption by Using Artificial Neural Networks and Monte Carlo Methods: Mexico's Case of Study. *Renewable Energies and Power Quality Journal*.

Luna-Rubio, R., Trejo-Perea, M., Vargaz-Vazquez, D., & Rios-Moreno, G. (In Press). Optimal sizing of renewable hybrids energy systems: A review of methodologies. *Solar Energy*.

Martínez-Durbán, M., Zarzalejo, L., Bosch, J., Rosiek, S., Polo, J., & Batlles, F. (2009). Estimation of global daily irradiation in complex topography zones using digital elevation models and meteosat images: Comparison of the results. *Energy Conversion and Management*, 50(9), 2233-2238 .

McCulloch, W., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115-133.

Mellit, A., Kalogirou, S., Shaari, S., Salhi, H., & Hadj Arab, A. (2008). Methodology for predicting sequences of mean monthly clearness index and daily solar radiation data in remote areas: Application for sizing a stand-alone PV system. *Renewable Energy*, 33(7), 1570-1590.

Michalak, P., & Zimny, J. (2011). Wind energy development in the world, Europe and Poland from 1995 to 2009; current status and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2330-2341.

Minsky, M., & Papert, S. (1969). *Perceptrons*. Cambridge, MA: MIT Press.



- Moslehi, K., & Kumar, R. (2010). A reliability perspective of the smart grid. *IEEE Transactions on Smart Grids*, 1(1), 57-64.
- Paliwal, M., & Kumar, U. (2009). Neural networks and statistical techniques: A review of applications. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 2-17.
- Razykov, T., Ferekides, C., Morel, D., Stefanakos, E., Ullal, H., & Upadhyaya, H. (2011). Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. *Solar Energy*, 85(8), 1580-1608.
- Roth, S., Hirschberg, S., Bauer, C., Burgherr, P., Dones, R., Heck, T., & Schenler, W. (2009). Sustainability of electricity supply technology portfolio. *Annals of nuclear energy*, 36(3), 409-416.
- Sovacool, B. K. (2010). Exploring the hypothetical limits to nuclear and renewable electricity future. *International Journal of Energy Research*, 34(13), 1183-1194.
- Tina, G., & Gagliano, S. (2010). Probabilistic analysis of weather data for a hybrid solar/wind energy system. *International Journal of Energy Research*.
- Wan Nik, W., Ibrahim, M., Samo, K., & Muzathik, A. (2012). Monthly mean hourly global solar radiation estimation . *Solar Energy*, 86(1), 379-387.
- Xu, F.-L., Zhao, S.-S., Dawson, R. W., Hao, J.-Y., Zhang, Y., & Tao, S. (2006). A triangle model for evaluating the sustainability status and trends of economic sustainability. *Ecological Modelling*, 195(3-4), 327-337.

## **Modelo VRML interactivo de un robot humanoide Bioloid**

Víctor Núñez, Alberth Sapiens, Dora Rodríguez y Víctor Rodríguez

Víctor Núñez, Alberth Sapiens, Dora Rodríguez y Víctor Rodríguez  
Universidad Politécnica de Sinaloa. Carretera Mazatlán Higuera # Km 3, Col. Genaro Estrada. Mazatlán  
México.  
jnunez@upsin.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de  
Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

In this paper a Computer Aided Design (CAD) model of a Bioloid robot in humanoid configuration is presented. The draw is realized in virtual reality modeling lenguaje (vrml) and through a User Interface programmed on MatLab it is possible to modify several of its characteristics. The graphical representation of this robot that is described throughout this work includes the axis of the 18 motors of the robot and an orthogonal frame attached to the corresponding 18 articulation of its kinematic chain in order to have a basis for the direct and inverse kinematic model for this robot.

## **5 Introducción**

Los modelos CAD de robots permiten una visualización realista y son muy útiles para ilustrar la estructura y movimiento de los robots. Entre los programas de diseño CAD disponibles podemos citar: CATIA, AutoCAD, SolidWorks, SolidEdge y Autodesk Inventor.

Cada una de estas suites de diseño cuenta con extensiones propias y características particulares, sin embargo, por lo general es posible pasar de un formato a otro ya sea mediante software especializado en la conversión de archivos como lo es DeepExploration, o por medio de las opciones de exportación de cada uno de los software mencionados anteriormente.

Uno de los formatos de mayor aceptación debido a su simplicidad es el vrml (Ames, Nadeau, & Moreland, 1997), (S. Tachi, 1998). Este formato fue introducido en 1995 y su principal característica es que está diseñado para representar escenas interactivas con objetos en tercera dimensión (3D) que sean fácilmente presentados como contenidos web. Por lo general es posible dotar de interactividad a los mundos 3D en vrml por medio de programación en java (Afshari & Payandeh, 1999), (Safaric, Calkin, Parkin & Czarnecki, 2001). En aplicaciones más recientes se usa el vrml como base para la representación gráfica dentro de programas de simulación dinámica más complejos como los son Webots (O. Michel, 1998), Open HRP (Kanehiro, Hirukawa, & Kajita, 2004), Microsoft Robotics Studio (Jackson, 2007), (Morgan, 2008), etc.

Existen varios ejemplos del uso de mundos virtuales codificados en vrml que están interconectados con programas en MatLab/Simulink. En los ejemplos que mencionaremos a continuación se explota el poderío de ambos lenguajes, el primero para visualizar de forma detallada una escena 3D y el segundo para simular y programar sistemas complejos. En (Dominguez, 2007), se presenta el modelado cinemático y dinámico de un robot Khepera II. En (Nielsen & Hansen, 2000) se presenta la visualización de imágenes del cerebro humano como una herramienta en neuroinformática, tema que organiza datos científicos de las neurociencias de manera informática. En (Fernández G. F., 2008) se presenta un laboratorio de física para realizar experimentos en la enseñanza en las carreras de Ingeniería Informática, Mecánica e Industrial.

En (Chowdhury, Prasad, Kumar, Kumar & Panda, 2011) se presenta el diseño CAD y el estudio del movimiento de pez robótico. Estos son algunos ejemplos de las ventajas de una visualización vrml combinada con la programación y simulación en MatLab/Simulink.

En trabajos anteriores, se han presentado estudios sobre la marcha del robot Bioloid haciendo uso de Webots para validar en simulación del punto de momento cero (zmp, por sus siglas en ingles) para el equilibrio de la marcha (Nunez, Olvera & Pámanes, 2009) (Olvera, Nunez & Pámanes, 2009), (Nunez, Olvera, & Pamanes, 2011) así como para resolver de forma explícita la cinemática inversa de las piernas (Nunez, Briseno, Rodriguez, Ibarra, & Rodriguez, 2012).

En el presente artículo presentamos una interfaz realizada en Matlab para la visualización interactiva un mundo vrml del robot Bioloid (Akhtaruzzaman & Shafie, 2011) (Wolf, Hall, Robinson & Culverhouse 2007) (Nunez, Olvera & Pámanes, 2009) (Olvera, Nunez & Pámanes, 2009), (Nunez, Olvera, & Pamanes, 2011) (Nunez, Briseno, Rodriguez, Ibarra, & Rodriguez, 2012) en Configuración Humanoide Tipo 'A' (HumBioA). Esta interfaz permite modificar el color y la transparencia de los siguientes grupos de partes del robot: a) Motores, b) Partes, c) Cabeza y pecho, d) Rotores, e) Centros, f) Cadena cinemática y c) CoM's. Además de modificar el color, también es posible modificar la transparencia de estos grupos de objetos, haciéndolos aparecer y desaparecer. Como se explica en este artículo, con fines didácticos y de clarificación del modelado cinemático, se han añadido marcos ortogonales en las articulaciones y en algunos puntos importantes del robot como el pecho, la pelvis, los hombros y las caderas.

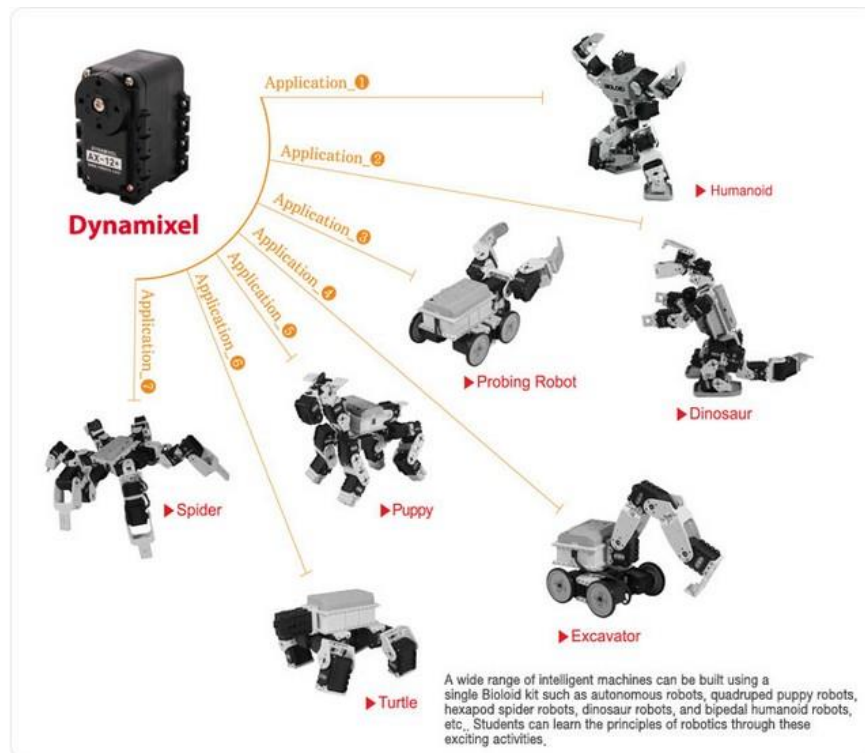
## 5.1 Kit de robotica Bioloid Premium

En la actualidad los robots humanoides representan uno de los tópicos más activos en el ámbito de la robótica. El estudio de máquinas inteligentes que tienen semejanza morfológica con nosotros tiene aplicaciones en telepresencia, sirve para comprender el funcionamiento de nosotros mismos (con implicaciones en rehabilitación, psicología, interfaces hombre máquina, robótica-social, etc.) y provoca sinergia entre investigadores de áreas distintas ya que representan plataformas comunes de investigación.

Existen proyectos de gran envergadura para el desarrollo de robots de tamaño natural como ASIMO, HRP, HUBO, REEM-B, KOBAL, entre otros. Por otro lado existen también los robots de menor talla que tienen aplicaciones en la robótica lúdica y de enseñanza como Nao, KHR-3HV, Darwin-OP y Bioloid. La gran ventaja de estos robots son sus costos accesibles y el contar con una complejidad similar a los robots de tamaño natural. El kit de robótica Bioloid Premium contiene 18 motores Dynamixel AX-12, Una unidad de control CM-510 (basada en microcontrolador ATmega256) o CM-530 (basada en el microcontrolador STM32F103RE), interfaz de comunicación Robot-PC por cable USB/ ZigBee, control remoto por infrarrojo/ZigBee, Sensores de distancia, Giroscopio de 2 ejes y Baterías Li-Po de 1100 mA.

Los motores pueden ser interconectados formando distintos robots por medio de partes de plástico y tornillos. La Figura 5 muestra algunas de las configuraciones posibles de realizar con este kit de robótica.

**Figura 5** Software Roboplus

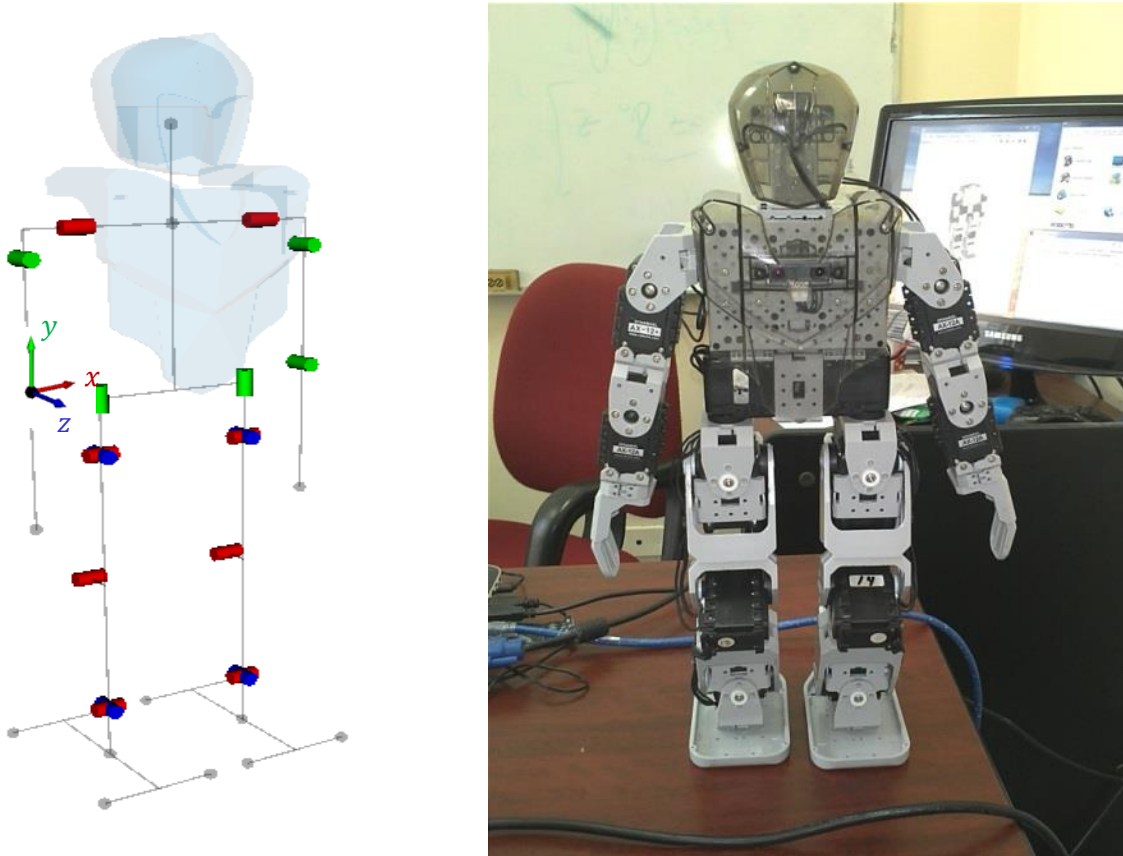


El modelo CAD interactivo que nos ocupa en este artículo considera en particular este kit de robótica armado en configuración humanoide Tipo A.

#### A) Bioloid en configuración humanoide tipo 'A':

Una de las configuraciones más populares del robot Bioloid se muestra en la Figura 5.1. En esta configuración el robot tiene una altitud de 39 cm y un peso de 1.7 kg. Cada pierna lleva 6 motores y cada brazo 3. En las secciones siguientes se muestra la obtención del modelo en vrmf de este robot y una interfaz para modificar los parámetros de este diseño.

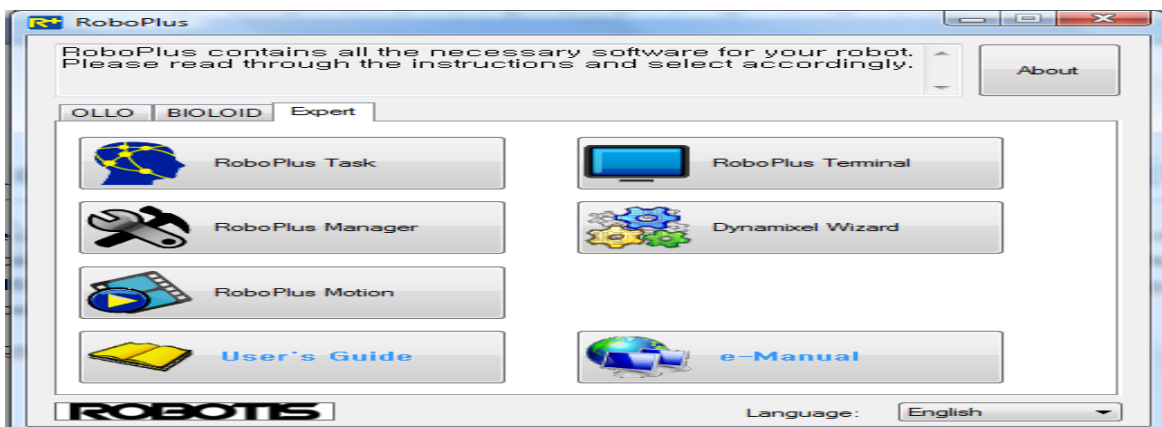
**Figura 5.1** Kit de robótica Bioloid en configuración humanoide y representación de sus articulaciones en VRML



B) Software del fabricante ROBOTIS

El kit robot Premium contiene el software RoboPlus cuya ventana principal se muestra en la figura 5.2.

**Figura 5.2** Software RoboPlus



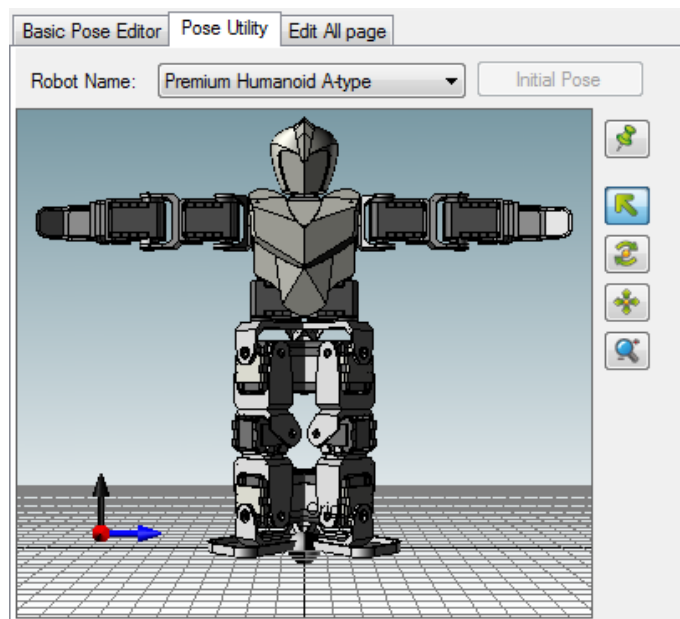
La suite RoboPlus contiene 5 programas: a) Task, b) Manager, c) Motion, d) Terminal y e) Dynamixel Wizard, además de la guía de usuario y un manual en línea.

El programa RoboPlusTask permite la programación del robot con un lenguaje sencillo semi-gráfico, RoboPlus Manager sirve para conectarse al robot e monitorear e interactuar con los distintos componentes del robot bio-oid, en particular con el controlador CM-510 y con los servomotores Dynamixel conectados a él, RoboPlus Terminal permite la comunicación vía comandos de texto entre el ROBOT y la PC mientras que Dynamixel Wizard sirve para trabajar directamente con los servomotores sin la necesidad del controlador CM-510.

## 5.2 Cinemática y CAD del HumBioA

En el módulo RoboPlus **Motion** se pueden editar y crear movimientos para este kit de robótica; seleccionando entre varios modelos o tipos de robot. En la pestaña de *Pose Utility*, al elegir el humanoide tipo A se observa una representación CAD del robot (ver figura 5.3).

**Figura 5.1** CAD del humanoide A en RoboPlusMotion



Explorando en los archivos de instalación se pueden encontrar los archivos que generan este modelo en dos localizaciones: Por un lado está el archivo Premium\_Humanoid\_A.rbt que se encuentra en la carpeta C:\Archivos de Programa (x86)\ROBOTIS\RoboPlus\Motion\Robots\ y que contiene, en formato xml, la información de la estructura cinemática del robot (ver Figura );mientras por otro lado en la carpeta C:\Archivos de Programa (x86)\ROBOTIS\RoboPlus\Motion\Models\ se encuentran los dibujos CAD de cada una de las partes del robot en formato .igs.

En el archivo Premium Humanoid A.rbt la localización de cada una de las partes del robot (*Partname*) con respecto a la anterior se especifica (con una estructura arborescente o parent-child) mediante las matrices homogéneas “T”. En lo que corresponde al CAD, cada parte del robot (por ejemplo *f51*, *f3*, *f60*, *battery*, *ax-12*), tiene su archivo CAD correspondiente que es cargado para dibujar el modelo mostrado en la figura 5.3.

**Figura 5.4** Extracto del contenido del archivo Premium\_Humanoid\_A.rbt

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RobotInfo>
<General>
<Name>Premium Humanoid A-type</Name>
<Name culture="kor">프리미엄휴머노이드타입</Name>
<Motor id="1" model="AX-12+" init="205"></Motor>
<Motor id="2" model="AX-12+" init="818"></Motor>

<InverseKinematics>
<Module>
<Name>PremiumHumanoidA.dll</Name>
</Module>
</InverseKinematics>

<Object3D>
<Part name="f51" T="0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 302.5">
<Part name="f3" T="1 0 0 0 0 1 -70.5 0 -1 0 19"></Part>
<Part name="f3" T="1 0 0 0 0 0 -1 -70.5 0 1 0 -19"></Part>
</Part>
<Part name="f60" T="1 0 0 0 0 -1 0 -58.5 0 0 -1 -22">
<Part name="battery" T="1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0"></Part>
</Part>
</Part>
<Part name="f58" T="1 0 0 0 0 1 0 32 0 0 1 22"></Part>
<Part name="f3" T="0 0 -1 -28 1 0 0 -14.5 0 -1 0 19">
<Part name="ax-12" T="0 1 0 14.5 -1 0 0 19 0 0 1 0" id="1" type="body">
.
.</Part>
.</Part>
<Part name="f3" T="0 0 -1 28 1 0 0 -14.5 0 -1 0 19">
<Part name="ax-12" T="0 1 0 14.5 1 0 0 19 0 0 -1 0" id="2" type="body">
<Part name="f3" T="0 1 0 -19 1 0 0 -14.5 0 0 -1 0"></Part>
.
.
.<Part name="f4" T="0 0 -1 0 0 1 0 0 1 0 0 -19">
<Part name="f1" T="-1 0 0 0 0 1 0 -14.5 0 0 -1 75">
<Part name="ax-12_horn" T="0 0 -1 -19 -1 0 0 0 1 0 0">
.
.
.</Part>
.</Part>
.</Object3D>
```

### 5.3 Obtención del modelo en VRML

Para obtener el modelo en formato vrml del robot se convirtieron los dibujos .igs al formato vrml (archivo .wrl) utilizando el software AutoCAD. Posteriormente se editó un archivo .wrl con la información de la estructura cinemática del HumBioA a partir de la información del archivo Premium\_Humanoid\_A.rbt. Para ello se utilizó software vrmlPad.

Para especificar la localización de las partes en vrml es necesario un vector de translación y un vector de orientación los cuales se pueden obtener a partir de las matrices homogéneas “T” del archivo. Parte del código archivo .wrl creado y que dibuja al robot HumBioA se muestra en la 5.5. La visualización del modelo se presenta en la 5.6.



Figura 5.5 Archivo VRML del robot

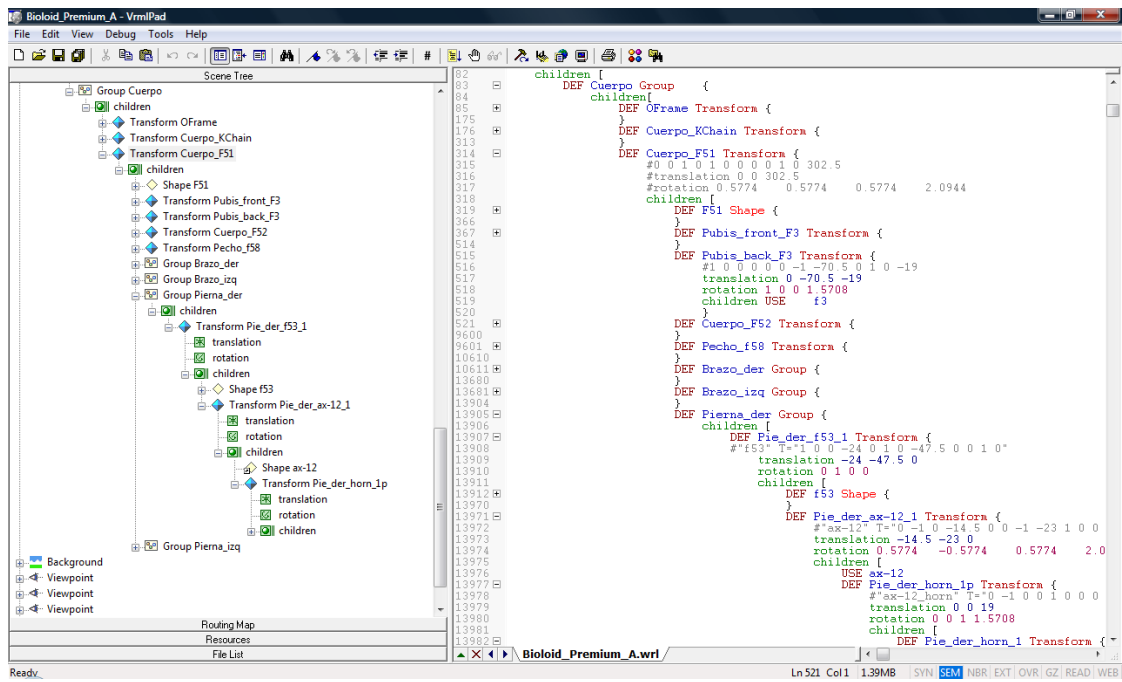
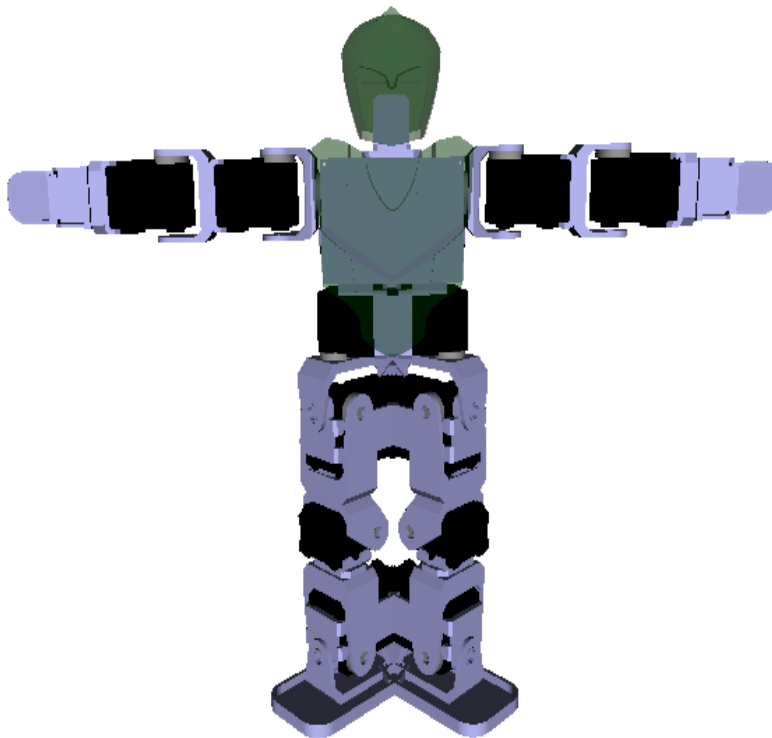


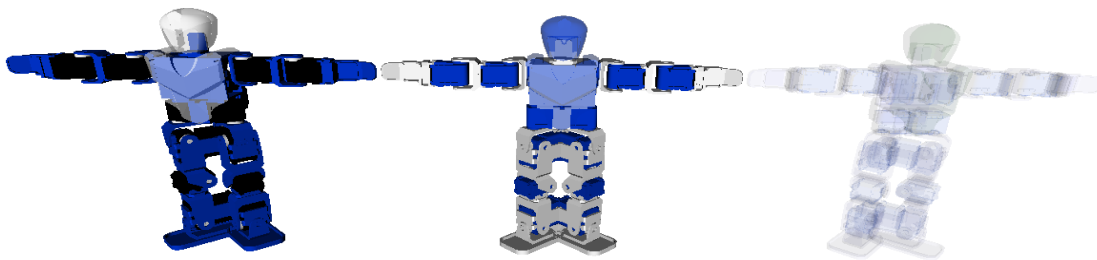
Figura 5.6 Bioloid Premium tipo A en VRML



#### 5.4 Visualización didáctica del modelo en VRML

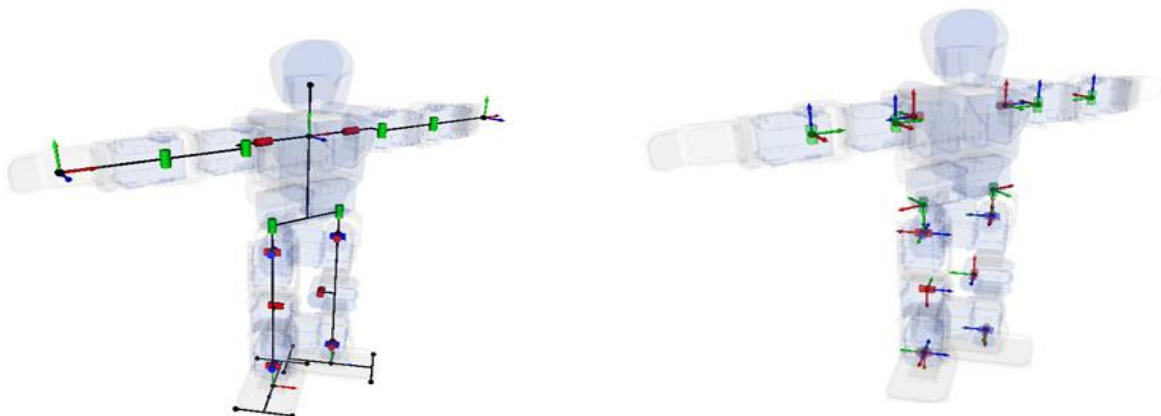
Una ventaja de obtener el modelo en formato vrml del robot es que fácilmente podemos modificar los parámetros de transparencia y de color de grupos de objetos. Cada objeto se representa por un nodo tipo *shape* que contiene un nodo *appearance* y que a su vez tiene un nodo *material*; en este nodo material los campos *transparency* y *diffuseColor* nos permiten modificar tanto el color como la transparencia de los shapes, es decir las partes del robot. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5.7** muestra el robot HumBioA con dos versiones diferentes de color y una tercera con transparencia de 0.9.

**Figura 5.7** Bioloid con diferentes colores y con transparencia



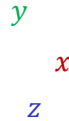
Para mostrar la localización de los efectores finales de manera clara, se añadieron (se dibujaron en vrml) 12 marcos ortogonales: uno en el torso, uno en la pelvis, dos en los hombros, dos en las caderas, dos en las manos y dos mas en tobillos y pies del robot (ver Figura ). Estos marcos servirán para localizar la posición y orientación de las manos y pies del robot con respecto ya sea al pecho o a la pelvis, a las caderas o a los hombros.

**Figura 5.8** Marcos ortonormales en el pecho, pelvis, hombros, caderas y extremidades del robot



Para efectos del modelado que presentamos, los ejes propuestos se muestran en la figura 5.9 En azul está el eje z (adelante - atrás), en rojo el eje x (izquierda - derecha) mientras que el eje y (arriba - abajo) se muestra en verde.

**Figura 5.9** Marcos y ejes de cada articulación y estructura cinemática del robot BioHumA

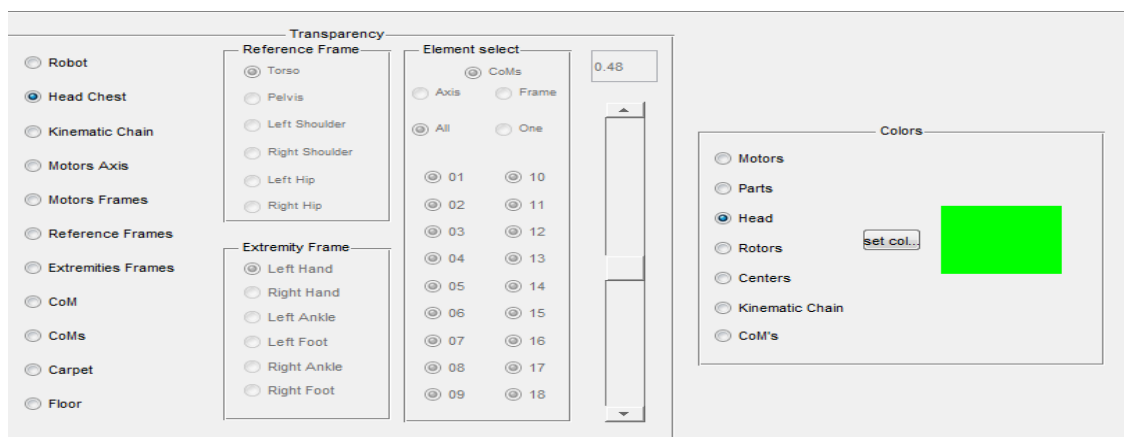


Para realizar la modelización del robot es conveniente tener en claro la localización de cada articulación y su manera de girar dentro del esquema cinemático. Para ello se colocó un marco en cada articulación así como un pequeño cilindro que indica el eje del motor de la articulación correspondiente (ver figura 5.9). Una vez marcada la posición y giro de cada articulación se especifica la estructura cinemática del robot que une cada articulación con líneas rectas, como se muestra en la figura 5.10. Esto nos será de utilidad para estudiar el modelado cinemático directo e inverso del HumBioA.

### 5.5 Interfaz para manejo del modelo del modelo VRML por el usuario

Para manipular los colores de las partes del Bioloid de forma sencilla se programó una Interfaz con el Usuario (UI por sus siglas en inglés) en Matlab. La Figura 11 muestra esta interfaz. Es posible manipular la transparencia de los marcos ortonormales de referencia (pecho, pelvis, hombros, caderas), los marcos en cada una de las extremidades (pies, tobillos y manos) así como los marcos en cada una de las articulaciones de forma individual o todos al mismo tiempo. Asimismo es posible cambiar los colores de los motores de las partes del robot, de la parte correspondiente a la cabeza y al pecho, etc. La Figura 12 muestra algunos ejemplos de estas manipulaciones.

**Figura 5.9** Marcos y ejes de cada articulación y estructura cinemática del robot BioHumA



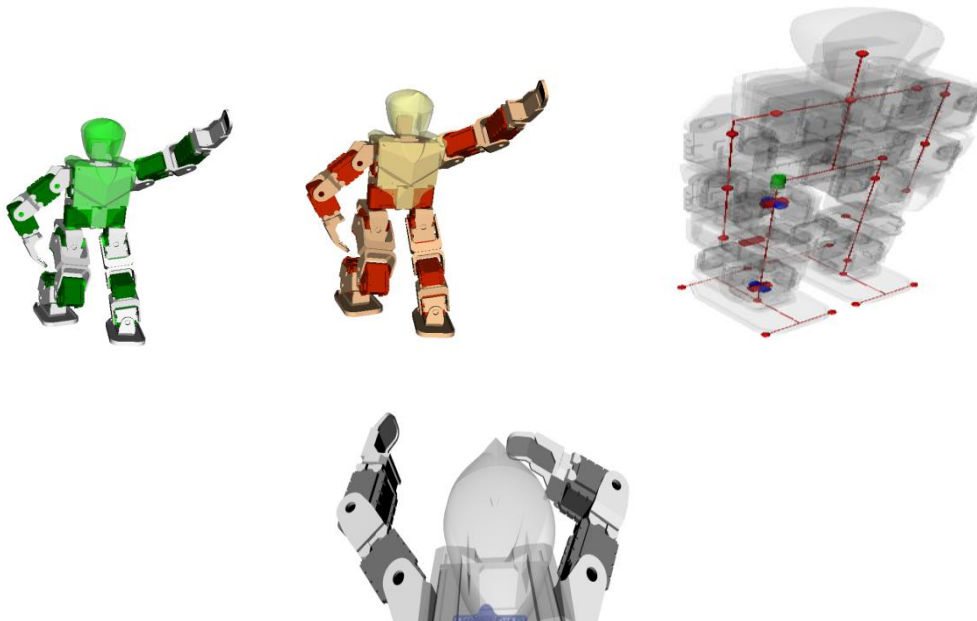
Una característica particular de esta UI es que fue realizada en código por medio del comando `uipanel`, `uibuttongroup` y `uicontrol`.

Al modificar y dar valores adecuados a los parámetros de estas funciones de MatLab se van colocando los elementos como sliders, botones de selección (*radiobuttons*), botones tipo *pushbutton*, barras de deslizamiento (*sliders*), textos, etc. La lógica correspondiente a las acciones de cada elemento se codifican en los callbacks asociados a cada elemento. Estos elementos son nombres de funciones que se indican como parámetro de cada uno de los elementos. El código de cada función callback se ejecuta al presionar el elemento correspondiente.

## 5.6 Conclusiones

En este trabajo presentamos la obtención del modelo en vrml del robot Bioloid en configuración humanoide a partir de los datos de los archivos CAD y la configuración que proporciona el fabricante. La visualización interactiva de diversos elementos como los marcos ortogonales de referencia, en cada articulación y en las extremidades es de gran ayuda para la presentación académica, la comprensión y una visualización didáctica de los conceptos involucrados en la modelización de un robot humanoide. Se desarrolló una interfaz en Matlab por medio de la cual el usuario puede modificar a su gusto los elementos del robot Bioloid virtual. La modularidad del lenguaje vrml y su fácil interconexión con MatLab permiten la inclusión de elementos como cilindros en las articulaciones, marcos ortonormales y una representación gráfica de la estructura cinemática del robot. Estos elementos permiten realizar el modelado geométrico de un robot humanoide (cinemática directa y cinemática inversa) de una mejor forma al permitir estudiar a detalle la configuración del mismo.

**Figura 5.10** Visualizaciones del robot Bioloid en VRML



La inclusión de aspectos dinámicos para una simulación de fuerzas y torques, así como la generación de modelos cinemáticos en vrml para otros robots humanoides son trabajos que se llevarán a cabo como continuación y basados en la experiencia del proceso que se reporta en este artículo.

## 5.7 Bibliografía

Ames, A., Nadeau, D. & Moreland, J. (1997) VRML 2.0 sourcebook (2nd ed.), New York. John Wiley & Sons.

Tachi, S. (1998) Real-time remote robotics — Toward networked telexistence, in IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 18, pp. 6–9.

Afshari, K. E. & Payandeh, S. (1999), Toward implementation of Java/VRML environment for planning, training and tele-operation of robotic systems, In Proc. 3rd World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (ISAS'99), Orlando.

Šafaric, R., Calkin, D. W., Parkin, R. M., Czarnecki, P. (2001) Virtual environment for telerobotics, Integrated. computer.-aided engineering, 2001, vol. 8, no. 2, pp. 95-104.

Michel, O. (1998). Webots: Symbiosis between virtual and real mobile robots. In Proceedings of the First International Conference on Virtual Worlds (VW '98) Paris, France, Springer Verlag, Berlin, Germany, pp. 254–263.

Kanehiro, F., Hirukawa, H. and Kajita, S. (2004). OpenHRP: Open architecture humanoid robotics platform. International Journal of Robotic Research, 23(2), 155–165.

Jackson, J., (2007). Microsoft robotics studio: A technical introduction, IEEE Robotics & Automation Magazine, vol.14, no.4, pp.82,87, Dec. 2007.

Morgan, S. (2008). Programming Microsoft Robotics Studio. Microsoft Press, Redmond, WA, USA, 2008.

Dominguez, D., (2007): VRML and Simulink Interface for the Development of 3-D Simulator for Mobile Robots, Proceedings of world academy of science, Engineering and Technology, Volume 25, November 2007. ISSN 1307 – 6884.

Nielsen, F. A. & Hansen, L. K. (2000). Experiences with Matlab and VRML in functional neuroimaging visualizations. In Klasky, S. and Thorpe, S., editors, Proceedings of Visualization Development Environments Workshop, Princeton, New Jersey, USA, April, pp. 76-81, Princeton, New Jersey.

Fernández G. F. (2008) Laboratorio virtual de física en matlab/simulink con tecnología vrml. M. Sc Thesis, Facultad de Informática Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Cienfuegos, Cuba.

Chowdhury, A.R.; Prasad, B.; Kumar, V.; Kumar, R.; Panda, S.K., (2011), Design, modeling and open-loop control of a BCF mode bio-mimetic robotic fish, Proc. International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), pp.87-92.

Núñez N.V., Olvera L.I., Pámanes J.A., (2009); “Estudio Teórico y Experimental del Equilibrio de la Marcha del Robot Humanoide Bioloid”; Memorias del XI Congreso Mexicano de Robótica (COMRob) de la AMRob; Celaya, Gto, México.

Olvera L.I., Núñez J.V., Pámanes J.A., (2009) “Evaluación Experimental de Patrones de Marcha Cicloides en el Robot Humanoide Bioloid”; Memorias del IX Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica (CIBIM9), pp. 10-149 a 10-156, Las Palmas de Gran Canaria, España.

Nunez, V., Olvera, L.-I., Pamanes, J.-A. (2011) Simulation and Experimentation of Walking of the Bioloid Humanoid Robot, Proc. 13th World Congress in Mechanism and Machine Science, Guanajuato, México.

J. Victor Nunez, Abraham Briseno, Dora A. Rodriguez, J. Manuel Ibarra, Victor M. Rodriguez (2012), Explicit Analytic Solution for Inverse Kinematics of Bioloid Humanoid Robot, Proc. Brazilian Robotics Symposium and Latin American Robotics Symposium, (SBR-LARS), pp.33-38, Fortaleza, Brazil.

Akhtaruzzaman M, Shafie AA, (2011) Geometrical Analysis on BIOLOID Humanoid System Standing on Single Leg. Proc. of 2011 4th International Conference on Mechatronics (ICOM`11), 17-19 May 2011, Kuala Lumpur, Malaysia.

Wolf J, Hall P, Robinson P, Culverhouse P, (2007) Bioloid based Humanoid Soccer Robot Design in Proc. of the Second Workshop on Humanoid Soccer Robots @ 2007 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, Pittsburgh (USA).

## **Obtención empírica y no empírica de un conjunto específico de heurísticas sobre experiencia de usuario para sistemas de información**

José López, Jorge Hernández, Nelson Rangel, Mario Rodríguez, Martha Butrón y Omar Jasso

J. López, J. Hernández, N. Rangel, M. Rodríguez, Martha Butrón y Omar Jasso.  
Universidad Politécnica de Victoria, Avenida Nuevas Tecnologías 5902, Parque Científico y Tecnológico de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, CP-87137, México.  
embutronb@upv.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

The set of ten heuristics proposed by J. Nielsen is oriented to measure the user experience (UX) in general. However, when dealing with the particular case of an information system (IS), these heuristics cannot identify all the bad situations, or problems, related with the UX. This paper proposes the inclusion of three heuristics (identity, accessibility, y attractivity) to those proposed by J. Nielsen, in order to identify better the problems about by the UX in IS. The new set of heuristics was tested over a case of study composed by 54 ISs, 141 users of them, and a questionnaire applied to the users. Based on Usability recommendations taken from de literature, and the answers given by the users, it was possible to identify 29 problems when considering only the heuristics proposed by J. Nielsen, and 40 problems when using the set defined in this document. Hence, this paper presents a set of heuristics that improves the identification of problems about UE in ISs than those proposed by J. Nielsen.

## **6 Introducción**

Hasta el año 2000 se presumían unos pocos miles de petabytes de información en el mundo; sólo en los Estados Unidos se estimaban 8000 terabytes por año (Lesk, 2005), en la actualidad el mundo tiene una cantidad colosal de datos.

El software, en particular los Sistemas de Información (SI), son capaces de almacenar, compartir y gestionar grandes cantidades de información. Los SI han crecido de forma ingente en la última década con multitud de objetivos; tales SI se clasifican en Sistemas de Procesamiento de Transacciones, Sistemas de Gestión de la Información, Sistemas de Soporte para Decisiones, Sistemas de Información Ejecutiva y Sistemas de Automatización para Oficina (Van, 2003). La importancia de los SI, radica en el impacto que tiene sobre la vida cotidiana. Sin embargo, aunque los SI facilitan en gran medida las actividades cotidianas, los Usuarios Finales (UF) suelen opinar lo contrario sobre su manejo porque típicamente invierten mucho tiempo en su aprendizaje para poder operarlo de forma adecuada (AlRoobaea, Al-Badi, & Mayhew, 2013a). Por otro lado las aplicaciones de software deficientes pueden tener un impacto negativo en varios aspectos de las instituciones; éstos no permiten que los UF logren sus metas de forma eficiente, efectiva y con un alto grado de satisfacción (ISO, 1998).

La Usabilidad forma parte de la Experiencia de Usuario (EU), la primera está definida por (ISO, 2010) como el grado en el cual un sistema, producto o servicio puede ser utilizado por el UF para lograr metas concretas con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso particular. Mientras que la EU está definida como las apreciaciones de una persona y las respuestas que resultan de la utilización y/o el uso previsto de un producto, sistema o servicio (ISO, 2010). Es decir, la Usabilidad hace énfasis entre la ejecución de tareas y la EU se refiere al placer llevado a diferentes inquietudes o preocupaciones durante la ejecución de la tarea; (Bevan, 2009) señala que no existe diferencia fundamental para ambas mediciones.



En este mismo sentido, un estudio realizado en la empresa Nokia mostró que la EU fue interpretada de una forma similar que la Usabilidad (Law, Roto, Hassenzahl, Vermeeren, & Kort, 2009).

Por su parte (Morville, 2004) afirma que la Usabilidad es necesaria pero no suficiente para el entorno actual en el que los SI están dirigidos a un público cada vez más amplio y a usuarios cada vez menos expertos en su manejo (Ferré, 2004); y en donde la Interfaz de Usuario (IU) es un componente con mucha importancia, ya que por medio de ella se conoce el desempeño de la aplicación y tiene como objetivo mostrar todo lo que el SI es capaz de hacer (Alcalá, 2007).

(Nielsen, 1995) propuso un conjunto de diez heurísticas orientadas a medir la Usabilidad para productos y/o servicios en general; sin embargo la literatura evidencia que éstas no cubren en su totalidad a productos o aplicaciones específicas. En este sentido, se han desarrollado trabajos que manifiestan modificar dichos principios con diferentes argumentos, como lo es la necesidad de contar con un Conjunto Específico de Heurísticas (CEH) para aplicaciones concretas en nuevas tecnologías como e-Government (Bicharra, 2005), grid computing (Roncagliolo, 2005) y televisión interactiva (Pemberton, 2003), entre otros. Dichos trabajos denotan una fuerte dependencia de las heurísticas establecidas por (Nielsen, 1995) y el proceso para la obtención del CEH no está formalizado (Jiménez, 2012). Pero lo más importante es que no hay trabajos centrados de forma concreta en proporcionar un CEH para SI con el fin de facilitar una EU óptima.

Ante esta situación, y teniendo presente la constante puesta en producción de multitud de SI, muchos de los cuales son desarrollados sin tomar en cuenta cuando menos la Usabilidad, se tiene como objetivo obtener un CEH para SI en base a las heurísticas de (Nielsen, 1995) que posibilite, posteriormente, desarrollar un sistema de evaluación que proporcione a los Desarrolladores y Directivos de sistemas (AlRoobaea, R. Al-Badi, A. & Mayhew, P. 2013b) un indicativo del nivel de EU percibido.

El artículo está organizado en cinco secciones. Una breve introducción para los lectores menos familiarizados con el tema abordado presenta el marco teórico, trabajos relacionados y el objetivo de la presente investigación; la sección dos presenta la metodología a seguir. Mientras que en la sección tres se muestran los resultados obtenidos y enseguida la discusión de los mismos. Finalmente, la sección cinco presenta las conclusiones.

## **6.1 Método**

Se particularizaron los conceptos de Usabilidad y EU. Se efectuó una búsqueda exhaustiva en la literatura de métricas, heurísticas, directrices y pautas propuestas por especialistas en la materia; concluida la búsqueda se tomó de referencia el conjunto de resultados obtenidos para el desarrollo de un análisis correlacional bajo la premisa de tomar como base los principios propuestos por (Nielsen, 1995).

Una vez obtenido el CEH se procedió a validarlo con usuarios de SI mediante la aplicación de un cuestionario diseñado y conformado a partir del CEH obtenido. Obtención del CEH: En el año 1995 J. Nielsen propuso un conjunto de 10 heurísticas generales enfocadas a medir la Usabilidad; a la fecha numerosos trabajos las han empleado para ese fin en una diversidad de productos. Por otra parte ha aumentado la cantidad de trabajos que manifiestan modificar dichas heurísticas con diferentes argumentos, como lo es la necesidad de contar con un CEH para aplicaciones concretas (Bicharra, 2005), (Roncagliolo, 2005) y (Pemberton, 2003). Sin embargo, en la literatura revisada no se encontró evidencia de la existencia de un CEH sobre EU para SI, por lo tanto se aborda en el presente trabajo. Para la obtención del CEH se toman como base las heurísticas de (Nielsen, 1995), además de métricas de (ISO 9126-2, 2003) y (ISO 9126-3, 2003), directrices para sitios Web de (Carvajal & Saab, 2010) y (U.S. Dept. of Health and Human Services, 2006), la lista de verificación de (Meyers, 2009) y pautas de accesibilidad de (Cadwel, Cooper, Guarino & Vanderheiden, 2008); obtenidas mediante una intensa revisión de literatura, ver Tabla 6.

**Tabla 6** Compendio de principios, métricas, directrices y pautas

Heurísticas de Nielsen	ISO 9126-2	ISO 9126-3	Directrices de Usabilidad para sitios Web del Estado colombiano	25-Point Website Usability Checklist	Research-Based Web Design & Usability Guidelines	WCAG 2.0
Visibilidad y estado del sistema.	Métricas de comprensión: Funciones evidentes. Comprensión de las funciones. Métricas de operatividad: Adecuado para la individualización. Accesibilidad física.	Métricas de comprensión: Funciones evidentes. Función de la comprensibilidad. Métricas de operatividad: Accesibilidad física.		Accesibilidad	Proveer retroalimentación sobre la ubicación del usuario. Proveer títulos descriptivos en las páginas. Proveer retroalimentación cuando el usuario debe de esperar.	Títulos de páginas. Encabezados y etiquetas
Correspondencia entre el sistema y el mundo real.	Métricas de comprensión: Funciones evidentes. Comprensión de las funciones.	Métricas de comprensión: Funciones evidentes. Función de la comprensibilidad.				Propósito de los enlaces (en contexto).

Control y libertad de usuario.	Métricas de operatividad: b) Controlable. Corrección de errores. Corrección de errores en uso. e) Tolerancia operacional de errores (Human error free). Uso de la capacidad operacional de recuperación de errores. Uso del tiempo entre las operaciones de un error humano. f) Adecuado para la individualización. Reducción del procedimiento de operación.	Métricas de operatividad: Cancelación de operaciones de usuario. Deshacer operaciones de usuario.				Accesible por teclado. Sugerencias ante errores. Prevención de errores. Prevención de errores.
Consistencia y estándares.	Métricas de operatividad: Consistencia operacional en uso. a) Cumple con las expectativas operativas de los usuarios.	Métricas de operatividad. Consistencia operacional.			Optimizar la experiencia del usuario. Estandarizar Secuencias de tareas.	Identificación coherente.
Prevención de errores.	Métricas de comprensión: Entrada y salida comprensible. Comprensión de las funciones.	Métricas de operatividad: Verificación de entradas válidas.	Diseño de interacción. Validación dinámica de datos.			Prevención de errores. Confirmado. Ayuda.
Reconocer antes que recordar.	Métricas de comprensión: Funciones evidentes. Comprensión de las funciones. Entrada y salida comprensible.	Métricas de operatividad: Verificación de entradas válidas. Claridad de elementos en la interfaz.	Diseño de Interacción. Campos obligatorios.			Presentación visual. Propósito de los enlaces (en contexto). Propósito de los enlaces (sólo enlaces). Encabezados de sección.

Flexibilidad y eficiencia de uso.	Métricas de operatividad: Reducción del procedimiento de operación.					Teclado: Todas las funciones del sistema deben estar disponibles utilizando el teclado.
Estética y diseño minimalista						Encabezados y etiquetas. Etiquetas o instrucciones: Se proporcionarán etiquetas o instrucciones cuando el contenido requiera la introducción de datos
Ayudar a los usuarios a diagnosticar y recuperarse de errores.	Métricas de capacidad de aprendizaje: d) Auto descriptivo. Mensajes comprensibles. El mensaje explica por sí mismo el error.	Métricas de operatividad: Claridad de mensajes.				Identificación de errores. Sugerencias ante errores. Prevención de errores.
Ayuda y documentación.	Métricas de capacidad de aprendizaje: Accesibilidad de la ayuda. Métricas de comprensión. Funciones evidentes. Métricas de capacidad de aprendizaje. Eficacia de la documentación de usuario y/o sistemas de ayuda en uso.	Métricas de comprensión: Funciones evidentes. Métricas de capacidad de aprendizaje: Integridad de la documentación de usuario y/o sistema de ayuda.				Ayuda.
				Ubicación del logotipo. Lema.	Identidad.	

	Métricas de operatividad: Accesibilidad física.	Métricas de operatividad: Accesibilidad física.		Diseño de interfaz de usuario. Contraste en brillo y color. Desplazamiento horizontal. Hojas de estilo para diferentes formatos. Independencia del navegador. Calidad del código. Validación dinámica de datos.	Formato de información para lectura e impresión. Desarrollar páginas que se imprimen correctamente. Proveer opciones de impresión. Accesibilidad. No utilizar el color para transmitir información. Diseñado para navegadores en común. Eliminar el desplazamiento horizontal.	Contraste mínimo. Cambio de tamaño del texto. Contraste mejorado. Presentación visual. Imágenes de texto. Identificación de errores. Compatible.
--	---	---	--	---	--	--

Análisis correlacional entre las Heurísticas de Nielsen y las métricas, directrices y pautas:

A continuación se muestra el proceso de obtención de cada Heurística en base al análisis correlacional de las diferentes aportaciones de los autores.

Tomando la primer heurística propuesta por (Nielsen, 1995), se observa que (ISO 9126-2, 2003) e (ISO 9126-3, 2003) hacen referencia a la *visibilidad y estado del sistema* dentro de sus métricas de comprensibilidad específicamente en las funciones evidentes, cuando el UF puede ser capaz de localizar funciones mediante la exploración de la IU, por su parte (Meyers, 2009) puntualiza a la visibilidad y estado del sistema en que la pobre legibilidad aumenta la frustración, y la frustración conduce al abandono.

Por su parte (U.S. Dept. of Health and Human Services, 2006) indica la importancia de proveer retroalimentación sobre la ubicación del UF para que conozca donde se encuentra actualmente, también menciona que es de gran ayuda colocar títulos descriptivos, únicos y concisos; en este sentido (Cadwel et al., 2008) señala la importancia de colocar títulos de páginas debido a que ayudan a identificar la ubicación actual sin que el UF interprete todo el contenido, también los encabezados y etiquetas ayudan a entender qué información está contenida y cómo se organiza.

La heurística correspondencia entre el sistema y el mundo real de (Nielsen, 1995) señala que el sistema debe estar en el contexto del UF y el mundo en el que vive, es decir, indica la importancia de emplear términos que resulten familiares para el UF en lugar de términos de un argot técnico.

Por su parte (ISO 9126-2, 2003) y (ISO 9126-3, 2003), en las funciones evidentes, denotan la importancia de que el UF pueda ser capaz de localizar funciones mediante la exploración de la IU.

Para (Cadwel et al., 2008) el contenido de los enlaces debe ayudar a entender su propósito para que el UF decida si quiere seguir el enlace.

En la heurística sobre el control y libertad del usuario de (Nielsen, 1995) explica que el UF a menudo elige funciones del sistema por error y necesitará salir del estado no deseado sin tener que pasar por un diálogo extendido, por ejemplo la opción de deshacer y rehacer; en este sentido (ISO 9126-2, 2003) dentro de las métricas de operatividad, en la corrección de errores en uso, considera que el UF pueda corregir fácilmente un error en una tarea realizada, tener la capacidad operacional de recuperación de errores y además de permitirle reducir el procedimiento de operación a su conveniencia. (ISO 9126-3, 2003) señala las tareas pueden ser canceladas antes de ser finalizadas por el UF dentro de sus métricas de operatividad. Finalmente (Cadwel et al, 2008) menciona la importancia de que el contenido siempre pueda ser accedido u operado mediante el uso de teclado.

La cuarta heurística propuesta por (Nielsen, 1995) se refiere a la consistencia y estándares, en la que estipula que el UF no debería tener que preguntarse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan lo mismo.

Por su parte (ISO 9126-2, 2003) estipula dentro de sus métricas de operatividad la consistencia operacional en uso ¿Qué tan consistente son los componentes de la IU? Mientras que (ISO 9126-3, 2003) hace referencia también dentro de sus métricas de operatividad en cuanto a ¿Qué proporción de las operaciones se comportan de la misma manera? Por su parte U.S. Dept. of Health and Human Services, 2006) explica que estandarizar la secuencia de tareas permite al UF realizar actividades en el mismo orden por que éstos aprenden ciertas secuencias de comportamientos y funcionan mejor cuando se pueden repetir con fiabilidad.

En la heurística de prevención de errores (Nielsen, 1995) aclara que es más importante prevenir la aparición de errores que generar buenos mensajes de error. Por su parte (ISO 9126-2, 2003) dentro de sus métricas de comprensibilidad indica que el UF debe entender el formato en el que los datos deben ser introducidos e identificar correctamente el significado de los datos de salida. Por su parte (ISO 9126-3, 2003) indica la importancia de la verificación de las entradas; en este sentido (Carvajal & Saab, 2010) propone implementar una validación dinámica de datos en los formularios, antes de que el UF envíe los datos. En el criterio de prevención de errores (Cadwel et al., 2008) indica que la intención de ayudar al UF con discapacidades contribuye a evitar graves consecuencias como resultado de un error al realizar una acción que no pueda ser revertida.

De acuerdo a (Nielsen, 1995) en la heurística de reconocer antes que recordar es muy importante minimizar la carga de memoria del UF mediante objetos de decisiones, acciones y opciones visibles. Por su parte (ISO 9126-2, 2003) indica que el UF debe entender fácilmente el formato en el que los datos deben ser introducidos e identificar correctamente el significado de los datos de salida dentro de sus métricas de comprensibilidad, mientras (ISO 9126-3, 2003) formula la pregunta ¿Qué proporción de los mensajes se explican por sí mismos?, (Carvajal & Saab, 2010) explica que el UF se ha acostumbrado a encontrar una convención para aquellos campos que son requeridos y que por ello en ocasiones los campos sin señalización pueden ser interpretados como opcionales.

Mientras que (Cadwel et al., 2008) menciona que el uso de encabezados y etiquetas tienen la intención de ayudar al UF a entender qué información se encuentra en pantalla y cómo se organiza.

Al hablar de flexibilidad y eficiencia de uso (Nielsen, 1995) hace referencia a que los aceleradores permiten aumentar la velocidad de interacción para el UF experto tal que el sistema pueda atraer a principiantes y experimentados. Es importante que el sistema permita personalizar acciones frecuentes para agilizar su uso. (ISO 9126-2, 2003) menciona el valor que se tiene cuando el UF puede fácilmente reducir los procedimientos y operaciones mediante el manejo del sistema a su conveniencia. Por su parte (Cadwel et al., 2008) sugiere qué contenido pueda ser accedido u operado mediante una interfaz de teclado.

La heurística estética y diseño minimalista de (Nielsen, 1995) menciona que los diálogos no deben contener información que es irrelevante o raramente necesaria y por su parte (Cadwel et al., 2008) recomienda proporcionar suficiente información al UF en etiquetas o instrucciones para que éste realice las tareas sin alguna confusión.

(Nielsen, 1995) menciona que ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores se consigue a través de mensajes de error expresados en un lenguaje claro indicando exactamente cuál es el problema. Por su parte (ISO 9126-2, 2003) cuestiona dentro de las métricas de operatividad, específicamente en mensajes comprensibles, si el UF ¿Puede fácilmente entender los mensajes del sistema?, o si ¿Hay algún mensaje que cause al UF un retardo en su entendimiento antes de empezar la siguiente tarea? Por otra parte (ISO 9126-3, 2003) hace referencia a que los mensajes deben de ser claros explicando al UF qué acción tomar para recuperarse de un error. Finalmente (Cadwel et al., 2008) señala que el UF pueda ser consciente de que ha ocurrido un error y pueda determinar lo que está incorrecto; siempre y cuando el mensaje sea específico.

La ultima heurística propuesta por (Nielsen, 1995) la cual trata sobre la ayuda y documentación puntualiza que a pesar de que es mejor un sistema que no necesite documentación, puede ser necesario disponer de ésta. Si así es, la documentación tiene que ser fácil de encontrar, estar centrada en las tareas del UF, tener información de las etapas a realizar y no ser muy extensa.

En este sentido (ISO 9126-2, 2003) señala la efectividad de la documentación del UF y/o la ayuda del sistema midiendo la proporción de las tareas que pueden ser completadas correctamente después de usar la documentación de ayuda. Finalmente (ISO 9126-3, 2003) hace referencia a las métricas de capacidad de aprendizaje en la integridad de la documentación para el UF.

Una vez realizado el análisis correlacional de las definiciones de las métricas, directrices y pautas contenidas en la Tabla I se identifica que las heurísticas de (Nielsen, 1995) siguen siendo pertinentes para su aplicación específica en SI, sin embargo resulta interesante reforzarlas con las heurísticas de identidad, accesibilidad y atraktividad. En cuanto a identidad (Meyers, 2009) señala la importancia de colocar logotipos en lugares fáciles de encontrar para darle identidad al sistema o sitio Web, también sugiere que sea en la parte superior izquierda.

Así mismo recomienda el uso de los lemas, debido a que tienen mucha importancia para el UF; en este sentido (U.S. Dept. of Health and Human Services, 2006) indica que tener un logo en cada página proporciona un marco de referencia, idealmente, el logotipo debe estar en el mismo lugar.

En cuanto a la accesibilidad las referencias (ISO 9126-2, 2003) y (ISO 9126-3, 2003) señalan dentro de las métricas de operatividad la importancia de medir qué proporción de las funciones pueden ser accedidas por un UF con discapacidades físicas; en este sentido (U.S. Dept. of Health and Human Services, 2006) estipula que al UF generalmente le favorece la lectura de documentos en línea, debido a que puede hacerlo desde cualquier lugar y en cualquier momento. Finalmente (Cadwel et al., 2008) menciona que la importancia del contraste mínimo tiene como intención proporcionar suficiente contraste entre el texto y el fondo para que pueda ser leído por el UF con visión moderadamente baja.

Finalmente la atraktividad está asociada a la satisfacción del UF y se puede definir como la percepción que éste tiene de que fueron alcanzadas o sobrepasadas sus expectativas en relación al producto o servicio; es decir, es el conjunto de sensaciones que tiene el UF sobre el bien o servicio adquirido, al utilizarlo y saber que funciona con normalidad (SIP, 2012).

Validación: De acuerdo a (Farkas, 2009) la evaluación de la Usabilidad se puede dividir en evaluación empírica que comprende los cuestionarios y la evaluación no empírica que comprende las opiniones de expertos y directrices publicadas. La evaluación con expertos es económica y puede ser utilizada en etapas tempranas del proceso de desarrollo de SI (Nielsen & Molich, 1990); más tarde J. Nielsen comprobó que los evaluadores expertos detectan mayor cantidad de problemas que los no expertos, y que los evaluadores doblemente expertos, es decir, expertos en la materia y que poseen experiencia en el contexto de uso del sistema que se desea evaluar, detectan una mayor cantidad de problemas (Nielsen, 1992). Lo que supone una clara desventaja por la alta capacitación requerida para los evaluadores si se desea optimizar la cantidad de problemas a encontrar.



Además, en este tipo de evaluación a menudo existe una brecha importante entre las fallas que encuentra y lo que realmente causa problemas para el UF; e incluso el experto más cualificado sólo tratará de adivinar la respuesta del UF a un sistema y su documentación (Jeffries, 1994). En este sentido, los evaluadores sólo emulan el comportamiento del UF real del SI (Kanter & Rosenbaum, 1997).

En lugar de traer a un experto, se puede hacer uso de la experiencia que se ha publicado, lo que resulta más económico; aunque probablemente no más rápido, que la contratación de un experto. Sin embargo, para este tipo de evaluación es necesario contar con la literatura apropiada, leerla y aplicarla como parte de un proceso de evaluación o para guiar el esfuerzo de diseño inicial de un proyecto. Las directrices son más convenientes y con frecuencia más eficaces para su uso en la evaluación no empírica (Farkas, 2009).

Además de recoger datos de muchas personas sin tener que gastar mucho tiempo y dinero (Farkas, 2009) un cuestionario es una de las técnicas con mayor éxito que permiten plantear preguntas especialmente diseñadas a partir de directrices y/o heurísticas para conocer el uso que hace el UF con un sistema determinado, sabiendo así su grado de satisfacción (Parasuraman, Grewal & Krishnan, 2006), (Kuniavsky, 2003), (Courage & Baxter, 2005.), (Brace, 2008), (Tullis, & Albert, 2008) y (Azzara, 2010).

El proceso de evaluación empleado para el CEH propuesto utiliza la evaluación no empírica y la empírica; la primera a través de la recolección de directrices y/o heurísticas de Usabilidad existentes en la literatura y la segunda mediante el empleo de un cuestionario, éste último se genera a partir del CEH propuesto y se aplica a UF de los SI disponibles para la evaluación.

La primera etapa de validación consistió en realizar un piloto preliminar con el fin de asegurar que no existieran errores de ortografía, gramaticales, palabras o frases ambiguas en la redacción del cuestionario dirigido a UF de los SI. Como etapa final el mismo se aplicó a 141 UF de 54 SI.

## **6.2 Resultados**

De acuerdo a la metodología planteada se han obtenido los siguientes resultados: Se han abordado los conceptos de Usabilidad y EU desde la perspectiva de autores de renombre.

Se ha obtenido un CEH para SI, conformado por las 10 tradicionales de (Nielsen, 1995) más las de Identidad, Accesibilidad y Atractividad. Además, se ha diseñado un cuestionario compuesto por 65 preguntas cerradas y una sección de comentarios por heurística, dirigido a UF contemplando el CEH obtenido. También se han identificado 40 problemas relacionados con la EU de mayor incidencia en los SI considerados en la presente investigación; ver Tabla 6.1.

**Tabla 6.1** Problemas relacionados con la EU detectados por heurística

Heurística	Problema detectado	% de UF que lo manifiestan	% de problemas identificados
Visibilidad del estado del sistema	1. No se presenta una notificación de progreso cuando el resultado de una operación se retrasa.	47%	2.5%
Correspondencia entre el sistema y el mundo real	2. Los valores monetarios no incluyen el símbolo de pesos ni el punto para separar los dígitos decimales.	28%	7.5%
	3. El SI no formatea con comas los valores numéricos mayores a 999.	26%	
	4. Los mensajes de error no están escritos en el idioma español.	24%	
Control y libertad de usuario	5. Las operaciones de trascendencia no solicitan aprobación para efectuarse.	16%	7.5%
	6. No se permite cancelar una operación realizada.	18%	
	7. El SI no contribuye a reducir el tiempo en la captura, reutilizando datos existentes.	26%	
Consistencia y estándares	8. La redacción de los textos expresa el uso deficiente de reglas ortográficas.	56%	2.5%
Prevención de errores	9. Para los campos que requieren un formato en particular (fecha, moneda, teléfono, entre otros) no se muestra un ejemplo y/o el formato esperado de los datos.	36%	10%
	10. En la realización de una actividad están habilitados más de los controles necesarios.	16%	
	11. El SI no informa cuando se intenta salir o cerrar una ventana que contiene datos sin guardar.	25%	
	12. Los campos de entrada de datos no cuentan con mecanismos de verificación.	23%	
Reconocer antes que recordar	13. Los campos obligatorios no se distinguen de los opcionales.	30%	7.5%
	14. Los botones y otros controles no implementan indicadores visuales (globos de texto, tool tips, entre otros) que describen la acción a realizar.	36%	
	15. Los menús, botones y otros controles no describen de forma clara la acción a realizar.	19%	
Flexibilidad y eficiencia de uso	16. El SI no incorpora la combinación de teclas para realizar acciones frecuentes y/o prioritarias.	28%	7.5%
	17. El SI no permite importar datos.	22%	
	18. El SI no permite exportar información.	26%	
Estética y diseño minimalista			0%
Ayudar a los usuarios a diagnosticar y recuperarse de errores	19. Los mensajes no están expresados de forma afirmativa y no hacen uso de la voz activa. <i>Ejemplo: Hacer clic en el botón Guardar.</i>	37%	10%
	20. Los mensajes de error no explican claramente lo ocurrido.	36%	
	21. Los mensajes de error no proponen una solución concreta.	51%	
	22. Si un error es detectado en un campo de entrada de datos, no se coloca el cursor en éste y tampoco se resalta.	55%	

Ayuda y documentación	23. El SI carece de documentación y/o ayuda.	43%	17.5%
	24. No se accede a la ayuda pulsando la tecla de función F1.	45%	
	25. El acceso a la ayuda no está en una zona visible y tampoco es reconocible.	19%	
	26. Las instrucciones de la ayuda no corresponden a la secuencia de acciones a realizar.	18%	
	27. Acceder a la ayuda interrumpe la tarea que se lleva a cabo.	33%	
	28. La documentación no cubre todas sus funcionalidades.	21%	
	29. Se carece de una sección de preguntas frecuentes.	52%	
Identidad	30. En el SI no se visualizan logotipos oficiales de la institución.	56%	10%
	31. En el SI no se visualiza el lema institucional.	64%	
	32. Los colores del SI no son acordes a la identidad institucional.	56%	
	33. Las fuentes tipográficas del SI no son las adoptadas por la institución.	42%	
Accesibilidad	35. El texto e imágenes no contrastan de manera adecuada con el fondo de las pantallas.	21%	15%
	36. El SI no es accesible para personas con discapacidad(es).	45%	
	37. El ancho de página provoca desplazamiento horizontal.	46%	
	38. El SI sugiere el uso de un navegador Web en particular.	26%	
	39. El SI permite el uso del botón “atrás” del navegador Web.	37%	
	40. El SI carece de un diseño para los formatos de lectura en pantalla e impresión.	27%	
Atractividad	34. Los aspectos visuales y operativos del SI no provocan una satisfacción de agrado, encanto, gracia, deleite, placer y/o goce.	45%	2.5%

### 6.3 Discusión

El CEH que proponemos contempla las heurísticas de (Nielsen, 1995) como base, sin embargo éstas requieren ser extendidas para satisfacer las necesidades de dominios específicos, como lo es el de los sí.

El 27.5% de los problemas identificados se recabó con las tres heurísticas aportadas. Lo que significa que al no considerar dichas heurísticas sólo se estaría en posibilidades de obtener el 72.5% de los problemas relacionados a la EU en los SI.

Además las heurísticas aportadas y las de Visibilidad del estado del sistema, Consistencia y estándares, Ayudar a los usuarios a diagnosticar y recuperarse de errores, y Ayuda y documentación; presentan la mayor incidencia realimentada por los UF.

La primer Heurística agregada al CEH, Identidad, permite identificar el 10% de los problemas relacionados con la EU haciendo énfasis en la ausencia de visualización de logotipos oficiales, lema, colores y fuentes tipográficas institucionales, tal como se señala en los problemas 30 al 33 en la Tabla 6.1.

La segunda Heurística sumada al CEH, Atractividad, posibilita identificar el 2.5% de los problemas relacionados con la EU haciendo énfasis en los aspectos visuales y operativos del SI que no provocan una satisfacción de agrado, encanto, gracia, deleite, placer y/o goce, tal como se señala en el problema 34 en la Tabla 6.1.

Por último, la tercera Heurística añadida al CEH, Accesibilidad, posibilita identificar el 15% de los problemas relacionados con la EU haciendo énfasis en la falta de contraste adecuado con el texto e imágenes y el fondo de las pantalla, el SI no es accesible para personas con discapacidad, el ancho de página provoca desplazamiento horizontal, el SI requiere de un navegador Web en particular.

El SI permite el uso del botón “atrás” del navegador Web, y el SI carece de un diseño para los formatos de lectura en pantalla e impresión; tal como se señala en los problemas 35 al 40 en la Tabla 6.1.

#### **6.4 Conclusiones**

El trabajo sugiere la extensión de las heurísticas propuestas por J. Nielsen con el fin de conformar un CEH para SI, lo que se observa con la inclusión de las heurísticas de Identidad, Accesibilidad y Atractividad. (Morville, 2004) señala respecto a la Accesibilidad, que al igual que nuestros edificios tienen ascensores y rampas, las aplicaciones deben ser accesibles para personas con discapacidad y que hoy en día es un buen negocio; y que lo ético con el tiempo se convertirá en ley para ésta. Esta heurística es considerada dentro de las 6 agregadas a las de (Nielsen, 1995) en (Bicharra, 2005), donde se evalúan sitios Web gubernamentales y se muestra como resultado el grado de evaluación por heurística; En nuestro trabajo al CEH lo acompañamos con una lista de 40 problemas relacionados con la EU de mayor incidencia en los SI considerados. Cabe mencionar que los trabajos relacionados con CEH localizados en la literatura no contemplan las heurísticas de Identidad y Atractividad. Con el CEH propuesto se logra identificar un mayor número de problemas de EU en los SI que con las heurísticas tradicionales de (Nielsen, 1995). El CEH se ha validado en la práctica a través del uso de un cuestionario aplicado a los UF. Con el fin de ratificar y consolidar los resultados la investigación y bajo la premisa que los SI es un mundo apasionante donde las fronteras cambian a diario (Van, 2003), se sugiere como trabajo futuro: 1) Diseñar un cuestionario dirigido a desarrolladores y otro a directivos de sistemas, ambos fundamentados en el CEH obtenido, para enriquecer los datos recolectados mediante el contraste de las respuestas de los tres principales involucrados en los SI (AlRoobaea, R. Al-Badi, A. & Mayhew, P. 2013b). Desarrolladores y directivos de sistemas; y 2) complementar la validación mediante la evaluación de expertos distinguidos en la materia, y luego comparar y contrastar los resultados obtenidos de la aplicación a usuarios contra las obtenidas por los expertos; y finalmente contrastar ambos resultados contra los obtenidos sólo por las 10 heurísticas de (Nielsen, 1995).

## 6.5 Referencias

Alcalá, M. L. (2007). Medida de la usabilidad en aplicaciones de escritorio. Un método práctico. (Tesis licenciatura). Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España.

AlRoobaea, R., Al-Badi., A. & Mayhew, P. (2013a). A Framework for Generating Domain-Specific Heuristics for Evaluating Online Educational Websites. 2nd International conference on Human Computer Interaction Learning Technology (IHCILT 2013), 8(2), 75-84. ISSN No: 2091-1610.

AlRoobaea, R. Al-Badi, A. & Mayhew, P. (2013b). A Framework for Generating Domain-Specific Heuristics for Evaluating Online Educational Websites-Further Validation. 2nd International conference on Human Computer Interaction Learning Technology ( IHCILT 2013). 8(2), ISSN No: 2091-1610.

Azzara, C.V. (2010). Questionnaire Design for Business Research. Mustang, OK: Tate Publishing. ISBN-10: 1615668357.

Bevan, N. (2009). What is the difference between the purpose of usability and user experience evaluation methods?. Workshop, INTERACT 2009 The 12th IFIP TC 13 Conference on Human-Computer Interaction. Recuperado de [http://www.nigelbevan.com/papers/What\\_is\\_the\\_difference\\_between\\_usability\\_and\\_user\\_experience\\_evaluation\\_methods.pdf](http://www.nigelbevan.com/papers/What_is_the_difference_between_usability_and_user_experience_evaluation_methods.pdf)

Bicharra, G. A. C., Maciel, C. & Bicharra, P. F. (2005). Electronic Government: A Quality Inspection Method to Evaluate E-Government Sites. [Versión de Springer Link]. doi: 10.1007/11545156\_19

Brace, I. (2008). Questionnaire Design: How to Plan, Structure, and Write Survey Material for Effective Market Research. London, UK: Kogan Page. ISBN-10: 0749450282.

Cadwel, B., Cooper, M., Guarino, R. L. & Vanderheiden, G. (2008). Web Content Accessibility Guidelines. (WCAG 2.0). The World Wide Web Consortium (W3C).

Carvajal, M. & Saab, J. (2010). Directrices de usabilidad para sitios web del estado colombiano. (Manual para la implementación del decreto 1151). Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones. República de Colombia.

Courage, C. & Baxter, K. (2005). Understanding Your Users: A Practical Guide to User Requirements. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. ISBN-10: 1558609350.

Farkas, D. K. (2009). Evaluation and Usability Testing. Society for Technical Communication, 14(2). Recuperado de [Error! Hyperlink reference not valid. http://www.stcsig.org/usability/newsletter/0904-Testing.htm](http://www.stcsig.org/usability/newsletter/0904-Testing.htm)

Ferré, G. X. (2004). Principios básicos de usabilidad para ingenieros software. V Jornadas de Ingeniería de Software y Bases de Datos 2000. 39-46.

ISO 9241-11. (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability. International Organization for Standardization.

ISO/IEC TR 9126-2. (2003). Software engineering -- Product quality -- Part 2: External metrics. International Organization for Standardization.

ISO/IEC TR 9126-3. (2003). Software engineering -- Product quality -- Part 3: Internal metrics. International Organization for Standardization.

ISO 9241-210. (2010). Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems. International Organization for Standardization.

Jeffries, R. (1994). Usability inspection methods. New York, NY, USA: John Wiley and Sons, Inc, 273-294, ISBN: 0-471-01877-5.

Jiménez, C. (2012). La usabilidad en aplicaciones basadas en nuevas tecnologías. Conferencia Ibero-Americana sobre Ingeniería de Software CibSE. Recuperado de [http://cibse2012.unlam.edu.ar/documentos/Jimenez\\_2012.pdf](http://cibse2012.unlam.edu.ar/documentos/Jimenez_2012.pdf)

Kanter, L. & Rosenbaum, S. (1997). Usability Studies of WWW sites: heuristic evaluation vs. laboratory testing. In Proc of 15<sup>th</sup> International Conference on Computer Documentation SIGDOC'97: Crossroads in Communication ACM Digital Library. 153-160. doi: 10.1145/263367.263388 .

Kuniavsky, M. (2003). Observing the User Experience: A Practitioner's Guide to User Research. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. ISBN-10: 1558609237.

Law, E., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. & Kort, J. (2009) Understanding, Scoping and Defining User Experience: A Survey Approach. In Proc. Human Factors in Computing Systems, CHI'09 ACM Digital Library. 719- 728. doi: 10.1145/1518701.1518813.

Lesk, M. E. (2005). How Much Information Is There In the World? University of Washington. Recuperado de <http://www.cs.washington.edu/education/courses/cse590s/03au/lesk.pdf>

Meyers, P. J. (2009). User Effect. (25 –point Website Usability Checklist). Hinsdale, IL

Morville, P. (2004). User Experience Design. Semantic Studios. Recuperado de <http://semanticstudios.com/publications/semantics/000029.php>

Nielsen, J. (1992). Finding usability problems through heuristic evaluation. In Proc of ACM CHI 1992 ACM Digital Library. 373-380.

Nielsen, J. (1995). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Nielsen Norman Group. Recuperado de: [http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_list.html](http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html)

Nielsen, J. & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. In Proc of ACM CHI 1990 ACM Digital Library. 249-256. doi: 10.1145/97243.97281.

Parasuraman, A., Grewal, D. & Krishnan, R. (2006). Marketing Research. USA: Addison-Wesley, Reading. ISBN 10: 0-618-66063-1.

Pemberton, L. & Griffiths, R. (2003). Usability Evaluation Techniques for Interactive Television. HCI International, Crete, Recuperado de <http://www.it.bton.ac.uk/staff/lp22/LynP.html>.

Roncagliolo, S., Pontificia Univ. Catolica de Valparaiso, Valparaiso, Chile, Rusu, V., Rusu, C., Tapia, G., Hayvar, D. & Gorgan, D. (2011). Grid Computing Usability Heuristics in Practice. Information Technology: New Generations (ITNG), 2011 Eighth International Conference on Information Technology IEEE Xplore Digital Library, 145-150, doi: 10.1109/ITNG.2011.33

SIP. (2012). Experiencia de usuario. Sistema Internet de la presidencia. Recuperado de: <http://sip.calderon.presidencia.gob.mx/experiencia-de-usuario/116-experiencia-de-usuario-encuesta#sthash.O7olkdJz.dpuf>

Tullis, T. & Albert, B. (2008). Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. ISBN-10: 0749450282

U.S. Dept. of Health and Human Services. (2006). The Research-Based Web Design & Usability Guidelines, Enlarged/Expanded edition. Washington: U.S. [Government Printing Office]. ISBN: 0-16-076270-7

Van, B. J. P., Eccles, M. & Nash, J. (2003). Discovering information systems. [Versión de Berne Convention]. Recuperado de <http://www.commerce.uct.ac.za/InformationSystems/staff/personalpages/jvbelle/pubs/DiscoveringInformationSystems.pdf>

## **Optimización de parámetros de un concentrador solar troncocónico**

Rosa Anda

R. Anda  
Universidad tecnológica del sur del estado de México, carretera tejudilco-amatepec km 12, tejudilco, Estado de México  
rossyanda@gmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.



## Abstract

This paper deals with optimizing the design parameters of a truncated cone type hub to capture, transfer and diffusion sunlight, so that reflections of light and increase focus on the walls of the cone and subsequently inside the tube project to the interior of any construction. As an initial parameter think the length of the roof opening of a dome active section of the mark Ciralight square through which the sun's rays fall on a vertical.

Considering the length and diameter greater openness (b) and a concentration factor (FC) of 2.46, was used Excel Solver tool for calculating the optimal key dimensions: the angle of generating ( $\alpha$ ), height of the cone (h ) And smaller diameter (a), for which it achieves a desired concentration. In addition, it is calculation and design hub truncated cone graphically in Mechanical Desktop 6 Power Pack, from a cone unit according to active dome above. Finally, we built 1:100 scale model to measure the illuminance under conditions of open skies and controlled, using temperature sensor and photodetectors with ranges from 0 to 130 KLX, finding a FC of 1.78 opencast and 1, 89 with a halogen lamp under controlled condition.

## 7 Introducción

La mayoría de las actividades humanas y biológicas sobre la tierra están gobernadas y potenciadas por el sol, ya que éste ha constituido un recurso de iluminación a lo largo de la historia del ser humano. El desarrollo y uso de luces artificiales eficientes, ha llevado al humano a separarse de lo saludable y del mejor recurso de iluminación: luz natural. Estudios han demostrado los beneficios en salud, seguridad y productividad laboral cuando las construcciones son iluminadas naturalmente (Roche L., 2000). Además de la calidad de la luz natural, otras de las razones del por qué usarla es su compatibilidad con sistemas de control de iluminación para lograr una reducción del uso y costo de energías convencionales, logrando así un sistema sostenible.

Para transportar luz natural del exterior al interior de un espacio físico, se están empleando luminoductos que son estructuras simples que permiten transmitir la luz natural, en la actualidad hay un incremento considerable en uso de esta tecnología. (CIBSE, 2003), declara una estimación de tres millones de ductos instalados en todo el mundo. Generalmente consisten de un colector (usualmente domo hemisférico de policarbonato), el conducto en sí mismo y un emisor. El diseño de luminoductos tiene diferentes geometrías y constantemente se realizan mejoras y actualizaciones (Carter, 2002), (Jenkins D. M. T., 2003) y (Jenkins D. M. T., 2004), emplean ductos recubiertos de aluminio (96 % de reflexión), en tal grado, la luz es transmitida de forma especular (transparente), existen películas reflectivas desarrolladas por 3M con un grado de reflexión entre 98 y 99%, con lo que la luz es totalmente transmitida hacia el interior. Cada innovación hecha a los luminoductos incrementa su eficiencia, pero es importante verificar la fiabilidad de esta eficacia y su aplicación tecnológica pertinente, de aquí la importancia de corroborar y generar metodologías para cuantificar los niveles de iluminación logrados (Mohammed, 2006).

El presente trabajo trata sobre la optimización de los parámetros de diseño de un concentrador tipo troncocónico para captar, transferir y difundir luz solar, de tal forma que los reflejos de la luz se concentren y multipliquen en las paredes del cono y posteriormente pasarlos por un luminoducto para proyectarlos al interior de cualquier construcción.

Por lo que es necesario caracterizar el comportamiento del transporte de luz natural en un ductos reflectivos con diferente concentración de energía para su aprovechamiento lumínico en cualquier espacio interior donde es difícil lograr niveles de iluminación natural óptimo, posteriormente generar conceptos de alternativas de mejor comportamiento en ductos de diferente construcción, geometría, cambios de sección y concentración diferente mediante técnicas de modelación y simulación.

Finalmente, según los resultados obtenidos se optimiza el modelo en función de la geometría, longitudes y niveles de iluminación requeridos para la reducción de costos empleando energías alternativas y como una mejor solución para el ahorro de energía.

## 7.1 Materiales y métodos

Dentro de las actividades biológicas que los seres vivos realizan a lo largo de su vida, una de las que ocupa la mayor parte de ella, no sólo en el tiempo sino también en el espacio, es el trabajo, producción, reposo, etc. En este sentido estas actividades, para que puedan desarrollarse de una forma eficaz, precisa que la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, ya que se considera que el 50% de la información sensorial que reciben los animales es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz, en el caso de las plantas se requiere para llevara a cabo el proceso de fotosíntesis. La integración de estos aspectos reportará mayor productividad, confort y seguridad de manera eficiente y eficaz.

Un problema de optimización consiste en encontrar aquellos valores de ciertas variables que optimizan (es decir, hacen máxima o mínima, según el caso), una función de estas variables. El método más conocido para encontrar el óptimo de una función es a través del análisis de sus derivadas. Este método tiene dos limitaciones: no siempre la función es derivable, y, además, no siempre el óptimo nos da una solución que tenga sentido en la práctica. Lo complejo de este método convergió en los llamados métodos numéricos, aunado a esto la programación en diferentes lenguajes volvió más simple el proceso, por lo que la herramienta que utilizaremos para lograr esta optimización será Solver, popular ya que se encuentra en Excel y es fácil de utilizar. Primero se plantea la función objetivo sujeta a ser optimizada (ángulo de la generatriz del cono truncado  $\alpha$ , véase figura 1; la cual contiene a los parámetros o variables a determinar (altura del cono ( $h$ ) y diámetro menor del cono ( $a$ )) y el parámetro constante (diámetro mayor del cono ( $b = 1181,1\text{mm}$ )), entonces queda expresada por:

$$\alpha = \tan^{-1} [2h/b-a] \quad (7)$$

Una vez planteada la función objetivo se sujeta a las siguientes restricciones:

$$a > 0 \text{ mm}; h > 0 \text{ mm}; \alpha_{min} = 1,107062344 \text{ rad} \quad (7.1)$$

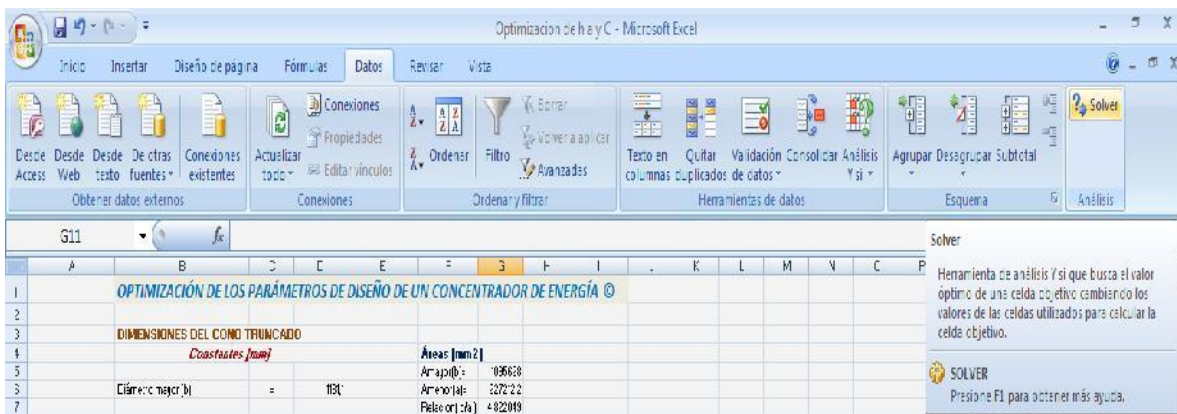
$$\alpha_{max} = 1,570796327 \text{ rad y } FC = 2,46 \quad (7.2)$$

**Figura 7** Definición de parámetros iniciales de diseño para optimización

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	<b>OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN CONCENTRADOR DE ENERGÍA ©</b>										
2											
3	<b>DIMENSIONES DEL CONO TRUNCADO</b>										
4	<b>Constantes [mm]</b>										
5	<b>Áreas [mm2]</b>										
5					Ár mayor(b)=	1095628,247					
6		Diámetro mayor (b)	=	1181,1	Ár menor(a)=	445377,336					
7					Relacion( b/a ) =	2,46					
8											
9	<b>Variables [mm]</b>										
10											
11		Diámetro menor (a)	=	753,0418558							
12		Altura (h)	=	427,9662298							
13											
14	<b>Restricciones</b>										
15											
16	a	753,0418558	>	0							
17	ángulo mínimo amin	1,107062813	>	1,107062344							
18	ángulo máximo amax	1,107062813	<	1,570796327							
19	h	427,9662298	>	0							
20	FC	2,46	<=	2,46							
21	<b>FUNCIÓN OBJETIVO</b>										
22		Tan α =		1,9995706							
23											
24		α [rad] =		1,1070628							
25											
26		α (°) =		63,430027							
27											

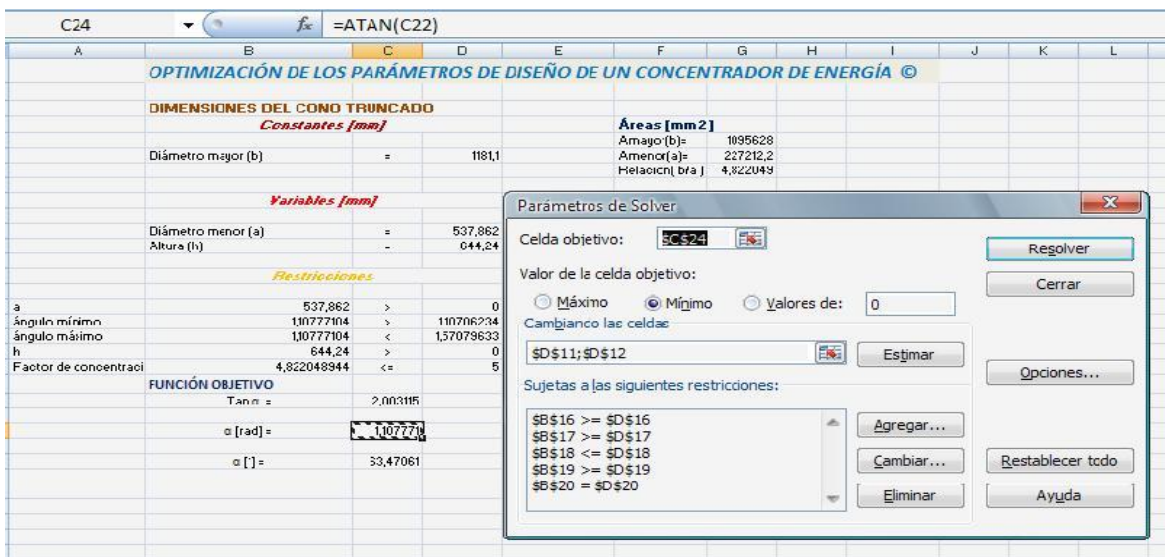
Los valores de restricciones de  $FC$ ,  $\alpha_{max}$  y  $\alpha_{min}$  se determinaron gráficamente empleando la geometría propia de un cono en Mechanical Desktop (Figura 6). Una vez definidos y planteados dichos valores se accesa a la herramienta Solver, en barra de menú Datos y luego Solver, véase figura 7.1.

**Figura 7.1** Acceso a herramienta Solver



Aparecerá la siguiente ventana conteniendo las siguientes características:

**Figura 7.2** Definición de  $a$  y  $h$  mínima según restricciones



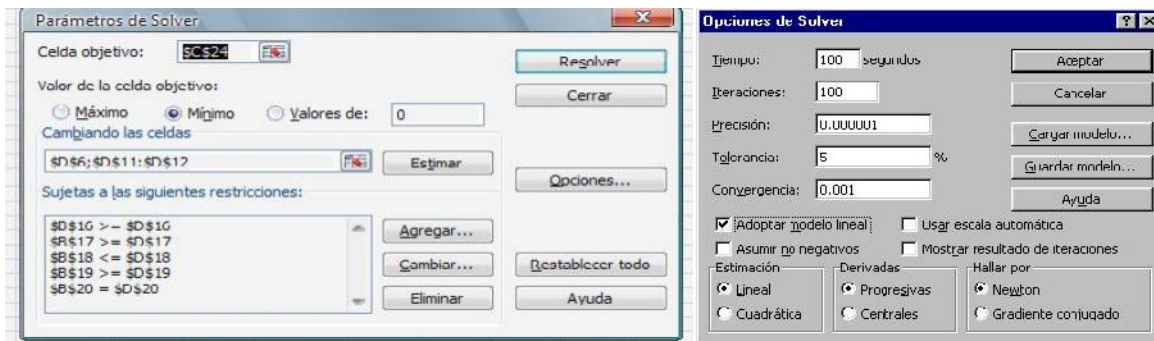
En el parámetro de celda objetivo se introducirá la celda que contenga a la función objetivo

$$\alpha = \tan^{-1} [2h/b-a] \quad (7.3)$$

Valuada con valores constante propuestos de inicio:  $b = 1181,1$ , la restricción de  $FC= 2,46$  y para las variables  $a$  y  $h$  se asignan valore posibles de inicio. Se selecciona la función que se requiere, sea el cálculo de un máximo o de un mínimo.

En el punto de estimar se introducirán las celdas que contengan los valores de las variables a optimizar (a y h) sujetas a las restricciones mencionadas anteriormente (Figura 7.2). En la parte de Agregar se definirán las restricciones a las que esté sujeta (Figura 7.3).

**Figura 4** Parámetros y opciones Solver



**Figura 7.4** Resultados Solver



Una vez introducidos estos datos, seleccione Resolver, y Solver, si todo está bien, mostrará, los datos de las variables  $a$  y  $h$  óptimas y 3 informes, uno de Respuestas, otro de Sensibilidad y Límites de la solución encontrada que satisface todas las restricciones y condiciones dadas (Figura 7.4).

Para determinar los ángulos permisibles para el cual todos los rayos que incidan verticalmente sobre el concentrador troncocónico entren a éste y posteriormente al ducto que los transferirá al interior del espacio físico a iluminar se empleó el método gráfico del diseño, partiendo de las características geométricas de un cono como son: ángulo de la generatriz, diámetro de la base y altura, ya una vez que este se trunca se obtiene el diámetro menor óptimo ( igual a diámetro de ducto), todo esto apoyándose con el software CAD Mechanical Desktop 6 Power Pack.

Entonces se procedió a construir un modelo a escala para concentrar y transportar luz a través de luminoductos con concentrador de energía, por lo que los materiales necesarios son:

Una vez introducidos estos datos, seleccione Resolver, y Solver, si todo está bien, mostrará, los datos de las variables  $a$  y  $h$  óptimas y 3 informes, uno de Respuestas, otro de Sensibilidad y Límites de la solución encontrada que satisface todas las restricciones y condiciones dadas (Figura 7.4).

Para determinar los ángulos permisibles para el cual todos los rayos que incidan verticalmente sobre el concentrador troncocónico entren a éste y posteriormente al ducto que los transferirá al interior del espacio físico a iluminar se empleo el método grafico del diseño, partiendo de las características geométricas de un cono como son: ángulo de la generatriz, diámetro de la base y altura, ya una vez que este se trunca se obtiene el diámetro menor óptimo ( igual a diámetro de ducto), todo esto apoyándose con el software CAD Mechanical Desktop 6 Power Pack.

Entonces se procedió a construir un modelo a escala para concentrar y transportar luz a través de luminoductos con concentrador de energía, por lo que los materiales necesarios son:

- Espacio físico.
- Equipo de computo portátil
- Componentes físicos para generar prototipos: domo pasivo y activo, tubo, extractor, concentrador de luz en papel aluminio y accesorios.
- Dataloger Multilog DB-526
- Sensores de luz rango de 0-130 klx
- Sensores de temperatura de -25 - 110 °C
- Software: Solver , Mechanical Desktop

## 7.2 Resultados y discusión

Se muestran los resultados obtenidos en el diseño del concentrador solar, tomamos como punto de partida del diámetro mayor ( $b = 1181,1$  mm) del domo para calcular las dimensiones fundamentales: ángulo óptimo de la generatriz ( $\alpha$ ), altura del cono ( $h$ ), diámetro mayor ( $b$ ) y menor ( $a$ ), para los cuales se logra una concentración óptima (Figura 7.5).

Empleando Solver tenemos:

**Tabla 7** Informe de respuestas

Celda objetivo (Mínimo)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$C\$24	$\alpha$ (rad) $\leq$	1,107062813	1,107062813

Celdas cambiantes

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$D\$11	=	753,0418558	753,0418558
\$D\$12	=	427,9662298	427,9662298

Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Divergencia
\$B\$16	a Restricciones	753,0418558	\$B\$16>=\$D\$16	Opcional	753,0418558
\$B\$17	ángulo mínimo amin Restricciones	1,107062813	\$B\$17>=\$D\$17	Obligatorio	0
\$B\$18	ángulo máximo amax Restricciones	1,107062813	\$B\$18<=\$D\$18	Opcional	0,463733513
\$B\$19	h Restricciones	427,9662298	\$B\$19>=\$D\$19	Opcional	427,9662298
\$B\$20	FC Restricciones	2,46	\$B\$20=\$D\$20	Opcional	0

En la Tabla 7, se muestra el informe de respuesta, tenemos que en Celda Objetivo aparece la celda de la función objetivo (figura 1) que está en la celda C24, el Nombre, el valor inicial antes de optimizar y el valor óptimo (valor final). En Celdas Cambiantes aparecen las celdas de las variables controlables, el nombre, la solución inicial o valores iniciales de las variables y la solución óptima (valor final), es decir,  $a$  en la celda D11 con valor final de 753,04 mm y  $h=427,96$  mm en celda D12.

En restricciones se tiene: Valor de la celda: es el valor que toma el lado izquierdo de cada restricción en la solución óptima (figura 1). Fórmula: nos recuerda las restricciones que hemos introducido, . Estado: Nos indica si la restricción se cumple exactamente, con una igualdad, y no hay un margen. En otras palabras, nos indica si la restricción es activa. Divergencia: es el margen que tiene cada restricción.



**Tabla 7.1** Informe de sensibilidad

Celdas cambiantes			
Celda	Nombre	Valor Igual	Gradiente reducido
\$D\$11 =		753,0418558	0
\$D\$12 =		427,9662298	0
Restricciones			
Celda	Nombre	Valor Igual	Multiplicador de Lagrange
\$B\$16	a Restricciones	753,0418558	0
\$B\$17	ángulo mínimo $\alpha_{min}$ Restricciones	1,107062813	1
\$B\$18	ángulo máximo $\alpha_{max}$ Restricciones	1,107062813	0
\$B\$19	h Restricciones	427,9662298	0
\$B\$20	FC Restricciones	2,46	0

En el informe de sensibilidad (Tabla 2) muestra: en la parte de Celdas Cambiantes la celda de Valor: nos recuerda los valores óptimos de las variables controlables  $a$  y  $h$  celdas D11 y D12 respectivamente. Gradiente reducido: indica cuánto deberá cambiar el coeficiente de la función objetivo para que la variable tome un valor positivo controlable, en este caso es 0.

Restricciones: Valor igual: es el valor final que toma el lado izquierdo de cada restricción en la solución óptima de  $a$  (celdas B16),  $h$  (celda B19),  $FC$  (celda B20),  $\alpha_{min}$  y  $\alpha_{max}$  (celdas B17 y B18 respectivamente).

Las restricciones (celdas D16-D20), indican los lados derechos de las desigualdades a las cuales se condicione la función objetivo y las cuales son satisfechas.

**Tabla 7.2** Informe de límites

Celda objetivo		
Celda	Nombre	Igual
\$C\$24	$\alpha$ (rad) = <=	1,107062813

Celdas cambiantes			Límite		Celda objetivo	
Celda	Nombre	Igual	inferior		superior	objetivo
\$D\$11 =		753,0418558	753,0418558	1,107062813	753,0418558	1,107062813
\$D\$12 =		427,9662298	427,9662298	1,107062813	#N/A	#N/A



Valor: nos recuerda los valores óptimos de las variables controlables. Límite inferior: es el menor valor que puede tomar la variable (suponiendo que las demás mantienen el valor óptimo encontrado), y satisfacer todas las restricciones. Celda objetivo (celda C24): valor de la función objetivo si la variable toma el valor del límite inferior y las demás mantienen el valor óptimo encontrado.

Límite superior: es el mayor valor que puede tomar las variables  $a$  y  $h$  (celdas D11 y D12) (suponiendo que las demás mantienen el valor óptimo encontrado) sin violar las restricciones. Celda objetivo: valor de la función objetivo si la variable toma el valor del límite superior para las variables  $a$  y  $h$  y las demás mantienen el valor óptimo encontrado.

Finalmente se realizó el dibujo del plano final del concentrador troncocónico con parámetros óptimo en Mechanical Desktop (Figura 6). Todos los rayos del sol que entran en  $b$  se concentran y finalmente entran en  $a$ . Los parámetros del concentrador troncocónico se muestran en la tabla 7.3.

**Tabla 7.3** Dimensiones del concentrador de energía solar

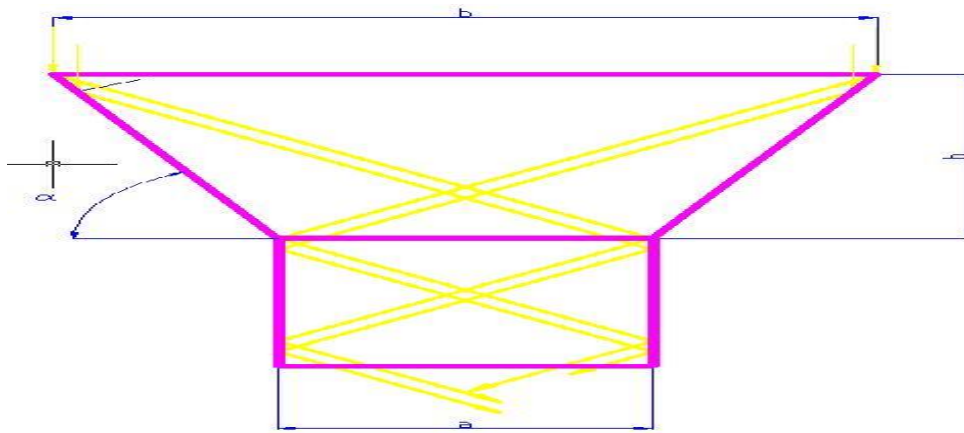
b [mm]	a [mm]	h [mm]	$\alpha$ [rad]
1181,1	753,0418558	427,9662298	1,107

Con las dimensiones obtenidas se logra una concentración  $FC= 2,46$ , si se requiere una concentración diferente se puede variar los valores de  $a$  y  $h$  conservando el valor de  $\alpha$ .

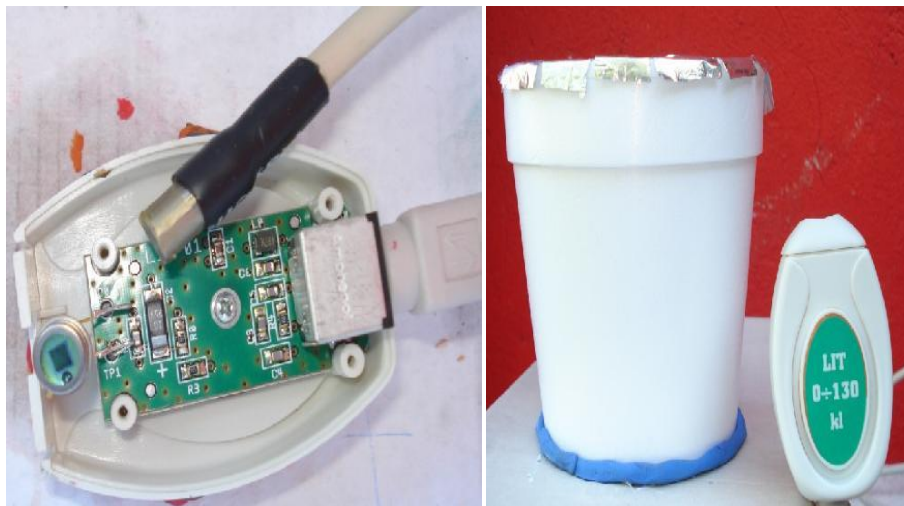
Se construyó un prototipo a escala 1:100 del concentrador recubierto con una película reflectiva de papel aluminio (figura 7) que se colocó sobre una caja de cartón cerrada de 300 mm de largo, 120 mm de alto y 150 mm de ancho.

Se midió la iluminancia externa ( $I_e$ ) [Klx] luz sin concentrar, la iluminancia interna ( $I_i$ ) [KLx] luz concentrada y la temperatura ( $T$ ) [°C], para determinar el gradiente al interior del prototipo.

**Figura 7.5** Diseño final del concentrador solar troncocónico

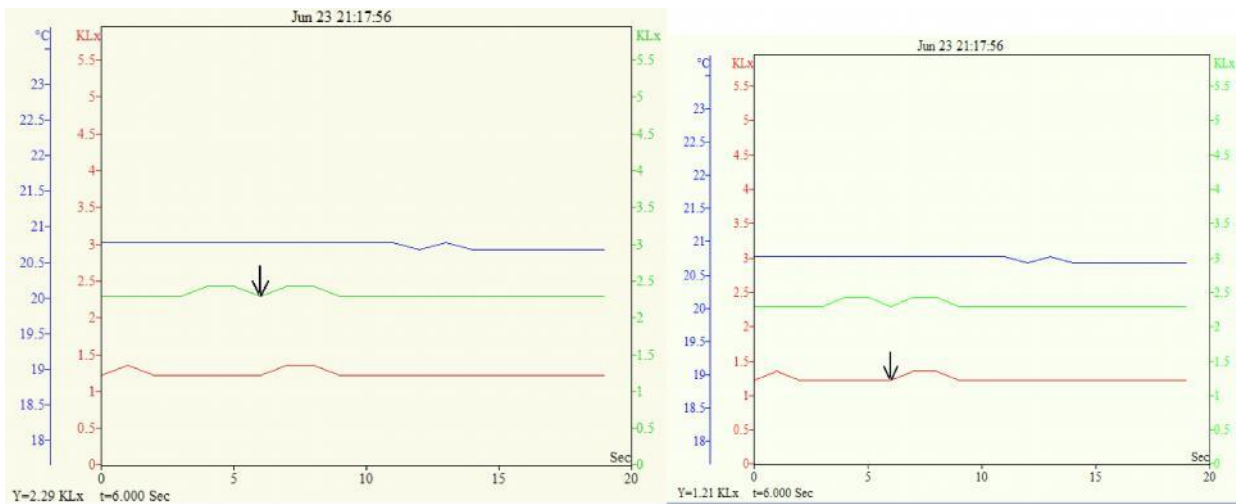


**Figura 7.6** Modelo a escala, concentrador y sensores

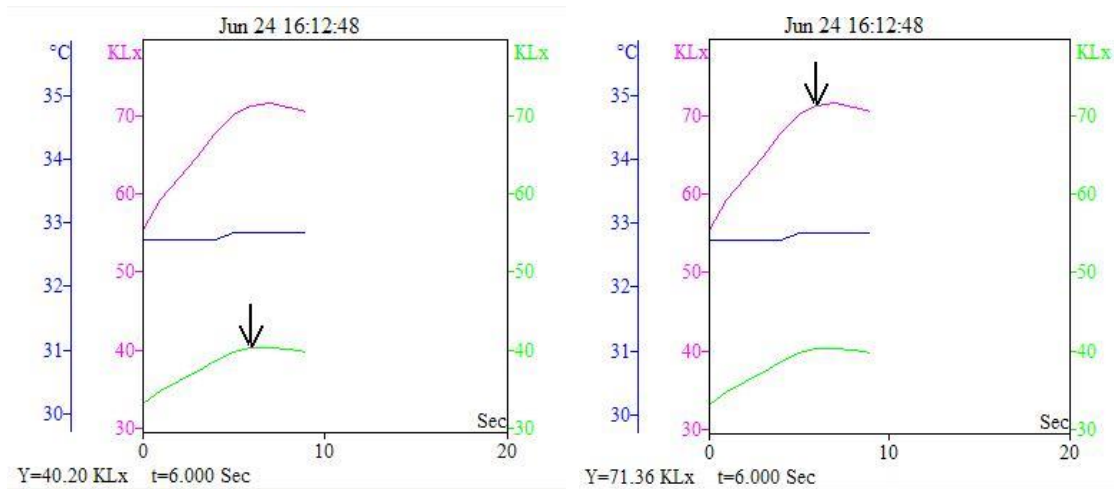


Los resultados obtenidos en la adquisición de datos de iluminancia y temperatura del modelo escala del concentrador se muestran en la graficas siguientes:

**Grafico 7**  $I_e$ ,  $I_i$  y  $T$  bajo condiciones controladas



**Figura 7.1**  $I_e$ ,  $I_i$  y  $T$ , bajo condiciones de cielo abierto

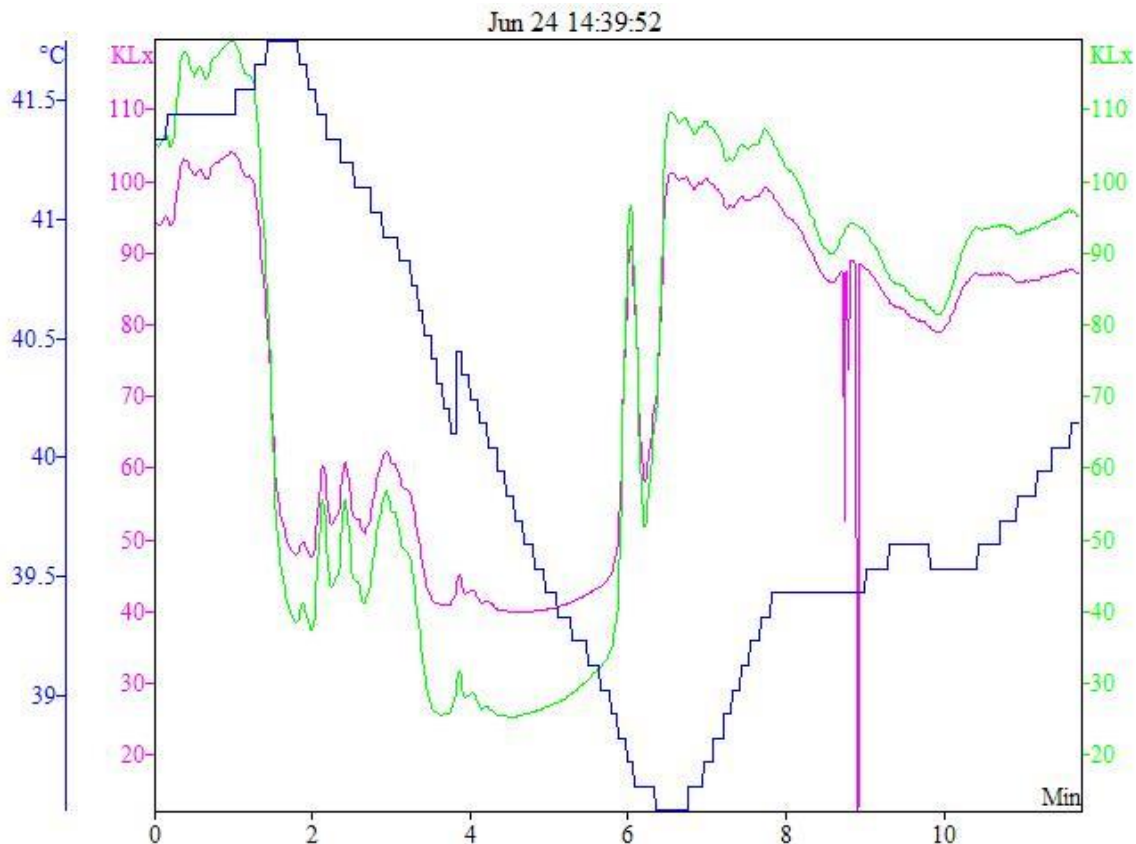


En la grafico 7 se muestra el comportamiento de la luz en condiciones controladas, se empleo una lámpara de halógeno 35 W, 120 V, 29 A y 60 Hz, con lo que se obtuvo un  $F_c = 1,89$ , considerando los valores digitales en la base de la gráfica y señalados por las flechas dentro de la grafica. En línea color verde se muestra el valor de  $I_i$  (luz concentrada), en rojo la  $I_e$  (luz sin concentrar) y en azul  $T$ .

En el grafico 7.1 se observa los valores de  $I_i$  (luz concentrada) línea color magenta, en color verde  $I_e$  (luz sin concentrar), con lo que obtuvo el  $FC = 1,78$ , como dato adicional en azul se observa el comportamiento de la temperatura al interior del prototipo.

En el gráfico 7.2 se observa el comportamiento de la luz a lo largo del tiempo, así como del gradiente de temperatura afectada por la concentración solar al interior del prototipo. Se tomaron muestras cada segundo 15000 en total. Se muestra un tiempo de muestreo de 12 minutos bajo condiciones combinadas de cielo soleado y nublado, es decir, luz directa y luz difusa, por lo que para ciertos valores de  $I_i$  (línea verde) es menor que  $I_e$  (línea magenta),  $T$  (línea azul), dichas situaciones deben de estudiarse con más detalle, aumentando el tiempo de muestreo y determinar la relación de concentración del concentrador cuando se presentan condiciones de cielo abierto soleado-nublado donde los valores de iluminancia interna y externa cambian constantemente. Adicionalmente se observa una relación directa en el cambio de la temperatura (aumento de 1 °C en promedio) con respecto al aumento y descenso de los valores de iluminancia en rangos presentados de  $I_e = 94 - 102 \text{ KLx}$  e  $I_i = 105 - 130 \text{ KLx}$ .

**Figura 7.2**  $I_e$ ,  $I_i$  y  $T$ , bajo condiciones de cielo abierto soleado –nublado



### 7.3 Conclusiones

Se diseñó concentrador solar tipo troncocónico apoyado en herramientas informáticas para la optimización del dimensionamiento, quedando  $b = 1181,1 \text{ mm}$ ,  $a = 573,04 \text{ mm}$ ,  $h = 427,96$ ,  $FC = 2,46$  y  $\alpha = 63,43^\circ$ .

Se construyó modelo a escala para medir la iluminancia a la entrada y salida del concentrador troncocónico recubierto con película reflectiva de aluminio, con lo cual se logró captar, transferir y difundir luz solar concentrada a razones promedio de 1,78 para cielo abierto, 1,89 con lámpara de halógeno, que están por abajo comparado con el  $FC = 2,46$  que sería el ideal según el dimensionamiento planteado, con lo cual se demuestra que es posible lograr concentraciones mayores en función del ángulo de la generatriz, la altura y diámetro de la sección de salida del cono de acuerdo a los niveles de iluminación deseados al interior de una construcción con deficiencia o nula iluminación natural.

#### **7.4 Referencias**

Carter, D. (2002). The measured and predicted performances of passive solar light-pipe systems.

Light Research and Technology, 34(1), 39-52. CIBSE. (2003). Lighting products. Building Journal.

Jenkins D., M. T. (2003). Modelling light-pipe performances - a natural daylighting solution.

Applied Energy. Build Environment, 38(96), 65-72.

Jenkins D., M. T. (2004). Light pipe prediction methods. . Applied Energy. Build Environment, 79, 77-86.

Mohammed, A.-M. y. (2006). Tubular guidance systems for daylight: Achieved and predicted installation performances. Applied Energy. Build Environment, 83, 774-788.

Roche L., D. E. (2000). Little fair PJ. Occupant reactions to daylight in offices. Lighting Research and Technology, 32(1), 19-26.

## **Perspectiva del uso de energía eléctrica mediante redes neuronales**

José Rojas & Ricardo Luna

J. Rojas & R. Luna  
Jrojas.utcorregidora@gmail.com  
Universidad Tecnológica de Corregidora. Carretera a Coroneo km 11.2. Corregidora, Qro., México.

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

Demand for electricity in industrial, commercial and residential sectors represents a current problem to predict ahead of time electricity consumption in these sectors in order to avoid penalties imposed by the respective companies supplying electricity, plans to develop a system perspective electricity demand for intelligent buildings using artificial neural networks (ANN) that allows us a prediction of power consumption ahead of time, and therefore better management of energy in buildings. The variables used as inputs to the neural prediction model were: temperature and humidity, as well as power consumption and time. The algorithm used for perspective was Levenberg-Marquardt. The model validation was performed by comparing the results with a non-linear regression model and actual data with analysis of variance (ANOVA). The results of the 4-4-1 model prediction were 95% reliability.

## **8 Introducción**

Las actividades industriales, comerciales y habitacionales están creciendo rápidamente en todas las regiones, tratando de ganar mercados a sus competidores; estas actividades dependen del incremento de demanda de energía eléctrica, debido a que es la base de su desarrollo. A escala global, los edificios son responsables de aproximadamente un 40% del consumo de energía anual a nivel mundial (Omer, 2008), la mayor parte de ésta es empleada para proveer de iluminación, calefacción, enfriamiento y ventilación. Ante esta problemática, se ha buscado mejorar la eficiencia energética de dispositivos eléctricos y de control (Söderholm, 2008). El almacenamiento y generación, así como la distribución de energía eléctrica son los medios más significativos de optimización en los edificios (Wojciech et al. 2005).

La demanda de energía eléctrica en México, crecerá a un ritmo anual promedio de 5.7 % durante el periodo 2010 a 2012, mientras que la capacidad instalada de generación crecerá al 3.9 %, (SIE, 2009). De acuerdo con este escenario, la demanda eléctrica crecerá en mayor proporción que la capacidad instalada de generación, lo cual reducirá los márgenes operativo y de reserva. Creciendo con una tasa anual del 5.7 %, la demanda nacional de energía eléctrica pasaría de 195 Tera Watts hora (TWh) en el año 2007 a 264 TWh en el 2012.

La problemática anterior se puede enfrentar mediante modelos de perspectiva de la demanda de energía eléctrica, esto causó un gran interés desde el momento en que se instalaron las redes eléctricas como un sistema de transporte y distribución de energía, así como la proliferación del uso masivo de energía eléctrica en el entorno industrial, comercial y doméstico.

Por lo cual, la perspectiva es útil para diferentes usos, tales como aspectos económicos, planeación, mantenimiento, generación de recursos humanos y materiales, costos, operación, diseño e investigación, así como predecir el consumo de energía en invernaderos. Kalaitzakis, et al.(2002) realiza un análisis de perspectiva del consumo eléctrico en invernaderos, utilizando redes neuronales artificiales y muestra las ventajas de las redes neuronales a través de un enfoque de análisis de varianza obteniendo hasta un 95 % de nivel de confianza.

Actualmente, el uso de perspectiva de la demanda de energía eléctrica ha utilizado redes neuronales artificiales. Wong et al. (2009) desarrolla una red neuronal para el encendido de oficinas en los edificios, utilizando la temperatura y los días de la semana para estimar la demanda de consumo calorífico y de electricidad; las redes neuronales las emplea para obtener el proceso de información entre las entradas y salidas, conectadas por un gran número de eslabones, generalmente realizando un funcionamiento no lineal a través de un software llamado “neuroshell”. Ruano et al. (2005) reporta la utilización de redes neuronales con información de temperatura interna, controlando el aire acondicionado para la perspectiva de la demanda de energía eléctrica. Senabre et al. (2004) propuso un mapa auto-organizado como modelo de red neuronal para la perspectiva a corto plazo de la demanda de energía eléctrica obteniendo una curva de demanda por medio de las horas del día siguiente. Lian et al. (2007) utiliza un modelo de perspectiva de cargas de energía eléctrica llamado red neuronal en combinación con la corrección del error (RBFNN) basado en la demanda de consumo de energía para aire acondicionado en edificios.

El propósito de este trabajo es desarrollar un sistema de perspectiva de la demanda de energía eléctrica para edificios inteligentes a través de modelos de redes neuronales que nos permita una perspectiva del consumo eléctrico con tiempo de anticipación, y en consecuencia una mejor administración de la energía en los edificios. Las variables utilizadas como entradas al modelo neuronal de perspectiva son: temperatura y humedad relativa, además del consumo de energía eléctrica y el tiempo. El modelo de validación se realiza comparando los resultados con un modelo de regresión no lineal y datos reales mediante el análisis de varianzas.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera, en la sección 2 se encuentran la metodología utilizada para el análisis y monitoreo de las variables de energía eléctrica; en la sección 3 se muestran los resultados obtenidos del sistema de monitoreo y su discusión; las conclusiones son mostradas en la sección 4, así como los trabajos futuros relacionados a este tema.

## **8.1 Método**

Redes Neuronales: Hoy en día las redes neuronales son una excelente herramienta para realizar diversas tareas como son: reconocimiento de patrones (objetos en imágenes y dibujos), reconocimiento del habla, detección de explosivos, identificación de rostros humanos (en los aeropuertos para saber que personas entran y salen del mismo), realizar comprensión de datos, videojuegos, aprendizaje artificial y predicciones.



Éstas son aplicadas para resolver problemas ya que existen ciertos procesos para los que no existen algoritmos para resolverlos (como puede ser el reconocimiento de imágenes); esto ocurre porque los algoritmos son exactos, mientras que las redes neuronales tienen más flexibilidad (Ramazan et al., 2011).

Una red neuronal se compone de neuronas de entrada, neuronas ocultas y neuronas de salida. Cada una de éstas se agrupa en capas. La última capa de salida, suele tener una menor cantidad de neuronas que las capas de entrada. Los datos se propagan por toda la red partiendo desde las neuronas de entrada hasta llegar a las neuronas de salida.

A su paso van cargando los pesos de cada una de éstas. Lo que generalmente importa es solo el peso final de las neuronas de salida. Cuando las señales de salida se transmiten a las neuronas de entrada, el conjunto de señales se procesa nuevamente modificando los pesos neuronales. La discusión sobre si este proceso converge a estados específicos para cada neurona a través de las iteraciones es complejo, pero muchas veces es así. Es decir que las redes neuronales minimizan o maximizan los valores hasta encontrarlos óptimos.

Los nodos escondidos con las funciones de transferencia no lineales son usados para procesar la información recibida por los nodos de entrada. La red puede ser escrita como:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j f\left(\sum_{i=1}^m \beta_{ij} y_i + \beta_{0j}\right) + \varepsilon_t \quad (8)$$

Donde  $m$  es el número de nodos de entrada,  $n$  es el número de nodos escondidos,  $f$  es una función de transferencia sigmoidea, como la función logística:

$$f(x) = \frac{1}{1+\exp(-x)} \quad \{\alpha_{ij} = 0, 1, \dots, n\} \quad (8.1)$$

También llamada como vector de pesos desde los nodos escondidos hasta los nodos de salida.  $\alpha_0$  y  $\beta_{0j}$  son los pesos de los arcos principales de los términos parciales, los cuales tiene valores siempre igual a 1 (White, 2000; Faraggi, 2005; Maier, 2001).

Se requieren varias iteraciones para entrenar una red pequeña, incluso para un problema simple. Reducir el número de iteraciones y agilizar el tiempo de aprendizaje de las RNAs, son temas de investigación reciente; algunas mejoras del algoritmo de retro propagación son la pendiente del gradiente (Zhou, 2007) y el algoritmo de Levenberg-Marquardt (Lavine et al., 2009; Marini et al., 2007) que es el que utilizaremos para probar nuestros modelos. La medida de funcionamiento más importante y decisiva de los modelos RNA es la exactitud de la perspectiva. Una medida de la exactitud se define a menudo en términos del error de perspectiva, que es la diferencia entre el valor medido y el estimado. Hay un número de medidas de exactitud en la literatura de la perspectiva, y cada uno tiene ventajas y limitaciones (In-Bong, 2003).

Entre los más frecuentemente usados están: el error medio cuadrático (MSE) (ecuación 8.2); el error medio cuadrático de la raíz (RMSE), (ecuación 8.3); y el error de porcentaje de la media absoluta (MAPE) (ecuación 8.4).

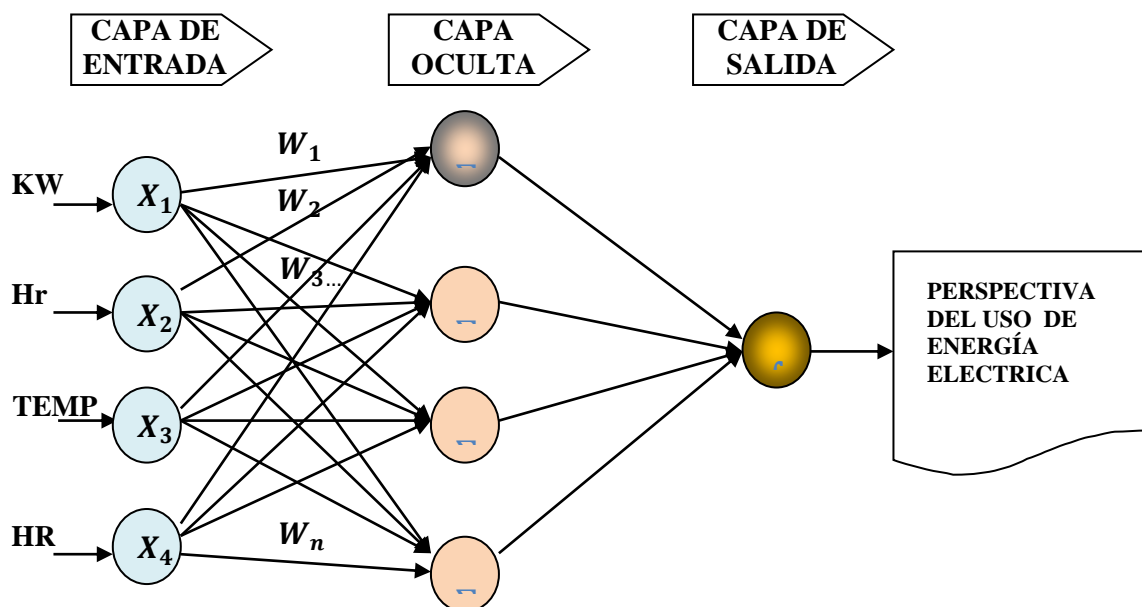
$$MSE = \frac{\sum (e_t)^2}{N} \quad (8.2)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (8.3)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{e_t}{y_t} \right| (100) \quad (8.4)$$

Donde:  $e_t$  es el error de perspectiva individual;  $y_t$  es el valor actual; y  $N$  es el número de términos del error. La gama de usos de los modelos RNA está aumentando constantemente. Su uso en aplicaciones relacionadas con la administración y manejo de energía comienza a principios de los años 90. Kalogirou (2000) proporciona una exhaustiva descripción de las aplicaciones de las RNAs en sistemas de energía renovable y en edificios. El modelo RNA aplicado en este estudio, es una red con capas de entrada de 4 nodos y con una capa oculta con un número de variables de nodos ocultos, como son la temperatura (TEMP), humedad relativa (HR), tiempo (Hr) y el consumo de energía (KWh), con una capa de salida con un solo nodo, como se muestra en la figura 8.

**Figura 8** Red neuronal artificial



Descripción del algoritmo: La propuesta para el modelo de perspectiva de la demanda de energía eléctrica en los edificios es un modelo de redes neuronales artificiales con el algoritmo Levenberg-Marquardt.

Con esta arquitectura de red se seleccionó el promedio de las diferencias absolutas entre los valores medidos y estimados, expresados como porcentaje de los valores medidos. Ya que es una medida más fácil de interpretar dado que su resultado en porcentaje no depende de aspectos como la magnitud de los datos de entrada. Comparando los mejores resultados con pruebas de igualdad de dos o más medias con técnicas de análisis de varianza para ser validados. Los datos del consumo de energía usados para la formación del modelo, se obtuvieron midiendo en la subestación principal del edificio de la Universidad con un sistema de monitoreo de energía eléctrica desarrollado en la propia facultad. Los datos de temperatura y humedad relativa fueron obtenidos con los sensores HOBO Pro V2 que permiten una rápida respuesta en la información y almacenamiento de los datos. El software HOBOWare fue requerido para transportar datos de campo para su análisis. También fue necesario el día y la hora en que los datos de energía temperatura y humedad relativa fueron obtenidos. Estos datos se dividieron en 2 grupos: en el primero se seleccionó un grupo de 192.5 hrs. para utilizarse en la formación de entrenamiento de la red neuronal, y en el segundo grupo se trabajó con el resto de los datos para probar el modelo de red neuronal.

## 8.2 Resultados y discusión

Fueron generados varios modelos y probados de acuerdo a su rendimiento y estructurados con 210 hrs. Los datos registrados se obtuvieron del consumo de energía eléctrica del día 7 de Enero al día 29 de Abril del 2013. El error de porcentaje de la media absoluta (MAPE) se utilizó para examinar la calidad de los modelos de perspectiva con la finalidad de determinar el mejor modelo de red neuronal. Se calcularon los valores MAPE para cada uno de los modelos obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 8 donde se visualizan los mejores modelos, su confiabilidad y el mejor rendimiento. El modelo 4-4-1 es el que obtuvo el mejor resultado con un 0.0537 MAPE, 0.9310  $R^2$  y con 0.0849 SEP en comparación con los resultados de los modelos restantes de la tabla.

**Tabla 8** Comparación del error estimado para diferentes modelos de redes neuronales

Modelo	$R^2$	MAPE	SEP
4-2-1	0.9015	0.0628	0.0959
4-3-1	0.9270	0.0617	0.1788
4-4-1	0.9310	0.0537	0.0849
4-5-1	0.9264	0.0563	0.1094
4-6-1	0.9003	0.0662	0.1134
4-7-1	0.9153	0.0650	0.1073
4-8-1	0.9023	0.0631	0.1126
4-9-1	0.9010	0.0571	0.1094

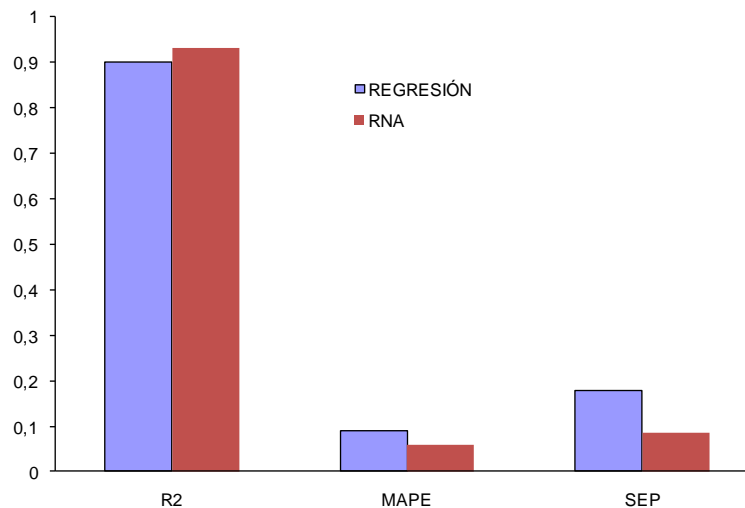
La tabla 8.1 muestra una comparación de resultados de los modelos de perspectiva y de regresión lineal respecto a los datos reales, donde se observa el error porcentual absoluto medio (MAPE) de cada modelo que nos indica la perspectiva más adecuada y con más posibilidad de ser una perspectiva acertada.

**Tabla 8.1** Comparación de mediciones y valores estimados en modelos de Redes neuronales y regresión no lineal

Horas	Medición	RNA	Regresión
109.0	4180,8	3859,18	3153,43
109.5	4023,5	4159,16	3460,33
110.0	4270,8	4339,19	3767,23
110.5	4450,6	4665,13	4074,13
111.0	4135,9	4319,69	4381,04
111.5	4315,7	4359,76	4287,94
112.0	4135,9	4459,27	4594,84
112.5	3461,6	3861,46	3501,74
113.0	5169,9	5270,13	5108,64
113.5	4900,1	5174,91	5015,54
114.0	5439,6	5493,37	5222,44
114.5	6451,1	6610,87	6529,35
115.0	7530,0	7772,6	6836,25
115.5	1497,1	1476,48	1343,15
116.0	6563,5	6645,61	6450,05
MAPE error		0.0598	0.0893

El grafico 8 compara los modelos de red neuronal y de regresión, en cuanto al MAPE, MSE y  $R^2$ . El modelo de perspectiva con la red neuronal artificial tiene un error menor en comparación con el modelo de regresión no lineal.

**Grafico 8** Comparación de error de los modelos de red neuronal y regresión



Seleccionando los resultados de la red neuronal con los resultados de la regresión y los datos reales, fueron comparados mediante un análisis de varianza para una estimación de los componentes de variación por los diversos métodos de análisis, con el objetivo de comparar los errores sistemáticos con los aleatorios obtenidos al realizar los análisis con los diversos valores medios para determinar si alguno de ellos difiere significativamente del resto (Tabla 8.2).

**Tabla 8.2** ANOVA comparación de datos entre la regresión no lineal y la red neuronal

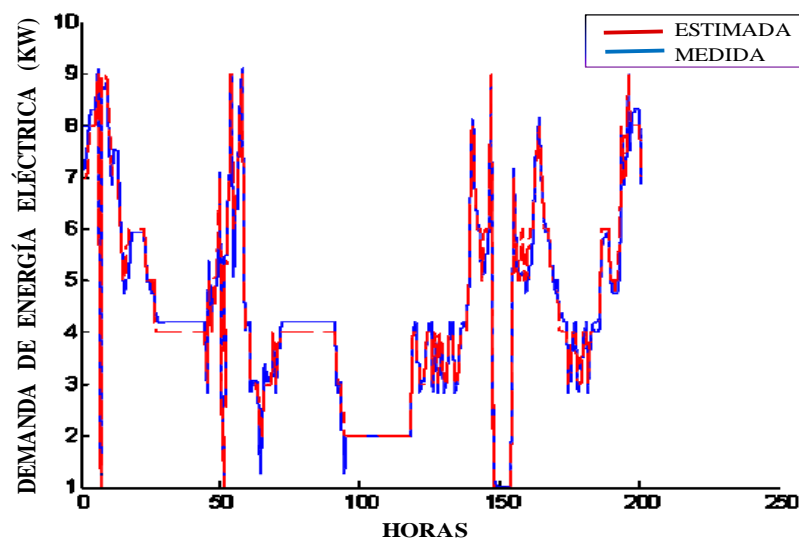
Abstract					
Groups	Count	Sum (KW/h)		Average (KM/h)	
Meassured	15	70,526		4,70	
Neural networks	15	72,466		4,83	
Regression	15	67,726		4,15	
Source	Sum square	Degree	Mean square	F	P (p-value)
Between groups	0,4109	2	0,1853	4,5	0,0173
Within groups	1,4095	41	0,0409		
Total (corr.)	1,8204	43			

Se realizaron proposiciones sobre los valores determinados en los modelos para tomar una decisión entre aceptarlos o rechazarlos mediante una herramienta de análisis de datos llamada prueba de hipótesis.

$$H_0: \mu = \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0$$

Obteniendo un  $P = 0.0173$ , definiendo la hipótesis nula al comparar los dos modelos de perspectiva, con  $\alpha = 0.05$  aceptando la hipótesis de la prueba con un 95% de confiabilidad de que el intervalo contiene el valor medido de la población; lo anterior indica que el consumo de energía estimado para los valores seleccionados del modelo de la red neuronal artificial y los datos reales son significativamente mejores que los valores obtenidos por el modelo de regresión no lineal (Grafico 8.1).

**Grafico 8.1** Valores medidos y estimados Del consumo de energía eléctrica en edificios

### 8.3 Conclusiones

La construcción del modelo 4-4-1 en el algoritmo de la red neuronal artificial (RNA), fue capaz de producir los mejores resultados en la perspectiva del consumo de energía eléctrica, con una estimación de error de 0.0537 con los datos reales. Se utilizó el método estadístico ANOVA para estimación de la variación, comparando los resultados del modelo de la red neuronal artificial con los resultados del modelo de regresión no lineal, en comparación con datos reales, obteniendo un 95 % de confiabilidad en modelos de redes neuronales, encontrando éste modelo más cercano a los datos reales para la perspectiva del consumo de energía eléctrica en edificios inteligentes. El modelo de perspectiva de la demanda de energía eléctrica presentado en este trabajo será la base para diseñar un controlador de consumo de energía eléctrica basado en lógica difusa.

### 8.4 Agradecimientos

Los autores desean agradecer al L.C.C. Arturo Adolfo Vallejo Casanova, responsable de la Universidad Tecnológica de Corregidora. Corregidora Qro., México por su amable ayuda en la realización de este trabajo.

### 8.5 Referencias

- Faraggi D., Simon R (2005). The maximum likelihood neural network as a statistical classification model. *Journal of statistical Planning and Inference* (46), pp93-104.
- In-Bong B. (2003). Multi-period forecasting using different models for different horizon: an application to U.S. economic time series data. *International Journal Forecasting* (19), Pp387-400.
- Kalaitzakis K., Stavrakakis G., Anagnostakis E. (2002). Short-term load forecasting based on artificial neural networks parallel implementation. *Electric Power System* (63), Pp185-196.
- Kalogirou (2000). Applications of artificial neural networks for energy systems. *Applied Energy*, (67), pp 17-35.
- Lavine B., Blank T. (2009). Feed-forward neural networks. *Comprehensive Chemometrics* (3), Pp 571-586.
- Lian Z., Liu W., Yao Y. (2007). An innovate air-conditioning load forecasting model based don RBF neural network and combined residual error correction. *ELSEVIER*. pp 528-538.
- Maier H., Dandy G. (2001). Neural network based modeling of environmental variables: A systematic approach. *Mathematical and Computer Modelling* (33), pp 669-682.

- Marini F., Magri A., Bucci R. (2007). Multilayer feed-forward artificial neural networks for class modeling. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* (88), pp118-124.
- Omer A.M. (2008). Energy, environment and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12 (9), pp 2265 - 2300.
- Ramazan B., Irmak E., Colak I., Bektas A. (2011) Development of real time energy monitoring platform. *Electrical Power and Energy Systems* (33), pp 137-146.
- Ruano A. E., E.M., Crispim, E.Z.E., Conceição b, M.M.J.R. (2005). Prediction of building's temperature using neural networks models. *Elsevier* (38), pp 682-695.
- Senabre C., Valero V., Gabaldón A., Ortiz M., González M. (2004) Predicción de la Demanda Total de Energía Eléctrica Española Utilizando Mapas Auto-organizados como Modelo de Red Neuronal. *Transaction on neural networks*, pp 1-6.
- SIE, 2009, Información estadística, balance de energía eléctrica, Secretaria de Energía México, <http://sie.energia.gob.mx>.
- Söderholm P. (2008). The political economy of international green certificate markets. *Energy Policy*, 36 (6), pp 2051– 2062.
- Wojciech G., Piotr B. (2005). Heating system control in commercial building with peak demand adjustment. AGH University of science and technology. Elsevier. pp 64- 70.
- Wong, H. Li, S.W. Wang. (2009) Intelligent building research: review. *Automation in Construction*. (14), pp 143 – 159.
- White H. (2000). Learning in artificial neural networks: A statistical perspective. *Neural Computation* (1). pp 425–464.
- Zhou, G. and Si, J. (2007). Advanced neural network training algorithm with reduced complexity based on Jacobian deficiency. *IEEE Trans. Neural Networks* (9), pp 448-453.

## **Producción de biogás y composta a partir de efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas**

María Delgado, Graciela Ruiz, Álvaro Flores y Blanca Gómez

M. Delgado, G. Ruiz, Á. Flores y B. Gómez  
Universidad de Guanajuato; Ascurain de Retana 5, Centro, 36000 Guanajuato, Departamento de Ingeniería Ambiental, Campus Celaya-Salvatierra, Departamento de Ciencias Ambientales  
mg.delgadorgz@outlook.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.



## Abstract

Anaerobic digestion is a process proposed for treatment of urban wastewater effluent, in this last, products like biogas and compost are obtained. Compost has been used in the bio-fertilizer production. The integration of anaerobic digestion and composting treatments allow giving to the wastes an energetic valorization and also using the nutrients for raise the amount of them in the compost produced. Two bio-reactors with a volume of 200 L each one was made. Physicochemical characteristics of the effluent were determined either into inflow and outflow. A decrease in parameters such as COD and solids were analyzed. The gas analysis showed an important amount of methane in the biogas generated. The effluent obtained after the anaerobic digestion process was added to two compost containers to analyze the physicochemical characteristics and compare with one container using only water, getting similar results comparable to those obtained with traditional process. It has been concluded that the effluent from urban wastewaters is feasible to use for the biogas and compost production.

## 9 Introducción

En casi todos los procesos llevados a cabo para proveer de productos a la población se generan grandes cantidades de residuos sólidos, líquidos y emisiones al aire. Es por ello que se buscan alternativas para la gestión integral de los residuos, de manera que estas nuevas opciones ayuden en la recuperación de energía y el reuso de los mismos (Metcalf y Eddy, 2003). Entre los procesos se encuentra el abastecimiento de agua a la población como residencias, instituciones, establecimientos comerciales e industriales, generando una gran cantidad de residuos. Cuando el agua es tratada pasa por una combinación de métodos físicos, químicos y biológicos que están en función de las características fisicoquímicas y biológicas del agua residual. En un sistema de tratamiento de aguas residuales se generan básicamente dos efluentes, uno de ellos es el agua tratada y el segundo los sólidos que se separan en el tratamiento primario y los que se generan y separan en el tratamiento biológico o secundario. Estos últimos residuos son conocidos como biosólidos y se generan en gran volumen y presentan importantes problemas de tratamiento y evacuación (Mahamud *et al.*, 1997).

Los biosólidos poseen algunas características que pueden usarse y aprovecharse como un beneficio entre estas se encuentran el contenido de nutrientes y materia orgánica. Aunque se requiere que los lodos tengan un tratamiento previo, estos pueden ser aprovechados como fertilizantes, mejoradores de suelo, o como cubierta en rellenos sanitarios (Castrejón *et al.*, 2000). En México no existe una cifra oficial sobre la generación de lodos orgánicos de plantas de tratamiento y son muy pocas las plantas que realizan algún proceso de estabilización, por carecer generalmente de las instalaciones necesarias. La disposición final de estos biosólidos comúnmente es la incineración o relleno sanitario debido al alto costo de instalación de reactores estabilizadores de lodos y sistemas de deshidratación, además de la transportación a los sitios de disposición final (Cardosa y Ramírez, 2002).

Una alternativa para el aprovechamiento de estos lodos es la digestión anaerobia. Es un proceso biológico que consiste en utilizar la materia orgánica, en ausencia de oxígeno en el interior de un biodigestor (Ramos y Hernández, 2007). El biodigestor contiene un sustrato que facilita el crecimiento y proliferación de un grupo de bacterias anaerobias metanogénicas, que descomponen y tratan los residuos. Se generan dos productos: uno de ellos es un gas combustible conocido como biogás o gas metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El otro producto es un efluente líquido rico en nutrientes y materia orgánica. Considerando la crisis energética, la obtención de un subproducto (metano) con valor económico, representa una oportunidad para el desarrollo de procesos en los que se aproveche el valor energético de este combustible. Dicho combustible puede ser utilizado para generar calor o energía eléctrica, incidiendo en la reducción del consumo de combustibles fósiles (CETESB, 2002).

Una opción de uso para el efluente líquido o compost que se genera en el proceso anaerobio, es emplearlo como fertilizante, al contener una alta cantidad de materia orgánica así como de nutrientes (McCaskey, 1990). Se utilizan técnicas como el composteo y lombricompostaje para su estabilización. El composteo es un proceso biológico aerobio en el que se oxida la materia orgánica, esta oxidación es realizada por los microorganismos presentes en la misma (Ramírez y Cardoso, 2001). La actividad de los microorganismos genera calor que hace que la temperatura ascienda por arriba de los  $50^\circ\text{C}$  durante varios días consecutivos. Esto destruye a los patógenos y da origen a un producto estable e inocuo, de color marrón oscuro, inodoro o con color a humus, llamado composta (Crites y Tchobanoglous, 2000), usada para mejorar la calidad del suelo agrícola. Químicamente, la composta incrementa el contenido de nutrientes, al convertir las sustancias orgánicas en minerales, haciéndolos disponibles para las plantas, disminuyendo los requerimientos de fertilizantes del suelo y es una fuente importante de elementos traza (EPA, 1994). Es por ello que se propone emplear los efluentes de reactores anaerobios alimentados con lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Irapuato para la producción de biogás, composta y lombricomposta.

## 9.1 Método

Producción de Biogás en Reactores a Escala Semi-Piloto: Una vez que se demuestre la producción de biogás a nivel laboratorio, se realizará otro experimento a escala semi-piloto. Lo anterior para evaluar de una mejor manera, la factibilidad de utilizar los lodos de la planta de tratamiento de aguas. Se construirán dos biodigestores de flujo continuo tipo pistón de 200 L considerando lo propuesto por Alvarez-Villafaña y Camarena-Aguilar (2005 y 2006). Los biodigestores se montaron en el Área Experimental para la Sustentabilidad del Departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Guanajuato. Se establecerán dos tratamientos con diferentes relación lodo-agua en base a los resultados logrados a nivel laboratorio: 1) efluente-agua 2:3 y 2) efluente-agua 1:3. Se empleó el agua potable disponible en el Área. Además se compararon los valores generados con respecto a un biodigestor anaerobio alimentado con estiércol de vaca. Se efectuaron diferentes análisis fisicoquímicos tanto al afluente como al efluente de los reactores con lodos a diferentes tiempos. Esto para establecer las variaciones en su comportamiento a lo largo del tiempo.

**Preparación de Composta Adicionada con Efluente de los Biodigestores:** Se montó un experimento para comprobar la factibilidad de usar los efluentes de los reactores alimentados con lodos residuales para la producción de compostas. Se trabajó con tres camas con la siguiente composición: paja gruesa (10 cm), paja molida (10 cm), estiércol de vaca (5 cm). Esta composición se repitió hasta casi alcanzar la altura de la cama. Las camas son de cemento y tienen una altura de 40 cm, 1.74 m de largo y 61 cm de ancho. Dichas camas tienen salida para los lixiviados y están a la intemperie, expuestas a los cambios climáticos. Las camas se regarán con efluentes de los reactores de lodos de la PTAR. La cama 1 se irrigará con efluentes del reactor en lote, la cama con la mezcla de los efluentes de los dos reactores de flujo continuo y se contó con una cama como control, esta fue humedecerá con agua. La cantidad de efluente y agua será alrededor de 10 a 15 litros respectivamente, se regaron las camas tres veces a la semana durante 132 Días.

**Análisis Físicoquímico:**Determinación de Humedad para los Efluentes. Se tomó un volumen del efluente y se filtró a través de un papel filtro (Whatman no. 40) a peso constante. Este se secó a 100 °C durante 24 h en una estufa y se volverá a pesar. Se consideró la diferencia de peso y el volumen para establecer la cantidad de agua presente en las muestras. Análisis de pH. El valor de pH se midió directamente del efluente con ayuda de un medidor de pH. Para el caso de las compostas, se midió a partir de un extracto de composta-agua 1:10. Contenido de Materia Orgánica y Carbono Orgánico para Efluentes y Afluentes. La determinación de materia orgánica y carbono orgánico se realizó a través del método de Walkley y Black (Jackson, 1976). Nitrógeno por Kjendahl. Este se efectuó por el método propuesto por Kjendahl (Cotín, 1976). Sólidos Volátiles Totales y Sólidos Totales. Para esta prueba se utilizó el método que establece la Norma NMX-AA-034-SCFI-2001. Análisis de DQO. El análisis se efectuó utilizando un Kit de Hanna por combustión química. Análisis de Gases. Los gases que se producen en el reactor se analizaron a través de un cromatógrafo de gases Clarus 580 Perkin Elmer, que cuenta con una columna: Elite-GC GS Moleiseve (largo 30m, diámetro interno 0.53 mm, diámetro externo 50 mm). Contenido de Materia Orgánica y Carbono Orgánico en las Compostas. La determinación de materia orgánica se realizó a través del método de materia orgánica por ignición (CCREF, 2002).

## **9.2 Resultados y discusiones**

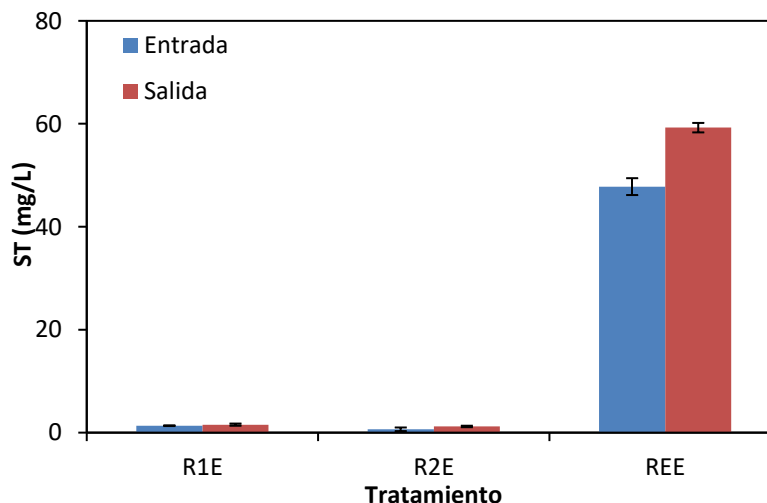
**Producción de biogás en reactores a escala semi-piloto:** Es importante conocer las características de los lodos a la entrada y la salida del biodigestor anaerobio, la disminución en parámetros de materia orgánica como la DQO y los sólidos volátiles, establecerán si el tratamiento fue efectivo. Además de la concentración de metano en el biogás generado. Se tomaron muestras a los 20 y 40 días de arrancado los biodigestores. Para el caso de la muestra a los 20 días, el % Carbono Orgánico y el de % Materia Orgánica para los dos reactores de lodos, comparados con el reactor de estiércol, observamos que fueron mucho mayores en el reactor de estiércol, comparado con los otros, al alcanzar valores cercanos al 1000%. A diferencia de los reactores de lodos, donde esta cantidad fue menor (alrededor de 12-15% de carbono orgánico y un 22-25% de materia orgánica).

También se notó que en estos dos reactores se está presentando una disminución de la cantidad inicial de materia orgánica a diferencia del reactor con estiércol.

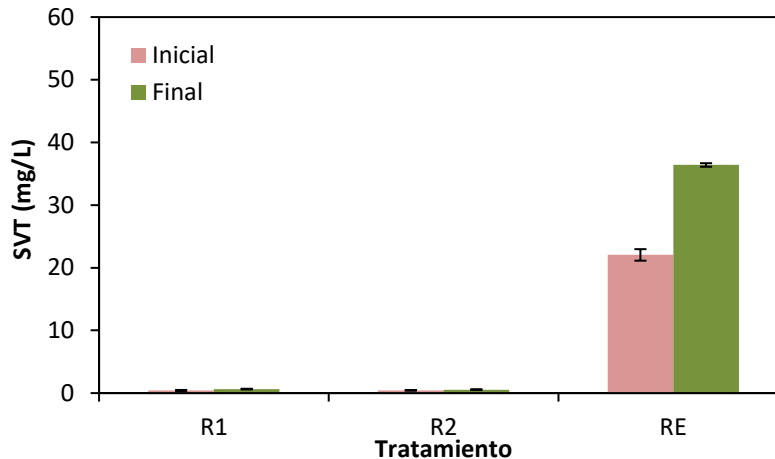
A los 40 días se encontró una ligera disminución de estos parámetros, con un porcentaje de remoción de materia orgánica entre el 2 y 5 %. Otro parámetro importante que nos habla de la reducción o consumo de materia orgánica durante la digestión anaerobia, es la cantidad de sólidos presentes en la alimentación y efluentes de los reactores. Es importante saber entonces su porcentaje para determinar su reducción en el tratamiento. Las Figuras 1 y 2 muestran la reducción de sólidos totales (ST) y sólidos volátiles totales (SVT) a los 20 días.

En el gráfico 9 que representa la cantidad de sólidos totales de los reactores 1 y 2 con respecto al reactor de estiércol (RE), cabe resaltar que la cantidad de ST que ingresan al reactor es mínima con valores menores al 2%, al contrario del reactor de estiércol donde se manejan cantidades cercanas al 60%. En la figura 2 se cuantificaron las cantidades de SVT las cuales, tienen una relación directa con la cantidad de ST presente, mostrando valores menores al 1%, mientras que el control alcanzó un 37%. Si bien la cantidad de sólidos debe disminuir después del tratamiento de la digestión anaerobia, observamos que en este experimento un aumento de los ST adjudicado a la producción de metabolitos intermedarios en el proceso (Rodríguez, 2004). La cantidad de ST a los 40 días de tratamiento muestra una disminución en la cantidad de los mismos. Si bien no existe una gran cantidad de sólidos si hay una reducción después del tratamiento. Se notó una disminución de los SVT a los 40 días de alrededor del 30% para el Reactor 2. El Reactor 1 nuevamente no presentó reducción en este parámetro. La humedad es un parámetro relacionado a la cantidad de sólidos que alimentan al reactor y se reducen después del tratamiento, como la cantidad de sólidos es baja, la humedad de los lodos es alta con valores del 99% para los reactores 1 y 2 y un 95%.

**Gráfico 9** Comparación del contenido de Sólidos Totales (mg/L) a los 20 días de los Reactores 1 y 2 (lodos residuales) contra el reactor de estiércol

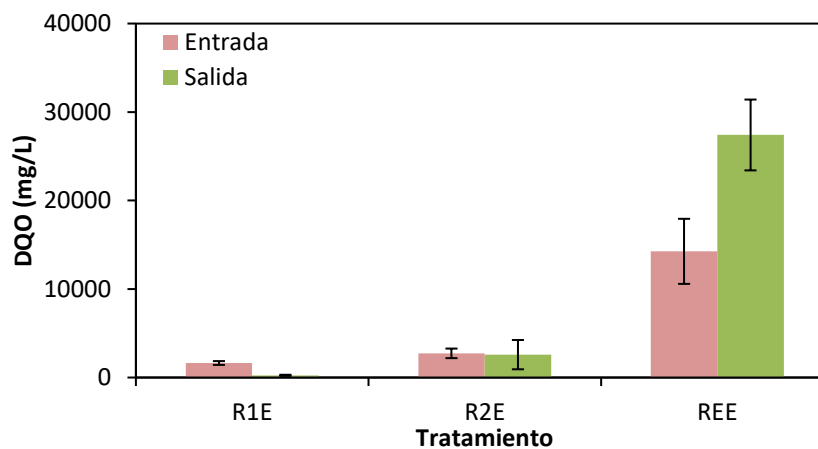


**Grafico 9.1** Comparación del contenido de Sólidos Volátiles Totales (mg/L) a los 20 días de los Reactores 1 y 2 (lodos residuales) contra el reactor de estiércol



La DQO es uno de los principales parámetros para valorar un tratamiento, se dice que si existe una alta reducción de DQO se considera una alta eficiencia en el tratamiento. Al mismo tiempo que se reduce el valor de la DQO, se está convirtiendo toda la materia orgánica a metano (Moeller, 1993). La Figura 9.2 muestra los valores de DQO a la entrada y salida del biodigestor. En los Reactores 1 y 2 (biosólidos) la concentración de DQO en la entrada se encuentra entre 1000 y 2800 mg/L logrando una reducción de casi el 80% para el Reactor 1 (250 mg/L). En el Reactor 2 disminuye un 40% la carga orgánica obteniendo un valor de 1600 mg/L al final del tratamiento. Del mismo modo se observa que para el Reactor de estiércol, la concentración de DQO aumenta.

**Grafico 9.2** Comparación del contenido de DQO (mg/L) a los 20 días de los Reactores 1 y 2 (lodos residuales) contra el reactor de estiércol



Uno de los parámetros analizados fue el pH que nos representa la producción de metano no se lleve a cabo con un pH bajo. En el experimento este valor se mantuvo entre 7.2 y 8.7, este último valor para el reactor de estiércol que sirvió como control. Los valores recomendables se encuentran entre 6 y 8 (Zenhder *et al.*, 1981). La relación C/N es recomendable sea mayor a 30. Se obtuvieron valores muy altos, sin embargo se presentaron buenos resultados lo que nos indica que la relación con la que se trabajó fue la adecuada.

Producción de metano en los reactores a escala semi-piloto: Se midió la producción de metano en los diferentes reactores a escala semi-piloto. Se encontró que el reactor alimentado con estiércol presentó la mayor producción de metano conforme pasaba el tiempo (Figura 9). Esto era de esperarse por ser un material rico en materia orgánica y sólidos que permite lograr grandes producciones. En el caso de los reactores con lodos de la PTAR, se encontró que la relación 1:3 agua-lodos, mostró la mejor producción de metano conforme pasó el tiempo. Esto muestra es factible producir metano a una mayor escala empleando lodos de la PTAR. Será necesario realizar pruebas con cantidades más grandes de lodos en la proporción para determinar si en un momento dado, se puede alcanzar los niveles de generación del reactor con estiércol.

**Tabla 9** Valores promedio de los parámetros medidos en los efluentes a la entrada y salida del biodigestor, a los 20 y 40 días

Parámetro	Reactor 1				Reactor 2				Reactor estiércol	
	Día 20		Día 40		Día 20		Día 40		Entrada	Salida
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida		
DQO (mg/L)	1,641	249	470	400	2,731	2,585.33	762	684	14,260	27,410
ST (mg/L)	1.35	1.55	2.70	2.38	0.65	1.2	1.72	1.16	47.8	59.25
SVT (mg/L)	0.40	0.63	0.76	1.06	0.43	0.55	0.70	0.54	22.05	36.40
pH	7.72	7.61	7.52	7.63	7.24	7.71	7.13	7.76	8.73	8.25
C/N	37.71	58.00	795.81	2,441.71	102.57	33.57	393.44	313.73	174.63	201.85

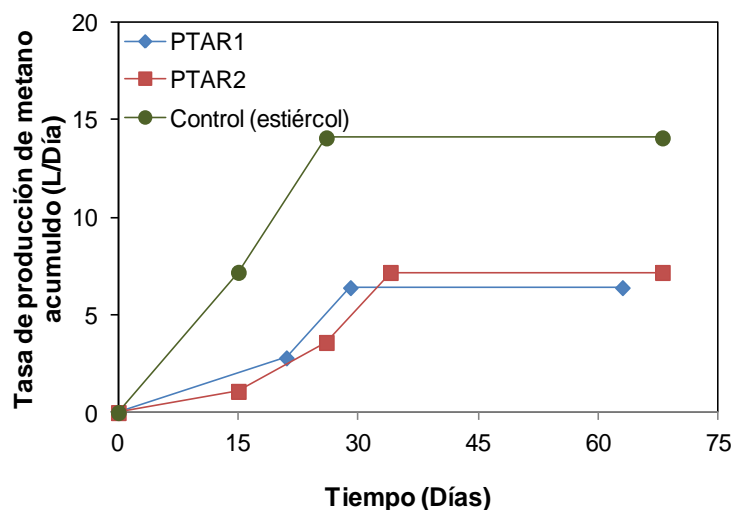
Producción de composta empleando efluente del reactor anaerobio alimentado con lodos de la PTAR:

Se propuso utilizar los efluentes de los reactores que usaban los lodos residuales como sustrato, para enriquecer compostas aprovechando los nutrientes que estos residuos contienen. Los resultados de esta experimentación se discute a continuación. La actividad microbiana produce un incremento en la temperatura atribuido a las oxidaciones biológicas exotérmicas, se conoce como la fase termofílica, en la cual ocurre una descomposición rápida de la materia orgánica y a su vez libera la composta de microorganismos patógenos (Vicencio de la Rosa *et al.*, 2011).

Por esto la importancia de monitorear la temperatura del experimento de las compostas, además de conocer el comportamiento de las tres camas, bajo sus propias condiciones (Grafico 9).

Podemos ver que durante los primeros 30 días hubo un aumento en la temperatura alcanzando casi los 50°C. Entre los 40 y 80 días se presentó una disminución en la temperatura, manteniéndose casi constante y cercana a los 20°C. Esta disminución en la temperatura se le atribuyó a la falta de materia orgánica y nitrógeno para ser consumida por los microorganismos. Por lo tanto se removieron las camas de composta para adicionar sulfato de amonio como fertilizante para aumentar la cantidad de nitrógeno presente y estiércol para la materia orgánica.

**Grafico 9.3** Tasa de producción de metano para los diferentes reactores alimentados con lodos de la PTAR

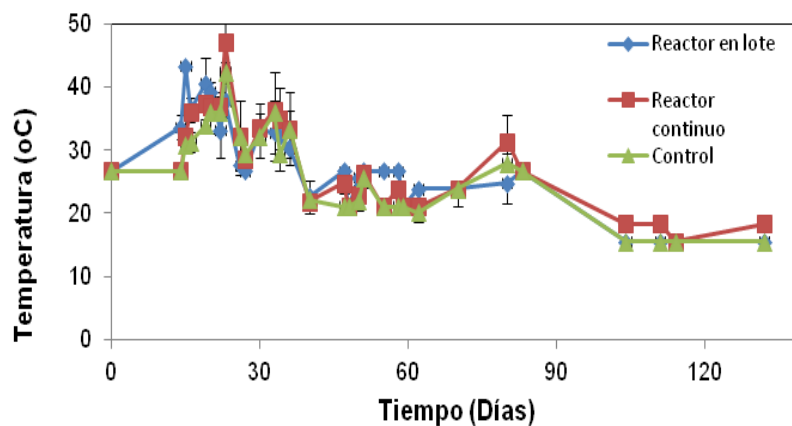


Posteriormente la temperatura incrementó a un valor cercano a los 40°C (Figura 9.5), sin embargo, nuevamente disminuyó para estabilizarse a 20°C hasta el final del experimento. El decaimiento de la temperatura se considera un buen indicador de la fase final de la bio-oxidación de la materia orgánica y se da por terminada cuando la temperatura se mantiene constante y no varía con el mezclado (Iglesias y Pérez 1989; Haug 1992). En estas condiciones la composta tiene un cierto grado de madurez. Si bien observamos que las tres camas tuvieron comportamientos similares con respecto a la temperatura, fue la cama irrigada con los efluentes del reactor continuo en donde se presentó una mayor temperatura y por tanto esta cama es la que tuvo una mayor actividad microbiana. El pH es un factor importante durante el proceso de composteo (Rubio, 1985). Se sugiere un pH óptimo entre 6.5 a 9 (Rubio, 1985). En el caso de las compostas regadas con efluentes se los reactores de PTAR, éstas iniciaron con un pH de 8.3 para la cama regada con los efluentes de los reactores continuos, 9.5 para la cama con efluente del reactor en lote y 9.3 para el control sin efluente. Es importante también saber la cantidad de materia orgánica que esta degradándose. Esta a su vez también puede permanecer y enriquecer la composta.

Los valores obtenidos de porcentaje de materia orgánica por ignición nos dan un porcentaje inicial de alrededor del 5% para las camas 1 y 2, el control tiene un menor contenido con menos del 4% (Grafico 9.6).

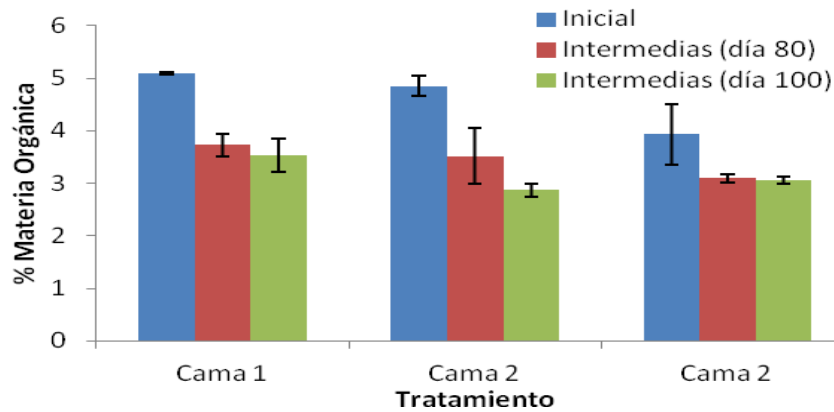
El porcentaje disminuyó al analizarse después de 100 días de tratamiento, con valores de materia orgánica menores al 1% (Grafico 9.6). Ésta disminución se debe a que los microorganismos la están consumiendo y se logra un proceso de humificación para enriquecerla, también se le conoce como proceso de maduración de la composta. Los valores de nitrógeno en la composta son importantes debido a que la presencia de este compuesto representa el alimento para los microorganismos que se encargarán de degradar la materia orgánica presente y después, durante el proceso de compostaje, nos indica la cantidad que estará disponible para cuando el material se adicione al suelo y a su vez sea consumido por las plantas (Vicencio de la Rosa *et al.*, 2011). A continuación se muestran los valores de nitrógeno al inicio, transcurso y final del experimento (Grafico 9.6), observamos valores altos al inicio, después una disminución, que como ya se menciona es debida a lo consumido por los microorganismos. Durante el experimento se notó que no había incremento en la temperatura por lo que se agregó nitrógeno para reactivar la actividad de los microorganismos esto al día 100 a esto se debe el valor tan alto, pero al final notamos que si fue consumido por los microorganismos y obtuvimos compostas con un valor final de nitrógeno de alrededor de 1% para las tres camas. Este valor entra dentro del rango de lo recomendable aunque no es mucho.

**Grafico 9.4** Comportamiento de la Temperatura (°C) en las camas con efluentes de los reactores anaerobios durante los 132 días de tratamiento





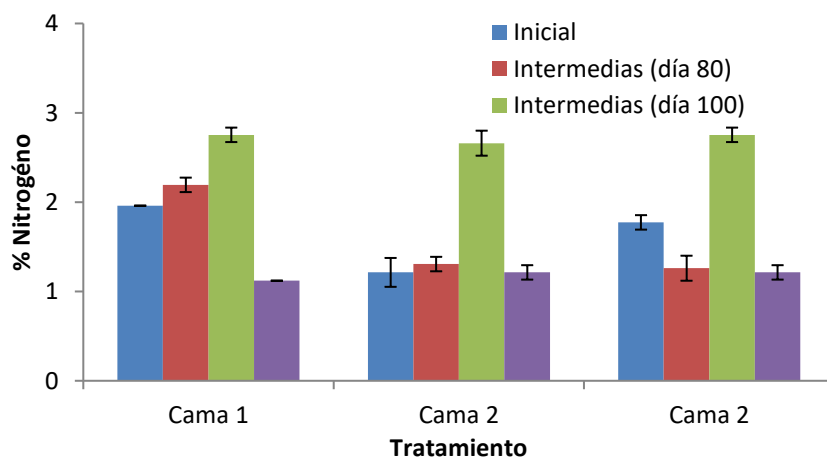
**Grafico 9.5** Valores de Materia Orgánica (%) para la producción de composta empleando efluentes de reactores anaerobios para su irrigación



### 9.3 Conclusiones

La mejor eficiencia del proceso de la digestión anaerobia para la producción de biogás utilizando lodos de una PTAR se encontró con los tratamientos 3 y 6. Estos contenían el lodo de 15 días con una cantidad del mismo de 5 y 7.5 g respectivamente. Además presentaron una disminución de ST y SVT del 25% aproximadamente, así como una degradación de materia orgánica aproximada del 50%. Asimismo, la composición más alta de metano y una producción constante de biogás. Por lo que es recomendable utilizar lodos de un mayor tiempo de almacenamiento con los niveles de las variables bajo e intermedio, incluso superior a la del control con metano. Es por estas razones que se propone que los lodos de PTAR con una edad de no mayor a 15 días son los más viables para producir biogás y con una composición predominante de metano en dichas muestras.

**Grafico 9.6** Valores de Nitrógeno (%) para la producción de composta empleando efluentes de reactores anaerobios para su irrigación



Se propone también que para estos tratamientos el tiempo de residencia en el biodigestor debe ser mayor a 4 semanas para una mejor producción de biogás. A escala semi-piloto se logró generar hasta 7.18 L/Día de metano con la mayor cantidad de lodos (relación 1:3). Los parámetros de carga orgánica como la cantidad de SVT y ST para los reactores fueron reducidos en la mayoría de los casos, así como la DQO en la que se eliminó más del 50% a los 20 días y un valor cercano al 10% a los 40 días, para cada uno de los reactores. La aplicación de efluente de reactor anaerobio resultó factible para la producción de composta, al lograr contenidos de materia orgánica similares al proceso sin efluente. Se encontró que el empleo de efluentes de un reactor anaerobio de flujo continuo y en una proporción 1:1 genera una composta con características similares a procesos sin efluentes. Debido a la apariencia valores obtenidos en las camas irrigadas con efluentes, reflejan un resultado prometedor para la utilización de efluentes de reactores anaerobios alimentados con lodos de la PTAR en la producción de lombricomposta.

Estos resultados muestran el potencial de producción de biogás y composta a partir de efluentes producidos en la biodigestión anaerobia de lodos orgánicos resultantes del proceso de tratamiento de aguas residuales urbanas.

**9.4 Agradecimiento** Al PROMEP por el apoyo otorgado al CA-23-UGTO, asimismo por la beca otorgada a la estudiante.

## 9.5 Referencias

Álvarez, V. V.J., y Camarena, A.E.A. (2005). Producción de biogás a partir de desechos agropecuarios. IV Verano de la Investigación Docente de la Universidad de Guanajuato.

Álvarez, V.V.J. y Camarena A.E.A. (2006). Evaluación de dos tipos de estiércoles para la producción de biogás en un biodigestor. V Verano de la Investigación Docente de la Universidad de Guanajuato.

Castrejón J, Barrios A, Jiménez B, Maya C, Rodríguez A, González A (2000). Evaluación de la calidad de lodos residuales de México. Instituto de Ingeniería. Grupo de Tratamiento y Reúso. Universidad Nacional Autónoma de México, México, p.1.

CCREF (2002). Test Methods for the Examination of Composting and Compost, CD-Book, The Composting Council Research and Education Foundation.

CETESB. 2002. Primer Inventario Brasileño de Emisiones Antrópicas de Gases de Efecto Invernadero. Informes de Referencia Emisiones de Metano en el Tratamiento y en la Disposición de Residuos. Compañía de tecnología de saneamiento ambiental. Ministerio de Ciencia y tecnología.

Cotín, A (1976). Investigación de suelos; métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras. Editorial Trillas. Pp 45-46

Crites, R., y Tchobanoglous, G. (2000) Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones, McGraw-Hill, Colombia pp. 665-708

Haug R.T. (1993). The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers, EUA. 717 pp.

Iglesias, J.E. y Pérez, G.V. (1989). Evaluation of city refuses compost maturity: A review. Biol. Waste 27, 115-142.

Jackson, M.L. (1976). Análisis químicos de suelos. Editorial Omega. Barcelona. Pp. 300-303.

McCaskey, A.T. 1990. Microbiological and chemical pollution potential of swine waste. pp. 12-32. In: Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Manejo y Aprovechamiento de Estiércol de Cerdos. CINVESTAV. Guadalajara, Jal., México.

Metcalf, L., y Eddy, H.P. Ingeniería de aguas residuales: redes de alcantarillado y bombeo McGraw-Hill, 1995 p 461

Moeller, G (1993) Estabilización de los lodos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chapultepec por el Proceso de Digestión Anaerobia, DGCOH, DDF.

NMX-AA-034-SCFI-2001, Análisis de agua- Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba.

Mahamud L.M., Gutiérrez L.A., Sastre A.H. (1997). Biósólidos Generados en la Depuración de Aguas (I): Planteamiento del Problema. Ingeniería del Agua Vol. 3 Num 2, p 47

Olsen, S.R., Cole, F.S., Watanabe, F.S., y Dean, L.A. (1954). Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Cir 939.

Ramírez C.E. y Cardoso V.L. (2000). Composteo de lodos. En: Curso Teórico-Práctico de Tratamiento de lodos residuales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Cuernavaca Morelos, México. 17 pp

Ramos, L.J.A., Hernández M.J.I. (2007) Implementación de un Biodigestor Anaerobio. Para la Generación de Energía Eléctrica a partir de Lodos Activados, Producto del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Abasco. Aquaforum año 11 No. 46 pp 26

Rodríguez JA (2004). Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales. Universidad de Valle Cali. Colombia.

Rubio C.O.A. (1985). Síntesis y evaluación de fertilizantes órgano-minerales. Tesis de Maestría. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México, 120 pp.

Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A., Martínez-Pardo, C., Cegarra, J., Paredes, C. (1996). A microanalysis method for determining total organic carbon in extracts of humic substances. Relationships between total organic carbon and oxidable carbon. *Bioresource Technology*. 57:291-295.

Vicencio-de la Rosa, M.G., Pérez, L.M.E., Medina, H.E., Martínez, P.M.A. (2011). Producción de Composta y Vermicomposta a partir de los Lodos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de un Rastro. *Rev. Int. Contam. Amb.* 27(3) 263-270.

Vigueros, L.C. y Ramírez-Camperos, E. (2002). Vermicomposting of sewage sludge: a new technology for México. *Water Sci Technol*. Vol. (46). Pp 153-158

Zenhder A., Ingorsen K. and Marti T. (1981) *Microbiology of methane bacteria*. Second Edition. International. Symposium on Anaerobic Digestion.

## **Propuesta de una guía de validación para la determinación de sólidos suspendidos totales en aguas residuales**

Melina Uribe, Sheila Uribe y Jorge Acosta

M. Uribe, S. Uribe y J. Acosta  
Universidad Politécnica del Centro, 22.5 km. carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa 86290 Tabasco,  
México  
muribel@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## Abstract

The validation of analytical methods is of great importance for testing laboratories wastewater want to ensure the quality and reliability of its results. In this paper we conducted a validation guide for the determination of Total Suspended Solids (TSS) in wastewater. This will set the parameters for limit of quantification, linearity, working range, recovery, bias and precision (repeatability). As a result of the work is concluded, this guide will enable testing laboratories develop each of the parameters to assess and meet the acceptance criteria in determining TSS. It also serves as a source of information for other testing laboratories (clinical, food, microbiological research centers, etc.) who wish to validate their methods.

## 10 Introducción

Un laboratorio de ensayo de aguas residuales tiene como objetivo proporcionar resultados que contribuyan a la preservación y mejora de los cuerpos de agua. Para ello necesita garantizar la calidad de sus resultados a través del uso de métodos analíticos que sean confiables, precisos y adecuados para su propósito.

Los laboratorios de ensayo que desean acreditarse y comprobar que son técnicamente competentes para generar resultados válidos, deben de cumplir con los requisitos de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 “Requisitos generales para los laboratorios de ensayo y de calibración”.

Es por ello, que los laboratorios deben validar los métodos que utilizan (Lazos y Hernández, 2004); ya que la validación confirma a través del examen y la aportación de evidencia objetiva, de que los requisitos particulares para un uso específico previsto se cumplen (ISO 1994b, citado en Boqué et al., 2002).

Los métodos analíticos utilizados para determinar la contaminación del agua y controlar los procesos de tratamientos de aguas residuales, además de cumplir con los límites máximos permisibles que marca la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales”, deben de ser sencillos, precisos y capaces de desarrollar por cualquier laboratorio de ensayo de aguas (Mayarí *et al.*, 2005).

Dentro de esos métodos analíticos se encuentran los SST, los cuales son sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidos en un elemento filtrante (NMX-AA-034-SCFI-2001). El propósito de este trabajo es ofrecer una propuesta de una guía de validación de los SST de acuerdo con la normativa aplicable, en la que se describa detalladamente como obtener los parámetros (límite de cuantificación, linealidad, intervalo de trabajo, recuperación, sesgo y precisión) que servirán como fuente de información para los laboratorios de ensayo que deseen validar este método o para algún otro método gravimétrico análogo a este.

## 10.1 Materiales y método

Este método consiste en medir cuantitativamente los sólidos y la cantidad de materia orgánica contenidos en aguas naturales y residuales, mediante la evaporación de la muestra filtrada, a temperaturas específicas (103 °C - 105 °C), en donde los residuos son pesados y sirven de base para el cálculo del contenido de estos.

Equipos y materiales: El material volumétrico a emplear debe ser clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado. Como material volumétrico se considera la pipeta volumétrica, empleada para la toma de alícuota de la muestra.

El equipo a utilizar debe encontrarse calibrado por un laboratorio de calibración acreditado y en condiciones favorables para su uso respectivo. La balanza analítica debe tener una precisión de 0,0001 g.

Preparación de soluciones: Las soluciones se deben preparar a través del uso de productos químicos grado reactivo o superior (a menos que se requiera otro grado). Los pesos de los reactivos deben ser lo más aproximado y preciso posible. El agua a utilizar debe ser destilada o un agua equivalente preferentemente esterilizada. El agua destilada a 25°C debe cumplir con las características de: 0,2 de resistividad (megohm-cm) como mínimo, 5,0 de conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) como máximo y un pH de 5,0 a 8,0.

Método de análisis: Utilizar una solución estándar con 50 mg de almidón, 50 mg de  $\text{CaCO}_3$  y 100 mg de NaCl diluidos en un matraz aforado de 1 L, el cual tendrá una concentración aproximada de 200 mg/L para sólidos totales. Para la concentración de los SST solo se tomará en cuenta la suma de los reactivos de almidón y  $\text{CaCO}_3$ , la cual debe ser de 100 mg/L.

Medir con pipeta volumétrica 20 mL de muestra previamente homogeneizada. Filtrar la muestra a través del crisol Gooch (puesto previamente a peso constante) aplicando vacío, lavar el disco tres veces con 10 mL de agua destilada, dejando que el agua drene totalmente en cada lavado. Suspender el vacío y secar el crisol en la estufa a una temperatura de 103°C a 105°C durante 1 h aproximadamente.

Sacar el crisol, dejar enfriar en un desecador a temperatura ambiente y determinar su peso hasta alcanzar peso constante. Registrar su peso.

Metodología de validación del método analítico: Límite de cuantificación: Realizar el análisis de 10 blancos de muestra independientes medidos una vez cada uno y de 5 soluciones control a diferentes concentraciones midiendo 10 réplicas a cada nivel. Las concentraciones pueden ser 17, 25, 30, 35 y 40 mg/L.

Elaborar la curva de calibración concentración teórica (abscisa) vs media de la concentración real (ordenada) y obtener la ecuación de regresión (Eurachem, 2005).

**Linealidad:** Preparar disoluciones patrón en 5 niveles de concentración más el blanco y 3 réplicas a cada nivel de concentración. Las concentraciones pueden ser 25, 50, 100, 200 y 400 mg/L. Graficar la media de las concentraciones obtenidas (ordenada) y con respecto a las concentraciones teóricas (abscisa, Eurachem, 2005).

**Intervalo de trabajo:** El extremo inferior del intervalo de trabajo, se limita por los valores del límite de cuantificación. En el extremo superior, por el valor hasta donde llega la respuesta lineal de la ecuación de regresión lineal (Eurachem, 2005).

**Recuperación:** Tomar la concentración del punto medio de la curva de calibración o la concentración de referencia de éste método (100 mg/L). Preparar 10 soluciones estándar a dicha concentración más el blanco reactivo, calcular la media de las concentraciones obtenidas y determinar la recuperación (Barlandas *et al.*, 2008).

**Sesgo:** Tomar la concentración del punto medio de la curva de calibración o la concentración de referencia de éste método (100 mg/L). Preparar 10 soluciones estándar a esa concentración más el blanco reactivo, calcular la media de las concentraciones obtenidas y con ese valor determinar el sesgo (Barlandas *et al.*, 2008).

**Precisión (Repetibilidad):** Preparar blancos de muestra fortificados al nivel medio del intervalo de trabajo y realizar 10 réplicas individuales a dicho nivel de concentración. Evaluar este parámetro bajo condiciones de repetibilidad, tales como: mismo analista, mismo material de laboratorio, mismos reactivos, mismo laboratorio y en periodos de tiempo pequeños y continuos (Eurachem, 2005).

## **10.2 Resultados y discusión**

La propuesta de validación para la determinación de los sólidos suspendidos totales en una muestra de agua, se realizó a través de ejemplos prácticos que permitirán facilitar el desarrollo y obtención de cada uno de los parámetros de validación. Así mismo, permitirá que los laboratorios de ensayo realicen fácilmente el análisis estadístico y la interpretación de sus resultados, con base en el cumplimiento de los criterios de aceptación válidos para cada parámetro.

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa Microsoft EXCEL 2010 para calcular la media ( $\bar{X}$ ), desviación estándar ( $S$ ), varianza ( $S^2$ ), coeficiente de variación ( $CV$ ) y coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Así mismo, se utilizó para realizar gráficas y ver el comportamiento de los ejemplos demostrados. El cuadro 1, muestra los valores obtenidos de los respectivos ejemplos dados, de acuerdo al procedimiento estadístico realizado y a los criterios de aceptación aplicables a los parámetros de validación.



**Tabla 10** Resultados de los parámetros de validación conforme al procedimiento estadístico y los criterios de aceptación aplicables a la medición de SST en una muestra de agua

Parámetro	Procedimiento estadístico	Resultados	Criterio de aceptación
Límite de cuantificación	Coefficiente de variación	Concentraciones: 17, 25, 30, 35 y 40 mg/L CV = 2,92%; 1,11%; 0,87%; 0,83 y 0,91%	CV: ≤ 10 %
Linealidad	Coefficiente de determinación	$R^2 = 0,9999$	$R^2 \geq 0,98$
Intervalo de trabajo		17,5 mg/L – 400 mg/L	
Recuperación y sesgo	Coefficiente de variación	CV = 2,9934 %	CV: ≤ 3 %
Precisión: Repetibilidad	Coefficiente de variación	CV = 2,6396 %	CV: ≤ 3 %

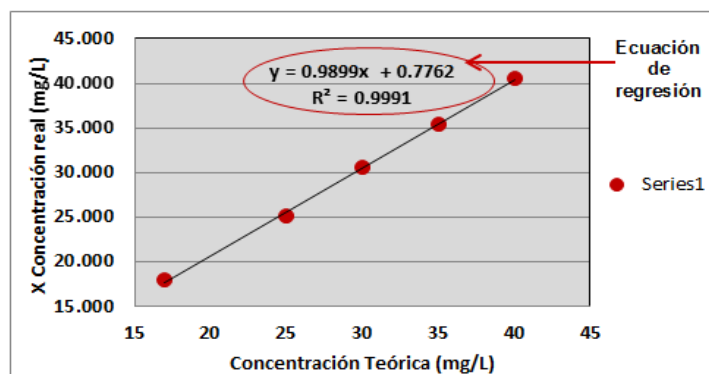
#### Límite de cuantificación:

Las 5 soluciones control propuestas se plantearon para elaborar la curva de calibración de concentración teórica vs concentración real y obtener la ecuación de regresión, la cual se utilizó en la expresión:  $L_Q = (X_{LQ} - b)/m$ . Donde  $L_Q$  es el límite de cuantificación,  $X_{LQ}$  es el valor obtenido de las X de las mediciones del blanco más la S del blanco por su respectivo factor numérico de  $k=2$ ,  $b$  es el intercepto con el eje y  $m$  la pendiente de la ecuación de la regresión. El cuadro 2 muestra un ejemplo de los datos y de los cálculos realizados con ellos:

**Tabla 10.1** Réplicas y cálculos de X, S y %DER a 5 niveles de concentración para curva de calibración de la DBO5: concentración teórica vs concentración real

Concentración mg/L	Réplicas: mg/L										X	S	CV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
17,0	17,58	18,20	17,45	17,45	18,42	19,00	17,61	17,45	17,58	17,86	17,860	0,522	2,92%
25,0	25,25	24,40	25,17	25,09	25,32	24,94	25,17	25,38	25,25	25,09	25,106	0,278	1,11%
30,0	30,70	30,06	30,81	30,45	30,30	30,57	30,30	30,96	30,57	30,62	30,534	0,266	0,87%
35,0	35,45	35,22	35,89	35,15	35,05	35,53	35,79	35,45	35,22	35,05	35,380	0,295	0,83%
40,0	40,17	40,91	40,55	40,17	40,55	39,90	40,80	40,91	40,30	40,91	40,517	0,367	0,91%

Los resultados obtenidos de las concentraciones dadas, muestran una buena repetibilidad, ya que el CV es menor al ≤ 10 % (Cuadro 1, Boqué *et al.*, 2002). Por lo tanto, se procedió a graficar la concentración teórica vs las concentraciones reales de cada uno de los ensayos (Figura 1), para generar la ecuación de la regresión lineal  $y = mx + b$

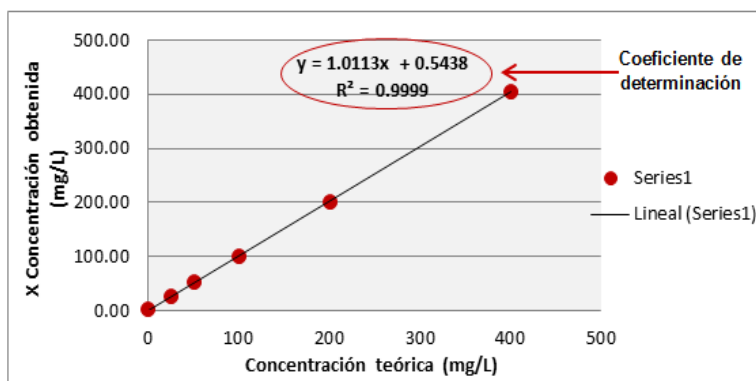
**Gráfico 10** Curva de calibración para determinar el límite de cuantificación de los SST

Seguidamente se propuso 10 blancos de muestra independientes medidos una vez cada uno obtuvo una  $X=1,965$  y  $S = 1,610$ . Por lo tanto, el  $X_{LQ}$  es de 18,065 mg/L y utilizando la expresión del  $L_Q$  y los valores de la ecuación de regresión lineal el límite de cuantificación para SST es de 17,5 mg/L. Linealidad e intervalo de trabajo: Para los SST no se requiere realizar la linealidad (Aguiar *et al.*, 2008), pero ya que el intervalo de trabajo se evalúa hasta el valor lineal que demuestra la curva de calibración, se necesitó establecerla (Suárez *et al.*, 2009), utilizando como referencia el  $R^2$  para determinar si es aceptable. El cuadro 3 muestra un ejemplo de mediciones resultantes, con las cuales se elaboró la curva de calibración.

**Tabla 10.2** Mediciones para curva de calibración de SST y gráfico de residuales

Nivel	Concentración mg/L	Replicas: mg/L			X
		1	2	3	
Blanco	0	1,20	1,90	2,50	1,87
1	25	22,00	27,00	26,00	25,00
2	50	47,00	53,00	56,00	52,00
3	100	101,00	98,00	103,00	100,67
4	200	202,00	199,00	204,00	201,67
5	400	395,00	405,00	417,50	405,83

El gráfico 10.1, demuestra si el comportamiento de la curva de calibración elaborada con los datos de la tabla 10.2 es lineal o no lineal, así como el valor del  $R^2$ .

**Grafico 10.1** Curva de calibración para evaluar la linealidad de SST

La curva de calibración de los SST en el rango de concentraciones estudiadas responde a la ecuación  $y = 1,0113x + 0,5438$  y un  $R^2 = 0,9999$  y  $> R^2 = 0,98$  (cuadro 1, Aguilera *et al.*, 2003 y Soto *et al.*, 2002) se considera lineal y aceptable para éste método. La linealidad determina la región de la curva respuesta o de cuantificación en que hay relación directa entre la señal instrumental y la concentración del producto analizado, siendo un método lineal (ICH, 1995, citado en Gomara *et al.*, 2004). Por lo tanto, el intervalo de trabajo para SST es de 17,5 mg/L – 400 mg/L. Recuperación: Los valores referentes a la recuperación de las mediciones a un solo nivel de concentración se encuentran en el cuadro 4, así como la X, S y CV calculados. El porcentaje de SST recuperado muestra que el método presenta exactitud, o sea, que los valores obtenidos están cercanos del valor verdadero y cumplen con el criterio de aceptación (Gomara *et al.*, 2004).

**Tabla 10.3** Mediciones del blanco y soluciones estándar para el % Recuperación de los SST

Concentración Teórica: 100 mg/L	
Replicas	Concentración mg/L
Blanco	1,2000
1	95,0000
2	90,0000
3	90,0000
4	95,0000
5	95,0000
6	95,0000
7	98,0000
8	90,0000
9	95,0000
10	92,0000
X	93,5000
S	2,7988
CV	2,9934

La expresión  $[R = (\text{valor obtenido}/\text{valor de referencia}) \cdot 100]$  donde  $R$  es la recuperación en porcentaje, *valor obtenido* es el valor promedio obtenido del análisis y el *valor de referencia* es el valor de la concentración conocida; dio un porcentaje de recuperación del 93,500 % lo que indica que la recuperación es menor que el mensurando, pero es aceptado ya que muestra la exactitud necesaria para su determinación de acuerdo al criterio de aceptación del  $CV \leq 3 \%$  (cuadro 1). Así mismo, una buena recuperación del método está entre  $100 \pm 20 \%$  (ICH, 1995), siempre y cuando no exista un intervalo de recuperación dado para el método analítico.

Sesgo: Utilizando los valores de la  $X$  del cuadro 4, se aplicó la fórmula  $[\text{sesgo} = (\text{valor de referencia} - \text{valor obtenido}) / \text{valor de referencia}] \cdot 100$  donde el sesgo obtenido se expresa en porcentaje y las variables mencionadas son análogas a las empleadas en la recuperación.

Al interpretar los resultados se observa que el sesgo es igual a 6,5 %, lo que indica que el error es relativamente pequeño y la veracidad del método es aceptable, ya que de acuerdo a Barlandas *et al.*, (2008) entre menor sea el sesgo mayor será la veracidad del método. Considerando el criterio de aceptación de ICH (1995), el sesgo no debe ser mayor al  $\pm 20\%$ .

Repetibilidad: Para dar un ejemplo de cómo llevar a cabo la repetibilidad, el cuadro 5 muestra las concentraciones a utilizar para un nivel de concentración de referencia de 100 mg/L; así como la  $X$ ,  $S$  y  $CV$  obtenidas estadísticamente a partir de dichos datos.

**Tabla 10.4** Mediciones de blanco y soluciones estándar para repetibilidad de SST

Concentración Teórica: 100 mg/L	
Replicas	Concentración (mg/L)
Blanco	1,909
1	95,0000
2	90,0000
3	90,0000
4	95,0000
5	90,0000
6	95,0000
7	90,0000
8	90,0000
9	90,0000
10	90,0000
$X$	91,5000
$S$	2,4152
$CV$	2,6396

Estos resultados muestran que el CV calculado es igual al 2,6396 % y está por debajo del criterio de aceptación de < 3 % (cuadro 1, Soto *et al.* 2002). Los resultados obtenidos demuestran que el método es preciso ya que cumple con las especificaciones requeridas y puede ser aplicado con seguridad; en caso contrario, se deben evaluar las posibles interferencias del método, controlarlas y repetir nuevamente hasta alcanzar la adecuada repetibilidad.

### 10.3 Conclusiones

La validación de los sólidos suspendidos totales es imprescindible en los laboratorios de ensayo de aguas residuales que determinan los contaminantes de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, ya que a través de ésta pueden garantizar la calidad, confianza y seguridad de sus resultados analíticos, cumplir con la satisfacción y necesidades de sus clientes, contribuir a la mejora y preservación de los cuerpos de agua, estar a la vanguardia del avance científico y tecnológico, y principalmente, controlar los factores que afectan sus métodos analíticos y resultados.

Con la finalidad de establecer una guía para la determinación de los SST, se propuso una metodología que cumpliera con los parámetros aplicables en la validación de este método de ensayo, siendo el límite de cuantificación, el intervalo lineal y de trabajo, la recuperación, el sesgo y la precisión (medida a través de la repetibilidad) los adecuados para este propósito, así como los criterios de aceptación válidos para cada uno de estos parámetros.

Por último, la metodología propuesta puede ser útil a los laboratorios que quieran validar los SST, ya que al definir y obtener sus resultados estadísticos pueden verificar y concluir si su proceso y técnica desarrollada ha sido apta para la medición, en caso contrario, las medidas a evaluar, repetir y/o modificar, que permitan cumplir con los criterios de aceptación de éste método.

### 10.4 Referencias

Aguiar M.R. et al. 2008. Guía técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en las Mediciones Analíticas que emplean la Técnica de Gravimetría de Masa. CENAM/ema. México.

Aguilera I.; Rodríguez S.; Pérez R.M.; Buzón J. y Camacho M. 2003. Validación de la determinación de la DQO en la unidad analítica del CEBI. Revista Cubana de Química. Vol. XV, No. 2. Centro de estudios de biotecnología industrial, Facultad de ciencias naturales, Universidad de Oriente. Cuba. 18-25.

Barlandas R.N. et al. 2008. Guía para la validación y la verificación de los procedimientos de examen cuantitativos empleados por el laboratorio clínico. CENAM/ema. México.

Boqué R.; Maroto A.; Riu J. y Rius F.X. 2002. Validation of Analytical Methods. Grasas y Aceites, International Journal of Fats and Oils. Vol. 53. Fasc. 1. Instituto de la Grasa (SCIC). 128-143.

Eurachem. 2005. Métodos Analíticos Adecuados a su Propósito. Guía de Laboratorio para la validación de Métodos y Temas Relacionados. Centro nacional de metrología. Publicación técnica cnm-mrd-pt-030. 2da. Edición. 67 pp.

Gomara F.L.; Correr C.J.; Sato M.E.O. y Pontarolo R. 2004. Desarrollo y validación de un método espectrofotométrico para cuantificación de ácido fólico. *Ars Pharmaceutica*. Vol. 45. No. 2. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. España. 145-153.

ICH.2005. Note for Guidance on Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology. International conference on harmonisation of technical requirements for registration of pharmaceuticals for human use.

Lazos Martínez R.J. y Hernández Gutiérrez I. 2004. La validación de métodos: Un enfoque práctico. Simposio de metrología. 5 pp.

Mayarí N.R.; Espinosa L.M del C. y Gutiérrez M.R.J. 2005. Validación de la determinación de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno en aguas y aguas residuales. *Revista CENIC Ciencias Químicas*. Vol. 36, No. especial. La Habana, Cuba.

NMX-AA-034-SCFI-2001. Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba.

NMX-EC-17025-IMNC-2006. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Soto C.; Cuello M.; Alfonso Y.; Cabrera O. y Sierra G. 2002. Validación de una técnica colorimétrica para la determinación de carbohidratos. Instituto Finlay. Centro de Investigación-Producción de Vacunas y Sueros. Año 11 No. 3. La Habana Cuba. 11-14.

Suárez R; Arévalo E.; Linares L.; Ustáriz F. y Hernández G. 2009. Validación de un método analítico para la determinación de magnesio eritrocitario. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal REDALYC*. *Avances en Química*. Vol. 4, No. 2. 53-62.

## **Prototipo generador de agua para la producción sustentable de hortalizas en invernadero familiar**

César Chávez, Said Zaldívar, Adolfo López y Álvaro Álvarez

C. Chávez, S. Zaldívar, A. López y Á. Álvarez  
Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, Carretera Huejutla - Chalahuiyapa S/N Col.Tepoxteco,  
43000 Huejutla de Reyes, Hidalgo  
ccho\_uthh@yahoo.com.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

In this paper we present the results of research carried out at the Technological University of Huasteca Hidalguense, located in the municipality of Hidalgo state Huejutla, which develops an unconventional alternative for water, energy and food, which aims to mitigate the problems of water scarcity, which affects mainly the food production causing losses in corn, beans, vegetables and especially the livestock sector, which are chronic impediments to economic growth and stability office in our country. Thus, the objective of this research was to design prototype generator water for sustainable production in a greenhouse vegetable family as a result giving water generation by atmospheric moisture in order to generate your own risk and your own electricity through photovoltaic technologies for the production of vegetables in home gardens.

## **11 Introducción**

Durante el foro de expertos de alto nivel como alimentar al mundo en 2050, realizado el 12 y 13 de octubre del 2009 en Roma, el exdirector general de la organización de las naciones unidas para la alimentación (FAO), Jacques Diouf, afirmo que en los próximos 10 años, se espera que la población mundial aumente de 6,000 a 9,100 millones de personas, para 2050 se proyecta un aumento del 70% de la demanda de alimentos un 30% de la demanda de agua y un 40% más de energía.

Hoy en día muchos países enfrentan problemas de escasez de agua, energía y alimentos, particularmente los problemas de escasez de agua en México se han agravado en las últimas décadas, registrando el periodo de sequia mas grave de los últimos 60 años, así mismo estas estimaciones de la Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) señalan que una de tres entidades del país padece estragos severos por falta de lluvia. La falta de lluvias en 19 entidades del país ya provocó pérdidas superiores a los 15,000 millones de pesos por las hectáreas perdidas en cultivos de maíz y frijol, en hortalizas y cabezas de ganado; afectando diferentes Estados de la Republica.

En el caso de la producción de alimentos, el problema ha llegado a tal grado que muchas familias de escasos recursos que dependen del campo para su subsistencia ya no tienen para comer, la sobreexplotación, monocultivo, inadecuada fertilización, entre otros factores, han ocasionado el deterioro de tierras agrícolas, dificultando la producción de alimentos de calidad a precios accesibles. Por otro lado la falta de infraestructura de energía eléctrica en las zonas rurales de nuestro país es una de las principales limitantes para el desarrollo y explotación de las actividades agrícolas. Aunque el Gobierno Mexicano ha establecido una política agropecuaria dirigida a productores del campo para disminuir la pobreza en el medio rural, sin electricidad en el sitio en donde se necesita, no será posible implementar programas basados en esta acción. Aunado a lo anterior, la carencia de agua, importante para el sustento de vida animal y vegetal, limita totalmente el desarrollo de cualquier actividad agropecuaria.



El presente artículo se divide en seis partes. En la primera sección, se hace una breve introducción de la problemática de una forma general. En la segunda, se muestra un marco de referencia, el cual permite conocer el recurso solar fotovoltaico en el país y en el estado de Hidalgo, el vapor de agua contenida en la atmósfera y las técnicas de producción de alimentos mediante hidroponía. En la tercera parte, se puntualiza el desarrollo del proyecto realizando una descripción general de los componentes que conforman el prototipo, con la finalidad de conocer la factibilidad de llevar a cabo el proyecto para la producción sustentable de hortalizas en un invernadero familiar. La investigación se presenta en base a un modelo experimental, analítico y de campo. En una cuarta parte del presente artículo serán presentados los resultados de la aplicación de los análisis antes mencionados. En la quinta parte del presente artículo serán presentadas las conclusiones. Por último, se presenta la bibliografía utilizada en la investigación.

**Método:** La investigación se presenta en base a un modelo experimental, analítico y de campo.

El modelo experimental se presenta en base a los siguientes módulos:

1. Planta Electrosolar
2. Generador Atmosférico de agua
3. Invernadero Hidropónico

Como resultado del desarrollo del proyecto y evaluación de la metodología planteada, se obtienen los siguientes resultados que se muestran en la tercera parte de esta investigación.

### **11.1 Resultados**

Los componentes más relevantes para el desarrollo del presente proyecto, se profundizan por medio de tres análisis de estudio, los cuales son la base de la investigación que se resume de la siguiente manera:

**Planta electro-solar:** Si bien, el dispositivo está orientado hacia familias de escasos recursos, la sustentabilidad es de gran importancia, por lo que el dispositivo funciona de forma independiente a la red de suministro eléctrico para excluir totalmente el pago de energía eléctrica. Característica que a mediano plazo, amortizará la inversión inicial.

En el sistema diseñado para satisfacer la demanda de la instalación, se genera la electricidad mediante los siguientes componentes: 1 Módulo Solar Fotovoltaico de 80w, 1 Controlador de carga 12v 20 A, 2 Baterías Nautilus Ciclo Profundo de 200 A/h e Inversor de Corriente 1000w. Con este equipo se suministra la energía eléctrica durante el día y algunas horas por la noche que es cuando se concentra la mayor cantidad de humedad atmosférica, la información se presenta en la figura 11.

**Figura 11** Planta electro-solar



Módulo de generación de agua atmosférica: El equipo desarrollado en este trabajo es un equipo compacto de un sistema de aire acondicionado que consiste en hacer pasar aire a través de un laberinto en el que se encuentran un serpentín de tubos para permitir la condensación del vapor de agua contenido en la humedad atmosférica, trabaja con un circuito de refrigeración cerrado y consta de compresor, tubo capilar, condensador, evaporador, control de temperatura, gas R-410A, este prototipo tiene las siguientes dimensiones 44.5 cm W x 33.5 cm D x 62.3cm H, peso aproximado 17.69 kg y para su funcionamiento requiere de 12 V, la información se presenta en la figura 11.1

**Figura 11.1** Modulo de generación de agua atmosférica



Invernadero hidropónico: El diseño del invernadero es de tipo capilla ( a dos aguas), La ventaja que reporta éste, vienen dadas por su construcción de mediana a baja complejidad, utilización de materiales con bajo costo, según la zona (postes y maderos, pinos etc.), apto tanto para materiales de cobertura flexibles como rígidos, la información se presenta en la figura 11.2.

**Figura 11.2** Prototipo Generador de agua para la producción sustentable de hortalizas en invernadero familiar



Este prototipo utiliza la técnica de Hidroponía la forma de cultivo de plantas sin suelo, obteniendo cultivos saludables fuera de temporada, en menor tiempo y aprovechando todo el espacio posible para la obtención autosuficiente de especies básicas, la información se presenta en la tabla 11 y 11.1 que muestra los resultados obtenidos en al siembra por trasplante reproducidas en semilleros y cultivo en sustrato. La principal característica de este sistema es que tiene la capacidad de generar su propia agua para riego, es decir, la cantidad de agua generada es aprovechada para el riego de las plantas instaladas en un invernadero familiar bajo el sistema NFT y cultivo en sustrato.

**Tabla 11** Siembra por trasplante de especies reproducidas en semilleros

Especie	Clima	Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)	Germinación (días)	Trasplante (días)	Cosecha (días)
Acelga*	Frío	20	20	12	21	70
Apio*	Frío	20	20	20	33	90
Lechuga	Templad	17	17	5	21	50
Jitomate	Cálido	36	30	6	20	65

**Cuadro 11.1** Cultivo en sustrato

Especie	Clima	Distancia entre surcos(cm)	Distancia entre plantas (cm)	Profundidad	Germinación (días)	Cosecha (días)
Cilantro	Cálido	10	5	2	17	60
Rabanito	Templado	8	5	2	4	30
Zanahoria	Templado	8	10	A flor de tierra	18	120

El sistema hidropónico asegura la optimización del agua por goteo, asegurando el aprovechamiento de cada gota de agua generada, a su vez, el sistema de hidroponía agrega nutrientes concentrados en sueros económicos especiales para enriquecer el agua de riego y facilitar el crecimiento de los cultivos.

Bajo estos tres marcos de referencia, se desarrollo este prototipo el cual permite la producción de agua, alimento y energía sin recurrir a los métodos tradicionales de distribución que produzca poco o nada de contaminación.

## 11.2 Conclusiones

De acuerdo con la investigación realizada, podemos decir que es posible promover el desarrollo de prototipos sustentables, lo cual se concluye que se alcanzó el objetivo planteado en realizar un prototipo generador de agua para la producción sustentable de hortalizas en invernadero familiar. Dicho prototipo presenta como característica principal el poder obtener de la atmósfera, la humedad suficiente para poder generar agua. Proceso que es posible gracias a un dispositivo eléctrico potenciado por energía solar, que utiliza principios termodinámicos para lograrlo.

La cantidad de agua obtenida se utiliza como riego, misma que es optimizada tanto en cantidad como en composición nutricional por medio de un sistema de hidroponía adaptado a un invernadero familiar, y de esta manera obtener en poco tiempo y de manera permanente alimentos básicos para el sustento familiar. Bajo estos tres marcos de referencia, se tiene como resultado la producción de agua, alimento y energía sin recurrir a los métodos tradicionales de distribución que produzca poco o nada de contaminación y que dicho sistema se puede transportar y montar en un número de áreas alejadas donde están disponibles poco o nada de recursos naturales.

Recomendaciones:Podríamos sugerir que hay un abundante campo todavía por explorarse en lo que se refiere a la obtención de agua a través del aire, se sabe que desde hace tiempo se puede transformar la humedad atmosférica en agua del cual existen seis equipos patentados en el mundo, pero ninguno de ellos garantiza un buen rendimiento debido a los altos consumos energéticos.

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en aumentar la eficiencia energética del sistema de refrigeración, sustituyendo este sistema por refrigeración magnética y la implementación de la nanotecnología, así mismo el uso de la biotecnología elevaría la producción de alimentos con cultivos genéticamente modificados, obteniendo cultivos saludables fuera de temporada, en menor tiempo y aprovechando todo el espacio posible para satisfacer la demanda de unos 150 millones de habitantes que contará México en el año 2050.

### 11.3 Referencias

Aarón Sánchez Juárez, “ Tecnología fotovoltaica aplicada al bombeo de agua”, Fideicomiso de riesgo compartido (FIRCO-SAGARPA), implementado en 1994, y consolidado por FIRCO en 1999.

Bautista-Olivas, Ana L.; Tovar-Salinas, Jorge L.; Palacios-Velez, Oscar L.; Mancilla-Villa, Oscar R. “La humedad atmosférica como fuente opcional de agua para uso doméstico”, Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Agrociencia, vol. 45, núm. 3, abril-mayo, 2011, pp. 293-30, Colegio de Postgraduados Texcoco, México, consultado por internet el 21 de enero del 2012. Dirección de internet: <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30219764003>.

Estrada Cajigal, V., “Datos de Radiación Solar en la República Mexicana, Alcances y Limitaciones”, La Revista Solar, No. 21, Asociación Nacional de Energía Solar, México, pp. 10-19, 1992.

IMTA/UTHH, Diagnóstico socio-hídrico participativo y elaboración de plan de acción para la optimización del uso y manejo del agua en la región de la Huasteca en el estado de Hidalgo, México, 2004.

Ubaldo Miranda, Ricardo Saldaña, Rubén Cariño., "Evaluación del Potencial Energético de los Recursos Renovables en el Estado de Hidalgo, México", IIE, 2009.

Problemática de Financiamiento para Desarrolladores de Sistemas de Energía

Fotovoltaica en México, Atlantis Solar Systems. Recuperado el día 15 de noviembre del

2011 en el servidor <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/es/>

Recuperado el día 25 de Enero del 2012 en el servidor <http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Introducci%C3%B3n%20y%20objetivos.htm>

Recuperado el día 23 de Agosto del 2012 <http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antiores/117.html?task=view>

## **Prototipo itinerante de un sistema fotovoltaico para casa habitación, aislada de la red**

Rufino Chávez, Rufino García, Marco Olivo y Juan Rodríguez

R. Chávez, R. García, M. Olivo y J. Rodríguez  
Universidad Tecnológica de San Juan, Querétaro de Arteaga, Dirección Mecatrónica.  
rachaveze@utsjr.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

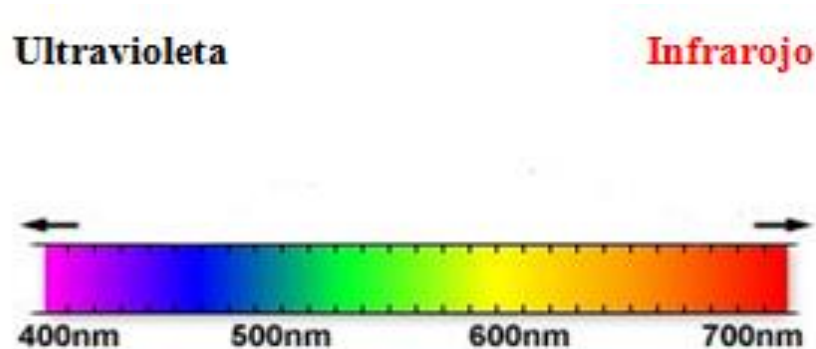
## Abstract

When we think of solar energy, are two manifestations of light and heat, are easily recognized. Both play a vital role in the life of our planet. The sunlight makes possible the process of photosynthesis, without which the plant and animal kingdoms disappear, climate controlled heat and evaporates the waters of the sea, which, free from salt content, are returned to the earth as rain. Humans, animals and plants owe their existence to this simple mechanism purification. Solar radiation can be converted directly into electrical energy. This phenomenon is called the photovoltaic effect. A mid-nineteenth century (1839) French physicist Becquerel discovered the photovoltaic effect (PV). Several physicists as Willbughby Smith (1837) and Lenard (1900) verify their existence under various conditions. Einstein (1905) provides the theoretical basis of the phenomenon, winning the Nobel Prize in Physics. Millikan (1920), an American physicist, confirms Einstein's theory. However, the practical application of the energy conservation did not begin until 1954, when they need a source of electrical energy that may power the circuitry space satellites, without resorting to the use of fuel and long life duration. (S. R. Wenham, 2007).

## 12 Introducción

La radiación solar: La luz, sea esta de origen solar, o generada por un foco incandescente o fluorescente, está formada por un conjunto de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia, que están agrupadas dentro de un cierto rango, llamado espectro luminoso. Las ondas de baja frecuencia del espectro solar (infrarrojo) proporcionan calor, las de alta frecuencia (ultravioleta) hacen posible el proceso de fotosíntesis o el bronceado de la piel. Entre esos dos extremos están las frecuencias que forman la parte visible de la luz solar. La intensidad de la radiación luminosa varía con la frecuencia. La Figura 12 muestra en forma no detalla, la composición del espectro luminoso. (Gasquet, 2004).

**Figura 12** Longitud de onda y frecuencia (espectro visible)



### 12.1 Sistema fotovoltaico

Panorama actual: Recientemente, el hombre ha aprendido a obtener electricidad a partir de la energía solar mediante procesos fototérmicos y fotovoltaicos. Los primeros operan bajo principios semejantes a lo de las centrales convencionales.

Los fotovoltaicos, presentan una simplificación con respecto a los procesos energéticos convencionales, debido a que transforman una energía primaria, la solar, en electricidad en forma directa, es decir, sin transformaciones intermedias en otras formas de energía. De lo anterior, podemos decir que las celdas fotovoltaicas son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad, de modo directo. (Sandia, 2007)

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de subsistemas cuya función es generar electricidad con la luz solar, acondicionar la energía, almacenarla y distribuirla para su posterior uso. El módulo o panel fotovoltaico es el principal dispositivo de un sistema fotovoltaico y es el encargado de transformar la energía solar a energía eléctrica en forma de una señal de corriente continua. El tiempo necesario para transformarla es del orden de microsegundos, y en esos mismo tiempos, si se deja de iluminar, se pierde la energía. Por lo tanto, un sistema fotovoltaico, en la mayor parte de las aplicaciones, debe de incluir un subsistema de acondicionamiento eléctrico y almacenamiento de energía. Comúnmente, el acondicionamiento eléctrico se realiza por medio de dispositivos electrónicos (seguidores de máxima potencia, controladores de carga e inversores CD/CA), cuya función es acoplar el generador fotovoltaico con las cargas eléctricas a alimentar. Por otra parte, el almacenamiento de energía se realiza con acumuladores electroquímicos del tipo de la celda plomo-ácido, ó níquel-cadmio o hidruros metálicos. Sin embargo, hay sistemas de almacenamiento y manejo de energía más sofisticados como lo es la producción de hidrógeno a partir de agua mediante electrólisis y su posterior conversión a energía eléctrica mediante celdas de combustible. Ya que la producción y almacenamiento de energía es en corriente continua, también se necesita de un inversor para transformar la corriente continua a corriente alterna a 60 Hz, para ser compatible con los dispositivos de uso final, que son conectados a la red eléctrica.

Las principales ventajas de los sistemas fotovoltaicos son:

- No contienen partes móviles que requieran mantenimiento.
- No emiten ruidos ni contaminantes.
- Los paneles fotovoltaicos, en condiciones normales de operación, no sufren desgaste de ningún tipo, prácticamente, su tiempo de vida es infinito, aunque se garantizan generalmente por 20 años.
- La fuente de energía, el sol, es gratuita y favorecida en la mayor parte de este país.
- Su configuración es modular y fácilmente adaptable a cualquier tipo de necesidad

Hipótesis: Un sistema alternativo de generación de energía eléctrica puede ser, capaz de suministrar energía durante todo el año sin importar las condiciones climatológicas.

Objetivo: Desarrollar un prototipo itinerante basado en fuentes renovables de energía, como la solar, mediante sistemas fotovoltaicos, en el suministro de energía eléctrica para su aplicación en viviendas rurales o instalaciones de baja potencia.



Objetivos específicos:

Desarrollar un sistema fotovoltaico mediante un módulo fotovoltaico, controlador, inversor, baterías, para una vivienda rural o de baja potencia.

Construcción de mapa de radiación solar local.

Determinación del comportamiento de la irradiación en función la preferencia anual, invierno y verano de superficies.

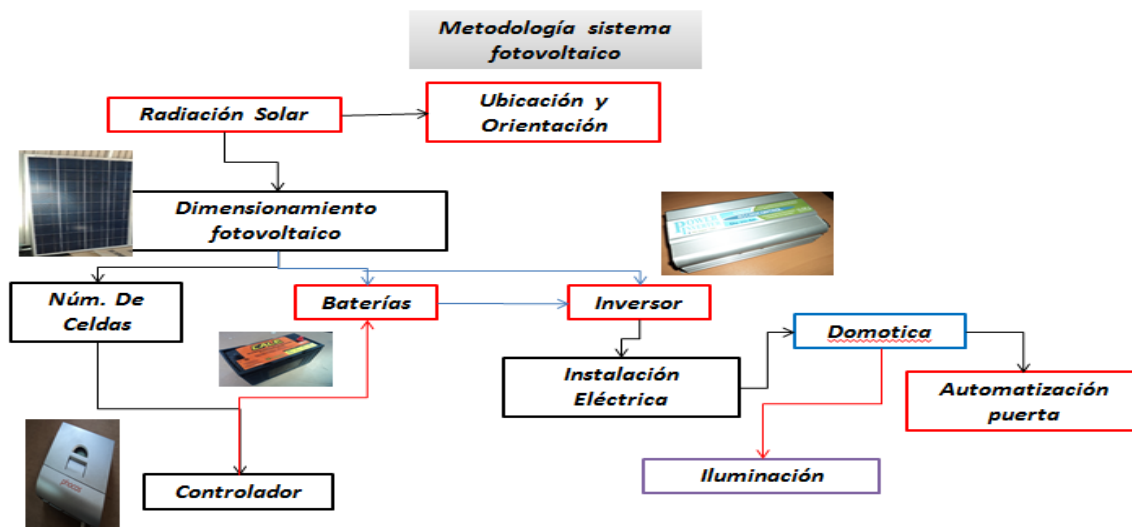
Justificación

El mundo encara el agotamiento progresivo de sus recursos energéticos, basados mayoritariamente en combustibles no renovables y, al mismo tiempo, el consumo de energía aumenta a ritmos cada vez mayores. Por otro lado, el consumo global de combustibles genera enormes cantidades de gases contaminantes que son liberados a la atmosfera, causando cambios significativos en el clima del planeta, por lo que se ha convertido en una de las problemáticas que más preocupan a los gobiernos, las comunidades y la opinión pública en general. La utilización de un sistema Solar contribuirá a la ecología y la capa de ozono ya que no generan emisiones atmosféricas.

## 12.2 Métodos

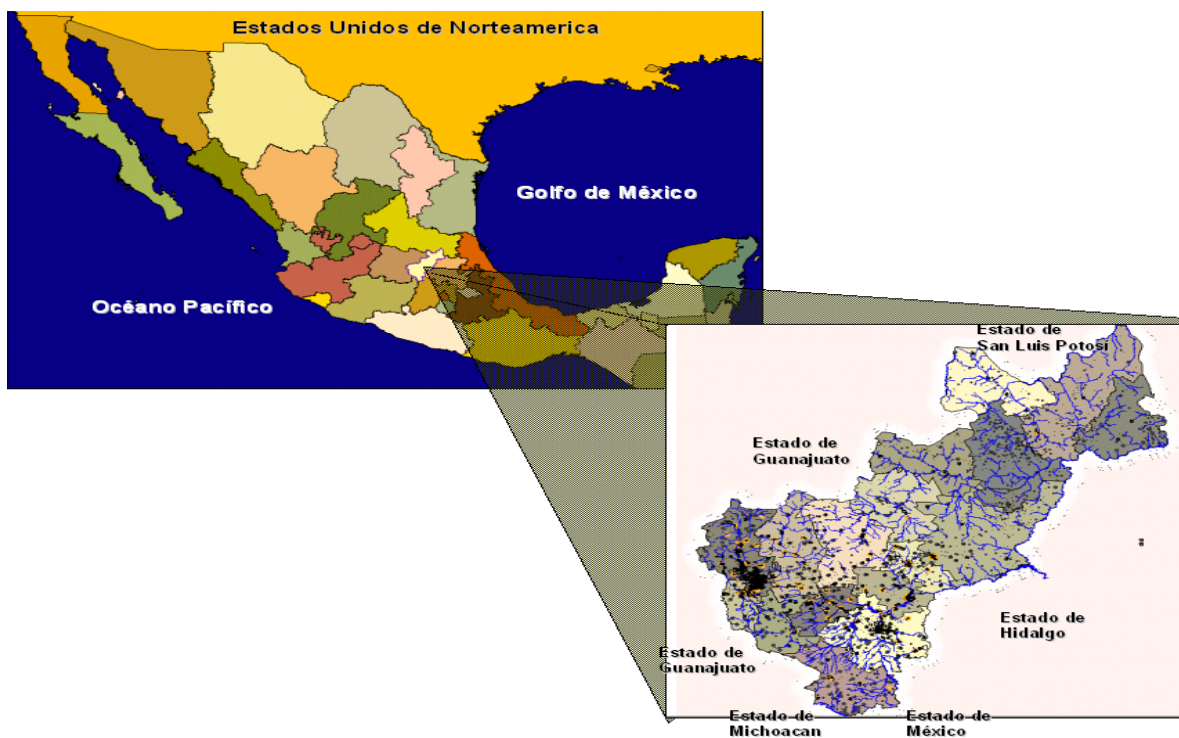
Metodología del sistema fotovoltaico:

**Figura 12.1** Metodología de un SF



Resultados:

**Figura 12.2** Irradiación global diaria, promedio mensual sobre un plano inclinado orientado hacia el sur

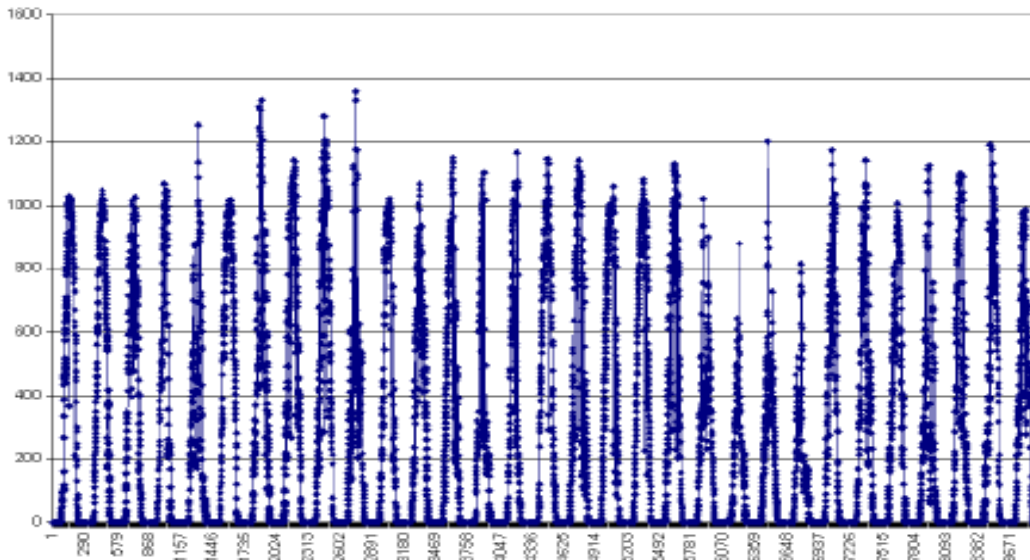


Ciudad de San Juan del Río:

**Tabla 12** Datos de San Juan del Río

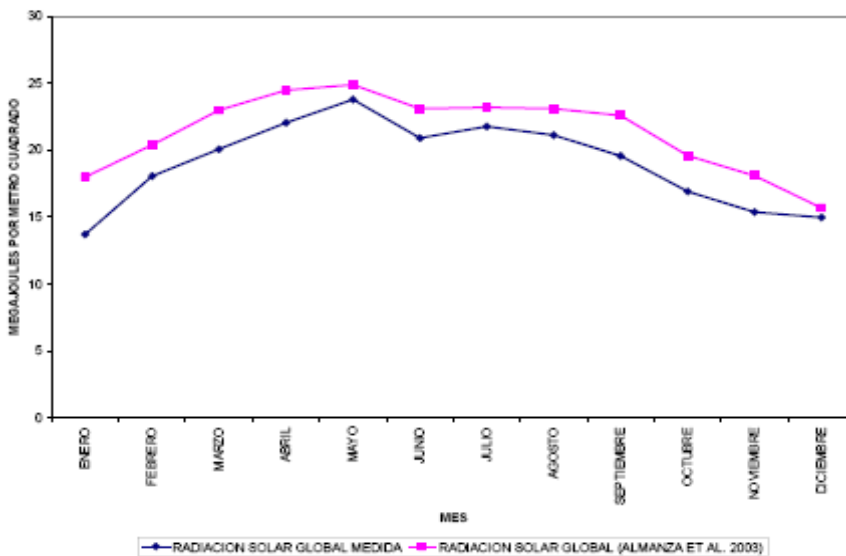
Latitud	Longitud	Altura	Altura solar anual máxima	Altura solar anual mínima	Preferencia anual (S1)	Preferencia invierno (S2)	Preferencia verano (S3)
20.23 N	99.59 W	1927 M.SN.M	92.87	46.67	20.23	30.34	11.11

**Grafico 12 Radiación Global W/M<sup>2</sup>**



(Almanza, 1975)  
N° de muestra

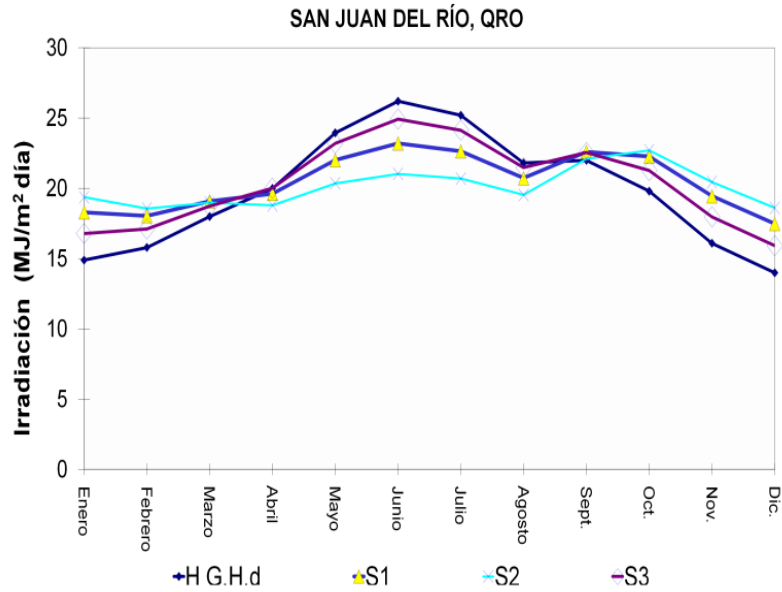
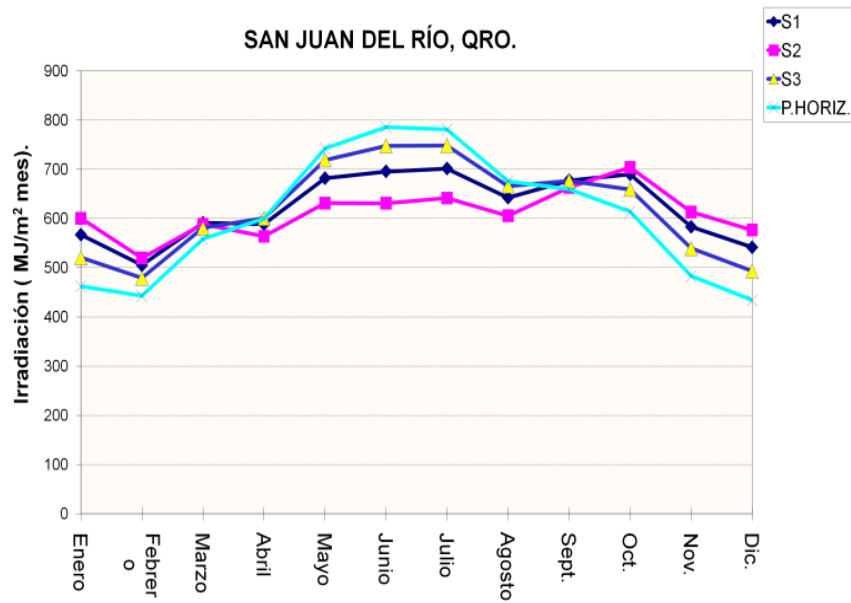
**Grafico 12.1 Radiación solar global julio**



MES	DIFERENCIA
ENERO	-23,80%
FEBRERO	-11,41%
MARZO	-12,66%
ABRIL	-9,92%
MAYO	-4,43%
JUNIO	-9,45%
JULIO	-6,12%
AGOSTO	-8,52%
SEPTIEMBRE	-13,34%
OCTUBRE	-13,67%
NOVIEMBRE	-15,07%
DICIEMBRE	-4,61%

Anual (S1)20.23  
Invierno (S2) 30.34  
Verano (S3) 10.11

**Grafico 12.2 Radiación Global media**



Anual (S1) 20.23  
 Invierno (S2) 30.34  
 Verano (S3) 10.11

### 12.3 Suministro de energía

**Tabla 12.1** Equipo para suministro de energía

PANEL FOTOVOLTAICO	ACCESORIOS
Capacidad= 130 W	Batería de respaldo 115 Amp
Dimensión= 1481mmx671x50	Controlador de carga
Peso= 14 Kg	Inversor 600W
Capacidad efectiva del sistema = 650 Watts-hora día	

Consideraciones del sistema:

**Tabla 12.2** Consideraciones del sistema

Tiempo de uso efectivo promedio	5 horas
Eficiencia del sistema	56%
Perdida de voltaje	15%
Perdida de batería	15%
Perdida del inversor	7%
Perdida del controlador	5%
Perdida por cableado	2%

Equipamiento de la vivienda rural:

**Tabla 12.3** Equipamiento de la vivienda

EQUIPO	CANTIDAD	CONSUMO	HORAS DE USO	CONSUMO TOTAL (W.H)
		WATTS		
Lámparas Fluorescentes	5	13	3	195
TV 19"	1	30	3	30
Radio	1	15	8	120
Licuadaora	1	400	0.16	66
			total	411

**Tabla 12.4** Costos del sistema fotovoltaico

CONCEPTO	MONTO
Panel fotovoltaico	4,000.00
Baterías (respaldo) 2	3,000.00
Controlador de carga	800.00
Inversor	1,500.00
Accesorios (tubo, cables soporte, etc.)	3,120.00
<b>Total</b>	<b>\$12,420</b>

**Tabla 12.5** Costo de iluminación

Tiempo de vida del sistema SF	20 años
Tiempo de vida de batería	4 años aprox.
Costo total del sistema SF	\$ 9,420.00
Costo de baterías	\$ 3,000.00
<b>Total</b>	<b>12,420.00</b>

**Tabla 12.6** Costos de iluminación

COSTO TOTAL DE LA HORA DE ILUMINACIÓN = \$ 0.03	
Watts producidos por el sistema	$650w * 365 \text{ días} * 20 \text{ años} = 4,745,000watts$
Horas de iluminación	$4,745,000 / 13 = 365000Hrs.$
Costo de iluminación	$12,420 / 365000 = \$ 0.03$

Calculo de corriente requerida

**Tabla 12.7** Corriente necesaria

Carga total diaria (C1)	411 WATTS
Tensión CD del sistema (C2)	12 V
Carga diaria (C3)	$C1/C2 = 411 \text{ w h} / 12 \text{ V} = 34.25 \text{ Amp/h}$
Factor de seguridad por perdida al 20% (1.2) (C4)	$C3 * C4 = 34.25 * 1.2 = 41,1 \text{ amp/h}$
Promedio de hora al dia (C5)	5 horas
Amperaje que el sistema tiene (C6)	$C4/C5 = 41,1 \text{ amp/h} / 5h = 8.22 \text{ Amp}$

Calculo del número de paneles requeridos

**Tabla 12.8** Número de paneles fotovoltaicos

Amperaje máximo del modulo fotovoltaico (P1) Proveedor	8.52 mp
Dividir amperaje del sistema(P2)/P1	$8.22 \text{ amp} / 8.52 \text{ amp} = 0.96 = 1$
Redondear a 1 panel (P3)	= a 1 panel

Calculo de las baterías de ciclo profundo

**Tabla 12.9** Número de baterías

<b>Carga total diaria( B1)</b>	<b>= 41.1 amp/h (C4)</b>
Días de reserva sin sol (B2)	3
Capacidad nominal del banco de baterías (B3)	= B1*B2= 41.1 * 3= 123.3 amp-h
Factor de profundidad de carga de reserva (B4) al 80%	= 0.8
Capacidad corregida del banco de baterías (B5)	B3/B4 = 123.3 AMP-H/0.8= 154,125 AMP-H
Capacidad nominal de baterías por fabricante (B6)	= 115 AMP
Numero de baterías (B7)	= B5/B6= 154.125/115= 1.3
Redondear baterías = 1 (B8)	= 2

Tensión del sistema en C.A.

**Tabla 12.10** Tensión necesaria

DEMANDA DE ENERGÍA TENSIÓN C.A. (WATTS)	TENSIÓN DE ENTRADA AL INVERSOR (VOLT C.C)
MENOR 1500	12
1,500 A 5000	24 O 48
MAYOR DE 5000	48 O 120

Selección del controlador



**Tabla 12.11** Regulador seleccionado

phocos		Reguladores Phocos CX							
		Tipo de Protección: IP22 Dimensiones: 89 x 90 x 39 mm Autoconsumo de energía: < 4 mA							
Modelo Phocos CX	Volts Tensión nominal automático	Amps I max Corriente máxima generación I <sub>max</sub>	Amps I max Corriente máxima Consumo I <sub>max</sub>	Corte alto U max	Corte flotación U flot	Rearme alto U	Rearme flotación U flot	Corte baja U min	
CX 10	12 / 24 V	10 A	10 A	14,8 V	14,0 V	13,0 V	13,5 V	11,1 V	
CX 20	12 / 24 V	20 A	20 A	14,8 V	14,0 V	13,0 V	13,5 V	11,1 V	
CX 40	12 / 24 V	40 A	40 A	14,8 V	14,0 V	13,0 V	13,5 V	11,1 V	

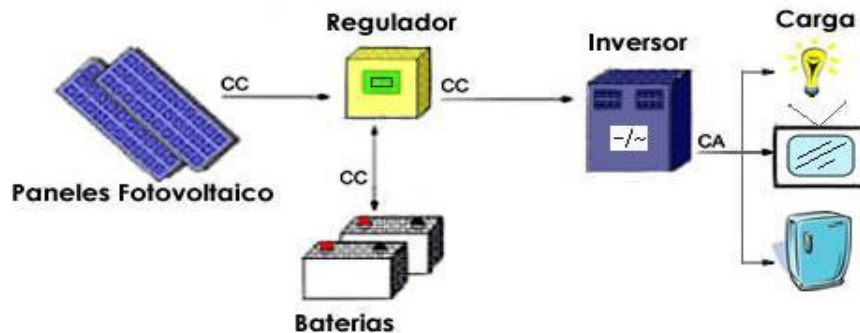
Calculo del inversor

**Tabla 12.12** inversor necesario

<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>5*13= 65 WATTS</b>
	<b>1*30=30 WATSS</b>
	<b>1*15=15WATTS</b>
	<b>1*400=400 WATTS</b>
<b>TOTAL</b>	<b>445 WATTS</b>
<b>Utilizar un inversor mayor nominal de 445 watts</b>	

Ensamble del sistema fotovoltaico en prototipo en casa solar

**Figura 12.3** Prototipo casa solar

**Fig. 12.4** Instalación Fotovoltaica aislada de la red

## 12.4 Conclusión y discusión

En el presente proyecto de investigación se diseña y construye un prototipo itinerante funcional de un sistema fotovoltaico para su aplicación como fuente de energía principal. La comparación de los mapas de radiación global descritos en la literatura con el específico, presenta una variación de hasta el 23.8%, lo cual es una gran variación que repercute en el dimensionamiento de sistemas que emplean energía solar. El prototipo itinerante contribuye como banco de pruebas para las carreras de Energías Renovables, Mecatrónica y Mantenimiento. Para difusión de las energías renovables en Expos internas y externas, congresos y medios de comunicación. Como mejora de este prototipo se pretende hacer uso de la energía Térmica calentador solar, biogás y Domótica en una segunda etapa.

## 12.5 Referencias

S.R Wenham, M.A. Green, M.E.Watt, R. Corkish. Applied Photovoltaics, second edition. USA : British Library, 2007.

Manual teórico y práctico sobre los sistemas fotovoltaicos. Gasquet, L. y

Hector. 2004, Solartronic, págs. 4-5. Sandia, 2007, Eficiencia Fotovoltaica

Almanza R, y López, S. (1975). Radiación solar de la Republica Mexicana, series del Instituto de Ingenieria de la UNAM, 375, México.

Estrada-Cajigal V. Almanza R. (2005) Irradiaciones Global, directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas, series de investigación y desarrollo del Instituto de Ingenieria, UNAM, México.

Solartronic, S.A de C.V. Cuernavaca Morelos, programa GIS.

## **Prototipo piscícola de control y automatización de 4 variables**

Carlos Ortiz, Patricia Mendoza, Ricardo Zayas, Iván Flores, Lucero Álvarez, Pascual Pérez y Guadalupe Hernández

C. Ortiz, P. Mendoza, R. Zayas, I. Flores, L. Álvarez, P. Pérez y G. Hernández  
Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros (UTIM), prolongación Reforma 168, Santiago Mihuacan,  
Izúcar de Matamoros.

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de  
Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

En este proyecto se capacitaron productores que poseen centros piscícolas empleando un sistema automático prototipo que como primera parte mide magnitudes físicas propias del estanque, como pueden ser, temperatura, pH, niveles de oxigenación del agua, etc. Se les explicó que una vez medidos esos valores, el sistema almacena los datos y los procesa para desarrollar, en un segundo paso, un control adecuado del mismo a través de mecanismos autónomos que controlan la calefacción, oxigenación, etc. Uno de los dispositivos más importantes es un mecanismo dosificador de alimentación, que de acuerdo a parámetros preestablecidos y regulables, proporciona la cantidad adecuada de alimento.

El sistema tiene capacidad de almacenar toda esa información, con el fin de determinar cuáles son las condiciones idóneas que optimicen la producción de mojarra. También se hizo hincapié en las ventajas que los sistemas autónomos proporcionan, a saber, la independencia relativa del productor sobre el sistema de producción sin descuidar la producción misma, así como el ahorro de recursos.

## **13 Introducción**

El desarrollo en la tecnología en la última década del siglo pasado y en lo que va de este siglo se da en manera exponencial, de tal manera que, sin pretenderlo, todos estamos inmersos en esto. Cualquier negocio o productor que aplique las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), garantiza un mejor posicionamiento dentro del mercado.

Estas tecnologías han aportado importantes elementos al mundo académico en general, lo que es fácil de verificar, por lo que la idea inmediata es extender las ventajas que las TIC proporcionan a otras áreas del quehacer humano. Uno de estos campos corresponde al de la Automatización.

Una de las actividades productivas de la región de Izúcar de Matamoros es el desarrollo de centros piscícolas con especies que puedan reproducirse con facilidad bajo las condiciones climáticas de la zona. Algunos de estos centros piscícolas son muy austeros. Actualmente dentro de la UTIM, como en sus alrededores, se encuentran operando estanques piscícolas que cuentan con sistemas tradicionales de producción, es decir, sin el menor indicio de tecnificación. No están establecidos procedimientos para la alimentación o adecuadas condiciones para el mejoramiento de las especies, incluso en la mayoría de los centros, no se cuenta con el suficiente conocimiento de la correcta alimentación de cada especie (Roldán, 2005).

### 13.1 Descripción del Método

Reseña de las dificultades de la búsqueda: Actualmente dentro de la institución (UTIM) se lleva a cabo la crianza de mojarra en un proceso nada automatizado. El encargado del estanque debe estar monitoreando constantemente de manera personal las condiciones del estanque y de los peces.

El proceso de alimentación es manual, se deben dar dosis preestablecidas de alimento cada determinado tiempo, obviamente, incluyendo días feriados, periodos vacacionales sin mencionar condiciones climáticas. El objetivo de este proyecto fue mostrar que dicho proceso se puede realizar de manera automática, i.e. que el usuario puede establecer en el sistema los horarios y las cantidades de alimento, y automáticamente se hará esta labor, sin importar que esté o no presente dicho encargado. También se explicó que el sistema puede tomar datos de temperatura y oxígeno disuelto de manera automática y este debe mantener estos valores entre un rango adecuado, elevando la temperatura o el oxígeno según sea necesario. Esta idea es el fundamento de transferencia de tecnología presentado a los productores piscícolas de la región durante su capacitación.

Objetivo: Realizar un modelo a escala funcional para Monitorear parámetros físico-químicos y biológicos del agua en criadero de mojarra para mantenerlo dentro de sus valores adecuados. Proporcionando una retroalimentación temprana por parte de los usuarios acerca del Sistema.

Material: Se hizo un módulo de entrenamiento usando una tarjeta de adquisición de datos ProQAQD de Cinda Electrónica. El procesamiento de datos se hace vía software (Kernighan., 2006).

Variables. Tendencias en cultivos para mojarra: pH, 7-8.5; DBO 3-8 mg/l (p.p.m.); T, 18°C-30°C.

Descripción del proceso:

El prototipo es una simulación de la automatización de un centro piscícola en el cual se miden tres variables y se controlan los horarios de alimentación de manera automática. Se trabajó con las siguientes variables (Roldán, 2005):

Temperatura: Para la especie en cuestión, i.e. mojarra tilapia se prefieren temperaturas elevadas. Por ello su distribución se restringe a áreas cuyas isoterma de invierno sean superiores a los 20°C. El rango natural oscila entre 20°C y 30°C, pudiendo soportar temperaturas menores. La primera variable es la temperatura, la tilapia está en un ambiente ideal a los 24°C por lo que el control debe tener como mínimo una temperatura de 18°C y cuando esto suceda debe activarse una válvula solenoide que permita el paso de agua caliente o active algún otro proceso de calentamiento de agua.

El otro extremo es la temperatura máxima, cuando el agua alcanza una temperatura de 28°C debe activarse una bomba de medio caballo de fuerza para recircular el agua pero esta se regresa al estanque a través de una regadera, para enfriarla durante la caída.

**Oxígeno disuelto:** La tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas pues soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Ello se debe a la capacidad de su sangre a saturarse de oxígeno aun cuando la presión parcial de este último sea baja. Asimismo, la tilapia tiene la facultad de reducir su consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio es bajo (inferior a 3 mg/l). Si esta concentración disminuye aún más, su metabolismo se vuelve anaeróbico.

En el prototipo, cuando el oxígeno disuelto alcanza el nivel de 3 mg/l se enciende una luz para indicar este valor mínimo y se dispara un blogger con un motor de medio hp. Al alcanzar 8 mg/l el blogger se desactiva.

**Acidez:** El rango conveniente del pH del agua para piscicultura oscila entre 7 y 8, por lo que se recomienda permanecer en este rango. Cuando el sensor detecta un pH de 8.1 por ejemplo, se enciende una sirena y una luz que indica un valor arriba del valor máximo permitido y debe ser apagada por el operador. El pH se controla en este caso vaciando el estanque por la parte más profunda y agregando agua limpia. Esto se logra automáticamente al activar una válvula solenoide de desagüe hasta un nivel mínimo, y encendiendo una bomba después del vaciado para que alcance el nivel de agua normal, momento en el que la bomba se desactiva.

**Alimento:** la última parte del proceso es la alimentación automática. Se sugieren horarios de comida para la mojarra tilapia y lugares donde se debe aplicar el alimento, ya que es un animal que se acostumbra al lugar donde hay comida, es decir si se llega a cambiar el lugar en el mismo estanque donde se aplica la comida estas podrían dejar de comer, por lo que el alimentador automático, se debe instalar en el lugar en donde ya se le esté aplicando la comida, en el caso de los estanques ya establecidos. Sin embargo, se pueden modificar cuidadosamente los horarios y cantidades de alimento, con el fin de mejorar la producción. Otra ventaja subyacente es el ahorro de alimento.

Rangos de trabajo del prototipo:

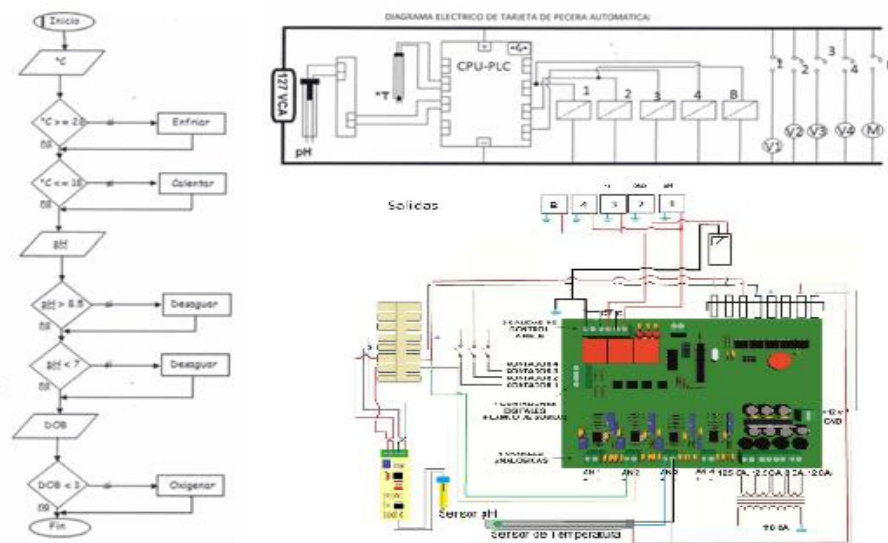
Variables: SET POINT: pH. 7.5; DBO 3 mg/l (p.p.m.); T 18-28 °C; Alimentación dosificada, 3 veces al día.

**Entradas y salidas:** dispone de dos sensores, uno de pH y otro de temperatura como entradas y un arreglo temporizado incorporado a la tarjeta CPU que se puede ajustar para controlar los requerimientos de oxígeno disuelto. Este último arreglo proporciona aire al estanque mediante un difusor de burbuja fina.

A la salida tiene dos válvulas solenoides que se abren y cierran simultáneamente para ajustar el rango de acidez (Roldán, 2005). Una de ellas es para desaguar y la otra para incorporar agua limpia.

Para el control de la temperatura se emplea una válvula solenoide y una bomba recicladora. La válvula solenoide está en la parte baja del tanque para que proporcione agua caliente y ambos dispositivos están conectados al mismo distribuidor. (Epanorama.net, 2009). Diagrama de flujo, diagrama eléctrico y diagrama unifilar (Boylestad, 2009).

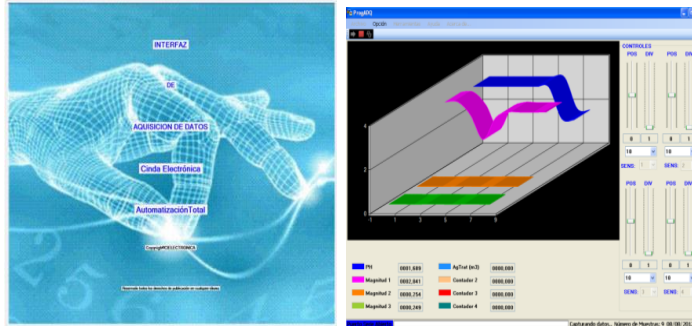
**Figura 23** Diagrama de flujo, diagrama eléctrico y diagrama unifilar



Descripción del software: Para empezar a utilizar el prototipo de estanque piscícola es necesario conectar el dispositivo a una fuente de voltaje de 110 volts. Una vez conectado se debe verificar que el primer LED que está junto a las conexiones periféricas y viendo de arriba hacia abajo como se muestra en la figura 13.1 en el diagrama unifilar esté parpadeando en color rojo; otra forma de cerciorarse es que el sistema también emitirá un sonido cuando haya sido activado; eso indica que el dispositivo está listo para configurarse (Kernighan., 2006).

El usuario deberá encender su equipo de cómputo y conectar mediante el cable USB el dispositivo a su computadora. Una vez que se haya reconocido la conexión se debe ejecutar el programa ProgADQ, que es la interfaz que requiere el dispositivo para realizar el monitoreo y control. Después de abrir el programa, como se muestra en la Figura 2, se debe visualizar el HUD [Head-Up Display] para iniciar la configuración estrictamente necesaria de los dispositivos de control.

**Figura 13.1** Arranque y visualizador de controles



En la parte superior izquierda del HUD se encuentra el menú Herramientas, donde se tienen los 4 tipos de configuración necesarias para el correcto funcionamiento del sistema.

Configuración del puerto serie. En esta opción el usuario deberá elegir qué puerto USB dispondrá para que el dispositivo envíe los datos de muestreo a su computadora.

Se puede elegir para ello entre COM1 hasta COM10, de modo que en su equipo se debe verificar el número de puerto COM elegido para que coincida con el programa interfaz. Adicionalmente, se tiene la opción de modificar la velocidad de bits por segundo y la cantidad de bits de datos (según las necesidades) pero se recomienda dejar las configuraciones de serie como muestra la figura 3a.

Con el fin de evitar fallas en el monitoreo, es necesario que el usuario verifique que los puertos COM de su equipo estén activados correctamente, de lo contrario no se podrá establecer la comunicación.

Configuración de Parámetros. En éste menú se tiene la opción de modificar el tiempo de muestreo que tienen los canales del programa. Por default todos los canales están gobernados por el mismo periodo. Para que el usuario obtenga las lecturas deseadas, es necesario activar los canales de transmisión, teniendo presente que el programa cuenta con 4 canales analógicos. El número de canales y su tiempo de muestreo estarán en función de las necesidades del usuario como se muestra en 3b.

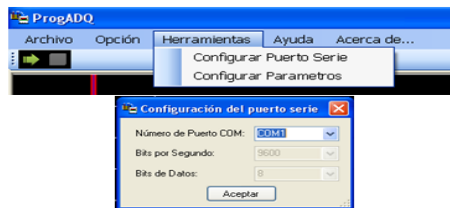
Configuración de Reloj en tiempo real. En esta opción se debe configurar la fecha (día, mes y año) y la hora (horas, minutos y segundos), con la finalidad de que los datos de muestreo estén ordenados por fecha y hora en el archivo de Excel que el mismo programa interfaz genera en forma de tablas (variables vs. número de muestras).



Configuración de Parámetros de control.- Esta es la configuración más importante para el programa interfaz. De arriba hacia abajo en el menú que se despliega al seleccionar dicha opción en la parte superior se visualizan tres casillas de selección desactivadas que corresponden a los canales de transmisión de datos; para activar las casillas se debe dar clic sobre ellas.

Cuando se activan, los controles manuales también lo hacen y es posible manipularlos con el puntero, se puede proponer, por ejemplo, un paso de 0.08 para modificar los valores de set point. Finalmente se debe activar la casilla que tiene la etiqueta “Tarjeta 1”, para que se puedan obtener las lecturas a través de la tarjeta de adquisición de datos (Mohan, 2009).

**Figura 13.2** Ventanas de configuración



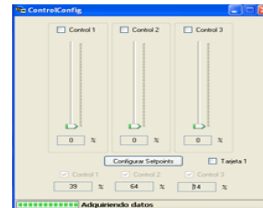
**Figura 3a.** Configuración del puerto serie.



**Figura 3b.** Configuración de parámetros



**Figura 3c.** Configuración del reloj en tiempo real.



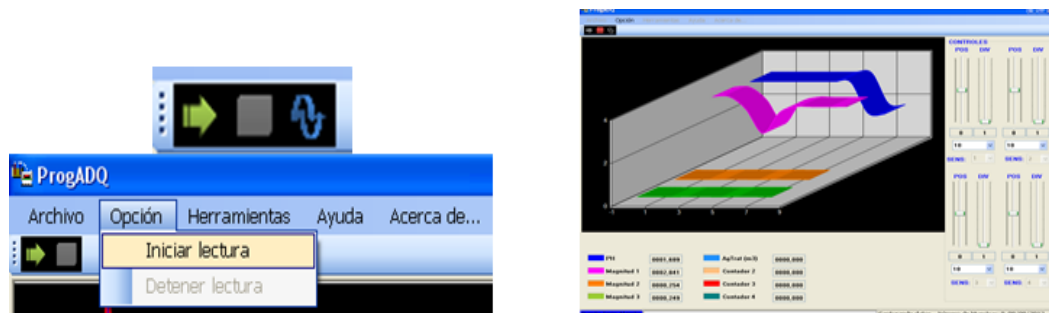
**Figura 3d.** Control de salidas a relé

Monitoreo: Una vez establecidas las configuraciones es posible comenzar el monitoreo. Es importante aclarar que no se pueden hacer ambas cosas al mismo tiempo. Para iniciar con el monitoreo se debe nuevamente verificar el estado de la conexión USB cuidando que esta sea firme en ambos extremos, que esté en el puerto COM correspondiente, etc., y una vez que se ha verificado físicamente, se debe corroborar con el programa interfaz en la parte inferior izquierda del HUD en donde se encuentra una pequeña barra de color azul que indica el estado del puerto serie (Kernighan., 2006). En caso de que el puerto serie está cerrado, se puede iniciar el monitoreo. Si aún después de verificar físicamente la conexión y la configuración del programa, en la barra azul aparece que el puerto serie está abierto, el usuario deberá reiniciar su equipo de cómputo y volver a ejecutar ProgADQ para resolver este problema. Es recomendable que mientras se reinicia el equipo, el prototipo piscícola esté desconectado de la fuente de voltaje.

Cuando en el HUD se visualice que es posible hacer el monitoreo, el usuario debe dirigirse a la parte superior izquierda, debajo de la barra de Archivo, en donde encontrará 3 botones, el primero es una flecha en color verde que indicará cuándo desplegar los datos de muestreo en un archivo Excel, el segundo botón es un cuadrado de color gris que sirve para detener el monitoreo, y por último, se encuentra un botón que tiene una pequeña gráfica y sirve para seleccionar el comienzo del monitoreo de las variables que el usuario ha definido. Para iniciar el muestreo basta con dar clic en el tercer botón, una vez que esto se hizo, empezará a desplegarse en la parte central del HUD una gráfica que muestra las variables por canal que el usuario dispuso. Finalmente se debe señalar que para más información del uso del programa interfaz ProgADQ, se cuenta con el manual de usuario, el cual contiene información adicional que el usuario en determinado momento puede ocupar para mejorar y explotar las características de dicho programa.

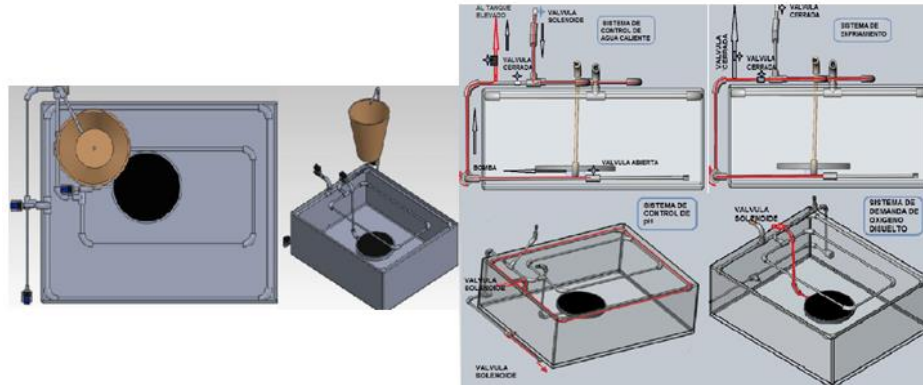
A manera de sumario, primeramente se deben asegurar las conexiones correspondientes a la tarjeta de adquisición de datos para evitar cortos y así tener un buen desempeño del sistema. Una vez configurado el programa se inicia la lectura de datos con el botón “Iniciar lectura”, botón verde en forma de flecha (Fig. 13.3); también puede iniciarse la lectura al hacer clic en el menú “Opción” y después en “Iniciar lectura”. Al iniciar lectura, el programa deshabilita algunas opciones del menú, para no sobrecargar el programa, pero deja habilitado el botón de detener lectura y los controles para la manipulación del trazado de los canales analógicos seleccionados (Figura 13.4).

**Figura 13.2 y 13.3** Dibujos del Prototipo



En la figura 13.5 se muestra el esquema final del prototipo así como los diagramas de proceso de las tres variables a considerar, temperatura, pH y oxígeno disuelto.

**Figura 13.5** Dibujos del prototipo y diagramas de proceso



Durante el desarrollo del proyecto se cumplió el objetivo de establecer un mecanismo automatizado de control, que realice los procesos propios de mantenimiento de un estanque piscícola y la manutención de las mojarras, así como el almacenamiento de información de los parámetros en el estanque (temperatura, pH, etc.). Se alcanzaron las metas trazadas con los resultados siguientes:

- Se impartieron cursos de capacitación para productores de la zona (Fig. 13.6).
- Se gravó un video de la capacitación para que se tome como tutorial para la instalación y uso.
- Se logró la transferencia de tecnología al realizar trípticos y manuales técnicos.
- Se dio la asistencia para la adaptación del sistema a sus necesidades.
- Se concluye que el sistema dará una reducción de los gastos de mantenimiento y manutención de los estanques.
- Se observa la optimización de los recursos que conllevan un ahorro de materias primas y de esfuerzo.
- Se observa que este sistema aumentará la producción.

**Figura 13.6** Capacitando a productores con el prototipo terminado



### 13.2 Discusión

De la realización y la observación durante el desarrollo del presente proyecto se obtuvo lo siguiente, con el objeto de estandarizar el proceso de producción de mojarra Tilapia experimentando con el prototipo de control y automatización:

Se realizaron el análisis y diseño del sistema.

- Se obtuvieron los requerimientos con los productores e investigadores especializados.
- Se utilizaron los métodos de la entrevista, el cuestionario y la observación.
- Se probaron diferentes tipos de sensores

En la fase de Análisis del proyecto, su principal propósito fue obtener y validar los requerimientos esenciales, manteniendo abiertas, las opciones de implementación. Esto implica que para la implementación del proyecto a escala real debemos tomar en cuenta los comentarios de los productores de mojarra Tilapia, pero enfocados al objetivo.

En la fase de Diseño, cumplió su propósito, basados en los requerimientos previamente obtenidos, se muestra las ventanas, su navegación, interacción, controles y botones al usuario y obtener una retroalimentación que nos permitió mejorar el Diseño.

Durante el proceso de desarrollo y empleo el prototipo nos presenta las siguientes características:

- El prototipo es una aplicación que funciona
- El prototipo se creó con rapidez
- Este prototipo evoluciono a través del proceso iterativo.

Nuestro prototipo tiene un costo alto en su desarrollo único pero la estimación que se realiza y al producirse las tarjetas en serie a través de un proveedor sus costos bajan considerablemente.

Este prototipo nos permitió obtener Información por su uso, teniendo reacciones iniciales del usuario, misma que obtuvimos por medio de la observación, evaluación y la retroalimentación, estos reaccionaron de una forma activa y amigable al trabajar con el prototipo, y externaron que son muy convenientes el acoplamiento entre las necesidades y las características modeladas en el sistema. También mostraron un poco de confusión al hacerlo interactuar con un equipo de cómputo para poder acceder a los datos y variables del sistema, esto nos lleva a sugerir para la implementación sea todo de manera local y cumplir las nuevas perspectivas del prototipo, los usuarios se muestran satisfechos con él prototipo, por lo que no habrá dificultades para vender o implantar el sistema.

Por lo anterior citado los productores sugieren que el prototipo, tenga un teclado para poder ajustar las variables y horarios en el dispensador de alimento, por lo que se debe diseñar un teclado con pantalla para que sea más fácil su utilización, se harán las modificaciones necesarias y depuraciones adecuadas, de forma que satisfaga mejor las necesidades de los productores de mojarra.

Con este prototipo logramos innovar en cada retroalimentación del proyecto dándonos siempre una mejor alternativa en los sensores y actuadores del prototipo.

La información que obtuvimos al observar y encuestar a los productores de mojarra Tilapia con el uso de prototipos nos permitió establecer nuevas prioridades y reorientar los planes de una manera menos costosas y con un mínimo de contratiempo.

### **13.3 Conclusiones**

El proyecto se desarrolló en tiempo y forma, entregando el prototipo funcionando y demostrando su aplicación así como capacitando a los productores de mojarra Tilapia en el uso de este, quedando satisfechos con los resultados las tres instituciones involucradas, i.e., el ejecutor de gasto, la SAGARPA federal a través de la SDR estatal, la UTIM como líder y responsable del proyecto y encargada de transferir la tecnología, el CECS-BUAP como evaluador del proyecto y los productores de tilapia.

Recomendaciones: Exhortamos a los compañeros de esta institución y de instituciones de nivel superior a enfrentar los problemas que en sus regiones de influencia se presentan para apoyar a los productores y dar de esta manera un valor extra a nuestras instituciones. Al involucrarse en las actividades propias de la región se apoya al desarrollo de nuestra comunidad y de nuestro estado, optimizando los recursos que el gobierno federal y estatal ofrece a los productores.

### **13.4 Referencias**

(20 de 01 de 2009). Recuperado el 24 de 05 de 2013, de Epanorama.net: [http://www.epanorama.net/circuits/parallel\\_output.html](http://www.epanorama.net/circuits/parallel_output.html)

Boylestad, R. L. (2009). *Electrónica: Teoría De Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. México.: Pearson Educación (10ma Ed).

Kernighan., B. W. (2006). *El Lenguaje De Programación C*. México: Prentice Hall.

Mohan, N. (2009). *Electrónica De Potencia: Convertidores Aplicación y Diseño* . México.: Mcgraw-Hill Interamericana (3ra Ed).

Roldán, I. P. (2005). *Ordenación Y Gestión De Recursos Piscícolas y Cinegéticos* . España. (1ra ed): Santiago de Compostela.

## **Proyecto 3d + Realidad aumentada**

Victor Virgilio, Julia Padilla, Salustino Jimenez y Mario Martin

V. Virgilio, J. Padilla, S. Jimenez y M. Martin

Universidad Tecnológica del Usumacinta División de Desarrollo de Negocios y Tecnologías de la Información y Comunicación, Libramiento Glorietta Emiliano Zapata – Tenosique s/n Col. Las Lomas  
Universidad Tecnológica Metropolitana ,División de Tecnologías de la Información y Comunicación, Calle 115 #404 x 50 Sur, Colonia Santa Rosa, Mérida Yucatán  
victor.hugo.virgilio@gmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

In recent years augmented reality has evolved from an emerging technology to be one of the trends in interactive design more attractive today. Artists, designers and a lot of people with little programming experience can create their applications using various tools like Processing, Blender, Arduino, Flash and many others. (Mullen, 2012) This technology is already in many areas such as the reconstruction of the historical, the training of operators of industrial processes, marketing, interior design, museum guides and of course academia. (Rogo25, 2011) In this paper, augmented reality played an important role in the field of 3D animation at the Technological University of the Usumacinta and achievement that facilitate understanding of complex phenomena, allowing visualization of the environment and the objects from different angles, more comprehensive, rich, detailed and complemented by added digital data through the use of AR Media plugin in Google SketchUp software.

## **14 Introducción**

Desde hace unos años estamos viviendo un proceso en el que las tecnologías de la información y las comunicaciones son parte importante de nuestro entorno y vida personal, siendo indispensable el uso de estas plataformas tanto en el ámbito laboral, social, personal, cultural, la forma en la que nos comunicamos y relacionamos con otras personas, la forma en la que disfrutamos de los contenidos (ya sean libros, noticias, música o películas) e incluso nuestra forma de ver el mundo están transformándose.

Algo que se ha ido acrecentando gracias a la globalización la cual genera un mayor acceso a la información e interconexión entre las personas, a nivel global.

Es así como llegamos a un nuevo paradigma comunicacional, donde surge lo que es “El consumidor 2.0” (Término acuñado por Tim O’Reill en el año 2004), con esto nos referimos al consumidor del siglo XXI, aquel caracterizado por tener una identidad virtual que forma parte importante de su vida, siendo una persona bien informada, que se aburre rápido y es bastante inmune a la publicidad obvia, busca información innovadora y experiencias diferentes” (Esteve).

Entonces, para llegar a este nuevo consumidor de una forma eficiente surge la inquietud por encontrar medios que formen parte de esta plataforma en donde la principal característica se basa en la interacción y participación que se genera con el usuario.

Es aquí donde surge el enfoque de nuestra investigación ligado a la valoración de “La realidad aumentada” ya que, es una plataforma utilizada en los medios digitales, que si bien no ha sido diseñada específicamente para la utilización como medio educativo, podemos ver que ya está siendo utilizada por algunas instituciones educativas en diversas áreas.



## 14.1 Realidad aumentada

La realidad aumentada se trata de una disciplina bastante nueva. La primera interfaz que introducía conceptos de realidad aumentada fue desarrollada en los años 60 aunque la expresión en sí de realidad aumentada hay que atribuírsela al antiguo investigador de Boeing Tom Caudel, que se considera que fue quien acuñó el término en 1990.

En los años noventa, algunas grandes compañías utilizaban la realidad aumentada para visualización y formación pero no sería hasta el año 1998 cuando se celebrara el primer congreso internacional sobre la materia, el «International Workshop on Augmented Reality '98» -IWAR 98- en San Francisco, congreso que ha ido reproduciéndose posteriormente cada año y que ahora se realiza bajo el nombre de IEEE «International Symposium on Mixed and Augmented Reality» -ISMAR. En la actualidad, los avances tecnológicos han permitido que la experiencia de realidad aumentada sea posible tanto en computadoras personales como en dispositivos móviles. Se puede decir que las primeras aplicaciones móviles aparecieron en el año 2008 con el auge de los smartphones y en la actualidad ya existen numerosas herramientas sociales y aplicaciones que incorporan esta tecnología en el mercado.

Para lograr explicar de manera sencilla en qué consiste la realidad aumentada hay que hacer referencia a los sentidos humanos a través de los cuales percibimos el mundo que nos rodea. Toda nuestra realidad física es entendida a través de la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto. La realidad aumentada viene a potenciar esos cinco sentidos con una nueva lente gracias a la cual la información del mundo real se complementa con la del digital. (Wikimedia, 2012).

## 14.2 Componentes de la realidad aumentada

Los ingredientes básicos dentro de un servicio de realidad aumentada son:

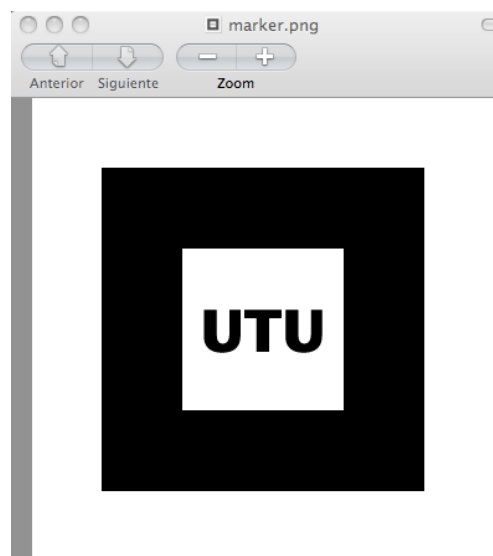
- Elemento que capture las imágenes de la realidad que están viendo los usuarios. Basta para ello una sencilla cámara de las que están presentes en las computadoras o en los teléfonos móviles.
- Un elemento sobre el que proyectar la mezcla de las imágenes reales con las imágenes sintetizadas. Para ello se puede utilizar la pantalla de una computadora, de un teléfono móvil o de una consola de videojuegos.
- Un elemento de procesamiento, o varios de ellos que trabajan conjuntamente. Su cometido es el de interpretar la información del mundo real que recibe el usuario, generar la información virtual que cada servicio concreto necesite y mezclarla de forma adecuada.

- Finalmente se necesita un elemento al que podríamos denominar «activador de realidad aumentada». En un mundo ideal el activador sería la imagen que están visualizando los usuarios, ya que a partir de ella el sistema debería reaccionar.
- Se trata entonces de elementos de localización como los GPS que en la actualidad van integrados en gran parte de los Smartphone, así como las brújulas y acelerómetros que permiten identificar la posición y orientación de dichos dispositivos, así como las etiquetas o marcadores del tipo RFID o códigos bidimensionales, o en general cualquier otro elemento que sea capaz de suministrar una información equivalente a la que proporcionaría lo que ve el usuario.

### 14.3 Realidad aumentada en la educación

El mundo académico no está al margen de estas iniciativas y también ha empezado a introducir la tecnología de la realidad aumentada en algunas de sus disciplinas. Por ejemplo escenas tridimensionales en lugar de fotografías y dibujos planos, cursos de geometría, cálculo donde se puedan manipular puntos tridimensionales o conversaciones en el salón de clase con personajes “traídos virtualmente” del pasado. Sin embargo el conocimiento y la aplicabilidad de esta tecnología en la docencia es mínima. Quizá una de las primeras aplicaciones que se hicieron más conocidas de la realidad aumentada en la educación fue el proyecto Magic Book del grupo activo HIT de Nueva Zelanda. El alumno lee un libro real a través de un marcador (ver fig. 14) y ve sobre las páginas reales contenidos virtuales. De esta manera cuando el alumno ve una escena de realidad aumentada que le gusta puede introducirse dentro de la escena y experimentarla en un entorno virtual. (Lorenzo, 2011).

**Figura 14** Ejemplos de marcador utilizado para proyecto 3d de realidad aumentada



#### 14.4 Uso de la realidad aumentada en México

Aunque la realidad aumentada ya no es un término nuevo en nuestro país gracias a las agencias de comunicación, tales como la dirigida por Alejandro Cortes, quien representa a Metaio y Junaio, y Marco Amezcua Dir. Ejecutivo de Interactive quien representa a Total Immersion, ya hay algunas empresas que están adentrándose al mundo educativo con la tecnología de la realidad aumentada como AMANTEC, la cual es una empresa de base tecnológica incubada en el Campus Monterrey, encabezada por los investigadores Eduardo González Mendivil y Fernando Suárez Warden, que buscan aplicar la realidad aumentada para capacitar a los técnicos que reparan las turbinas de los aviones. (Ramírez, 2012).

Antecedentes del proyecto de realidad aumentada en la institución: La idea del proyecto surge con el objetivo de lograr inculcar a los alumnos y docentes el uso de nuevas tecnologías para lograr modelos educativos más integrales en los que la innovación y la creatividad se desprende siempre a través de la comprobación empírica logrando sustentar un conocimiento mucho más global, el principal obstáculo encontrado fue la escases de conocimientos por parte de los docentes sobre las nuevas tecnologías y, por otro lado, la escasa penetración de la realidad aumentada en los hábitos y costumbres. Metodología del trabajo del proyecto de realidad aumentada en la universidad tecnológica: El estudio se realizó durante el cuatrimestre Septiembre – Diciembre 2011 con 60 alumnos que conformaban el tamaño muestral recomendado según los siguientes criterios:

- Margen de Error del 5%
- Nivel de confianza del 90%
- Tamaño del universo de 74
- Nivel de heterogeneidad del 50%

Estos alumnos pertenecientes a dos grupos de la carrera de Tecnologías de la Información y Comunicación, los cuales en ese momento llevaban la materia de animación 3d, misma que se prestaba para trabajar los diversos objetos 3d realizados en clase, aportando a los estudiantes un acceso a la realidad física, proporcionando así experiencias de aprendizaje más ricas e inmersivas. Fases del trabajo del proyecto de realidad aumentada:

- Investigación Bibliográfica. Se procedió a la recopilación y análisis de diversos medios de información con el fin de poder ahondar en el conocimiento de los diferentes apartados.
- Investigación cuantitativa. Recopilación de los datos, fuentes bibliográficas y de material obtenido de la red.
- Investigación cualitativa. Trabajo de modelado y reconstrucción virtual de los diversos elementos que permitan la adopción de criterios gráficos y una vinculación efectiva entre el objeto grafico y su asociación e interacción en tiempo real.

Definición de los objetivos: En este paso se definirían los objetivos del proyecto: en un proyecto de este tipo no basta con la mera transmisión de información, sino que ha de buscarse la comprensión de los objetos creados.

También se definen aquí los usuarios objetivo: los usuarios típicos serán estudiantes, pero puede tratarse también de público en general, esto dependerá el tipo de objetos que se lleguen a crear, así como su fin. En este caso pueden dividirse en subgrupos en función de su edad, conocimientos previos, etc.

Herramienta utilizada para crear proyecto de realidad aumentada: Una vez determinado el alcance de la aplicación y los usuarios a los que está dirigido, y teniendo en cuenta también aspectos tecnológicos, económicos y comerciales, se seleccionarán las plataformas hardware (teléfonos móviles, PDAs, etc.) y software sobre las que se ejecutará la aplicación.

Dentro del proceso de elaboración de nuestra propia realidad aumentada se utilizaron las siguientes herramientas:

#### Software:

- Google Sketchup, programa informático de diseño en 3D para entornos arquitectónicos, ingeniería civil, diseño industrial, GIS, videojuegos o películas. (Wikipedia, Google Sketchup, 2012).
- Plugin AR-media para Sketchup, complemento para visualizar en el espacio físico que nos rodea los modelos 3D que hemos diseñado con Google Sketchup. (Tecnotic.com, 2009).
- BuildAr Editor un programa que te permite crear tus propias escenas de realidad aumentada en 3D. Realidad Aumentada (AR) es una tecnología que le permite interactuar con el mundo real y los objetos virtuales al mismo tiempo. Modelos 3D se superponen en el mundo real como se ve a través de la webcam de su ordenador, por lo que parece que parte de su entorno real circundante. (HITLabNz, 2010).

Estas herramientas fueron manejadas a través de la versión libre.

Hardware:

- Computadora Mac Book Air
- Cámara Web integrada Isight
- Marcador, son hojas de papel con símbolos que el software interpreta y de acuerdo a un marcador específico realiza una respuesta específica (mostrar una imagen 3D, hacerle cambios de movimiento al objeto 3D que ya este creado con un marcador). (Santiago, 2011).

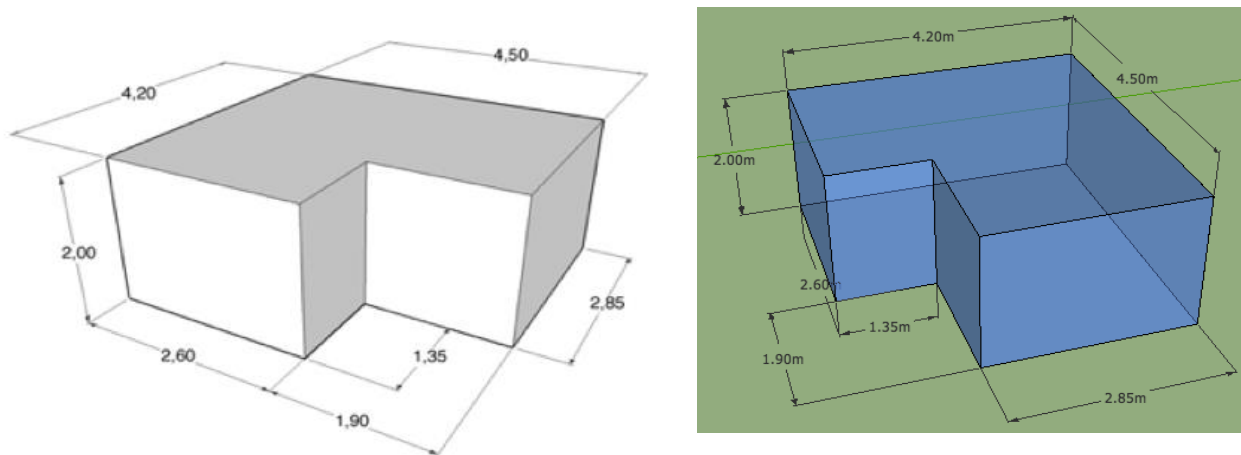
Cabe aclarar que el software utilizado viene para diferentes plataformas tecnológicas, tales como Microsoft Windows.

Creación de patrones: Los patrones constituyen una parte fundamental en el desarrollo de la presente aplicación de RA. Son marcas de seguimiento que permiten situar un objeto u otro en una determinada posición de la escena. Los hay de muchos tipos y todos ellos han de poder ser reconocidos por la aplicación. Para ello, primero se deben crear para posteriormente realizar un entrenamiento con los mismos. Para crear una nueva plantilla de reconocimiento basta con usar la marca, en el caso del proyecto se utilizó el software buildAR Editor para la creación de los patrones (marcadores) los cuales permiten situar en su interior los símbolos que se deseen e imprimirlo. A la hora de elegir los mejores patrones que dibujar, éstos son aquellos que son asimétricos y que no tienen muchos detalles.

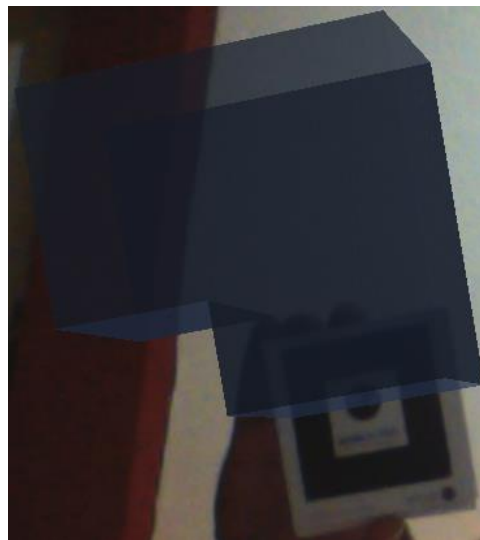
Una vez realizado el patron es importante recalcar que los objetos virtuales solamente aparecerán cuando los marcadores de seguimiento estén completamente visibles. En el momento en el que cualquier parte de la marcadores quede tapada (ya sea por la mano o por cualquier otro elemento), el objeto representado desaparecerá inmediatamente de la escena, por lo que se hará necesario el diseño de un multimarcador.

Diseño de objetos 3d: En este caso se procedió al diseño 3d de los objetos planteados en clase, comenzando con pequeñas actividades para así lograr la adquisición de la experiencia en el uso del software Sketchup, después se les asignó a los alumnos a través de equipos la elaboración de viviendas en formato de planos con sus respectivas medidas reales, para posteriormente poder realizar las pruebas de realidad aumentada con el plugin AR-media y proyectarlos dentro del espacio físico real. (Ver Figs. 14.1 y 14.2 ).

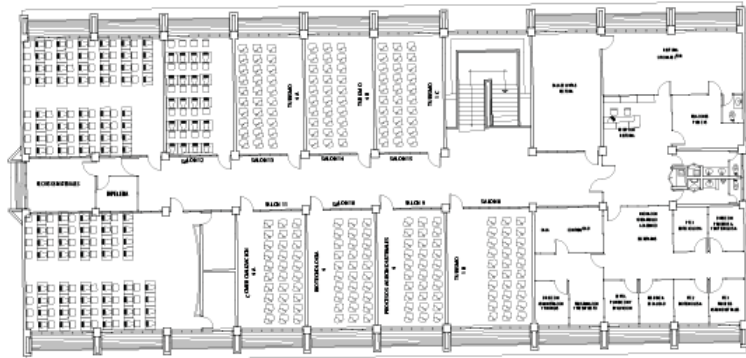
**Figura 14.1** Objeto 2d con medidas reales y su realización en 3d bajo software Google Sketchup®



**Figura 14.2** Objeto 3d con proyectado en un entorno real a través de realidad aumentada

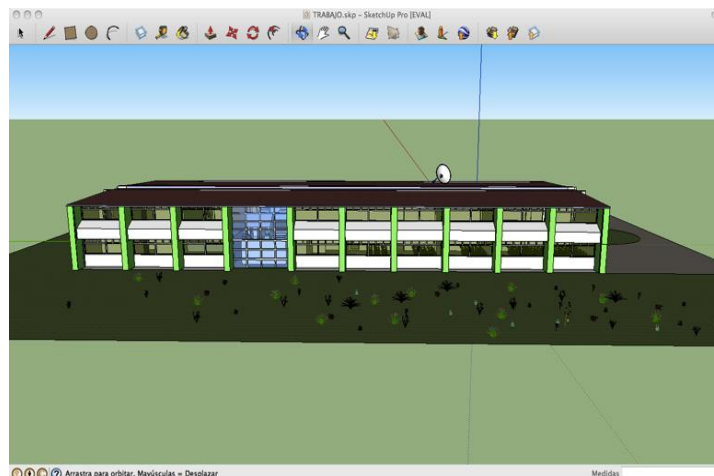


**Figura 14.3** Plano 2d del edificio de docencia de la Universidad Tecnológica del Usumacinta

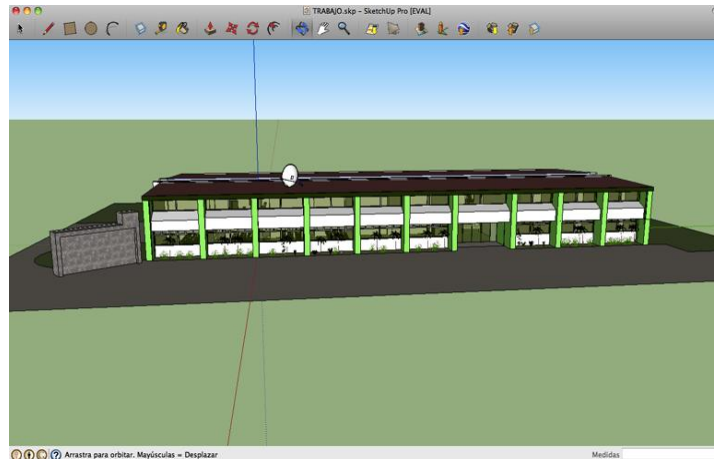


Una vez terminado de realizar las practicas con los diversos objetos en 3d, se procedió a la realización del proyecto 3d de las instalaciones de la Universidad Tecnológica del Usumacinta (Ver Fig. 4) a través de la exportación de archivos DWG en 2d utilizando la opción "Escala Completa" para exportar el archivo en tamaño real 1:1. Seguidamente se procedió a la realización de los diversos edificios de la Universidad Tecnológica del Usumacinta en 3d (Ver Fig. 5) dentro del software Google Sketchup ®

**Figura 14.4** Vista Isometrica de frente del edificio de docencia de la Universidad Tecnologica del Usumacinta.



**Figura 14.5** Vista Isométrica de la parte trasera del edificio de docencia de la Universidad Tecnológica del Usumacinta



## 14.5 Resultados

La realidad aumentada es una solución novedosa que recién da sus primeros pasos en el ámbito educativo. En la Universidad Tecnológica del Usumacinta se logró explorar una pequeña parte de esta a través de la materia de Animación 3d aportando transformaciones significativas en la forma en que los estudiantes perciben y acceden a la realidad física de un objeto 3d, entendida esta en tanto que espacios, procesos u objetos, proporcionando así experiencias de aprendizaje más ricas e inmersivas.

Gracias a la realidad aumentada los alumnos lograron vivir la experiencia de modelar objetos en 3D realizados en Google Sketchup y lograr proyectos sobre planos físicos, así como la composición de dichos objetos, recibiendo una respuesta visual inmediata sobre sus diseños e ideas, que les permite detectar anomalías o problemas que deban resolverse.

## 14.6 Conclusiones

A medio plazo, esta tecnología se podría utilizar tanto en la formación presencial como a distancia, por ejemplo, en proyectos de desarrollo tecnológico que requieren la generación de ciertas habilidades. Un ejemplo de ello son los prototipos diseñados en la Universidad Abierta y a Distancia de México, mediante los cuales se puede optimizar el tiempo invertido en laboratorios presenciales.

Todo esto representa un salto cualitativo en la forma de entender los contenidos de aprendizaje, puesto que aporta nuevas formas de interacción con lo real (físico) a través de capas digitales de información que amplían, completan y transforman en cierto modo la información inicial. También a la inversa, es posible involucrar objetos físicos en un entorno virtual.



Las posibilidades de aplicación asociadas al desarrollo de materiales didácticos y actividades de aprendizaje son múltiples, directas y fáciles de imaginar en prácticamente todas las disciplinas. En buena parte, las posibilidades que esta tecnología puede brindar en la educación superior están todavía por descubrir y dependen más de lo que seamos capaces de imaginar e idear como aplicaciones pedagógicas que de las posibilidades de la tecnología en sí. (REPORT, 2011)

## 14.7 Agradecimientos

El siguiente trabajo está dedicado a mi familia, mi esposa Verónica y mis amados hijos Gabriel y Antonella.

## 14.8 Bibliografía

Lorenzo, L. G. (2011). NTICS, Recuperado de Realidad aumentada y su potencial en la educación, <http://ntics.me/2012/04/14/realidad-aumentada-y-su-potencial-en-la-educacion/>

Santiago. (2011). Maestros del Web, ¿Qué es la realidad aumentada?, Recuperado de <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/que-es-realidad-aumentada/>

Wikimedia. (2012, Abril 4). Realidad aumentada. , Recuperado de Wikipedia:[http://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_aumentada](http://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada)

Wikipedia. (2012, Abril 12). Google Sketchup. ,Wikipedia La enciclopedia libre, Recuperado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Google\\_SketchUp](http://es.wikipedia.org/wiki/Google_SketchUp)

Tecnotic.com. (2009, Marzo 19). AR-media plug-in para Google SketchUp, Recuperado de <http://www.tecnotic.com/content/ar-media-plug-para-google-sketchup>

Mullen, T. (2012). Realidad Aumentada. Crea tus propias aplicaciones. Anaya Multimedia.  
Pérez, M. C. (2010). Aplicaciones de Realidad Aumentada como apoyo a la Educación en Niños con Hiperactividad. , Recuperado de <http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=conclusiones%20de%20realidad%20aumentada%20en%20la%20educación&source=web&cd=12&ved=0CDQQFjABOAO&url=http%3A%2F%2Fseminario-virtual.freeiz.com%2Festado.doc&ei=Gm6MT-vxGcSZiQKH9YC-Cw&usq=AFQjCNFzd19G5PQTD9Hys7bZ4g0n2y2UHW>

Ramírez, M. (2012, Marzo 23). Crónica Intercampus. , Usan realidad aumentada para capacitar y aprender, Recuperado de [http://sitios.itesm.mx/cronicaintercampus/no\\_139/academica\\_sec\\_4.html](http://sitios.itesm.mx/cronicaintercampus/no_139/academica_sec_4.html)

Report, H. (2011, Enero 13). INFORME HORIZON 2010: EDICIÓN IBEROAMERICANA. Recuperado de <http://wp.nmc.org/horizon-ib-2010/secciones/realidad-aumentada/>

## **Reciclaje y utilización de termoplásticos**

Ignacio Toledo, Alfonso Toledo, Armando Vázquez, Víctor Santana y Arturo Flores

I. Toledo, A. Toledo, A. Vázquez, V. Santana y A. Flores  
Universidad Tecnológica de la Región Norte de Guerrero, Revolución 405, 41100, Iguala, Guerrero,  
México  
tolherquim@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de  
Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

The constant growth of consumption of PET (Polypropylene of tereftalato) resin for the production of bottles used for packings of sodas and water bottled principally, incorporated as solid urban residue, is generating an environmental problem of great magnitude that is necessary to reduce.

In order that a global trend exists towards the model proposed of sustainable development ecological, is indispensable the participation the whole chain of production-Consumption, that is to say that understands all the humanity, which includes from the obtaining of raw materials, the intermediate processes, the maximum possible incorporation of materials recycled in the final product and the minimization of the industrial and domiciliary products.

In other terms, while fewer residues are generated, more efficient will be the utilization of the matter and energy and more lasting the resources of the planet and the ecological balance.

## **15 Introducción**

Antes de comenzar a hablar de los residuos plásticos y sus múltiples posibilidades de aprovechamiento, consideramos necesario hacer una breve descripción de la evolución que han tenido los residuos en general.

Hasta hace pocos años un producto que terminaba su vida útil se transformaba en basura. Hoy podemos decir que gran parte de los residuos se reinsertan en la economía de mercado como recursos.

Antes la totalidad de la basura era arrojada en baldíos o quemada indiscriminadamente en basurales a cielo abierto o incineradores convencionales.

Como un primer intento de tratamiento de los residuos, se desarrollaron los rellenos sanitarios (RS), es decir, se los comenzó a enterrar en condiciones controladas. Pero con el paso de los años se fue percibiendo que los rellenos sanitarios llegarían a ser insuficientes para dar cabida al enorme caudal de residuos, y entonces se empezó a pensar en otras alternativas. Y así llegamos a que hoy los residuos ya no son considerados como mera basura sino como una fuente de recursos.

La basura en el mundo está adquiriendo grandes dimensiones, más aún, problemas de salud e higiene. Piense al cabo del día, cuánta basura generó usted, su compañero de trabajo, su familia, su vecino, su colonia, el país, el mundo,

Asimismo con el paso del tiempo se observa un cambio en el tipo de basura, tan sólo hace algunos años ésta era casi en su totalidad orgánica, y ahora, se encuentra constituida por materiales de difícil degradación, que son menos costosos para la industria, principalmente la del empaque y el embalaje.

La creciente demanda por parte de los consumidores ha impulsado de manera importante el desarrollo de nuevas tecnologías para el empaque y embalaje de diversos productos de consumo diario. La industria del empaque y embalaje es una de las más importantes en nuestro país, de hecho, se ha identificado que participa con el 1.16 por ciento del PIB y el 10.3 por ciento del PIB manufacturero.

Los materiales comúnmente utilizados para el empaque y embalaje a nivel nacional y de exportación son el vidrio, el metal, el papel, el cartón y el plástico, y de éstos, el plástico ocupa un lugar importante dentro de la industria (844 mil toneladas anuales, 8.9 Kg/persona), ya que posee características muy particulares que favorecen el manejo y distribución de productos, además de alta resistencia a pesar de ser un material liviano, estas características entre otras, han favorecido el desarrollo de esta industria, la mayor diversificación de estos productos y por supuesto, su consumo.

Entonces los plásticos son parte de nuestra vida y nos beneficiamos continuamente con su uso; sin embargo mucha gente tiene sentimientos encontrados con respecto a ellos y a su función

Este último es un concepto importante y es necesario recalcarlo: los plásticos son inertes, es decir, no contaminan. Su disposición irresponsable en el medio produce otro tipo de "contaminación" (bolsas en los caminos y veredas, botellas en las alcantarillas, etcétera) de ningún modo atribuible al material plástico sino a sus usuarios.

Como consumidores, la mayoría de nosotros conoce un número determinado de diferentes plásticos de uso común. Normalmente no advertimos que hay variedades tan diferentes unas de otras como lo son el cobre y el aluminio entre los metales. Este informe nace con el objetivo de proporcionar una visión equilibrada de los plásticos: qué son, cómo se producen, cuál es su real impacto ecológico y cómo pueden manejarse sus residuos.

## **15.1 Antecedentes**

¿Qué son los plásticos? Los plásticos son polímeros que proceden de recursos naturales como el petróleo, gas natural, carbón y sal común. A pesar de la gran industria que se ha desarrollado alrededor de ellos, sólo el 4 por ciento del petróleo producido comercialmente es usado para producir plásticos. Obtención de los plásticos:

Las vías posibles de polimerización son dos:

**Adición:** Se forman por una combinación de moléculas iguales, lográndose una cadena, generalmente con la ayuda de un catalizador. Ejemplo de esto son: Polietileno, Polipropileno, Cloruro de Poli vinilo.

**Condensación:** La reacción de dos moléculas diferentes da por resultado una tercera, que se polimeriza.

Ejemplo de esto son: Polietilentereftalato y Nylon.

**Procesamiento de los plásticos:** Los dos tipos fundamentales de proceso a los cuales se los somete para obtener los diferentes productos finales son:

**Moldeo:** el plástico fundido es forzado, mediante calor y presión, a tomar la forma del molde deseado. Dentro de esta categoría se encuentran:

**Moldeo por inyección:** el polímero es precalentado hasta volverse fluido, y luego forzado a entrar en un molde cerrado y frío. Cuando el polímero adquirió solidez, el molde se abre y el producto terminado es retirado.

**Moldeo por compresión:** el polímero es colocado en un molde precalentado y se le aplica presión para ablandar el material hasta que éste adopte la forma del molde.

**Moldeo por soplado:** un tubo de polímero "ablandado" es cortado al tamaño deseado y puesto dentro de un molde. Se le insufla luego vapor o aire comprimido y el tubo toma la forma del molde. De esta manera se pueden fabricar, por ejemplo, las botellas.

**Moldeo por rotación:** el polímero es colocado dentro de un molde rotante, y es obligado a cubrir las "paredes" del molde hasta adquirir el espesor deseado.

**Extrusión:** el plástico fundido es forzado a pasar a través de un orificio con la forma deseada o bien entre dos rodillos. Así se obtienen los perfiles requeridos (caños, películas, placas, pastillas, etcétera).

**Clasificación de los plásticos:** Dentro de la gran familia de los plásticos podemos distinguir dos categorías principales, con características constitutivas y de reciclabilidad específicas:

**Termoplásticos:** Son por definición, aquellos que funden al ser sometidos a presión y temperatura adecuadas (la similitud cotidiana más sencilla y habitual es aquella que los compara con el queso).

La mayoría de los materiales para envasado caen dentro de esta categoría, cuya estructura permite una relativamente fácil capacidad de ser reciclados. Los integrantes más comunes de esta subfamilia son:

Polietilentereftalato (PET), Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Policloruro de Vinilo (PVC), Polietileno de Baja Densidad (PEBD), Polipropileno (PP) y Poliestireno (PS).

Termoestables: son aquellos que no encuadran en las características mencionadas anteriormente, es decir, sufren un cambio químico permanente al ser calentados. Se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones técnicas, como pueden ser piezas electrónicas o de automóvil. Por el hecho de no responder bien a los métodos de procesado por calor utilizados al reciclar termoplásticos, la mayor parte del reciclado de termoestables se realiza por métodos alternativos (p. ej. Químicos).

Integran esta subfamilia, entre otros: Epoxi, Fenólicos, Poliuretanos.

Plásticos de Ingeniería: utilizados con distintos fines específicos en la industria. Entre otros podemos mencionar a las Poli amidas (PA: usadas como films protectores para alimentos), Polimetacrilato de Metilo (PMMA: aislantes transparentes), Policarbonatos (PC: pantallas protectoras transparentes y duras), Policloruro de Vinilideno (PVDC: capas delgadas impermeables a la humedad, oxígeno y aromas) y copolímeros de Estireno (p. ej. ABS: moldeo y aplicaciones generales).

Hoy en día se encuentra en desarrollo lo que podríamos considerar como una cuarta categoría dentro de los plásticos:

Los biodegradables: Éstos contienen en su estructura fibras biodegradables, como por ejemplo almidón, que confieren al producto la capacidad de ser literalmente deshecho por acción del medio ambiente. Pero no debemos engañarnos, las cadenas biodegradables pueden cortarse biológicamente, pero el soporte plástico no, quedando entonces un polvillo plástico de difícil manipulación. Como puede verse, esta nueva rama entre los plásticos no ofrece una real solución al problema integral de los residuos sólidos, teniendo sin embargo un importante desarrollo en aplicaciones muy específicas, como por ejemplo suturas para cirugía y cápsulas autodegradantes para medicamentos.

## 15.2 Inicio del proceso de reciclado

El reciclado es el reproceso de los materiales, para acondicionarlos con el propósito de integrarlos nuevamente a un ciclo productivo como materia prima.

¿Qué se recicla actualmente?

**Papel es y Cartones:** Estos materiales pueden ser reconvertidos en productos semejantes a los originales o a productos degradados o de menor valor.

**Los envases Tetra Pack:** están formados por 6 capas protectoras (cartón 75%, polietileno 20% y aluminio 5%). Se recupera el cartón para producir pulpa de papel, para emplearla en la elaboración de otros papeles y cartones.



**Figura 15**

**Vidrio:** Material reciclable en 100 por ciento. Para el reciclaje deben seleccionarse las botellas y frascos, no deben nunca incluir vasos, jarras, vidrios panos, espejos moldes para hornear, cristal cortado, ni loza o cerámica.

**Latas de aluminio:** Aluminio Material 100% reciclable. El papel aluminio, los moldes para los pasteles, así como las charolas para alimentos procesados y congelados son ejemplos de otros envases de aluminio reciclables en 100 por ciento.

**Baterías:** recuperación del plomo y del plástico. El ácido sulfúrico es tratado físico-químicamente.

1. Contenedor para PET.

**Aceite Lubricante Usado:** al igual que solventes, fluidos hidráulicos, emulsiones y todos los elementos orgánicos que presenten potencia calorífica son reciclados, transformándolos en combustible alternativo.

**Cartuchos de tinta y tóner:** Estos dispositivos son regenerados para ser ocupados varias veces. Lo importante es no maltratarlos ni romperlos.

Los discos compactos: están hechos principalmente de policarbonato, actualmente estos discos se pueden reciclar y recuperar hasta un 90% del policarbonato con un alto grado de pureza, que se utiliza para fabricar nuevos discos.

Los productos, una vez cumplida su vida útil, pueden volver a ser reciclados infinitas veces, sin que el producto final pierda calidad. ¿Cómo se identifica el plástico reciclable?. La manera más fácil de saber si un envase se recicla, es buscar en el fondo un símbolo de un triángulo formado con flechas con un número en el centro y bajo este, las siglas (en inglés). Algunas veces se imprime en la etiqueta. La alternativa del reciclaje mecánico es hoy en día, sin duda, la más usada en todo el mundo, la cual es el tema principal del presente trabajo. El PET (Poli Etilen-Tereftalato), es el plástico con el cual se desarrolla el contenido de la presente investigación. La aplicación primordial o a la cual ha sido enfocada, es el de producir un tutor para la planta del jitomate en la Región Norte del Estado de Guerrero, ya que actualmente los agricultores utilizan un tutor consistente en una vara de madera y que para obtenerla se necesita talar árboles, lo cual repercute en la ecología causándole un daño casi irreversible. ¿Cómo reciclar el PET?. Establecer un centro de acopio: Acopiar significa recolectar, separar, seleccionar y acumular de entre los residuos sólidos, los materiales que pueden ser utilizados o reciclados.

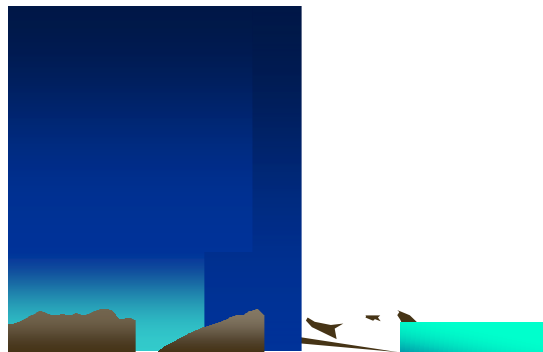
**Figura 15.1** Acopio de PET



**Compactar:** El material se comprime para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento.

**Triturar:** Convertir en hojuelas cada una de las botellas de PET, que llegan al centro de acopio, mediante un molino destinado a este propósito.



**Figura 15.2****Figura 15.3** Trituración de PET**Figura 15.4** Ojuela

Reprocesar: Se utiliza una máquina extrusora o una inyectora para transformar la hojuela en diferentes productos de plástico, que proporcionen un beneficio a la sociedad y a su entorno.

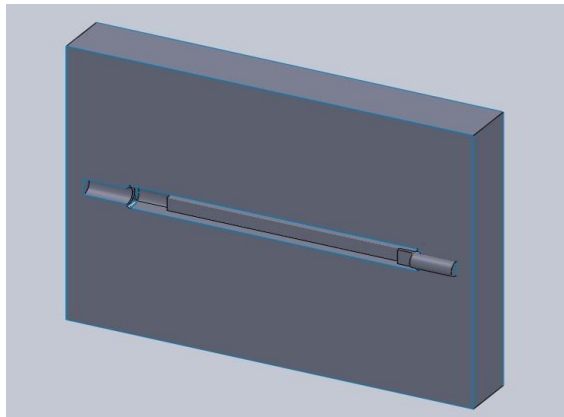
**Figura 15.5** Moldeo por inyección



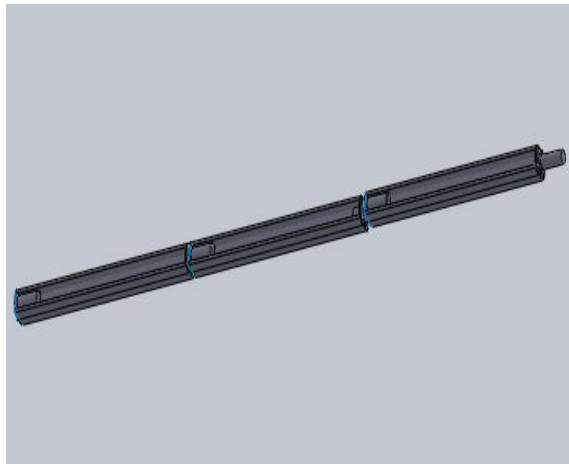
### 15.3 Diseño de molde de inyección

Con la ayuda del software de diseño RhinoCeros, se desarrolló el modelo del tutor modulado, tomando como uno de los factores principales el volumen de las piezas a inyectar, la resistencia a tensión y compresión de las mismas, obteniendo así el modelo mostrado en las siguientes figuras:

**Figura 15.6** Diseño de molde de inyección



**Figura 15.7** Simulación de ensamble de piezas inyectada



**Figura 15.8** Molde maquinado



**Figura 15.9** Centro de Maquinado de Control Numérico



### 15.3 Conclusiones

Como resultado de la implementación de este proyecto de investigación se lograrían los siguientes puntos de impacto:

Se evitarían cortar 400 varas de árbol por cada hectárea de jitomate sembrada y una cantidad aproximadamente igual por cada hectárea de estropajo sembrada.

Nuestros ríos se verían libres de plástico flotando en sus superficies. Tendríamos calles, caminos, parques, escuelas, edificios, etc. libres de botellas de PET.

Se evitaría que 2.08 toneladas de PET diarias lleguen a los basureros y a la vez estaríamos liberando un espacio de  $1552 \text{ m}^3$  en los basureros. Lo anterior responde a que  $1 \text{ m}^3$  lo ocupan alrededor de 50 a 52 envases entre grandes y pequeñas con un peso aproximado de 1.800 Kg

## **Reducción del LEAD TIME de manufactura**

Martin Figueroa

M. Figueroa  
Universidad Tecnológica del Valle de Toluca; Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María  
Atarasquillo, Lerma, México  
martincarlos25@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de  
Santiago, Guanajuato, 2013.

## Abstract

Today competitive companies must have well defined strategic objectives, which are aligned with the operations of the different areas to take better decisions and achieve customer requirements. This research was based on the application of a methodology for reducing manufacturing lead time in a logistics company in the industry, because some of their products are causing deficiencies in deliveries. The results of the study show a lead time reduction of 10.8% and an increase in efficiency of 9.7% with respect to activities that add value globally in four product families studied.

## 16 Introducción

La presente investigación sobre la aplicación de reducción del *lead time* se llevó a cabo en una empresa, que por políticas de la misma no se menciona su razón social y de aquí en adelante se denominará UNO. Dicha empresa se dedica a los servicios y soluciones integrales tales como la limpieza y acondicionamiento de empaques de plástico retornables y el ensamble de cajas de cartón desechables para autopartes. Es importante mencionar que, actualmente, la organización antes mencionada, trabaja únicamente para una compañía de origen alemán dedicada a la fabricación de autopartes que se denominará en lo sucesivo como la empresa DOS.

La empresa UNO lleva a cabo dos procesos: empaque retornable, el cual depende de que el cliente lo libere para su limpieza y acondicionamiento; caja de cartón desechable o corrugado, en tanto que la empresa DOS, adquiere las materias primas (componentes del corrugado) y las envía para su ensamble a la UNO. Una vez ensamblados los componentes se envían a la DOS, en este proceso se realizó el estudio.

En primera instancia para esta investigación se debe establecer que es el *lead time* o tiempo de respuesta, y la forma en que éste se mide, a fin de entenderlo como un concepto numérico de un indicador de tiempo y que se puede desglosar en tres etapas: aprovisionamiento, fabricación y entrega al cliente (Fahimnia, Luong, Motevallian, Marian, y Esmaeil, 2006). Se hace mención que el estudio estuvo enfocado sólo en la etapa de fabricación, debido a que en el área de operaciones existen problemas con productos que tienen largos *lead time*.

El *lead time* inicia cuando se analiza la solicitud de la orden de trabajo (Indrianti y Setiasyah, 2006), se libera el requerimiento y termina cuando el producto está listo para la entrega. Su reducción es determinante en la disminución de los costos operativos. La medición del *lead time* está basada en insumos, recursos materiales y humanos; métodos, procedimientos, maquinaria y equipo; producto o servicio a disposición del cliente.

El punto de vista de la mayor parte de las investigaciones analizadas establece como ventaja competitiva la reducción del *lead time* y su consideración en la planeación de la producción y cadena de suministro (Pahl, Voß y Woodruff, 2007). Asimismo permite tomar decisiones cuando los parámetros manejan cierta incertidumbre (Arango Serna, Vergara Rodríguez y Gaviria Montoya, 2010) y disminuye los riesgos de los tiempos de entrega.

Una de las razones principales para realizar este trabajo, fue debido a que se tienen largos *lead time* (Akan, Ata y Lennon Olsen, 2008) en algunos de los empaques de cartón que se ensamblan y la propuesta de un modelo estratégico de reducción en el área de fabricación es una opción para fortalecer la planeación de la producción.

De igual forma se hace notar que el presente escrito propone el desarrollo de una metodología cuyo objetivo es la reducción del *lead time* destacando el diseño de formatos integrales (cursograma analítico propuesto y análisis Eliminar Reducir Combinar ERC), como una herramienta útil en el análisis de los procesos y las operaciones (Niegel, 1996). Dicha herramienta muestra el desarrollo de cada actividad con la representación de símbolos para diagramas de proceso, así como también si se trata de una actividad que agrega valor o no. De igual forma, este instrumento indica si se debe eliminar, reducir y combinar la actividad. En esta parte cabe señalar, que se diseñó el formato para realizar el análisis ERC con los enfoques y preguntas respectivas para cada actividad y por último el *lead time* respectivo.

### **16.1 metodología de reducción del lead time**

A continuación se presenta la metodología propuesta para la reducción del *lead time* de manufactura en la empresa UNO.

- 1.- Identificar el producto: ensamble de empaque corrugado modelo C-W.
- 2.- Listar todos los pasos del proceso (inicio y término). Elaborar el diagrama de operaciones de proceso y el llenado del cursograma analítico integral propuesto del proceso actual, mostrado en la tabla 16.
- 3.- Determinar los tiempos de cada paso (seguir una unidad a través del proceso). Lo anterior se puede apreciar en el cursograma analítico integral propuesto (tabla 16).
- 4.- Identificar las actividades que agregan valor y las que no agregan valor al producto y su tiempo correspondiente: en el cursograma analítico (tabla 16).
- 5.- Resumir la información (total de actividades que agregan valor y que no agregan valor y total del tiempo por actividad). Con esto se determina la eficiencia de las actividades que agregan valor y el “*lead time*” correspondiente en el cursograma analítico, mostrado en la tabla 16, parte inferior del formato.

6.- Analizar las actividades que agregan valor y que no agregan valor utilizando el análisis Eliminar, Reducir, Combinar (ERC). En la tabla 2 se muestra lo expresado anteriormente y, a su vez, es necesario contestar las preguntas del análisis ERC.

7.- Establecer el proceso de mejora utilizando el formato del cursograma analítico. Se colocan las actividades del proceso propuesto, derivadas del análisis ERC anterior. Se repiten los pasos del 2 al 5.

Para el desarrollo de los puntos del 1 al 6 de la metodología, se utilizará únicamente la tabla 16, con la finalidad de tener la información completa en un solo formato y hacer más ágil el análisis respectivo. Esto ayudará a no elaborar diferentes diagramas que posteriormente se requerirán para hacer el estudio del o de los procesos.

**Tabla 16** Curso grama analítico integral propuesto

CURSOGRAMA ANALÍTICO												
Modelo:												
Proceso actual		Objetivo estratégico: <i>Respuesta rápida a las necesidades del cliente</i>										
Proceso propuesto		Fecha:										
Área	Actividad	Espera	Operación	Transporte	Inspección	Almacén	Tiempo (minutos)		Análisis ERC			Lead Time
		D	O	⇒	□	▽	AV	ANV	Eliminar	Reducir	Combinar	
M A N U F A C T U R A												
	<b>TOTAL</b>							0	0			
							$\frac{\sum AV}{\sum (AV+ANV)}$					Elaboración propia
							$\frac{\#D}{\#D+\#I}$					
							Eficiencia de actividades que agregan valor					



Con respecto al punto 6, adicionalmente se utilizó la tabla 16.1 para efectuar el análisis detallado de cada actividad considerando enfoques y preguntas, lo cual permitió un estudio a fondo de cada operación y no de manera global. Con lo anterior se examinó de manera crítica y se obtuvieron buenos resultados para la propuesta de mejora del proceso, lo que condujo a determinar la reducción del tiempo de respuesta de manufactura.

**Tabla 16.1** Formato de análisis ERC

Preguntas para el análisis erc (eliminar, reducir y combinar) de las actividades que agregan y no valor		
Enfoque	Preguntas	Actividad 1(eliminar-reducir-combinar)
Propósito	¿Qué se hace?	<i>Ubicar tarima 012 en el área de trabajo</i>
	¿Por qué se hace?	
	¿Qué otra cosa podría hacerse?	
	¿Qué debería hacerse?	
Lugar	¿Dónde se hace?	
	¿Por qué se hace ahí?	
	¿En que otro lugar podría hacerse?	
	¿Dónde debería hacerse?	
Sucesión	¿Cuándo se hace?	
	Por qué se hace entonces?	
	¿Cómo podría hacerse?	
	¿Cuándo debería hacerse?	
Persona	¿Quién lo hace?	
	¿Por qué lo hace esa persona?	
	¿Qué otra persona podría hacerlo?	
	¿Quién debería hacerlo?	
Medios	¿Cómo se hace?	
	¿Por qué se hace de ese modo?	
	¿De qué otro modo podría hacerse?	
	¿Cómo debería hacerse?	

Cabe señalar que las tablas que se consideraron para este estudio, fueron diseñadas para la aplicación de la metodología. Es importante mencionar que es necesario optimizar las actividades que aportan valor y minimizar o eliminar las que no aportan ninguno, sabiendo que las actividades que agregan valor son las que hacen posible darle forma al producto o servicio requerido por el cliente, o las que el cliente está dispuesto a pagar.

Las actividades que no agregan valor, son las que no adicionan valor para el cliente y deberían ser eliminadas, debido a que el cliente no está dispuesto a pagar por estas actividades innecesarias, entre las que están: sobreproducción, tiempos de espera, re trabajo, transporte, entre otras. En lo que corresponde al punto 7, una vez concluido el análisis ERC, se establecen las actividades en el Curso grama Analítico del proceso propuesto, observándose las mejoras establecidas, como la eficiencia de las actividades que agregan valor y la reducción del lead time.

**Tabla16.2** Curso grama Analítico integral requisitado con datos actuales

		CURSOGRAMA ANALITICO													
Modelo:		C-X										Objetivo e estratégico: Respuesta rápida a las necesidades del cliente		Fecha:	
Proceso actual:		X													
Proceso propuesto:															
Área	Actividad	Espera	Operación	Transporte	Inspección	Almacen	Tiempo (minutos)		Análisis ERC			Lead Time			
		D	D	D	D	V	AV	AVV	Eliminar	Reducir	Conservar				
M A N U F A C T U R A	1 Llevar tarima TM-1 en el área de trabajo							1.7							
	2 Llevar separador de cartón del contenedor de componentes a tarima.							1							
	3 Colocar un separador sobre tarima TM-1							0.3							
	4 Llevar 48 piezas del componente I C-X (cajas) del contenedor de componentes a mesa de trabajo.							3							
	5 Armar caja I C-X, repetir este paso hasta armar 48 cajas.							10							
	6 Llevar 192 piezas del componente V C-X del contenedor de componentes a mesa de trabajo.							5							
	7 Ubicar 192 piezas del componente V C-X del lado derecho de la mesa.							2							
	8 Llevar 336 piezas del componente H C-X del contenedor de componentes a mesa de trabajo.							5							
	9 Ubicar 336 piezas del componente H C-X del lado izquierdo de la mesa.							2							
	10 Colocar 4 piezas del V C-X en forma vertical sobre la mesa.							9							
	11 Exambiar 7 piezas de H C-X en forma horizontal en cada una de las ranuras del V-C-X, repetir este proceso hasta ensamblar 48 rejillas.							14							
	12 Comprobar componentes								0.2						
	13 Colocar el ensamblé rejilla dentro de caja I C-X.								3						
	14 Inspección caja I C-X.								0.2						
	15 Llevar 12 separadores de cartón a mesa de trabajo.								1						
	16 Colocar 4 cajas I C-X con ensamblé rejilla en la tarima TM- 1 y un separador de cartón por nivel , hasta completar 12 niveles (empaque modelo C-X)								2						
	17 Llevar 4 piezas de esquinero columna del contenedor de componentes a mesa de trabajo.								0.5						
	18 Colocar 4 piezas de esquinero columna, uno en cada esquina del empaque modelo C-X.								1						
	19 Colocar cinta adhesiva por el centro del empaque modelo C-X para sujeción.								0.3						
	20 Colocar 2 piezas de esquinero marco en la parte superior del empaque modelo C-X.								0.5						
	21 Colocar cinta adhesiva en ambos esquineros para sujeción.								0.3						
	22 Identificar con un marcador cada una de las caras del empaque modelo C-X(familia, más 3 últimos dígitos del empaque modelo C-X ), sobre el esquinero marco.								0.2						
	23 Poner etiqueta para rastreabilidad (Iniciales de quien lo realizó y fecha de ensamble)								0.4						
	24 Inspección final (Iniciales de quien liberó)								0.2						
	25 Mover a pañilo								0.2						
<b>TOTAL</b>			14	8	3		45	18				63			
							N.A.V=(TMV/TMV+TMV) X100					Elaboración propia			
							71.43								

Resultados del análisis ERC del modelo C-X (se tomó este modelo como ejemplo, mencionando que los otros tres son similares en su proceso):

Derivado de la aplicación del análisis ERC al empaque corrugado modelo C-X mediante el apoyo del supervisor de producción de la empresa objeto de estudio, se obtuvo lo siguiente:

Se eliminaron dos actividades, en seis de estas se redujo el tiempo y siete se combinaron, quedando un total de 19 actividades para el modelo propuesto de 25 actividades del actual.

En la tabla 16.3, se observa el comportamiento de cada actividad con relación al análisis.

**Tabla 16.3** Comparación de actividades con relación al análisis ERC

Número de actividad del proceso actual	Situación de la actividad con respecto al análisis ERC
1,5,7,9,13,16,22,23,24 y 25	Permanecieron igual
2,4,6,8,15 y 17	Reducir
12 y 14	Eliminar
2 y 3	Reducir y combinar con actividad 3
10 y 11, 18 y 20, 19 y 21	Combinar

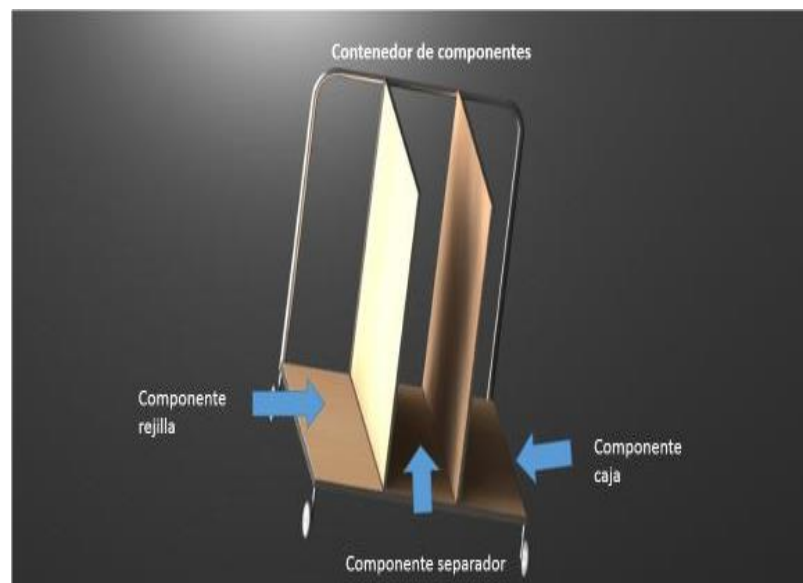
La tabla 16.3 nos muestra que 10 de las 25 actividades, permanecieron igual debido a su propio desarrollo, sin embargo las 15 restantes tuvieron alguna adecuación o mejora.

Uno de los rubros utilizados en el formato de aplicación (tabla 2), como lo es el “Enfoque en la parte de Medios”, resultó fundamental para este caso, debido a que se pudieron determinar mejoras para el desarrollo del proceso, tales como el acondicionar el “contenedor de componentes”, colocando dos separaciones para agilizar la ubicación de los diferentes componentes mostrado en la figura 2, o que la “rejilla” sea ensamblada por el proveedor. Es importante mencionar que el contenedor actual figura 1, no tiene separaciones para colocar de manera ordenada los componentes, lo que ocasiona retrasos en el desarrollo del proceso, debido a que cuando requieren los diferentes componentes tienen que retirar alguno del que no requieren en ese paso del proceso, por ejemplo si se necesita el componente I C-X, se debe retirar el V C-X o el H C-X.

**Figura 16** Contenedor de componentes actual



**Figura 16.1** Contenedor de componentes propuesto



**Tabla 16.4** Cursograma Analítico integral requisitado con los datos de mejora

CURSORAMA ANALITICO												
Modelo: C-X		Objetivo estratégico: Responder rápido a las necesidades del cliente										
Proceso actual: x		Fecha:										
Area	Actividad	Segu	Detallar	Traspasar	Asignar	Almacenar	Transferir	Almacenar	Eliminar	Reducir	Condiciones	Lead Time
		D	D	D	D	V	AV	AV				
M A N U F A C T U R A	1							1.7				
	2						0.8					
	3							1.5				
	4						1.0					
	5							3				
	6							2				
	7							3				
	8							2				
	9							23				
	10							3				
	11								0.5			
	12								2			
	13								0.5			
	14								1.5			
	15								0.6			
	16								0.3			
	17								0.4			
	18									0.2		
	19									0.2		
<b>TOTAL</b>			11	7	1		45.6	10.6				56.2
								<b>% Av[(TAU+TAMV)/TAMV] x100</b>		<b>81.14</b>		
<b>Elaboración propia</b>												

**16.2 Análisis de resultados y discusión**

Con respecto al Lead Time de manufactura se tuvo una disminución total del 10.8%, en cada uno de los modelos estudiados. Debido a que la reducción fue constante en dichos modelos por ser procesos similares, ejemplo el C-X, al pasar de 63 a 56.2 minutos, y así en cada familia, como se observa en la tabla 16.5.

**Tabla 16.5** Reducción del lead time obtenido

Familia		LEAD TIME ( <i>Minutos</i> )		Reducción Obtenida
		Actual	Propuesto	
A	C-W	6	58.9	7.1
B	C-X	6	56.2	6.8
C	C-Y	6	53.5	6.5
D	C.	3	31.2	3.8

De acuerdo con la figura 16, la propuesta de adecuación al contenedor de componentes establece un orden en la colocación de éstos, obtenida con la aplicación de la metodología, en la cual se eliminaron y combinaron actividades como ya se mencionó anteriormente en la tabla 16.3.

La eficiencia de actividades que agregan valor, se identifica como una formula en la parte final de las tablas 3 y 5, aumento un 9.7%, de 71.43% a 81.14%, de lo que los clientes están dispuestos a pagar, como se muestra en la tabla 16.6.

**Tabla 16.6** Eficiencia de las actividades que agregan valor al producto

Situación	Actividades que agregan valor (tiempo minutos)	Actividades que no agregan valor (tiempo minutos)	Eficiencia de actividades que agregan valor (%)
Actual	45	18	71.43
Propuesto	45.6	10.6	81.14

Una vez estudiado el proceso de empaque corrugado a través de la metodología de reducción propuesta, es necesario mencionar la importancia del uso del Cursograma Analítico integral propuesto (tabla 1) como una herramienta para el análisis de procesos.

Dicha herramienta, muestra el desarrollo de cada actividad con la representación de símbolos para diagramas de proceso, así como también si se trata de una actividad que agrega valor o no.

De igual forma, este instrumento indica si se debe eliminar, reducir y combinar la actividad. En esta parte cabe señalar, que se elaboró el formato (tabla 16.1) para realizar el análisis ERC con los enfoques y preguntas respectivas para cada actividad y por último el *lead time* asociado.

El cursograma analítico proporciona información útil y de acceso rápido, de forma similar a lo establecido en otros formatos tales como el diagrama de flujo de proceso, cursograma analítico basado en el material, cursograma analítico simple y diagrama de operaciones de proceso. Sin embargo, estos formatos carecen de la información integral establecida en el Cursograma Analítico propuesto, por lo que no sólo es justificable, sino esencial, ya que lo que se pretende es facilitar el análisis de los problemas de manufactura mediante esta aplicación integral, debido a que en muchos casos siempre es necesario un auxiliar visual, como el aquí propuesto, y que es útil en el análisis de los procesos productivos.

### 16.3 Conclusiones

Se efectuó el análisis correspondiente al proceso de fabricación del empaque corrugado a través de la metodología de reducción del *lead time*, dando respuesta al planteamiento inicial y obteniéndose como ya indicó una reducción del 10.8 % con respecto al tiempo actual de fabricación y se aumentó la eficiencia de las actividades que agregan valor en un 10%. Lo anterior se logró, al diseñar formatos integrales en los cuales se establece un estudio detallado de las diferentes actividades como fue el análisis ERC.

Asimismo el formato del Cursograma Analítico propuesto, agrupa información como la representación de símbolos para diagramas de proceso, así como si es una actividad que agrega valor o no. También indica si se debe eliminar, reducir y combinar. En esta parte cabe señalar, que se elaboró el formato para realizar el análisis ERC con los enfoques y preguntas respectivas para cada actividad y por último, el lead time respectivo que comúnmente se hace en diferentes formatos de manera separada como los ya mencionados anteriormente. Con el Cursograma propuesto, permite agilizar la aplicación de los estudios de mejora, por lo que esto será una ventaja competitiva en cualquier tipo de proceso productivo que se considere, como el que se desarrolla actualmente en la empresa UNO.

El enfoque esquemático integral utilizado es de mucha utilidad para el análisis de los procesos productivos, porque facilita la comprensión y el entendimiento para tomar las decisiones respectivas sobre las deficiencias encontradas.

Es importante señalar que para mantener y continuar con las mejoras a los procesos, será necesario que exista una participación conjunta y convencida desde la dirección hasta los niveles operativos.

Por lo tanto se recomienda que la aplicación de esta metodología se considere como parte de la mejora continua para encaminarse a alcanzar las metas establecidas.

## 16.4 Referencias

Fahimnia B., Luong L.H.S, Motevallian B., Marian R. M., and Esmacil M. M. (2006).

Analyzing & Formulation of Product Lead Time. Australia: University of South Australia, School of Advanced Manufacturing & Mechanical Engineering.

Indrianti N. and Setiasyah I. (2006). A model of product manufacturing lead-time in a non-repetitive make-to-order manufacturing system. Indonesia: Universitas Muhammadiyah Surakarta. Fakultas Teknik.

Akan M., Ata B., Lennon Olsen T. (2008). Congestion-Based Leadtime Quotation and Pricing for Revenue Maximization with Heterogeneous Customers. U.S.A.: Tepper School of Business, CMU, Pittsburgh, PA, Kellogg School of Management, Northwestern University, Evanston, IL, Olin Business School, Washington University in St. Louis, St. Louis, MO.

Niebel, B. (1996). Ingeniería Industrial, Análisis de la operación. México: Alfaomega.

Pahl J., Voß S. and Woodruff D. L.(2007). Production planning with load dependent lead times: an update of research. U.S.A.: Springer Science+Business Media. Ann Oper Res (2007) 153: 297-345 DOI 10.1007/s 10479-007-0173-5.

Arango Serna M.D., Vergara Rodríguez C., Gaviria Montoya H. (2010). Modelización difusa para la planificación agregada de la producción en ambientes de incertidumbre Colombia: Universidad Nacional de Colombia.



## **Simulación magnetohidrodinamica con ANSYS® de un horno de inducción**

M. Martínez, A. Coello y A. Pérez

M. Martínez, A. Coello y A. Pérez  
Ingeniería Metalúrgica, Universidad Politécnica de Juventino Rosas, Hidalgo 102, Comunidad de Valencia,  
Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto., MEXICO Teléfono: 412 157 8000 ext. 300,  
jmerced\_ptc@upjr.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de  
Santiago, Guanajuato, 2013.

## Abstract

Induction furnaces are important in the production of steel iron parts mostly nodular iron casting, due its system allows a homogeneous mixture of the alloy elements causing few defects due to changes in the structure of the product.

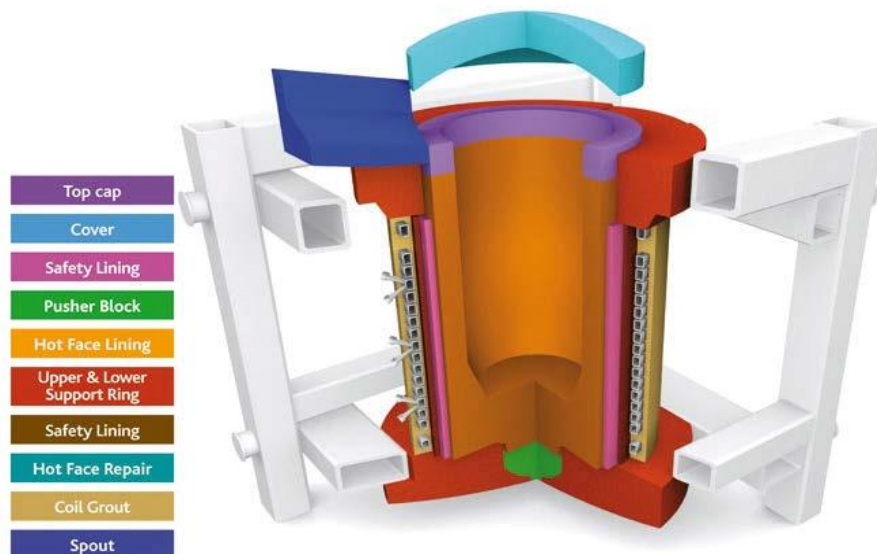
A problem of melting furnaces is the wear of refractory material due to causes such as thermal shock, and direct contact with molten slag and liquid metal. Also, the drag of refractory by the movement of the cast as one of the causes of wear of the crucible is handled. This means that a higher speed could causes greater wear.

To observe the speeds that are developed in an induction furnace used in the production of nodular iron, a MHD simulation using Ansys ® program was made. The results vary depending on the data fed to the program. For a power of 7 MW, 2 kV voltage and frequency of 240 Hz, speed is  $6.9 \times 10^{-2}$  m/s.

## 17 Introducción

Un horno de inducción consiste de un crisol, bobina de inducción y una capa externa de acero, sistema de enfriamiento y mecanismo basculante. El crisol se forma de material refractario, el cual tiene embebidas a las bobinas que producen el campo magnético y al material refrigerante.

**Figura 17** Horno de inducción electromagnética



Tapa superior, cubierta, revestimiento de seguridad, prensa, revestimiento de la cara caliente, anillos de soporte, revestimiento de seguridad y lechada de la bobina

La bobina conductora es de cobre con un número específico de espiras. Una corriente alterna pasa a través de esta y se genera un flujo magnético entre el conductor. El flujo magnético generado induce corrientes de Eddy que permiten el calentamiento y fundición del material [1].

Los problemas en los hornos de la industria metalúrgica es que el refractario está expuesto a altas temperaturas, así como a desgaste químico y mecánico. Este último es causado por contacto con el metal y la escoria fundidos. Los mecanismos más comunes de falla en el revestimiento son la fractura debido al choque térmico, falla por compresión y flexión debido a resistencias asimétricas [4]. Otro fenómeno que se presenta y que contribuye al desgaste del refractario es el arrastre de partículas por el movimiento del material fundido.

Para estudiar la agitación del material fundido se puede hacer uso de la magnetohidrodinámica, la cual se define como la interacción del movimiento del fluido con campos eléctricos y magnéticos, generando diversos fenómenos físicos que se pueden observar en líquidos y gases [2]. El conjunto completo de ecuaciones de la magnetohidrodinámica para el flujo de un fluido Newtoniano con propiedades constantes incluyen las ecuaciones de movimiento de Navier-Stokes, las ecuaciones de continuidad de masa, las ecuaciones de Maxwell y la ley de Ohm. En forma diferencial, se representan como (3).

$$-\nabla p + \mathbf{j} \times \mathbf{B} + \mu \nabla^2 \mathbf{u} + \rho \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} = 0 \quad (17)$$

$$\nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (17.1)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (17.2)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu \mathbf{j} \quad (17.3)$$

$$\mathbf{j} = \sigma(\mathbf{E} + \mathbf{u} \times \mathbf{B}) \quad (17.4)$$

La fuerza de Lorentz debido a las interacciones del campo electromagnético es dada por:

$$\mathbf{F} = \mathbf{j} \times \mathbf{B} = \mathbf{j} \times \mu \mathbf{j} \quad (17.5)$$

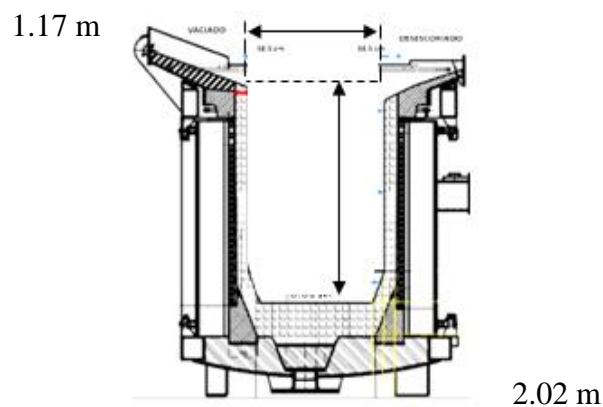
Y para un análisis axisimétrico, el campo magnético se expresa de la siguiente manera:

$$\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A} \quad (17.6)$$

## 17.1 Metodología

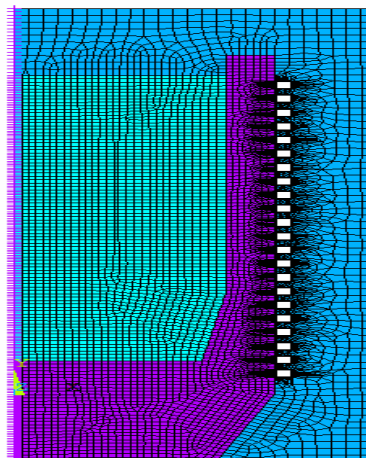
La simulación utilizó un modelo axisimétrico con dimensiones como las que se muestran en la figura 17.1, que corresponden a un horno de inducción con capacidad de 12 toneladas de carga. Para la distribución de carga. Para la distribución de la fuerza de Lorentz  $f_L$ , se malló con el elemento Plane 53. [6] generando 7854 elementos y 24507 nodos. La simulación dinámica utilizó una malla que se realizó con el elemento que se realizó con el elemento Fluid 141 cuadrado de 4 nodos [7].

**Figura 17.1** Dimensiones del horno simulado



Las propiedades de la fundición del hierro nodular, así como del material refractario y el cobre del que está elaborada la bobina, se obtuvieron de bibliografía y se presentan en las tablas 17 y 17.1.

**Figura 17.2** Malla del modelo axisimétrico. Los diferentes colores indican los materiales aplicados



**Tabla 17** Propiedades correspondientes para la fundición de un hierro nodular [8]

Densidad ( $\rho$ ) [kg/m <sup>3</sup> ]	Viscosidad dinámica ( $\mu$ ) [N.s/m <sup>2</sup> ]	Permeabilidad relativa ( $\mu_r$ ) [T.m/A]	Resistividad eléctrica	Conductividad eléctrica ( $\gamma$ ) [s/m]	Permitividad relativa ( $\epsilon_r$ ) [1]
6640	$5.06 \times 10^{-3}$	1	$1.2 \times 10^{-6}$	$285 \times 10^3$	12

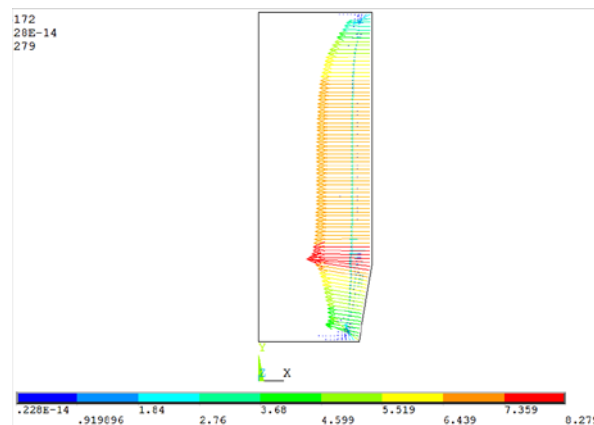
**Tabla 17.1** Propiedades del refractario y el cobre utilizado en la bobina [9]

Refractario		Bobina		
Densidad ( $\rho$ ) [kg/m <sup>3</sup> ]	Permeabilidad relativa ( $\mu_r$ ) [T.m/A]	Conductividad eléctrica ( $\gamma$ ) [ $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ ]	Resistividad eléctrica [ $\Omega \cdot m$ ]	Constante dieléctrica ( $\epsilon_r$ )
2200	1	$5.7 \times 10^7$	$1.71 \times 10^{-8}$	1

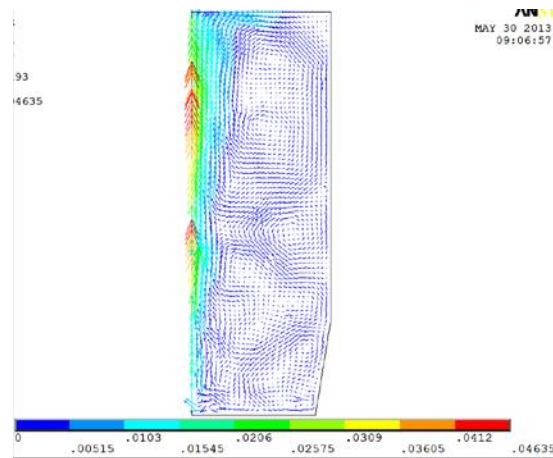
Las variables operativas aplicadas para el funcionamiento del horno son un voltaje que varía entre 2 y 3 KV, potencia entre los 7 y los 8 MW y por último se tiene una frecuencia variable entre los 210 y 240 Hz.

## 17.2 Resultados

Con una un voltaje de 3 KV, potencia de 8 MW y frecuencia de 240 Hz, el valor máximo de la fuerza de Lorentz desarrollada sobre el material fundido fue de 8.2 N (Figura 4a) y se presenta en el cambio de sección de la pared del horno. Hacia los extremos, la fuerza que se desarrolla tiende a cero.

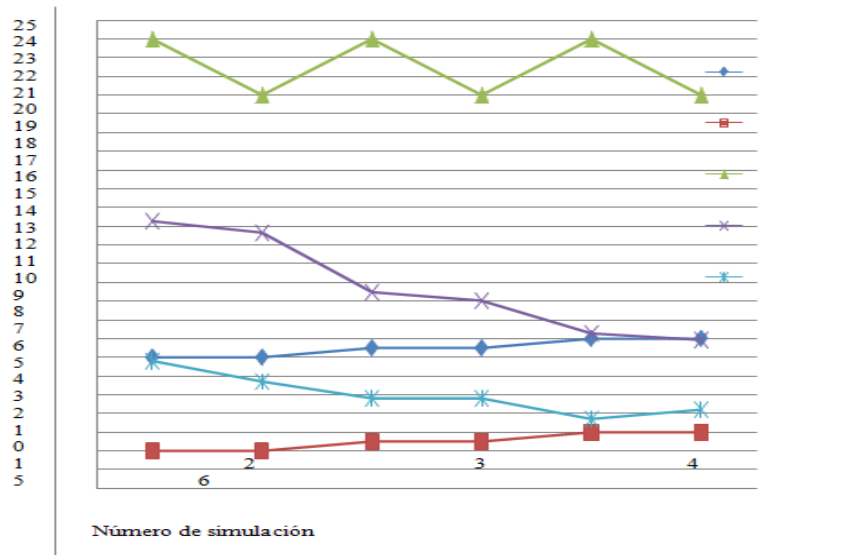
**Figura 17.3** Fuerza de Lorentz con 3KV, 8MW y 240 Hz

**Figura 17.4** Velocidades de la fundición



Esta fuerza de Lorentz con los parámetros antes indicados, provoca una velocidad máxima en el metal fundido de 0.046 m/s, la cual es generada en el centro del horno y su valor va disminuyendo al acercarse a la pared del mismo (Figura 17). Se observan a la vez numerosos vórtices que serían provocados por la geometría y el cambio de los valores de fuerza de Lorentz en la vertical. Estos vórtices son recomendables en un horno de inducción para que se produzca una mezcla homogénea de los elementos que se incluyen en la fundición. Al realizar más simulaciones con condiciones de operación aplicadas en planta, los resultados obtenidos indican que un voltaje de 2 KV, potencia de 7MW y frecuencias de 210 Hz provocan una velocidad de  $6.8 \times 10^{-2}$  m/s, la cual, comparada con la obtenida en las demás simulaciones, es el valor más alto (Grafico 17).

**Grafica 17** Fuerza y velocidad obtenida durante la simulación con diferentes condiciones operativas



Potencia MW Voltaje KV Frecuencia x10 Hz Fuerza N Velocidad E-2 m/s. La menor velocidad se obtiene con la potencia de 8 MW, voltaje de 3KV y frecuencia de 210 Hz, lo cual es beneficioso para disminuir el desgaste por arrastre, pero podría influir en la homogeneidad de la fundición disminuyendo su calidad.

### 17.3 Conclusiones y recomendaciones

Las condiciones de operación de un horno pueden aplicarse en la simulación para dar una aproximación de su comportamiento hidrodinámico y permitir estudiar el desgaste por arrastre en el material refractario, así como problemas de homogeneidad en la micro estructura de los productos fundidos.

Se recomienda realizar una simulación con un modelo de horno completo, ya que permitiría realizar los cálculos sobre el total del volumen y los resultados serían más exactos ya que el modelo axisimétrico utiliza una aproximación en el campo magnético como se expresa en la ecuación (7).

### 17.4 Referencias

K. C. Bala. Design Analysis of an Electric Induction Furnace form Melting Aluminum Scrap. Nigeria 2005.

B.S. Tillack y N. B. Morley. Magnethohydrodynamics. "Introduction". P 1-2. 14th edition. McGrawHill 1998.

Evangelos Chaliasos. The modiefied MHD equations. Grecia 2008.

K. Andreev, S. Sinnema y M. Hohenboom. Investigation of refractory concrete failure in furnaces of metals industry. Netherlands. 2012.

M. Pal, S. Kholmatov y P. Jonsson. Numerical Simulation Of induction Stirred Ladle. Inglaterra 2006.

Ansys. Ansys release 12.0. fluids guide. USA 2009.

Cook, Robert D. Finete element modeling for stress analysis. *Wiley*. USA 1995

Joseph R. Davis and Kathleen M. Mills. ASM Handbook. Volume 1. Properties and selection: Irons, Steels and High Performance Alloys. Tenth printing. USA 2010.

Stephen C. Carniglia y Gordon L. Barna. Handbook of industrial refractories technolo- gy. Noyes Publications.

## **Síntesis del mecanismo plano biela-manivela-corredera como seguidor de curvas prescritas**

Eduardo Alba, Raúl Ramos, Vicente Cisneros y José López

E. Alba, R. Ramos, V. Cisneros y J. López  
Universidad Tecnológica de Salamanca, Av. Universidad Tecnológica No. 200, C.P. 36764, Salamanca,  
Guanajuato, México, teléfono: (464) 64 7 38 61  
ealba@utsalamnca.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de  
Santiago, Guanajuato, 2013.



## Abstract

In this work a kinematical synthesis procedure for the slider-crank mechanism is shown, this procedure is used to design a mechanism in which the slider could follow a pre-established trajectory and also make that the input and output angles have a desired relationship in which the input angle defines the followed length on the specified trajectory. The synthesis procedure shown in this paper can be used in order to design mechanisms for rigid body conduction through an established trajectory, in which the relationship between the input and output angles can be controlled.

## 18 Introducción

En la actualidad, diferentes tipos de mecanismos son utilizados en el diseño de maquinaria. Muchos de estos son mecanismos del tipo plano, este tipo de mecanismos son capaces producir movimientos de rotación perpendiculares al plano del mecanismo y de translación paralelos a este plano, teniendo estos uno o varios grados de libertad [1, 2]. Uno de los mecanismos planos con mayor aplicación en el diseño de maquinaria es el mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera.

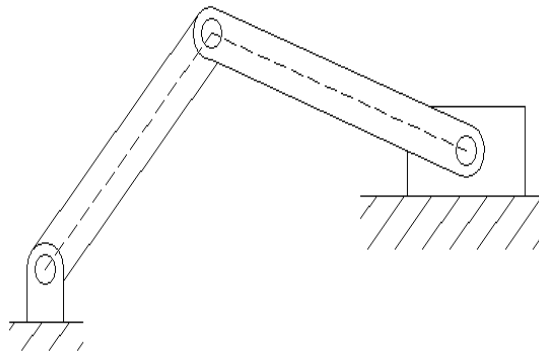
En lo que concierne al diseño de mecanismos, existen diferentes tipos de síntesis cinemática, la síntesis de tipo, síntesis de número y síntesis dimensional. Esta última es la que le concierne determinar las longitudes de los eslabones para producir un determinado movimiento. La síntesis cinemática dimensional de mecanismos se clasifica en tres tipos, la síntesis de mecanismos como generadores de funciones, síntesis de mecanismos como generadores de trayectorias y la síntesis de mecanismos para la conducción de cuerpos rígidos [3, 4]. La primera de estas se trata en este trabajo. La síntesis de mecanismos como generadores de funciones consiste en diseñar mecanismos los cuales puedan generar una relación entre los ángulos de entrada y salida de la forma  $\phi = f(\theta)$  con la cual se puede reproducir una función dada en un número finito de puntos de precisión. En este artículo se propone una metodología de síntesis en donde se utiliza el método de síntesis cinemática del mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera como generador de funciones, en donde además se hace que la corredera pueda recorrer una cierta trayectoria especificada para una curva preestablecida, esto con la finalidad de poder conducir cuerpos rígidos a lo largo de esta curva. Aplicaciones de este método de síntesis pueden encontrarse en el diseño de mecanismos elevadoras para automóviles u operaciones de maquinado en donde se requiera un movimiento no lineal de la corredera.

El presente artículo expone primeramente el desarrollo de las ecuaciones necesarias para llevar a cabo la síntesis del mecanismo antes mencionado en donde también se presentan dos ejemplos de aplicación del método, los cuales se consideran casos retadores en donde se evidencia la aplicabilidad del método propuesto.

### 18.1 Método

El mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera es un eslabonamiento de cuatro barras en el cual estas se encuentran unidas mediante cuatro pares inferiores, tres uniones de revoluta y una unión prismática, esto se muestra en la Figura 18.

**Figura 18** Diagrama esquemático del mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera



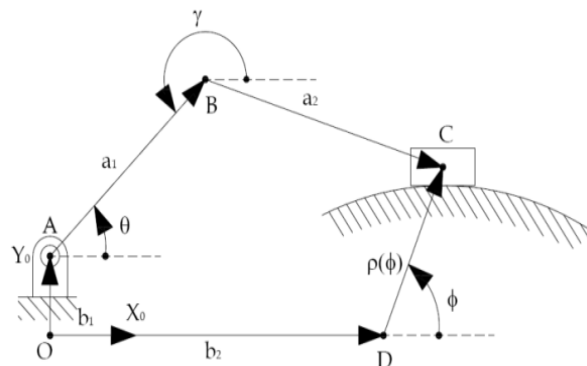
Debe notarse que este mecanismo en particular tiene un solo grado de libertad, es decir, solo se necesita especificar una sola variable para definir completamente el sistema.

Esto resulta propicio ya que para sintetizar mecanismos como generadores de funciones, es necesario que el mecanismo a diseñar tenga un solo grado de libertad ya que de esta forma puede especificarse una función del ángulo de salida en función del ángulo de entrada, de la forma:

$$\theta = f(\phi) \quad (18)$$

En la Figura 18.1 se muestra el diagrama cinemático auxiliar del mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera para el cual la corredera puede seguir una trayectoria dada.

**Figura 18.1** Diagrama cinemático auxiliar del mecanismo plano tipo biela-manivela corredera



En este diagrama se muestran los parámetros geométricos relevantes a los cuales se les conoce como parámetros de diseño ( $a_1, a_2, b_1$  y  $b_2$ ), y los ángulos de entrada y salida ( $\phi$  y  $\theta$ ). Nótese que en este diagrama, en lugar de especificar una variable de longitud  $s$ , esta se expresa mediante el radio de una curva como función del ángulo de entrada  $\rho(\phi)$ . Esta variable de longitud se relaciona con el ángulo de entrada  $\phi$  como sigue:

$$s = \int_{\phi_1}^{\phi_2} \rho(\phi) d\phi \quad (18.1)$$

De esta forma el problema de síntesis comienza obteniendo la ecuación de entrada salida del mecanismo, la cual contiene a los ángulos de entrada y salida como variables. Es así que ambas variables se pueden relacionar con la siguiente expresión:

$$a_2^2 = (x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2 \quad (18.1)$$

En donde:

$$\mathbf{r}_{B/O}^0 = \begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} = \mathbf{r}_{A/O}^0 + \mathbf{r}_{B/A}^0 \quad (18.2)$$

Y:

$$\mathbf{r}_{C/O}^0 = \begin{bmatrix} x_C \\ y_C \end{bmatrix} = \mathbf{r}_{D/O}^0 + \mathbf{r}_{C/D}^0 \quad (18.3)$$

En donde el subíndice indica la dirección del vector y el superíndice el sistema al cual están referenciados estos vectores posición. Del diagrama cinemático auxiliar mostrado en la Figura 3, se tiene que los vectores posición son:

$$\mathbf{r}_{A/O}^0 = \begin{bmatrix} 0 \\ b_1 \end{bmatrix}, \mathbf{r}_{B/A}^0 = \begin{bmatrix} a_1 C\theta \\ a_1 S\theta \end{bmatrix}, \quad (18.4)$$

$$\mathbf{r}_{D/O}^0 = \begin{bmatrix} b_2 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ y } \mathbf{r}_{B/A}^0 = \begin{bmatrix} \rho(\phi) C\phi \\ \rho(\phi) S\phi \end{bmatrix} \quad (18.5)$$

En donde  $C$  y  $S$  se utiliza para abreviar el coseno y el seno del ángulo.

Sustituyendo estos vectores en las expresiones (3) y (4) se obtiene que:

$$\mathbf{r}_{B/O}^0 = \begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 C\theta \\ b_1 + a_1 S\theta \end{bmatrix} \quad (18.6)$$

$$\mathbf{r}_{C/O}^0 = \begin{bmatrix} x_C \\ y_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_2 + \rho(\phi) C\phi \\ \rho(\phi) S\phi \end{bmatrix} \quad (18.7)$$

Sustituyendo lo anterior en la expresión (2) se obtiene:

$$-2a_1\rho(\phi)C(\theta - \phi) + 2a_1b_1S\theta - 2a_1b_2C\theta - 2b_1\rho(\phi)C\phi + a_1^2 - a_2^2 + b_1^2 + b_2^2 = 0 \quad (18.8)$$

La ecuación anterior es conocida como la ecuación de entrada-salida del mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera. Resulta importante resaltar que además de que esta ecuación solo contiene a los ángulos de entrada y salida de este mecanismo, esta también contiene al radio en forma paramétrica en función del ángulo de entrada  $\rho(\phi)$ .

De esta forma y tomando en cuenta que es deseable especificar algún parámetro de diseño para controlar en cierta medida las dimensiones del mecanismo. Es así que este se propone al parámetro  $b_1$  como el parámetro que ha de ser especificado por el diseñador, así los parámetros  $a_1, a_2$  y  $b_2$  son los que se determinaran del procedimiento de síntesis. Expuesto lo anterior el proceso de síntesis consiste en resolver el siguiente sistema no lineal de tres ecuaciones para tres puntos de precisión especificados por el diseñador, esto es:

$$-2a_1\rho(\phi_1)C(\theta_1 - \phi_1) + 2a_1b_1S\theta_1 - 2a_1b_2C\theta_1 - 2b_1\rho(\phi_1)C\phi_1 + a_1^2 - a_2^2 + b_1^2 + b_2^2 = 0 \quad (18.9)$$

$$-2a_1\rho(\phi_2)C(\theta_2 - \phi_2) + 2a_1b_1S\theta_2 - 2a_1b_2C\theta_2 - 2b_1\rho(\phi_2)C\phi_2 + a_1^2 - a_2^2 + b_1^2 + b_2^2 = 0 \quad (18.10)$$

$$-2a_1\rho(\phi_3)C(\theta_3 - \phi_3) + 2a_1b_1S\theta_3 - 2a_1b_2C\theta_3 - 2b_1\rho(\phi_3)C\phi_3 + a_1^2 - a_2^2 + b_1^2 + b_2^2 = 0 \quad (18.11)$$

Resulta evidente que el sistema de ecuaciones definido por las expresiones (18.9), (18.8) y (18.9) son no lineales ya que esta involucra funciones trascendentales seno y coseno para los ángulos de entrada y salida, y además la función del radio  $\rho(\phi)$  puede tomar cualquier forma dependiendo de la curva la cual se desea que la corredera siga. Es por este motivo que se propone resolver esta ecuación mediante el uso de algún método numérico. En este trabajo se resuelve este sistema con el método de Newton [5].

## 18.2 Resultados y discusión

Como primer ejemplo se propone diseñar un mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera el cual genere la función  $\theta = 0.5\phi$  en tres puntos de precisión y que además la corredera de este mecanismo siga la trayectoria de un círculo con radio  $3 \text{ in}$  y en donde el parámetro  $b_1$  es igual a  $3 \text{ in}$ .

Primeramente el radio del círculo es en este caso:

$$\rho(\phi) = R = 3 \text{ in} \quad (18.12)$$

En este caso se propone que el recorrido de la corredera sea desde un ángulo inicial de  $30^\circ$  a un ángulo de  $120^\circ$ , por lo que en este caso los puntos de precisión se muestran en la Tabla 18:

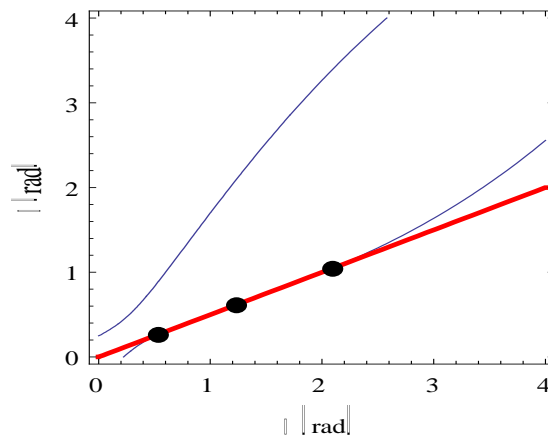
**Tabla 18** Puntos de precisión de la función  $\theta = 0.5\phi$ 

$\phi$	$\theta$
0.2618 rad	0.5236 rad
0.610867 rad	1.22173 rad
1.0472 rad	2.0944 rad

Empleando el método de Newton, se resuelve el sistema no lineal de tres ecuaciones definido por las expresiones (18.6) a (18.8), con lo cual se obtienen los siguientes parámetros geométricos del mecanismo:

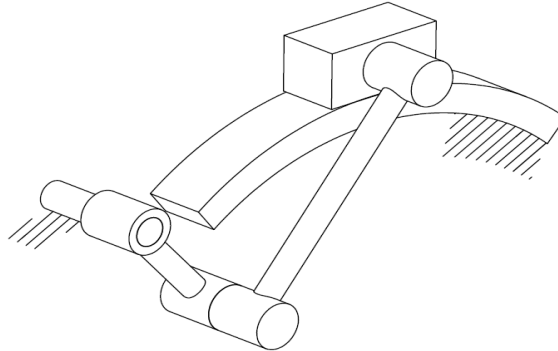
$$a_1 = -1.19818 \text{ in}, a_2 = 2.27835 \text{ in y } b_2 = -0.398888 \text{ in} \quad (18.12)$$

En el grafico 18 se muestra las gráficas de la ecuación entrada-salida del mecanismo (azul), los puntos de precisión y la curva  $\theta = 0.5\phi$  (rojo).

**Grafico 18.1** Figuras sobrepuestas de la ecuación entrada-salida, los puntos de precisión y la función  $\theta = 0.5\phi$ 

En la Figura se muestra la configuración final del mecanismo diseñado para generar la función  $\theta = 0.5\phi$  en tres puntos de precisión y que además sigue la trayectoria  $s = R\theta$ .

**Figura 18.2** Mecanismo diseñado para generar la función  $\theta = 0.5\phi$  y seguir una trayectoria circular



En este ejemplo se desea diseñar un mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera que genere la función  $\theta = \phi^{0.3}$  en tres puntos de precisión y en donde la corredera siga la trayectoria de una elipse en donde los vértices son  $a = 3 \text{ in}$  y  $b = 1 \text{ in}$ , en donde además el parámetro  $b_1$  es igual a  $0.5 \text{ in}$ .

La ecuación de la elipse en coordenadas cilíndricas es:

$$\rho(\phi) = \frac{a b}{\sqrt{b^2 c^2 \phi + a^2 s^2 \phi}} \quad (18.13)$$

Proponiendo un recorrido desde  $20^\circ$  a  $140^\circ$  en la elipse se tiene que los puntos de precisión son en este caso:

**Tabla 18.1** Puntos de precisión de la función  $\theta = \phi^{0.3}$

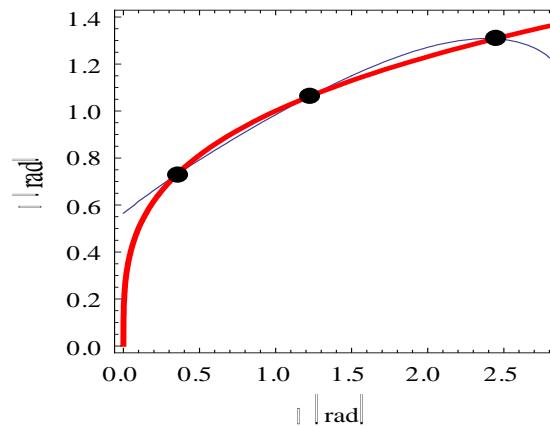
$\phi$	$\theta$
0.349067 rad	0.729243 rad
1.22173 rad	1.06192 rad
2.44347 rad	1.30738 rad

Resolviendo el sistema de ecuaciones no lineales (6) a (8) empleando el método de Newton se tiene que:

$$a_1 = 2.22095 \text{ in}, a_2 = 1.48327 \text{ in} \text{ y } b_2 = 1.76546 \text{ in} \quad (18.14)$$

Estos resultados se muestran gráficamente en el gráfico 18 en donde se sobreponen las gráficas de la ecuación entrada-salida del mecanismo diseñado (azul), los puntos de precisión alcanzados y la función que se desea generar (rojo).

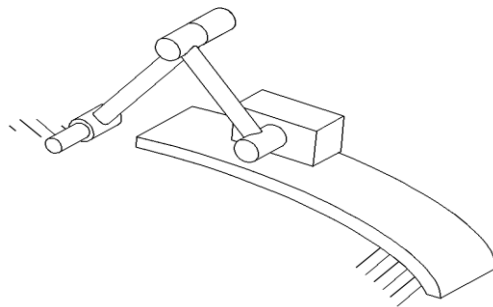
**Grafico 18.2** Figuras sobrepuestas de la ecuación entrada-salida, los puntos de precisión y la función  $\theta = \phi^{0.3}$



**x**

En la Figura 18.3, se muestra la configuración final del mecanismo diseñado para generar la función  $\theta = \phi^{0.3}$  en tres puntos de precisión y que además sigue la trayectoria de una elipse con vértices  $a = 3 \text{ in}$  y  $b = 1 \text{ in}$ .

**Figura 18.3** Mecanismo diseñado para generar la función  $\theta = \phi^{0.3}$  y seguir una trayectoria elíptica



### 18.3 Conclusiones

Es evidente que empleando el método de síntesis cinemática del mecanismo plano tipo biela-manivela-corredera para que la corredera siga una trayectoria dada y además se mantenga una relación dada entre los ángulos de entrada y salida del mecanismo en tres puntos de precisión, se puede diseñar mecanismos que además de poder controlar la relación entre estos ángulos sin la necesidad de emplear costosos engranes no lineales, también se pueda conducir cuerpos rígidos acoplados a la corredera como es el caso de las piezas de arrastre que mueven los vidrios en los mecanismos eleva lunas en un automóvil. En general en esta aplicación en específico se requiere que los soportes del vidrio sigan trayectorias no rectas debido a la geometría de la puerta.

Este procedimiento de síntesis representa una primera aproximación al diseño de mecanismos que puedan ser utilizados como mecanismos elevables en automóviles, ya que se pudieran utilizar algoritmos de optimización con los cuales se pueda hacer que la función de los ángulos del mecanismo se acople a la curva dada en más puntos con un error mínimo, ver [6], así como también estudiar la factibilidad de diseñar mecanismos en los que el par cinemática  $B$  de la Figura 2 pueda seguir una trayectoria dada, ver [7], con el fin de restringir que el eslabonamiento quede siempre dentro de la geometría especificada por la puerta y que además el soporte del vidrio siga la una curva dada.

#### 18.4 Referencias

Mabie H. and Reinholtz C., *Mechanisms and Dynamics of Machinery*, New York: John Wiley & Sons, (1987).

Norton R. L., *Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines*, 3<sup>rd</sup> Edition, New York: McGraw-Hill, (2004).

Angeles Alvarez J., *Análisis y Síntesis de Sistemas Mecánicos*, 1<sup>ra</sup> Edición, México D.F., Ed. LIMUSA, (1978).

Hartenberg R. S. and Denavit J., *Kinematic Synthesis of Linkages*, New York: McGraw-Hill, (1964).

Mathews J. H. y Fink K. D., *Métodos Numéricos con Matlab*, 3<sup>ra</sup> Edición, Madrid, España, Ed. Prentice Hall, (2008).

Angeles J. and Zakhariiev E., *Computational Methods in Mechanical Synthesis: Mechanism Analysis, Synthesis and Optimization*, Berlin, Springer, (1998).

Huang X., Liao Q., Wei S. and Xu Q., *Five Precision Point-Path Synthesis of Planar Four-Bar Linkage Using Algebraic Method*, *Frontiers of Electrical and Electronic Engineering in China*, Vol. 3, No. 4, 470-474, (2008).

Freudenstein F., *Approximate Synthesis of Four-Bar Linkages*, *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, 77, pp. 853-861, (1955).

Cervantes-Sánchez J. J., Gracia L., Rico-Martínez J. M., Medellín-Castillo H. I., González-Galván E. J., *A Novel and Efficient Kinematic Synthesis Approach of the Spherical 4R Function Generator for <five and Six Precision Points*, *Mechanism and Machine Theory*, 44, pp. 2020-2037, (2009).

Cervantes-Sánchez J. J., Gracia L., Alba-Ruiz E., Rico-Martínez J. M., *Synthesis of a Special RPSPR Spatial Linkage Function Generator for Six Precision Points*, *Mechanism and Machine Theory*, 46, pp. 83-96, (2011).



## **Sistema de entrenamiento hidráulico con componentes industriales**

Luis Muñoz, Juan Flores, Manuel Hernández y Víctor Nieto

L. Muñoz, J. Flores, M. Hernández y V. Nieto  
Universidad Tecnológica de Chihuahua, Av. Montes Americanos 9501 Sector 35, Chihuahua, chihuahua, C.P.  
31126Departamento de Ingeniería en Mantenimiento Área Industrial  
lmunoz@utch.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

In the Industrial Maintenance option by Technological University of Chihuahua, was built a training system hydraulic with industrial components, the aim of this work is to be used by teachers and students in the labs of the subjects of Hydraulics systems, Automation and Robotics. This equipment was built during the four period January-April 2013, the training system was presented at the Academic Week in the Technological University of Chihuahua.

## **19 Introducción**

La industria nacional cuenta con un sin número de equipos que pueden funcionar por medio de sistemas hidráulicos, entre otros, los equipos de maquinaria pesada utilizados en la minería, prensas, motores, montacargas, cortadoras, plataformas, grúas, minicargadores, camiones recolectores de basura, etc. Estos equipos requieren de personal calificado que los seleccione, instale, manipule y repare.

En la Carrera de Mantenimiento Área Industrial de la Universidad Tecnológica de Chihuahua, se tiene en el cuarto cuatrimestre la Materia de Sistemas Hidráulicos, que tiene el siguiente objetivo de asignatura “El alumno diseñará sistemas hidráulicos y electrohidráulicos para realizar trabajo en procesos y operaciones de la industria, mediante la selección de componentes, la elaboración de diagramas, el uso de manuales del fabricante y el cumplimiento de normas de seguridad.”

Es por esto que es necesario contar con equipos hidráulicos que el alumno pueda utilizar para realizar sus prácticas y comprender ampliamente los conocimientos de la materia.

En el laboratorio de hidráulica solamente se cuenta actualmente con un banco de prueba de proveedor Marca Hampden, que no da abasto al maestro de asignatura para realizar prácticas con un grupo de más de 25 personas, para realizar su aprendizaje práctico el alumno tiene que esperar su turno hasta que se desocupe el equipo y se tiene como resultado que el maestro tiene que dividir a los grupos para trabajar en el módulo por turnos, cada práctica de laboratorio se lleva sesenta minutos en promedio es por esto que no se avanza tan rápido en el programa como se tiene contemplado en la planeación de la materia.

En la figura 19 se puede apreciar el módulo con el que cuenta actualmente el laboratorio de Hidráulica en el que trabajan los maestros actualmente.

**Figura 19** Sistema de Entrenamiento Hidráulico



En la carrera de Mantenimiento Industrial, se ha tomado esto en cuenta y se han solicitado dos equipos de prueba más de la misma capacidad que el anterior, para contar con tres equipos, de esta forma los alumnos podrán practicar al mismo tiempo en grupos de cinco personas, el practicar al mismo tiempo en equipos de cinco personas permite al alumnado aprender más y realizar prácticas en mayor cantidad. Desafortunadamente los procedimientos para adquirir estos equipos no son lo suficiente rápidos para que se esté trabajando en este cuatrimestre con los equipos.

### **19.1 Método**

El inicio de la construcción del banco consistió en realizar una base metálica con las siguientes dimensiones, 1.10 mts de altura x 80 cm de ancho x 1.7mts de largo, para fabricar este armazón se tuvo que soldar el ángulo de solera para brindarle solides a la estructura.

Se añadieron ruedas para mover el equipo de un laboratorio a otro cuando fuera necesario.

Para realizar este tipo de soldadura se solicitó la ayuda de alumnos de la carrera de Mantenimiento Industrial, de la Materia de Mantenimiento a Procesos de Manufactura, ya que en la unidad III del programa de la materia se contempla el tema de soldadura.

**Figura 19.1** Base Metálica del sistema de entrenamiento



Se colocaron también los travesaños para colocar las bases de lámina que soportaran el panel principal. En la figura 19.2 se muestra la base soldada.

**Figura 19.2** Bases del sistema soldadas



Se colocó el panel principal que soportara las válvulas, mangueras, manifold, plc, pantalla y CPU. Se realizaron las perforaciones para soportar todos los componentes, se pulió el metal y se pintó. En la figura 19.3 se muestra el panel frontal pulido, pintado y perforado, listo para colocarle los componentes del sistema hidráulico.

**Figura 19.3** Base y panel principal



Montaje del sistema hidráulico, El montaje de los componentes de inicio con el manifold

**Figura 19.4** Instalación de manifold



Se realizó el montaje de un almacén de mangueras para colocar las que no se utilizan cuando no se está realizando alguna práctica.

**Figura 19.5** Instalación de almacén de mangueras



Se instalaron los siguientes componentes en el sistema de entrenamiento hidráulico y se colocó su simbología:

- Motor hidráulico
- Manómetros
- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto
- Switch de seguridad con llave
- CPU
- Manifold
- Monitor
- PLC
- Fuente de sensores
- Botón de paro de emergencia
- Válvulas antiretorno
- Electroválvula 4/2

- Válvula reguladora de flujo
- Unidad hidráulica

**Figura 19.6** Componentes instalados



Instalación del controlador lógico programable marca Allen Bradley Micrologix 1000. Este equipo se instaló con el fin de controlar la apertura y cierre de las electroválvulas y los relés que se tienen en la parte izquierda del equipo, este equipo cuenta con las siguientes características según el proveedor:

Características:

- Disponible en versiones de E/S digitales de 10, 16 o 32 puntos.
- Versiones analógicas disponibles con 20 puntos de E/S digitales, cuatro entradas analógicas (dos de voltaje y dos de corriente) y una salida analógica (configurable para voltaje o corriente).
- Ofrece un factor de formato compacto con medidas tan pequeñas como 4.72 pulg. x 3.15 pulg. x 1.57 pulg. (120 mm x 80 mm x 40 mm).
- Ofrece un rápido procesamiento con tiempo de rendimiento efectivo típico de 1.5 ms para un programa de 500 instrucciones.
- Memoria de programas y datos de 1 KB preconfigurada que permite una sencilla configuración.

- Incluye memoria EEPROM incorporada; sin necesidad de respaldo de batería ni módulo de memoria por separado.
- Proporciona mensajería entre dispositivos similares (hasta 32 controladores en una red DH-485) a través de una interface de comunicación 1761-NET-AIC.
- Se comunica mediante DeviceNet™ y EtherNet/IP™ a través de interfaces de comunicación 1761-NET-DNI y 1761-NET-ENI.
- Incluye un contador de alta velocidad incorporado (solo en controladores con entradas de 24 VCC).
- Permite personalizar el tiempo de respuesta de las entradas y el rechazo al ruido con filtros de entrada de CC ajustables
- Admite la conectividad simple a través del canal de comunicación RS-232 a una PC para la carga, la descarga y el monitoreo de programas.

**Figura 19.7 PLC**



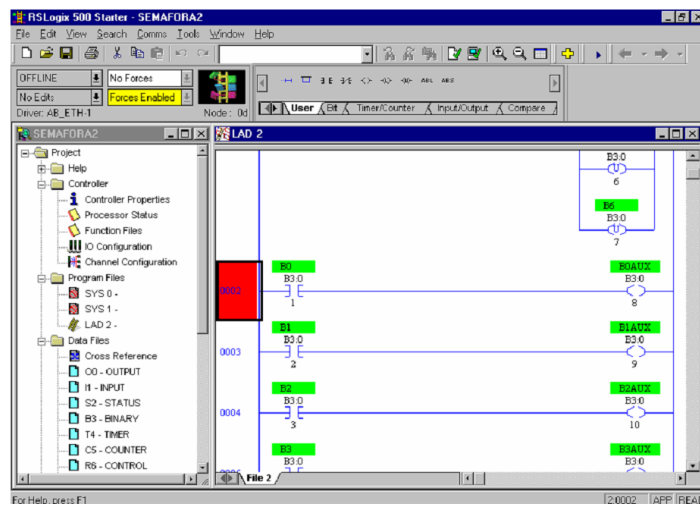
El equipo se programa en lenguaje de escalera, para lograr el control de las salidas del equipo, es posible programarlo desde la ventana de interfase Rs logix que presenta un ambiente amigable y permite trabajar con los siguientes elementos.

- Contactos normalmente cerrados
- Contactos normalmente abiertos
- Temporizadores con encendido al retardo
- Temporizadores con apagado al retardo



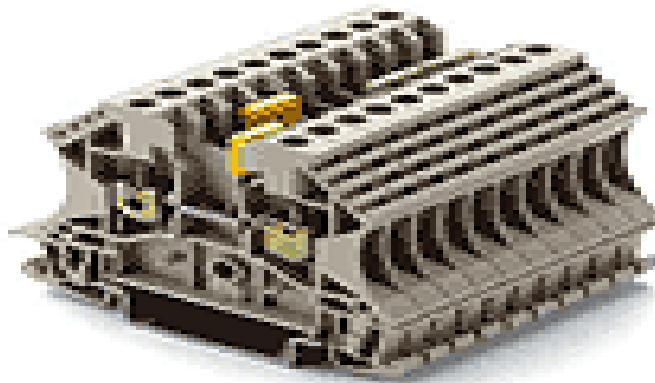
- Negadores
- Contadores incrementales
- Contadores decrementales
- Controles PID
- Operaciones lógicas
- Operaciones con bits

**Figura 19.8** Rs Logix



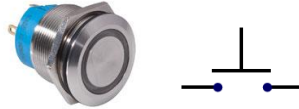
Este equipo PLC se conectó a las bobinas de las electroválvulas para accionarlas desde el PLC, esto se tuvo que realizar cableando el equipo desde las salidas hasta las terminales de las electroválvulas, esto se logró con cable de control y clemas.

**Figura 19.9** Clema para conexión



Las entradas del PLC, se están simulando con una botonera universal que contiene botones normalmente cerrados, botones normalmente abiertos y botoneras de enclavamiento. Además el banco cuenta con un botón de paro de emergencia que permitirá en cualquier momento detener el equipo si es que existe algún problema por parte de los usuarios al momento de manejarlo.

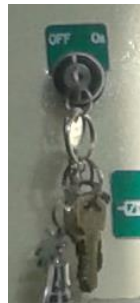
**Figura 19.10** contacto normalmente abierto



**Figura 19.11** botones de paro de emergencia



**Figura 19.12** Botón de llave



Para captar las señales de control se utilizaron sensores de límite e inductivos que envían las señales directamente a las entradas del PLC para que sirvan de retroalimentación para poder controlar los cilindros que deberán actuar de acuerdo a la rutina del sistema hidráulico que se desea.

## 19.2 Resultados

Se terminó el armado del sistema hidráulico de entrenamiento para utilizarlo en la materia de sistemas hidráulicos, este equipo está en funcionamiento y fue presentado en la semana Académica de la Universidad Tecnológica de Chihuahua, como evidencia de generación de proyectos del Cuerpo Académico “Desarrollo Industrial” de la Carrera de Mantenimiento Industrial, permitirá que los alumnos tengan un equipo adicional que ayude al maestro de asignatura para que los alumnos tengan un mejor desempeño basado en el tiempo de práctica de laboratorio.

Este banco didáctico se realizó con la ayuda de los investigadores integrantes del cuerpo académico y alumnos de la carrera de mantenimiento industrial de las materias de mantenimiento a procesos de manufactura y Automatización y Robótica, estos alumnos están en el último cuatrimestre y este proyecto es parte también de su materia integradora.

El desarrollo de prototipos de este nivel permite un incremento en el nivel del docente, al realizar investigación que le permita obtener recursos para desarrollar nuevos prototipos que dan como resultado mejoras en las universidades, en el nivel académico de los estudiantes, en el nivel académico de sus profesores, publicaciones y por lo tanto promociones que les permiten mejorar su calidad de vida.

**Figura 19.13** Modulo Didáctico



## 19.3 Discusión

La fabricación de un sistema de entrenamiento hidráulico con componentes industriales surgió debido a la necesidad de contar con equipos para practicas de laboratorio, para lo cual se empleo equipo de grado industrial para facilitar a los alumnos la integración al mundo laboral al momento de su egreso, esto porque se observo que en otras instituciones se usa equipo didáctico y los jóvenes tienen problemas al conectar, armar, reparar incluso se les dificulta el identificar los componentes con los que cuenta el equipo.

Por eso se decidió construir este equipo con componentes tipo industrial, para tratar así de evitar estas dificultades para los alumnos.

Con este modulo es posible practicar con circuitos hidráulicos, electrohidráulicos, y cuenta además con un sistema PLC, este brinda la posibilidad de automatizar el circuito y simular procesos industriales, como pueden ser sistemas de prensado, elevación, control de accesos, todo esto mediante el manejo y uso de sensores que retroalimentan al PLC.

Las limitaciones de este equipo es la cantidad de actuadores y válvulas con las que cuenta, por su elevado costo no es posible el colocar demasiadas, así que se adquirieron los elementos mínimos necesarios los cuales se mencionan en este escrito, la intención primordial, además de lograr la capacitación de los alumnos, es generar módulos adicionales para contar con la posibilidad de atender un mayor numero de personas a la vez y no tener limitaciones de espacio.

La Universidad adquirió recientemente un equipo electrohidráulico para practicas de laboratorio, el cual fue muy costoso y no cumple con el total de características con las que cuenta este equipo, no tiene mas que una solo electroválvula, no posibilidad de manipulación eléctrica, no cuenta con PLC ni sensores.

Observando la diferencia entre costos y funcionalidad, es clara la ventaja de construir los equipos que se requieren en la Institución, estos cuentan con las características necesarias para su función, que es el brindar conocimientos y capacitación a los alumnos, el costo total es mucho menor, además se involucra a los jóvenes para que sean parte del proceso de fabricación lo que les brinda, conocimientos adicionales a los adquiridos durante su estancia en la Universidad.

Conclusión:

El desarrollo de este prototipo nos ayudo a poner en practica habilidades y conocimientos adquiridos previamente, ahora al contar con el modulo terminado estos conocimientos pueden ser transferidos a los alumnos de la carrera, esto debido a que, podemos simular procesos reales, así como generar fallas para poder iniciar a los jóvenes en un punto importante en su desempeño profesional, como es el diagnostico de fallas.

También podemos lograr un método de fabricación, que sea económico y útil no solo para nuestra Universidad sino para nuestro entorno y las demás Universidades Tecnológicas, dado que la propia UTCH puede convertirse en proveedor de este tipo de equipos para las instituciones hermanas, esto daría como resultado el poder obtener una mayor cantidad de módulos de trabajo que si estos fueran comprados a proveedores externos, cabe mencionar que todos los componentes utilizados son de marcas reconocidas a nivel mundial.

## 19.4 Referencias

Insignia: Insignia Solutions Home Page. Mital, A. and Anand, S. (Editors)(1993). Handbook of Expert Systems in Manufacturing: Structure and Rules. Chapman & Hall, London, United Kingdom.

Java: Java Home Page. <http://java.sun.com/>.

Kuo, T. y Mital, A. (1993). Quality Control Expert Systems: A Review of Pertinent Literature. *Journal of Intelligent Manufacturing Systems*, 4: 245-257.

Mital, A. (1988). Desirability of Robots. In *International Encyclopedia of Robotics* (Ed.: R.C. Dorf). Wiley-Interscience, New York, pp. 322-329.

Mital, A. y Mahajan, A. (1989). Impact of Production Volume and Wage and Interest Rates on Economic Decision Making: The Case of Automated Assembly. *Proceedings of the Conference of Society for Integrated Manufacturing*, Institute of Industrial Engineers, pp. 558-563.

Mital, A., Nicholson, A.S., and Ayoub, M.M. (1993). *A Guide to Manual Materials Handling*. Taylor & Francis, Ltd., London, United Kingdom.

ITSON: [http://biblioteca.itson.mx/dac/sl/descargas/formato\\_apa.pdf/](http://biblioteca.itson.mx/dac/sl/descargas/formato_apa.pdf/).

## **Sistema integral de expediente clínico electrónico con dispositivos móviles**

Luis López, María Márquez, Ana Romo y Sandra Rodríguez

L. López, M. Márquez, A. Romo y S. Rodríguez

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), 21 Sur 1103, Santiago, 72410 Puebla

Universidad Tecnológica de Jalisco, Luis José Jiménez, 1o. de Mayo, Guadalajara, Jalisco

llopez@utj.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

Based on the NOM-168-SSA1-1998 issued by the “Secretaría de Salud” (DGRSS, 1998) we developed an electronic system to control the patient Medical Record with the aim of combining records, notes and certificates relating to the intervention health personnel in accordance with health regulations in valid in Mexico. System integration is done through the development and implementation of three applications: desktop, web and mobile devices that are connected to a robust and flexible database. Control of the electronic medical record has a focus on mobile application structured through tabs, which are cancer, epidemiological outbreak, diabetes, appointment, campaign staff and record, which includes mechanisms to maintain the security of the connection database with the central server. It is very important to maintain disease control and streamline patient care, so that the proposed Comprehensive System is relevant and its objective is the analysis, design, development and implementation of electronic clinical documentation operable in various virtual environments with multiple devices. Its construction is based on four main tools: a database robust and flexible, and three applications developed for different environments with various devices and desktop called, "Web" and "mobile devices". The design of the three applications is consistent in terms of its content which contributes to operability. Gone are the most representative and important components in the health sector, such as cancer, outbreak, Diabetes, Appointments, Campaigns, Personal and Filed. We used various development platforms, the first relates to the environment in which multiple devices operate and the second with the use of free distribution software which ensures the functionality of the Integral System and to achieve greater social coverage.

The method used was the technological development for the "development projects" in the area of engineering and technology in the software engineering discipline. It consists of four stages for three applications that make up the comprehensive system of electronic medical record control the desktop, website and mobile devices. As part of the application development for mobile devices that includes mainly tablets and smartphones, a structure defined tabs to allow access to the monitoring of patients with cancer and / or diabetes, Epidemiological Outbreak Notifications, Medical Appointments and Campaigns Health, Personal and Medical Records Control patients.

## **20 Introducción**

Un Expediente Clínico se encuentra definido por la Dirección General de Regulación de los Servicios de Salud (DGRSS, 1998) en la Norma Oficial Mexicana NOM-168-SSA1-1998. Sin embargo, tanto las empresas públicas como privadas realizan grandes esfuerzos para innovar sus procesos y productos y lograr un crecimiento en el ingreso que les permita mantener o mejorar sus márgenes de ganancias (Amit & Zott, 2012), aunque la innovación es cara, consume tiempo, requiere de un considerable esfuerzo de investigación, del desarrollo de recursos especializados, de nuevas plantas y equipo y unidades de negocios enteras, Hopkins (2010) sostiene que existe una brecha de rendimiento entre las empresas que adoptan tecnología y las que se resisten.

Acorde con esta perspectiva de innovación, mediante el uso de tecnología, México ha obligado al sector salud a integrar los expedientes de forma electrónica. La NORMA Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2012 establece los objetivos y funcionalidades para lograr su operatividad, el problema principal radica en que su implementación en el sector concluirá en el año 2020. Aunque existen expedientes clínicos electrónicos, sólo operan en entornos Web y la consulta se realiza con equipos de cómputo fijos y acceso a Internet. La importancia del monitoreo de pacientes en tiempo real se debe a los diversos estudios nacionales (Escamilla, López, Escobedo, Bustamante, 1992) (García de Alba, Ríos, Castañeda, 1999) e internacionales (Phillips, López, Papaqui, 1994) donde se establece que los mayores problemas del sistema de salud mexicano son la diabetes y el cáncer ya que representan las principales causas de muerte en adultos (DGIS, 2009) y las que consumen "el mayor porcentaje de gastos en instituciones públicas" (UNISEF, 2010). Dada la importancia social y económica de mantener el control de enfermedades y agilizar la atención de pacientes el Sistema Integral propuesto es pertinente y su objetivo el análisis, diseño, desarrollo e implementación del expediente clínico electrónico operable en diversos entornos virtuales y con múltiples dispositivos.

En este documento se presenta el Sistema integral de expediente clínico electrónico enfocado en el control con dispositivos móviles. Su construcción está basada en cuatro herramientas principales: una base de datos robusta y flexible, y tres aplicaciones desarrolladas para distintos entornos y con diversos dispositivos denominadas "de escritorio" "Web" y para "dispositivos móviles", como se muestra en la imagen 20.

**Figura 20** Esquema del Sistema Integral para el control electrónico





A partir del diseño del diagrama Entidad-Relación se desarrolla la base de datos (BD) central con el gestor SQL Server ®, el *script* generado contiene las instrucciones para construir la BD, las tablas y los registros. Su flexibilidad se encuentra en el tipo de conexión establecida, lo que hace posible migrar los datos a otro gestor como MySQL® con un conector de BD abierto (ODBC: *Open Database Connectivity*). La BD se encuentra instalada en un servidor central, al concluir las pruebas podrá migrarse a un *Host* cuyo dominio ya fue registrado como [www.aplicacionesvirtuales.com.mx](http://www.aplicacionesvirtuales.com.mx), a ella se conectan las tres aplicaciones del sistema.

El diseño de las tres aplicaciones es consistente en cuanto a su contenido lo que contribuye a su operatividad. Comprende los componentes más representativos y prioritarios en el sector salud: Cáncer, Brotes, Diabetes, Citas, Campañas, Personal y Expediente.

La aplicación de escritorio se desarrolla con el lenguaje de programación Java y se emplea NetBeans como Entorno de Desarrollo Integrado (IDE: Integrated Development Environment) . Para la aplicación Web se emplea el lenguaje de marcado hipertextual (HTML: HyperText Markup Language), un lenguaje de script incrustado dentro del HTML (PHP: Hypertext Preprocessor ) y hojas de estilo en cascada (CSS: Cascading Style Sheets). La aplicación para dispositivos móviles utiliza Java como lenguaje de programación con el IDE "ADT Bundle", en la generación de interfaces se requiere un lenguaje de marcas extensible (XML: eXtensible Markup Language), PHP para la conexión a la base de datos y Wampserver para el servicio Web mediante conexión IP.

El uso de las distintas plataformas de desarrollo de debe a dos razones: la primera se relaciona con el entorno en que funcionan los múltiples dispositivos y la segunda con el uso de software de distribución libre y gratuita lo que garantiza la operatividad del Sistema Integral y poder lograr una mayor cobertura social.

## 20.1 Método

El método empleado fue el de Desarrollo tecnológico para el “Desarrollo de proyectos” del área de ingeniería y tecnología en la disciplina de Ingeniería de software. Está compuesto por cuatro etapas para las tres aplicaciones que constituyen el Sistema integral del control de expediente clínico electrónico, la de escritorio, el sitio Web y la de dispositivos móviles:

- a) Análisis y diseño del sistema integral
- b) Desarrollo e implementación de aplicaciones
- c) Integración del sistema
- d) Pruebas y correcciones

En la etapa de análisis y diseño del sistema integral se genera un “Documento de requerimientos estandarizado” denominado CONOPS en el que se encuentran los diagramas de identificación de actores, casos de uso, identificación de entidades, diagrama de clases, diagrama de secuencia, colaboración y estado, así como el diagrama entidad-relación para la base de datos del servidor central y el diseño de imágenes e iconos de las aplicaciones.

Para el levantamiento de requerimientos se utilizó la técnica del cuestionario personalizado con un muestreo por conveniencia, el cuestionario se realiza mediante entrevista personalizada, consta de 25 preguntas 15 abiertas 10 cerradas, con ellas es posible determinar los requerimientos funcionales, no funcionales y de sistema, se aplica a médicos que atienden a pacientes de hospitales, secretarias y recepcionistas. En esta etapa se emplea el software: Rational Rose para los diagramas con el Lenguaje Unificado de Modelado (UML: Unified Modeling Language) y *Visio* para el diagrama entidad relación de la base de datos.

Para la etapa de Desarrollo e implementación de aplicaciones se requiere:

- a) la generación de la estructura de la base de datos en SQL Server (*script*) a la que se conectan las tres aplicaciones.
- b) la aplicación de escritorio se desarrolla con el lenguaje de programación Java y se emplea NetBeans como IDE.
- c) para la aplicación Web se emplea el lenguaje de marcado hipertextual (HTML) PHP: y hojas de estilo en cascada (CSS).
- d) la aplicación para dispositivos móviles utiliza Java como lenguaje de programación con el IDE "ADT Bundle", en la generación de interfaces se emplea (XML), PHP para la conexión a la base de datos y Wampserver para el servicio Web mediante conexión IP.

El ADT (Android Developer Tools) es un complemento o plugin para Eclipse® que proporciona un conjunto de herramientas integradas al IDE y ofrece acceso a otras características. El SDK de Android proporciona las bibliotecas API (Application Programming Interface) y las herramientas de desarrollo necesarias para crear, probar y depurar aplicaciones para Android.

El paquete integrado incluye los componentes esenciales de Android SDK y una versión del IDE de Eclipse con una función de ADT (Android Developer Tools) para agilizar el desarrollo de las aplicaciones:

1. Eclipse + ADT Plugin
2. Android SDK Tools
3. Android Platform-Tools
4. La última plataforma Android
5. La imagen más reciente del sistema Android para el emulador

Durante la etapa de Integración del sistema se establecen las conexiones de las aplicaciones con la base de datos y se desarrollan los mecanismos para garantizar la seguridad sobre los accesos a los datos.

En la etapa de Pruebas y correcciones se asiste a los centros de salud con el objetivo de que colaboren en las pruebas los distintos usuarios de Sistema integral: médicos, secretarias, recepcionistas, pacientes de hospitales. Se corrigen los posibles errores y se mantiene en uso la aplicación durante el periodo de un mes para garantizar y prevenir problemas futuros en el acceso a registro o corrupción en los datos.

## **20.2 Resultados**

Como parte del desarrollo de la aplicación para dispositivos móviles que contempla principalmente tabletas y teléfonos inteligentes, se definió una estructura en pestañas o *tabs* que permite acceder al seguimiento de pacientes con Cáncer y/o Diabetes, Notificaciones de Brotes Epidemiológicos, Citas Médicas y Campañas de salud, Control del Personal y Expedientes Médicos de los pacientes.

La aplicación móvil cuenta con un control de acceso bajo un esquema de seguridad basado en cuentas y contraseñas almacenadas en la base de datos, lo cual asegura que el acceso al sistema será restringido al personal de la institución de salud (Administrador (as), médicos, enfermeras(os), asistentes) o pacientes y de acuerdo al perfil del usuario tendrá acceso a módulos específicos de la aplicación. El acceso remoto se realiza a través de una conexión de internet.

En los módulos de “Monitoreo a Cáncer Cervico-Uterino” y “Monitoreo de Diabetes Mellitus”, permitirá al paciente realizar registros, con la frecuencia requerida, de la sintomatología presentada como parte del monitoreo previo a la cita médica, con la finalidad de que el médico pueda observar dicho monitoreo y le permita contar con elementos que impacten directamente en el tratamiento. Las pantallas de la aplicación móvil se muestran en las figuras 20.1 y 20.2 respectivamente.

**Figura 20.1** Pantalla de aplicación móvil para seguimiento del cáncer

The screenshot shows a mobile application interface for cancer monitoring. At the top, there is a header with a search icon and the text "Expediente Clínico Elect...". Below the header, there are three tabs: "CANCER", "BROTOS", and "DIABETES". The "CANCER" tab is selected. The main title is "Monitoreo Cancer Cervico - Uterino". Below the title, there is a text input field containing "NSS". Underneath, there are four more text input fields labeled "Actividad", "Síntomas", and "Observaciones". Below these, there are two date and time selection fields: "Fecha" with a "Seleccionar Fecha" button, and "Hora" with a "Seleccionar Hora" button. At the bottom, there is a "Nota de Evaluación" text input field. At the very bottom, there are three buttons: "Insertar", "Actualizar", and "Eliminar".

**Figura 20.2** Pantalla de aplicación móvil para seguimiento del diabetes

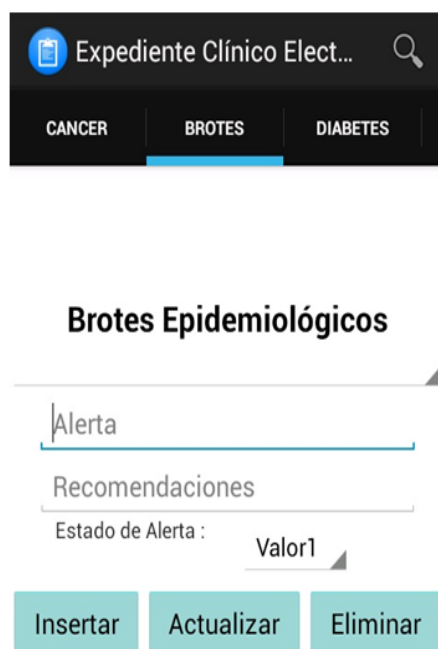
The screenshot shows a mobile application interface for diabetes monitoring. At the top, there is a header with a search icon and the text "Expediente Clínico Elect...". Below the header, there are three tabs: "BROTOS", "DIABETES", and "CITAS". The "DIABETES" tab is selected. The main title is "Monitoreo Diabetes Mellitus". Below the title, there is a text input field containing "NSS". Underneath, there is a "Glicemias" text input field followed by a checkbox labeled "Normal". Below this, there are three more text input fields labeled "Síntomas" and "Observaciones". Below these, there are two date and time selection fields: "Fecha" with a "Seleccionar Fecha" button, and "Hora" with a "Seleccionar Hora" button. At the bottom, there is a "Nota de Evaluación" text input field. At the very bottom, there are three buttons: "Insertar", "Actualizar", and "Eliminar".

Como parte de la pestaña de “Brotos Epidemiológicos” y “Campañas de salud”, se permite registrar las alertas para este tipo de eventos con la finalidad de dar a conocer a la población las recomendaciones realizadas por la entidad de salud, esto como parte del apoyo a las campañas mediáticas que se realicen.

Al ingresar el paciente al sistema, este dará una alerta de los eventos registrados.

El control puede observarse en la figura 20.3.

**Figura 20.3** Pantalla de la aplicación móvil para seguimiento de Brotos



The screenshot shows a mobile application interface. At the top, there is a header bar with a search icon and the text "Expediente Clínico Elect...". Below the header, there are three tabs: "CANCER", "BROTOS", and "DIABETES". The "BROTOS" tab is currently selected. The main content area is titled "Brotos Epidemiológicos". Below the title, there is a form with the following fields: "Alerta" (text input), "Recomendaciones" (text input), and "Estado de Alerta:" (dropdown menu with "Valor1" selected). At the bottom of the form, there are three buttons: "Insertar", "Actualizar", and "Eliminar".

Los pacientes pueden registrar sus citas médicas a través de dispositivos móviles como son teléfonos inteligentes o tabletas y reciben alertas por parte del sistema que les permita recordarla.

La fecha y hora se establecen mediante calendarios automáticos, el contenido se puede observar en la figura 20.4.

**Figura 20.4** Pantalla de la aplicación móvil para seguimiento y control de citas medicas

The screenshot displays the 'Citas' (Appointments) screen of the 'Expediente Clínico Electrónico' mobile application. At the top, there is a navigation bar with three tabs: 'DIABETES', 'CITAS', and 'CAMPAÑA'. The 'CITAS' tab is currently active. Below the navigation bar, the title 'Citas' is centered. The main form area contains several input fields: 'NSS', 'Medico', 'Consultorio', 'Piso', 'Hora', 'Fecha', 'Observaciones', and 'Estado de la cita'. The 'Hora' and 'Fecha' fields are accompanied by red buttons labeled 'Seleccionar Hora' and 'Seleccionar Fecha' respectively, indicating that these fields are currently empty and require selection.

En el módulo del personal se permite llevar a cabo el registro de las personas autorizadas para operar todo el sistema, los usuarios pueden ser tanto administradores (as) como médicos o doctoras.

El registro y consulta del expediente clínico de los pacientes se podrá realizar a través del módulo correspondiente el cual contempla el registro de datos generales del paciente, antecedentes médicos y familiares; así como el seguimiento y control.

### 20.3 Discusión

Debido a la variedad dispositivos móviles existentes que cuentan con diversas funcionalidades, desde aquellos que tienen el servicio convencional telefónico hasta los que ofrecen aplicaciones y acceso a servicios de Internet. El tener distintos dispositivos, unos más limitados que otros, puede restringir la funcionalidad del Sistema Integral del expediente clínico electrónico y limitar su uso a un sector de la población.

Aun con esa limitante, la mayoría dispositivos móviles actuales cuentan con las características técnicas necesarias para permitir la instalación y ejecución de la aplicación del *Expediente Clínico electrónico*. El diseño e implantación del Sistema Integral desarrollado permite su ejecución sobre una aplicación móvil, sobre una plataforma Web con acceso desde cualquier dispositivo conectado a internet y una aplicación de escritorio que se ejecuta desde cualquier PC para conseguir con ello el acceso a la consulta y actualización de la información

La ventaja del Expediente Clínico Electrónico a través de un entorno virtual permite que el monitoreo de pacientes se realice desde cualquier sitio, siempre y cuando se cuente con un dispositivo móvil con acceso a Internet, esto resulta importante y útil para centros de salud móviles que desplazan a comunidades que no cuentan con equipos o servicios médicos de salud especializados.

En las instalaciones de los hospitales públicos o privados también tiene acceso a la información ya que el sistema tiene un mejor control sobre los datos de pacientes pues se encuentra disponible al instante con un solo acceso.

Esta situación es contraria al hecho de tener el expediente en físico donde los procesos de búsqueda y consulta dependen de la eficiencia de los procedimientos área de archivo.

Otra de las ventajas es la disminución del consumo de papel que resulta evidente en los hospitales públicos debido a la gran cantidad de expedientes en físico que ocupan mucho espacio. El uso de este sistema permitirá reducir al mínimo o hasta eliminar el uso de papel impactando con ello positivamente en el medio ambiente.

#### **20.4 Conclusiones**

La tecnología ayuda en los procesos de cualquier empresa, reduce tiempos mientras permite incrementar el desempeño y la reducción de gastos.

El uso de un sistema de Expediente Clínico Electrónico dentro de una institución ayuda a salvaguardar la información y contar con ella en el instante en que se requiere ayudando a los médicos en sus actividades de consulta diaria.

Este proyecto involucra varias tecnologías para su desarrollo, lo que lo posiciona como un sistema multiplataforma, con un software eficiente y brinda una opción para dejar atrás el uso del papel como medio de control de expedientes clínicos.

También apoya en que el control de las consultas, actualización y monitoreo de pacientes se pueda llevar a cabo desde diversos sitios con un dispositivo con conexión a Internet.

El desarrollo de este sistema integral siguió una metodología formal debido a que se documentaron cada una de las fases establecidas en la ingeniería de software, lo que permitió construir una aplicación de escritorio, una móvil y otra Web.

Cada una de ellas con un fácil manejo, pero con una estructura robusta para el almacenamiento de información.

## 20.5 Referencias

Amit & Zott. 2012. Creating Value Through Business Model Innovation, MIT Sloan Management Review, Primavera 2012, pp. 41-49.

DGIS. 2009. Dirección General de Información en Salud (DGIS). Base de datos de defunciones generales 1979-2007. [en línea]: Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS). [México]: Secretaría de Salud. <<http://www.sinais.salud.gob.mx>> [Consulta: 01 abril 2009].

DGRSS. 1998. Dirección General de Regulación de los Servicios de Salud. Norma oficial mexicana nom-168-ssa1-1998, del expediente clínico. Publicada en el Diario oficial de la Federación en diciembre de 2008. Recuperado de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/168ssa18.html>

Escamilla JA, López M, Escobedo J, Bustamante-Montes LP. Prevalencia de hipertensión arterial y factores asociados, en una delegación política de la Ciudad de México. Arch Inst Cardiol Mex 1992; 62:267-275.

Phillips M, López M, Papaqui J. La diabetes en México: ¿Qué nos dice la Encuesta Nacional de Salud? Bol Oficina Sanit Panam 1994;117(4):307-314.

García de Alba J, Ríos-González J, Castañeda-Parra R. Algunos aspectos clínico-epidemiológicos de la diabetes mellitus. Salud Publica Mex 1999;31:669-673.

Hopkins, Michael S. 2010. The Four Ways IT is Revolutionizing Innovation, MIT Sloan Management Review, Spring 2010, pp. 51-61.

UNISEF. 2010. El doble reto de la malnutrición y la obesidad. Publicado por el Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia. Salud y nutrición. México.



## **Vehículo subacuático Sub-Chaac**

Arturo Sotelo, Luis Coria y Manuel García

A. Sotelo, L. Coria y M. García  
Instituto Tecnológico de Tijuana, Calzada del Tecnológico S/N, Tomas Aquino, 22414 Tijuana, Baja California, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
asotelo@tectijuana.mx

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013

## Abstract

The reported work is product from research and development achieved by the academic body called “Control systems and signal processing”. The aims of this work were design and build a submersible vehicle oriented to inspect submerge facilities and underwater exploration. Taking in account Baja California’s geographical location and the importance of the maritime activity. The technology development which allow to achieve underwater duties without endanger the personal who develop this tasks is a very important issue. Sub-Chaac was developed over two different versions due to the challenges that building a vehicle which allows submerging and emerging by means of varying the internal mass. Sub-Chaac II successfully fulfills the first stage, consisting on a remotely operated vehicle. Vehículo subacuático, instalaciones sumergidas, operación a distancia.

## 21 Introducción

La construcción de un vehículo subacuático (VS) es un tema que se ha planteado desde tiempos remotos, especialmente en el campo militar. En Estados Unidos en 1775 se plantea como la primera incursión de un sumergible con propósito militar, la tortuga (Turtle), por supuesto los primeros submarinos eran rudimentarios y los diseños han ido mejorando con el paso del tiempo. Con la evolución de la tecnología los submarinos modernos incluyen avanzados equipos de sonar, posicionamiento, ahorro de energía, elementos de visión infrarroja, telemetría, entre otros.

El diseño y construcción de VS es un tema de interés debido sus aplicaciones, por ejemplo, en el estudio de los perfiles de columna de agua mediante sonar en emersiones verticales (Gomáriz, y otros, 2011; Murphy, Landamore, & Birmingham, 2008), otro tipo de aplicaciones es la generación de mapas para exploración arqueológica de vestigios sumergidos (Gomáriz, Prat, Sole, Gaya, & Del Rio, 2009), así también se han empleado en tareas de monitorización usando varios VS con la finalidad de determinar la trayectoria óptima para llegar a un objeto sumergido (Kulkarni & Pompili, 2008), siendo también de utilidad en la búsqueda y rescate de objetos sumergidos (Conte, y otros, 2009). Para realizar la inmersión y emersión del vehículo se requiere de un conjunto de sistemas electromecánicos que permitan también la realización de maniobras del mismo. Para realizar las operaciones habituales del vehículo es deseable conocer las lecturas de los sensores y estados de los sistemas de abordaje, sin la necesidad de que un operador se sumerja junto con el vehículo. Por lo que se han planteado distintos tipos y modelos de VS (Autonomous Undersea Vehicle Application Center, 2013), dentro de los más relevantes son los vehículos subacuáticos no tripulados (VSNT) y los vehículos subacuáticos operados a distancia (VSOD). La diferencia entre ellos es la manera de operarlos, el primero posee su propia fuente de energía y puede navegar por sí mismo una ruta predeterminada, el segundo requiere de cables para enviar/recibir mandos e información así como la energía para su funcionamiento. Las dimensiones de lo VS pueden variar dependiendo de la aplicación, desde pequeños con sistemas de televisión para observación, hasta complicados sistemas de trabajo, los cuales pueden tener varios pinzas para manipular, herramientas y otro equipamiento (Hiroshi, 2008).

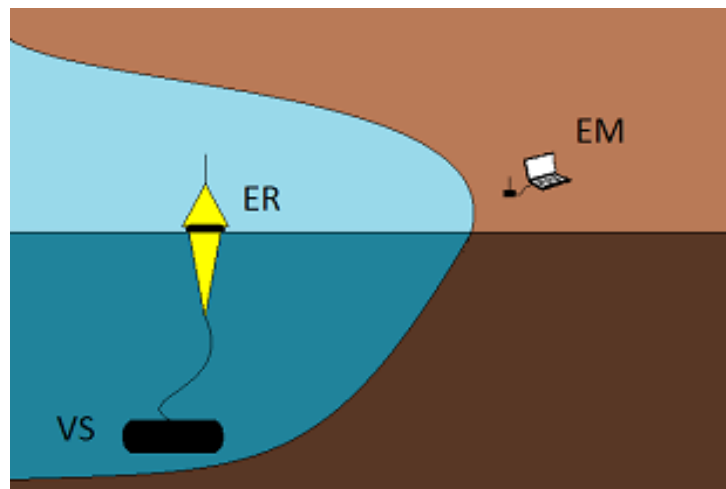
El estado de Baja California se encuentra situado en la región noroeste de la República Mexicana, limita al norte con la frontera de Estados Unidos de América, al este con el río Colorado y el mar de Cortés, al sur por el paralelo 28 y al oeste por el océano Pacífico. La zonas litorales miden 1,280 kilómetros: 720 kilómetros en el océano Pacífico y 560 kilómetros en el mar de Cortés; y la plataforma continental (fondo marino entre 0 y 200 metros de profundidad) comprende 24,832 kilómetros (Gobierno de Baja California, 2013).

Tomando en cuenta la magnitud de sus litorales de la región, la actividad pesquera, y principalmente en granjas marinas, plantea un reto para que el Instituto Tecnológico de Tijuana (*ITT*) incursione en proyectos de investigación en los cuales se desarrolle tecnología que permitan la inspección de instalaciones subacuáticas y la exploración subacuática.

### 21.1 Método

Para atender el reto el ITT a través del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica puso en marcha un proyecto consistente en el diseño y construcción de un *VSNT*, el cual en su primera fase será un *VSOD* con el propósito de realizar inspección de instalaciones sumergidas. Donde el operador se encuentra en la superficie o en tierra firme, como se muestra en la figura 20.

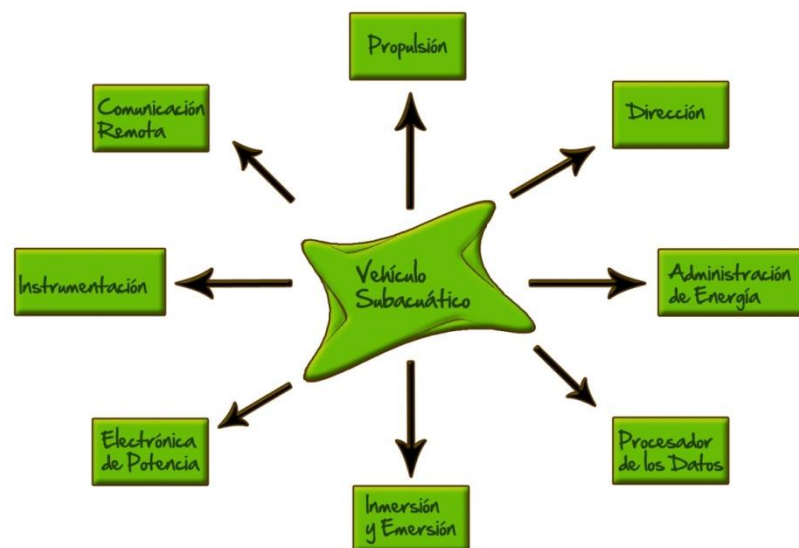
**Figura 21** Propuesta de operación del Sub-Chaac



El vehículo fue denominado Sub-Chaac (Chaac: Deidad Maya relacionada con el agua y la lluvia). Este desarrollo fue financiado por el proyecto DGEST 3416.10-P. "Vehículo Subacuático No Tripulado" y el cuerpo académico ITTIJ-CA-6, "Sistemas de control y procesamiento de señales".

En la figura 21.1 se muestran los 8 subsistemas que se desarrollaron para la implementación del Sub-Chaac, adicionalmente a estos, pero no menos importante, la estructura del vehículo.

**Figura 21.1** Diagrama a bloques de los subsistemas que forman el Sub-Chaac



Se propusieron diferentes estructuras para contener los subsistemas, decidiendo por la estructura de tipo torpedo, considerando que la construcción sería de menor complejidad y permitiría un contenedor más seguro para la electrónica de abordo. Para la primera versión del Sub-Chaac, se propuso que la profundidad máxima fuera de 3m, con un desplazamiento total de 42Kg, diámetro de 0.3m y longitud de 0.7m.

Para estimar las dimensiones de las cámaras de lastre tomando en cuenta los principios de flotación de Arquímedes, se obtuvo la siguiente expresión para lograr la flotación neutra.

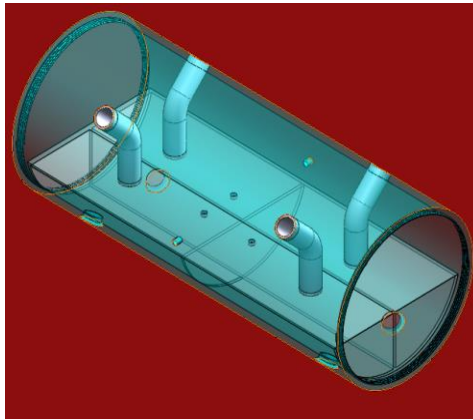
$$m_{\text{agua desplazada}} = m_{\text{elementos}} + m_{\text{lastres}} + m_{\text{vehículo}} \quad (21)$$

Por lo tanto si se quiere colocar al VS en flotación la masa interna debe ser menor a la del agua desplazada; y en flotación negativa, la masa interna debe ser mayor a la masa del agua. Por lo que para modificar la flotabilidad es necesario variar de forma controlada la masa interna del vehículo, para lo cual se hace uso de las cámaras de lastre, inundándolos para aumentar la masa interna y vaciándolos para disminuirla.

## 21.2 Resultados

Una vez obtenido el volumen de lastre necesario para modificar el estado de flotabilidad, se diseñó el primer prototipo. Con el propósito de que el vehículo además de modificar su estado de flotabilidad también pueda modificar su inclinación, sin irse a pique, según las necesidades de la misión, se diseñó con cuatro cámaras de lastre, dos frontales y dos posteriores, como se puede apreciar en el modelo 3D de la 21.2 Posteriormente se procedió a su construcción del prototipo del Sub-Chaac, en la Figura 21.3 se muestra el prototipo con los propulsores instalados.

**Figura 21.2** Sub-Chaac primera versión Modelo 3D



**Figura 21.3** Prototipo

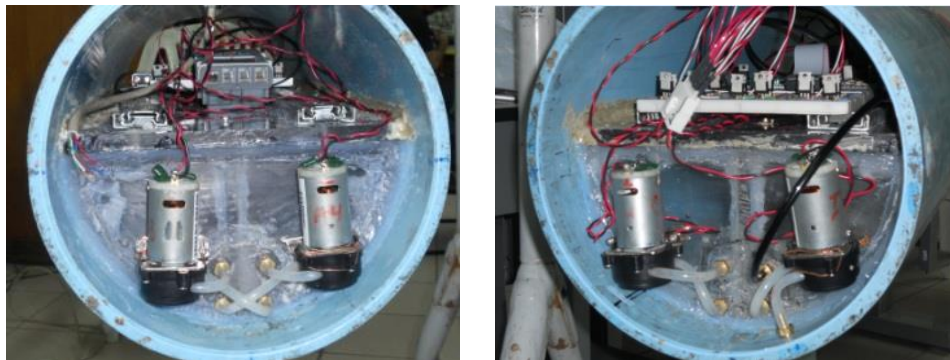


Para lograr modificar el estado de flotabilidad del vehículo se implementó un sistema de bombeo en el cual se usaron bombas peristálticas, ya que ofrecen la función de bombeo en ambos sentidos y cuando están detenidas, el propio mecanismo sella los ductos evitando que entre o salga el agua sin control. En las figuras 21.4 y 21.5, se muestran las cámaras de lastre y el sistema de bombeo.

**Figura 21.4** Sistema de bombeo de lastre, bombeo de cámaras frontales



**Figura 21.5** Sistema de bombeo de lastre, bombeo de camas posteriores



Debido a que la experiencia en el diseño de recipientes no es la especialidad de los participantes en el proyecto, el Sub-Chaac no logró la operación de inmersión, el volumen del lastre no fue suficiente, por lo que permanecía en flotabilidad positiva a pesar de que las cámaras de lastre estaban llenas al 90%, por lo cual se procedió al rediseño y construcción del Sub-Chaac II.

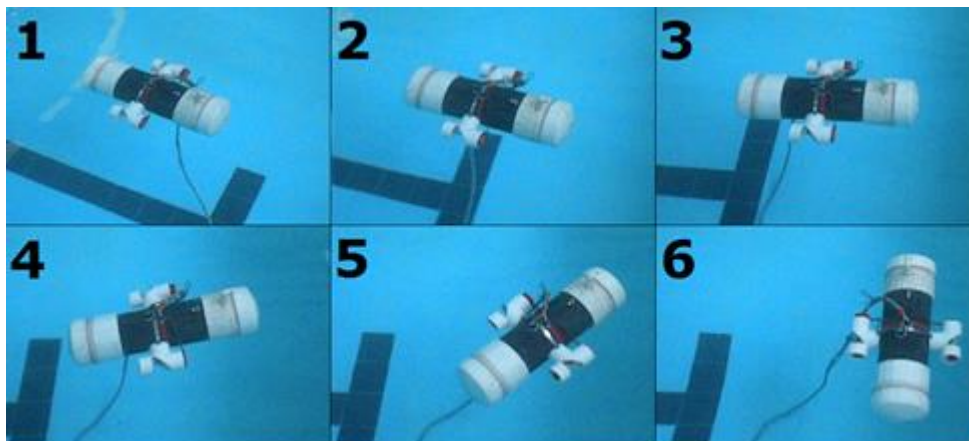
Siguiendo el mismo procedimiento, usando la misma configuración de la estructura, pero haciendo los ajustes pertinentes en los cálculos de las cámaras de lastre, se llegó a la construcción del Sub-Chaac II, el cual tiene un desplazamiento total de 26Kg, diámetro de 0.15m, longitud de 0.4m y profundidad máxima de 3m. El Sub-Chaac II se muestra en la figura 21.6, donde se puede apreciar que posee estructura similar a Sub-Chaac, con dos propulsores a los lados, el cordón umbilical en la parte superior, para suministrar energía y mandos, y recibir de él la telemetría. La estructura interna es similar pero a escala del Sub-Chaac, el sistema para lastre estaba basado en el sistema de bombeo usado en la primera versión.

**Figura 21.6** Estructura el casco del Sub-Chaac II



El Sub-Chaac II pasó las pruebas de inmersión y sello, estas fueron realizadas en una piscina de 1.6m de profundidad, en el mismo entorno se realizaron las pruebas de maniobra bajo el agua a una profundidad aproximada de 1.2m. En la figura 21.7 se muestra al Sub-Chaac II, la línea de fondo sirve como referencia para determinar las maniobras que realizó en la prueba.

**Figura 21.7** Sub-Chaac II maniobrando bajo el agua



### 21.3 Discusión

Después de la construcción y las pruebas realizadas, en la primera versión del Sub-Chaac, la falla de inmersión se atribuye a que no consideró el volumen y masa de los subsistemas, ya que al momento del cálculo del volumen de las cámaras de lastre no se conocía el volumen y peso de los subsistemas.

Finalmente en el diseño y construcción de Sub-Chaac II se consideraron las masas y volúmenes correctos, ya que entonces se contaba con todos los componentes internos, Con la intención de que pueda alojarse carga útil que dependa de la misión, se agregó lastre fijo para llevarlo al estado de flotabilidad neutra. Esta condición es crítica, debido a que si se agrega un poco más de peso entra en flotabilidad negativa, lo que sería una condición indeseable en un vehículo sumergible. Estar en el estado de flotabilidad neutra permite que el vehículo se quede en la profundidad deseada sin invertir más energía que la utilizada para llevarlo a esa profundidad, pudiendo cambiar la profundidad sin necesidad de agregar o disminuir el volumen del lastre.

### 21.4 Conclusiones

Después de haber diseñado y construido a Sub-Chaac, se ganó experiencia en el cálculo de recipientes con el propósito de lograr sumergirlos y emergerlos mediante la variación de la masa interna, lo que llevo al éxito en la construcción de Sub-Chaac II. Adicionalmente los subsistemas electrónicos y electromecánicos diseñados probaron ser son escalables y reutilizables, ya que fueron diseñados para la primera versión y fueron reciclados en la segunda versión con modificaciones menores.

La familia de VS Sub-Chaac se encuentra en análisis para introducir mejoras que le permitan la guía autónoma que le permitan ampliar la gama de aplicaciones en diferentes entornos acuáticos.

### 21.5 Referencias

Autonomous Undersea Vehicle Application Center. (28 de 06 de 2013). Obtenido de Autonomous Undersea Vehicle Application Center: <http://auvac.org/resources/infographic/timeline/>

Bierman, J., & Kincanon, E. (2003). Reconsidering Archimedes' principle. *The Physics Teacher*, 41, 340-344.

Conte, G., Gambella, L., Sacaradozzi, D., Zanolli, S., Caiti, A., Calabrò, V., . . . Silvestre, C. (2009). Underwater vehicle technology in the european research project Venus 1. *Underwater technology*, 28(4), 175-185.



Gobierno de Baja California. (27 de Jun de 2013). Gobierno de Baja California. Obtenido de Gobierno de Baja California: [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro\\_estado/ubicacion\\_geo/ubicacion.jsp](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/ubicacion_geo/ubicacion.jsp)

Gomáriz, S., González, J., Abos, A., Masmitja, I., Masmitja, G., & Prat, J. (2011). Design and construction of the Guanay-II autonomous underwater vehicle. *Oceans, 2011 IEEE* (págs. 1-6). Spain: IEEE.

Gomáriz, S., Prat, J., Sole, J., Gaya, P., & Del Rio, J. (2009). Development of a low-cost autonomous oceanographic observation vehicle. *Oceans 2009 - Europe* (págs. 1-5). UE: IEEE.

Hiroshi, Y. (2008). *Fundamentals of Underwater Vehicle Hardware and Their Applications*. (A. V. Inzartsev, Ed.) Vienna, Austria: Intech.

Kulkarni, I., & Pompili, D. (2008). Coordination of autonomous underwater vehicles for acoustic image acquisition. *Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, (págs. 27-34).

Murphy, A., Landamore, M., & Birmingham, R. (2008). The role of autonomous underwater vehicles for marine research and rescue operations. *Underwater technology*, 4(27), 195-205.

Reed, B. (2004). Archimedes' law sets a good energy-minimization example. *Physics Education*, 39(4), 322-323.

Silva, A. (1998). Archimedes' law and the Potential Energy: Modeling and Simulation with Spreadsheet. *Physics Education*, 33(2).

## **Centro de carga controlado por Wi-Fi**

Luis Kao, Luisa Lara, Fernando Loeza y Martha Zapata

L.Kao, L.Lara, F.Loeza y M.Zapata  
Universidad Tecnológica Metropolitana, Calle 115 (Circuito Colonias Sur) No. 404 Col. Santa Rosa C.P.  
97279, Mérida, Yucatán, México.  
luis.kao@utmetropolitana.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## Abstract

This paper presents a project of the academic body of Networks and Telecommunications for the Universidad Tecnológica Metropolitana (UTM) to strengthen the research line of Connectivity. The project was to develop a multi-contact device, also called load center, with Wi-Fi connectivity to enable and / or disable power electrical outlets via a web application. It involved the collaboration of students and teachers of the Networks and Telecommunications Major at the UTM. Its preparation required the design, implementation and testing of an electronic board with a wireless module, the Web application programming and configuration of a client-server infrastructure. This project explored an alternative through electronic devices to make a better use of electricity, and thus promote energy saving and environmental protection.

## 22 Introducción

Los aparatos electrónicos se utilizan en el hogar, la escuela o el trabajo. Es una práctica común el dejar conectados estos dispositivos aunque no se estén utilizando, también existen motivos en donde se justifica esta acción como dejar encendidas luces de inmuebles simulando la presencia humana por motivos de seguridad. Estas prácticas generan un alto consumo de energía eléctrica que a mediano o largo plazo afecta la economía y al medio ambiente.

En México, el 13.5% del consumo de energía eléctrica residencial es causado por aparatos apagados pero que están conectados a la red de energía eléctrica por lo que siguen consumiendo energía de acuerdo con la Procuraduría Federal del Consumidor. (PROFECO)

En ocasiones el consumo se incrementa por el olvido de apagar los aparatos eléctricos, o porque son programados para encenderse a una hora determinada.

La electricidad es la forma de energía que ofrece más ventajas para su transportación y distribución. Esto la convierte en uno de los servicios más importantes para la sociedad por lo que se espera que esté disponible para cualquiera que lo solicite. Por centro de carga se entiende el conjunto de elementos electrónicos los cuales se agrupan para controlar la alimentación de energía eléctrica de una instalación o de una zona. Está conformado por interruptores, instrumentos de medición y otros dispositivos. Pueden estar contenidos en un tablero o ser colocados en un muro, de cualquier manera juntos tienen la función de controlar la distribución de la energía que va a circuitos derivados. (Bratu, Instalaciones Eléctricas, 1992, pág. 117) El mercado de las comunicaciones inalámbricas ha presentado un gran crecimiento. Cada día millones de personas intercambian información a través de puntos de acceso, teléfonos celulares u otros servicios de comunicación inalámbrica. Las redes de área local inalámbricas (WLAN) ofrecen ventajas de productividad, servicio, comodidad y coste. (Bates Jr., 2003, pág. 189)

Los *Programmable Integrated Circuit* (PIC), son circuitos integrados que se programan para que realicen acciones digitales de control en aplicaciones domésticas o industriales de acuerdo a las necesidades del usuario y que en algunos casos se requiera de procesos de control automáticos o inteligentes. (Palacios , Remiro, & Lopez, 2006, págs. 1,2)

El módulo Wi-Fi HF-A11x, es un dispositivo que convierte un puerto serial RS-232 asíncrono a un protocolo Wi-Fi con una interface que utiliza el estándar IEEE 802.11 b/g/n. Sirve para enlazar una unidad de control maestro (*Master Control Unit* o MCU) a una red Wi-Fi y trabaja de una manera transparente entre un cliente y un servidor (Jinan USR, págs. 15,16).

Las aplicaciones Web son aplicaciones cliente/servidor. La arquitectura Cliente/Servidor implica la existencia de una relación entre procesos que solicitan (cliente) y procesos que responden a estos servicios (servidor). Una combinación de la parte cliente interactúa con el usuario y la parte servidor interactúa con el recurso compartido. Normalmente la parte cliente se implementa mediante una interfaz gráfica de usuario, que permite la introducción de datos. (Luján Mora, 2002, págs. 39, 40, 44, 45).

El objetivo del cuerpo académico de Redes y Telecomunicaciones fue explorar una alternativa de conectividad para mejorar la gestión del consumo de energía eléctrica. Esto se realizó con el diseño de un dispositivo de control para un centro de carga con un módulo inalámbrico Wi-Fi integrado. Lo anterior permitió utilizar una aplicación Web para habilitar y/o deshabilitar la energía eléctrica de los aparatos electrónicos conectados.

## 22.1 Método

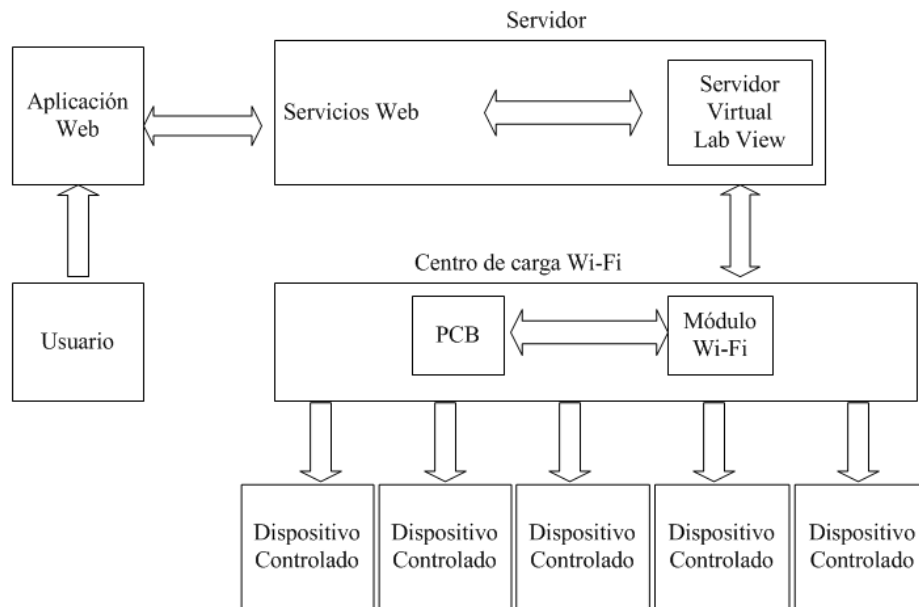
Se llevó a cabo una reunión con profesores de 5º cuatrimestre de la carrera de Redes y Telecomunicaciones (RT) para promover proyectos enfocados al desarrollo de tecnología, abarcando actividades que involucren el diseño de sistemas de *networking*, su implementación con base a los estándares reconocidos, diagnóstico, mantenimiento de redes y sistemas de telecomunicaciones. Se consideró la participación de diez alumnos de RT y dos profesores de asignatura de la UTM. Se formaron tres equipos de trabajo para la implementación y pruebas de tres versiones de un prototipo. Cada uno de los equipos recibió asesoría en los siguientes aspectos:

1. Circuitos electrónicos que serían instalados en una placa de circuito impreso.
2. Configuración del adaptador de comunicación serial a Wi-Fi.
3. Configuración e implementación del servidor web con plataforma Windows Server 2008.

También se proporcionó orientación sobre las medidas de seguridad en la electrónica, esto porque la mayoría de las herramientas eléctricas cuentan con mecanismos de seguridad que no se deben olvidar (McCOMB, 1993, pág. 70).

Se realizó el diagrama esquemático del prototipo, el cual estuvo basado en un modelo de bloques que describiera el funcionamiento del mismo, como se muestra en la Figura 22.

**Figura 22** Diagrama esquemático del centro de carga Wi-Fi



El diseño y la simulación para el desarrollo de la placa de circuito impreso (*Printed Circuit Board* o PCB), se realizó utilizando el programa *Proteus Design Suite 8.0*. El programa permitió seleccionar componentes electrónicos virtuales y crear un diagrama electrónico que simuló el funcionamiento que tendría en la vida real el PCB.

Posteriormente se imprimió el diagrama del PCB en una hoja de transferencia térmica, se aplicó a la placa fenólica y se introdujo en una solución de ácido férrico para crear las pistas y marcas en donde serían ensamblados los componentes electrónicos.

Para el ensamblaje de los componentes electrónicos, se consideró lo siguiente:

- Componentes electrónicos que no requieren programación, tales como resistencias, capacitores, transistores, entre otros.
- Componentes electrónicos que requiere programación. Para este prototipo se empleó un PIC. Para la programación de éste se utilizó el programa MicroCode Studio.
- Integración del módulo Wi-Fi para la conectividad con la aplicación web.

Para el diseño de la aplicación Web, se utilizó el software Adobe Dreamweaver y para la codificación el lenguaje HTML 5. De igual forma se creó un archivo ejecutable utilizando el programa LabVIEW, que sirvió como intérprete entre la aplicación Web y el PCB. Posteriormente se configuraron los servicios web en el servidor donde se hospedó la aplicación Web del centro de carga Wi-Fi.

El desarrollo del prototipo requirió de una calendarización y revisiones de los avances de acuerdo con los requerimientos técnicos y operativos del proyecto. En cada una de estas revisiones se verificaron que los resultados obtenidos cumplieran con los requerimientos del prototipo final.

## 22.2 Resultados

Se obtuvo un prototipo funcional que cumplió con los requerimientos propuestos para el proyecto. Éste fue presentado en el marco de las actividades realizadas en la Expo- TIC 2013 de la Universidad Tecnológica Metropolitana, como se muestran en las Figuras 2, 3 y 4. En este evento se tuvo la presencia de alumnos y docentes de la UTM, de escuelas de educación media y superior, y también de invitados del sector productivo.

**Figura 22.1** Presentación del prototipo-versión uno



En la Figura 22.1 se observa en un monitor, la interfaz Web de los contactos, donde el usuario puede ver el estado de cada uno de los contactos eléctricos o realizar acciones de encendido o apagado de los mismos.

**Figura 22.2** Presentación del prototipo-versión dos.



La figura 22.2 muestra el centro de carga en su versión dos alimentando de energía eléctrica a un teléfono celular.

**Figura 22.3** Presentación del prototipo-versión tres



La figura 22.3 muestra el centro de carga en su versión tres alimentando de energía eléctrica al monitor de la computadora.

En todas las versiones del prototipo, no se tuvo conectividad alámbrica. Los datos requeridos para habilitar y/o deshabilitar la energía eléctrica de los aparatos electrónicos conectados al centro de carga fueron enviados utilizando la aplicación Web y recibidos por el módulo Wi-Fi.

### **22.3 Discusión**

La finalidad del centro de carga Wi-Fi es el control remoto de la energía eléctrica de las tomas de corriente que lo conforman. Esto permite que aparatos eléctricos sean habilitados a través de interfaces Web desde cualquier punto geográfico con conectividad a Internet.

Por otro lado el centro de carga Wi-Fi representa un costo-beneficio económico ya que impacta en los consumos de energía innecesaria. Esto es todavía más valioso porque en la actualidad es usual que personas que laboran o se trasladan a lugares distantes requieren encender o apagar a una hora determinada los aparatos eléctricos.

### **22.4 Conclusiones**

El presente trabajo permitió al cuerpo académico de Redes y Telecomunicaciones, estudiar y obtener información relevante sobre la funcionalidad, desempeño y presentación de un centro de carga con conectividad Wi-Fi.

En lo que se refiere a funcionalidad se verificó que las tomas eléctricas puedan ser controladas de manera individual o colectiva, en ambos funcionaron de acuerdo a lo esperado.

En cuanto a su desempeño, que las tomas eléctricas puedan controlar aparatos eléctricos de uso común, tales como televisores, cargadores de celular, equipos de audio, reproductores de video, hornos de microondas, entre otros.

Respecto a la presentación del prototipo, se consideró un campo a explorar como producto comercial en cuanto a imagen y precio.

Este proyecto permitió adquirir nuevo conocimiento técnico encaminado a la investigación de alternativas de conectividad, que hagan un mejor uso de la electricidad, y así propiciar el ahorro de energía y la protección al medio ambiente.

### **22.5 Agradecimientos**

Al ME. Carlos López May y Dra. Rocío Hernández Ceballos, por la colaboración y aportación al proyecto. A los alumnos participantes Melchor Couoh, Karla Espinoza, Eddy Santiago, Crhistian Sánchez, Wilberth Frías, Jonathan Ordoñez, Pablo Ortiz, Amisiris Aguilar, Javier Puerto, Angel Herrera y Eric Puga, por el empeño y logro de las actividades que permitieron concluir el prototipo. Asimismo al Dr. Eduardo Ceh Varela por las observaciones y comentarios al trabajo presentado.



## 22.6 Referencias

Bates Jr., R. J. (2003). *Comunicaciones inalámbricas de banda ancha*. Madrid: Mc Graw Hill.

Bratu, N. (1992). *Instalaciones Eléctricas* (2a. ed.). México: Alfaomega.

Jinan USR Technology Co. LTD. *Serial TTL RS232 To 802.11b/g/n converter Embedded Wi-Fi Module*. Recuperado el 15 de 06 de 2013 de <http://en.usr.cn/serial-ttl-rs232-to-802.11-bgn-converter-Embedded-WiFi-Module.html>.

Luján Mora, S. (2002). *Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web*. España: Editorial Club Universitario.

McCOMB, C. (1993). *Tips y técnicas para Electrónica*. México: Mc Graw Hill.

Palacios E. (2006) Microcontrolador PIC16F84 (2ª ed). México: Alfaomega  
PROFECO. (s.f.). [www.profeco.gob.mx](http://www.profeco.gob.mx). Recuperado el 20 de 05 de 2013, de Procuraduría Federal del Consumidor:  
[http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/ELIMINA\\_LOS\\_VAMPIROS.pdf](http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/ELIMINA_LOS_VAMPIROS.pdf)

**Innovación y desarrollo en la formación profesional a través de las tecnologías de la información y comunicación en los TSU en desarrollo de negocios de la Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado**

Karina Fernández & Adriana Pérez

K.Fernández & A.Pérez  
Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado, Avenida Jalisco y Calle 59, San Luis R. C. Sonora,  
México  
karina.fernandezb@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## **Abstract**

Nowadays, the world is characterized by the advance of technological development, finding the information as an essential element in the economic, social, political and cultural aspects of the countries and all of them impact the development of a country, and this is achieved through the education of its citizens.

In relation to education it should be considered that the ways and methods of teaching have changed, we find unimaginable resources within the network, allowing us to improve the teaching – learning processes through different media and teacher-student communication, such as the use of social networks, blogs, forums, clouds, multimedia, educational software, tutorials, interactive whiteboards and plenty of online educational resources. Because of these changes, it is important that our teachers update themselves on the use of ICTs, to be in position to advance to the pair of students and take advantage of unlimited resources found in internet to make classes more creative, innovative and interesting. Remember that education cannot remain stagnant, it must evolve and therefore the actors in the educational process must too.

## **23 Introducción**

La historia de la humanidad se encuentra ligada a la evolución de la educación, cada época tiene aspectos relevantes en cuestiones culturales, científicas, de sociedad, de política, organización administrativa, entre otros. A través de los tiempos observamos como el hombre evoluciona con la finalidad de mejorar sus formas de vida y tal vez simplificar los procesos que hace rutinariamente.

También en la actualidad el mundo se caracteriza por el avance del desarrollo tecnológico, encontrado a la información como elemento indispensable en los aspectos económicos, sociales, políticos y culturales de los países y todos esos aspectos repercuten en el desarrollo de un país, y éste se logra a través de la educación de sus ciudadanos. Se ha simplificado el estilo y forma de vida de las personas, se acortan distancias a través de las nuevas tecnologías y puedes conocer personas de todo el mundo y hacer negocios en línea, un sinfín de actividades que han proporcionado todos estos avances. Se debe considerar que las tics mejoran la comunicación, acortan distancias, permiten estar informados en menos tiempo, facilitan la búsqueda de información y actualmente son herramientas indispensables en los entornos educativos de todos los niveles, pues desde que los niños se encuentran en preescolar se les imparten clases de computación, donde se les enseña el uso básico de un computadora; de igual manera cuando están en primaria se les imparten clases de computación, en menor número de clases en las escuelas públicas y en mayor en la privadas, sin embargo en ambas instituciones se le da la importancia de que los niños sigan aprendiendo a través de las computadoras y otras tecnologías.

Lo anterior nos indica que desde la educación básica se tiene inmerso el uso de las tics en el aprendizaje de los estudiantes, por lo tanto se debe reforzar y superar el uso de las tics en el nivel superior.

Son numerosos los avances de la tecnología en la educación, y nos referimos no solamente a la educación virtual, sino también a los innumerables recursos digitales que se tienen en la red para hacer más fácil, accesible e interesante el trabajo de los docentes, entre esos recursos se tienen las redes sociales, los blogs, pizarrones electrónicos con acceso a internet, recursos multimedia, nubes informáticas que te permiten guardar información sin ocupar espacio en tus equipos de cómputo, software educativos, programas en línea con los que puedes diseñar esquemas gráficos, páginas interactivas con material didáctico, repositorios de información gratuitos donde puedes encontrar información fidedigna y confiable para trabajos académicos, e infinidad de recursos educativos en línea y gratuitos. Con todo y los avances de la tecnología, es increíble que los docentes de nivel superior continúen en pleno siglo XXI con las clases de forma tradicional, por supuesto se aceptan las limitaciones que tienen las instituciones públicas en cuanto a equipos de cómputo y acceso a internet para todos los alumnos, aún así no se puede seguir retrasando el avance de la tecnología como parte esencial de educación actual, por tal motivo se deben buscar las estrategias para acercar el uso de la nuevas tecnologías y comunicación en los procesos de enseñanza – aprendizaje y construcción del conocimiento por parte de los estudiantes.

En base a lo anterior, el presente estudio se realiza para identificar las necesidades de capacitación que tienen los docentes de la Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado, en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. Partiendo de esa detección de necesidades se abre paso a diseñar los cursos de actualización que requiere el personal docente de dicha institución, para posteriormente proporcionar la capacitación que arroje la investigación en su primera parte.

Se pretende que con esa capacitación los docentes a nivel universitario de la carrera de Desarrollo de Negocios, implementen en sus procesos de enseñanza – aprendizaje el uso adecuado de las tecnologías de la información y comunicación, con lo cual innoven y desarrollen nuevos métodos de aprendizaje y permitan al alumno ser los constructores de su conocimiento con el uso de las tecnologías y la comunicación. Haciendo énfasis en que el modelo de las universidades tecnológicas es setenta por ciento práctico y treinta por ciento teórico, además de basarse en el modelo por competencias.

Para sustentar esta investigación, se parte de tres documentos importantes: el primero nos habla sobre la importancia de las tecnologías de la información y la comunicación relacionadas con la educación en todos sus niveles, es el documento “Metas educativas 2021”, la educación que queremos para los Bicentenarios, esté se elaboró como desarrollo al acuerdo alcanzado en la XVIII Conferencia Iberoamericana de Educación celebrada en El Salvador el 19 de Mayo de 2008; en este se plasman las expectativas que se desean alcanzar para los países Iberoamericanos incluido México.

En uno de sus apartados menciona la Calidad de la Educación, los docentes y las nuevas tecnologías, siendo una de las metas para el 2021 incrementar la calidad educativa incorporando las nuevas tecnologías en información y comunicación. En otro apartado menciona las culturas juveniles e inclusión social, donde se considera que los jóvenes de hoy y del 2021 estarán cada día más inmersos en las NTIC, las nuevas formas de relación que ellos comparten, por lo que se debe considerar la innovación educativa en la enseñanza abierta y a distancia y en el uso adecuado de las tics. Se considera la meta específica número 15, “Ofrecer un currículo que incorpore la lectura y el uso del computador en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, en el que la educación tenga un papel relevante y que estimule el interés por la ciencia entre alumnos y alumnas”. Dentro de documento se contempla en programa de dinamización del espacio iberoamericano del conocimiento.

Otro documento con importancia a nivel Nacional es en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, que de acuerdo con la política educativa en México, se tiene contemplado el proveer de una educación suficiente y de calidad logrando una profunda transformación educativa. De igual manera se hace énfasis en el avance por medio de la competitividad y el desarrollo sustentable. Plantea dentro de sus objetivos impulsar el desarrollo de las TICS en el sistema educativo. Señala que se debe propiciar la utilización de espacios virtuales que permitan desarrollar competencias avanzadas para el uso de las TICS en docentes y alumnos, formar diseñadores de software educativo y tecnológico. Dentro del Plan Nacional de Desarrollo, se encuentra inmerso el programa sectorial de educación 2007-2012, donde en el tercer objetivo se encuentra lo siguiente: “Impulsar el desarrollo y utilización de tecnologías de la información y la comunicación en el sistema educativo para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, ampliar sus competencias para la vida y favorecer su inserción en la sociedad del conocimiento.”

Y por otra parte la Ley General de Educación señala que, entre otros fines, la educación deberá contribuir al desarrollo integral del individuo, favorecer el desarrollo de facultades para adquirir conocimientos, así como la capacidad de observación, análisis y reflexión críticos, fortalecer la conciencia de la nacionalidad y de la soberanía; promover la práctica de la democracia; promover el valor de la justicia, de la observancia de la ley y de la igualdad de los individuos. Que en el país una de las principales preocupaciones es consolidar la calidad del sistema educativo, sin importar el nivel educativo o la modalidad empleada. Que cualquiera de los modelos educativos por los que se opte, debe ser garantía de rigor académico, que prepare estudiantes con una formación sólida e integral, así como profesionistas altamente capacitados que les dé la posibilidad de continuar con su preparación académica.

### **23.1 Método**

Tipo de estudio: Partimos de que la investigación a abordar es mixta, tipo No Experimental, transeccional o transversal de tipo exploratorio y descriptiva.

Método mixto: El método a utilizar es una investigación mixta, esto significa que tiene inferencias cualitativa y cuantitativa de acuerdo a Hernández Sampieri.

Algunas bondades del método mixto son: Perspectiva más amplia y profunda, mayor teorización, datos más variados, creatividad por parte del investigador, indagaciones más dinámicas, mayor solidez y rigor y mejor exploración y explotación de los datos.

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implica la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández Sampieri y Mendoza, 2008).

También se concibe a los métodos mixtos como la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una fotografía más completa del fenómeno. Éstos pueden ser conjuntados de tal manera que las aproximaciones cuantitativa y cualitativa conserven sus estructuras y procedimientos originales. Alternativamente estos métodos pueden ser adaptados, alterados o sintetizados para efectuar la investigación y lidiar con los costos del estudio (“forma modificada de los métodos mixtos) (Chen 2006; Jojnsom et al., 2006).

Aunque se utiliza el método mixto, se tiene una preponderancia hacia al método cualitativo, por el tipo de fenómeno a investigar. De igual manera la investigación es multimétodos, ya que se utilizan varios métodos para su realización.

Tipo de diseño no experimental: Este tipo de investigación se centra en analizar cuál es el nivel de una o diversas variables en un momento dado; Evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo y determinar o ubicar cuál es la relación entre un conjunto de variables en un momento dado.

Para contextualizar lo anterior es necesario mencionar el tema de estudio y las variables que se consideran para este tipo de investigación:

Tema: Innovación y desarrollo en la formación profesional a través de las tecnologías de la información y comunicación en los TSU en Desarrollo de Negocios de la Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado.

Variable Independiente:

- Innovación y desarrollo

Variables dependientes:

- Formación profesional a través de las TICS
- TSU en desarrollo de negocios

Investigación transeccional o transversal: Se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede.

Se utilizará el diseño transeccional exploratorio, el cual consiste en comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Por lo general se aplica a problemas de investigación nuevos o poco conocidos, además constituyen el preámbulo de otros diseños (no experimentales y experimentales).

El diseño transeccional descriptivo, tiene como objeto indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población. El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades; y así proporcionar su descripción.

Población: Es el lugar donde se lleva a cabo la investigación: Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado, ubicada en la ciudad de San Luis Río Colorado, Sonora, específicamente en la carrera de Desarrollo de Negocios. A la fecha se tiene una población de 45 alumnos en segundo cuatrimestre, sin embargo se tienen proyectados un total de 150 alumnos para el mes de septiembre de 2013, considerando la población de nuevo ingreso.

Sujetos: docentes de la carrera de Desarrollo de Negocios de la Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado:

Sexo indistinto  
Edades fluctúan entre los 24 y los 40 años  
Escolaridad mínima licenciatura

Alumnos de la carrera de Desarrollo de Negocios de la Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado  
Sexo indistinto  
Edades fluctúan entre los 18 y los 38 años

Instrumento de medición: Es diseñar el reactivo para la recolección de datos, en este caso las preguntas que se aplicarán a docentes y alumnos dependiendo de las variables en estudio. Y de ser posible también se tiene contemplado un focus group con los docentes para conseguir sus opiniones de forma libre y espontánea sobre los temas en estudio de esta investigación. Infraestructura disponible: Se debe contar con laboratorios de cómputo y acceso a internet en sus equipos, que permitan realizar pruebas sobre la eficiencia en el uso de las TICS en los procesos de enseñanza – aprendizaje. De igual forma se detecta que una cantidad considerable de alumnos cuenta en la institución con equipos de cómputo portátiles, se sugiere a la institución el uso de wi-fi para el acceso a internet, así como mejorar el servicio de internet a través de la adaptación de servidores y equipos de alta eficiencia que permitan otorgar la demanda que requiere la población estudiantil de la universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado, para su conexión a internet de forma ilimitada.

## 23.2 Resultados

La investigación se encuentra en proceso, sin embargo se pretende que este proyecto de investigación impacte de forma directa e indirecta en las siguientes estrategias de los lineamientos del PIFI en la Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado, siendo los siguientes:

- Estrategia 7. Capacitar al personal en conocimientos básicos del buen uso y manejo de sistemas de cómputo.
- Estrategia 8. Reestructurar el área de informática con un área de desarrollo de software y mejorar las herramientas tecnológicas e informáticas para el seguimiento oportuno de las implementaciones existentes.
- Estrategia 9. Fortalecer el programa de promoción y captación para incrementar la cobertura de alumnos y tener una mayor utilización de los espacios educativos.
- Estrategia 11. Realizar proyectos institucionales que contribuyan a la obtención de recursos extraordinarios para equipar y reequipar los talleres y laboratorios de nuevos PE así como de los ya existentes.

## 23.3 Discusiones

Como se menciona en el punto anterior, la investigación está en proceso, y dentro de los temas a discutir son los alcances de la investigación, siendo primordialmente “mejorar el nivel educativo de los alumnos de la carrera de Desarrollo de Negocios en la Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado, con la implementación del uso de las tecnologías de la información y la comunicación en sus procesos de enseñanza – aprendizaje”. Y para lograrlo se establecen los siguientes objetivos:

1. Conocer el tipo de tecnologías de la información y comunicación que utilizan los docentes de nivel superior de la carrera de Desarrollo de Negocios.
2. Identificar los métodos de enseñanza-aprendizaje que utilizan los docentes de nivel superior de la carrera de Desarrollo de Negocios
3. Detectar las necesidades de capacitación del personal docente en el uso adecuado de las tecnologías de la información y comunicación de nivel superior de la carrera de Desarrollo de Negocios
4. Desarrollar cursos de capacitación de las tecnologías de la información y capacitación que requieran los docentes de nivel superior de la carrera de Desarrollo de Negocios.
5. Asegurar que los docentes utilicen adecuadamente las tics en la impartición de sus clases.
6. Implementar el uso de las tics en el proceso enseñanza – aprendizaje, y comparar los resultados de la educación tradicional con la educación combinada en el uso de tics



### 23.4 Conclusiones

La investigación nace como un proyecto de línea de investigación por parte de uno de los autores para entrar en la categoría de apoyo a la incorporación de nuevos PTC en PROMEP. Este trabajo tiene el protocolo que fue presentado ante PROMEP y se está trabajando sobre los instrumentos de medición que se aplicarán a los sujetos en estudio para identificar las necesidades de capacitación que requieren los docentes, en el uso de la tics aplicadas a la educación, eso es una primera fase, posteriormente y de acuerdo a los resultados obtenidos se realizará el programa de capacitación a impartir, esto como segunda fase y en la tercera fase se tiene contemplado la implementación de la tics en los procesos de enseñanza – aprendizaje, realizando a la par un comparativo con los métodos tradicionales y registrando el impacto entre uno y otra forma de enseñanza.

Dentro de los avances que se llevan y de acuerdo a la bibliografía en la cual se ha indagado, así como al análisis de la observación a través de la experiencia docente, podemos darnos cuenta de que los estudiantes superan a los docentes en muchas de las ocasiones en el uso de las tics, sin embargo no están bien enfocado el uso de las tics, pues todavía copian y pegan tareas o investigaciones que se les asignan, utilizan fuentes no fidedignas dentro de la red, tienen un uso limitado en redes sociales como Facebook, al uno usarlo como un medio de comunicación y herramienta educativa, se tienen también plataformas virtuales gratuitas como es el caso de Moodle, donde se puede interactuar de una mejor forma con los estudiantes, aun cuando la clase sea presencial se puede hacer uso de este recurso que posteriormente para el docente le simplificaría el tiempo de calificar, ya que la plataforma arroja después de que se evaluaron las actividades el concentrado de calificaciones, y se queda la evidencia física de las actividades de los alumnos.

Los anteriores son solo algunos ejemplos de lo mucho que tanto docentes como alumnos pueden realizar en la red, simplificando procesos y consiguiendo mejores resultados en los procesos enseñanza-aprendizaje.

### 23.5 Referencias

Acevedo, A. D. (1995). Impacto del uso de la computadora en el aprendizaje. En: Memorias del XI Simposio Internacional de Computación en la Educación. Pp.267-281. SOMECE. México.

Álvarez Gómez Miguel y González-Romero Víctor M. 2006. "Mejores escritos si queremos más y mejores lectores", publicado en: Aprendizaje y Tecnología, ISBN: 970-27-0709-9, pags. 169-182.

Álvarez Gómez Miguel, González-Romero Víctor m., Morfín Otero María y Cabral Araiza Jesús. 2006 “Aprendizaje en línea” Libro digital, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. Registro en trámite.

Barajas Emilio. Alfabetización virtual y gestión del conocimiento. Revista electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la sociedad de la información. Vol. 10 No. 2 Julio de 2009, <http://www.usal.es/teoriaeducacion> . Universidad de Salamanca, España. Consultada en: [http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev\\_numero\\_10\\_02/n10\\_02\\_lopez\\_barajas.pdf](http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_10_02/n10_02_lopez_barajas.pdf)

Cabero Julio. 2001. Tecnología educativa. Diseño y utilización de medios en la enseñanza. Editorial Paidós. Barcelona, España.

Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI) 2003-2005 <http://www.itu.int/wsis/index-es.html> 16/10/09

Domínguez Mario, Las tecnologías de la información y la comunicación: sus opciones, sus limitaciones y sus efectos en la enseñanza. Nómadas, número 8. Universidad Complutense de Madrid, España, 2003. Consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx>

Doval Luis. 2004. Revista Digital de Educación y nuevas tecnologías; Con Texto Educativo “Las tic, la escuela y la relación espacio-tiempo”. Argentina. <http://contexto-educativo.com.ar/2004/2/nota-01.htm>

Duart, Josep M., Sangra, Albert. 2000. Aprender en la virtualidad. Editorial Gedisa EDIUOC. Barcelona España.

Fernández Muñoz Ricardo. “Las nuevas tecnologías aplicadas a la educación: análisis de una experiencia en la Escuela Universitaria de Magisterio de Toledo”. Revista de educación y cultura de la sección 47 del SNTE. Vol. 12. Guadalajara, Jalisco, México 2006. <http://www.latarea.com.mx/index.htm>

García Jaime, La falacia de la ampliación de la cobertura educativa mediante la utilización de las NTIC y la educación a distancia en la educación superior en México. Revista Iberoamericana de Educación, número 045, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Madrid España. 2007. Consultada en: <http://www.rieoei.org/rie45a05.htm>

García Lorenzo. La Cátedra UNESCO de educación a distancia, CUED, de la Universidad Nacional de educación a distancia de España. Una apuesta por la calidad de la educación a distancia. Unión de Universidades de América Latina (UDUAL), Distrito Federal, México, 2002. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Consultado en: <http://redalyc.uaemex.mx>

García Aretio Lorenzo. 2001. La Educación a Distancia de la Teoría a la Práctica. Ariel Educación. Barcelona España.

González Romero Victor M. 2005. "Las TIC's y la Internacionalización de la Educación Superior: Casos de Estudios Mexicanos", Libro Digital, ISBN: 970-27-0980-6, Volumen 1. 2005.

Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; baptista, Lucio. 2004. Metodología de la investigación. McGrawHill. "DF", México.

Ley General de Educación. <http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/fed/178/2.htm?s=>

López Ma. Cristina, Espinoza Adolfo y Flores Katiuzka. Percepción sobre las tecnologías de la información y la comunicación en los docentes de una Universidad Mexicana: El Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara. Revista electrónica de Investigación Educativa, año/vol. 8 número 001. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. 2006. Consultado el 20 de agosto de 2006 en: <http://redie.uabc.mx/vol8no1/contenido-espinoza.html>

Martínez Sánchez Francisco y Prendes Espinosa Ma Paz (coords.) Nuevas tecnologías y educación. PEARSON Educación, S.A., Madrid, 2004.

Metas educativas 2021, La educación que queremos para la generación de los Bicentenarios. Conferencia Iberoamericana de Ministros de Educación. Organización de Estados Iberoamericanos. El Salvador, Mayo de 2008.

Paymal, Noemí. 2007. Pedagogía 3000. Guía práctica para docentes, padres y uno mismo. La Paz, Bolivia. <http://www.pedagoogia3000.info/html/libro02.htm>

Potter Geoff. 2006. "Digital Technologies for effective learning". Tecnologías para internacionalizar el aprendizaje. Primera edición 2005. UdeG. ISBN 970-27-0828-1

Programa Sectorial de Educación 2007-2012. México. [http://sep.gob.mx/wb/sep1/programa\\_sectorial](http://sep.gob.mx/wb/sep1/programa_sectorial)

**Apéndice A . Consejo Editor Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato**

Aguilera Santoyo- Virginia, PhD.

Rectora de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Huerta González- Luis, PhD.

Director de Desarrollo y Fortalecimiento.

Coordinación General de Universidades Tecnológicas.

Corral García- María del Socorro, MC.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Mecánica y Mantenimiento Área Industrial.

Hernández Medina- Gerardo, Lic.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Abogado General.

Pérez García- Vicente, M. I.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Mecánica.

Espinoza Zamora- Jesús, M.C.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Procesos Alimentarios.

Rico Moreno- José Luis, M.C.C.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Tecnologías de la Información.

Andrade Oseguera- Miguel Ángel, M. F.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Contaduría.

Silva Contreras- Juan, M.F.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Contaduría.

López Ramírez- María Elena, M.Gic.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Agricultura Sustentable y Protegida.

**Apéndice B . Consejo Editor ECORFAN**

Ángeles Castro- Gerardo, PhD.  
Instituto Politécnico Nacional, Mexico.

Peralta Ferriz- Cecilia, PhD.  
Washington University, E.UA.

Yan Tsai- Jeng, PhD.  
Tamkang University, Taiwan.

Miranda Torrado- Fernando, PhD.  
Universidad de Santiago de Compostela, España.

Palacio- Juan, PhD.  
University of St. Gallen, Suiza.

David Feldman- German, PhD.  
Johann Wolfgang Goethe Universität, Alemania.

Guzmán Sala- Andrés, PhD.  
Université de Perpignan, Francia.

Vargas Hernández- José, PhD.  
Keele University, Inglaterra.

Hira- Anil , PhD.  
Simon Fraser University, Canada.

Villasante – Sebastian, PhD.  
Royal Swedish Academy of Sciences, Suecia.

Pacheco Bonrostro- Joaquín, PhD.  
Universidad de Burgos, España.

García y Moisés– Enrique, PhD.  
Boston University, E.U.A.

Raúl Chaparro- Germán , PhD.  
Universidad Central, Colombia.

Luo- Yongli, PhD.  
Wayland Baptist University, Texas.

Guzmán Hurtado- Juan, PhD.  
Universidad Real y Pontifica de San Francisco, Bolivia.

Laguna- Manuel, PhD.  
University of Colorado, E.U.A.

Gandica de Roa- Elizabeth, PhD.  
Universidad Católica del Uruguay, Montevideo.

Segovia Vargas- María , PhD.  
Universidad Complutense de Madrid, España.

Pires Ferreira Marão- José , PhD.  
Federal University of Maranhão, Brasil.

Salgado Beltrán- Lizbeth, PhD.  
Universidad de Barcelona, España.

Quintanilla Cóndor- Cerapio, PhD.  
Universidad Nacional de Huancavelica, Peru.

García Espinosa- Cecilia, PhD.  
Universidad Península de Santa Elena, Ecuador.

**Apéndice C . Comité Arbitral Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato**

Corral García- María del Socorro, M. C.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica y Mantenimiento Área Industrial

Hernández Medina- Gerardo, Lic.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Abogado General

Pérez García- Vicente, M.I.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica

Espinoza Zamora- Jesús, M.C.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios

Rico Moreno- José Luis, M.C.C.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información

Andrade Oseguera- Miguel Ángel, M.F.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Contaduría

Silva Contreras- Juan, M.F.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Contaduría

Huerta González- Luis, PhD.  
Director de Desarrollo y Fortalecimiento  
Coordinación General de Universidades Tecnológicas

López Ramírez- María Elena, M.GIC.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Agricultura Sustentable y Protegida

Acosta Navarrete- María Susana, M.C.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios y Agricultura Sustentable y Protegida

Aguirre Puente- José Alfredo, M.A.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información

Cano Ramírez- Jaime, M.C.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mantenimiento

Pérez Ríos- Miriam E, M.I.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios

Ramírez Lemus- Lidia, PhD.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Desarrollo de Negocios

Ledesma Jaime- Reynaldo, M.I.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica

Enrique Botello- José, PhD.  
Instituto Tecnológico de Celaya  
Bioingeniería

Acosta García- Gerardo, PhD.  
Instituto Tecnológico de Celaya  
Biotecnología

Montes Hernández- Salvador, PhD.  
INIFAP-Bajío  
Biotecnología

Padilla Medina- Alfredo, PhD.  
Instituto Tecnológico de Celaya  
Electrónica-procesamiento de imágenes

Hernández Martínez- Miguel, PhD.  
INIFAP-Bajío  
Agricultura

Jiménez Islas- Hugo, PhD.  
Instituto Tecnológico de Celaya  
Matemáticas- Estadística

Arroyo Figueroa- Gabriela, M.C.  
Universidad de Guanajuato  
Biotecnología Experimental

Mercado Flores- Juan, PhD.  
Instituto de ciencias agrícolas  
Alimentos y Análisis Estadístico  
López Orozco- Melva, Ing.



Instituto de ciencias agrícolas  
Bioingeniería

Waldir Pérez Ríos- Lenin, Ing.  
Ingeniería Industrial.  
Sabes UNIDEG

Vázquez Barrios- María Esthela, PhD.  
Universidad Tecnológica de Querétaro  
Manejo Poscosecha

Pacheco Aguilar- Ramiro, PhD.  
Universidad Tecnológica de Querétaro  
Biotecnología/Biofertilizantes

Gallardo Granados- Samuel, M.C.  
Empresa FIRA  
Agricultura Protegida

García Ruiz- Rosario, Q. A.  
Universidad Tecnológica de Querétaro  
Tecnología de alimentos

Rivas Casas- Nydia, MGIC  
Instituto de Ecología  
Biología Microcuencas

Aguilera Barreiro- María de los Ángeles, M.C  
Universidad Tecnológica de Querétaro  
Nutrición

Lesso Arroyo- Raúl, M.I.  
Instituto Tecnológico de Celaya  
Mecánica

Vidal Lesso- Agustín, PhD.  
Instituto Tecnológico de Celaya  
Mecánica

Diosdado de la Peña- Ángel, PhD.  
Universidad Politécnica de Guanajuato  
Mecánica

Guzmán Cabrera- Rafael, PhD.  
DICIS Universidad de Guanajuato  
Eléctrica

González Parada- Adrián, PhD.  
DICIS Universidad de Guanajuato  
Eléctrica

Ruiz Pinales- Juan José, PhD.  
DICIS Universidad de Guanajuato  
Eléctrica

Thomson López- Reynaldo, PhD.  
DICIS Universidad de Guanajuato  
Arte y Empresa

Gómez- Francisco, PhD.  
DICIS Universidad de Guanajuato  
Eléctrica

Rodríguez Villalón- Osvaldo, PhD.  
DICIS Universidad de Guanajuato  
Eléctrica

Barrón Adame- José Miguel, PhD.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información

Gordillo Sosa- José Antonio, cPhD.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información

Quintanilla Domínguez- Joel, cPhD.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información

Moreno Villanueva- Emmanuel, M.I.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica

Ferrer Almaraz- Miguel Ángel, M.I.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica

Rodríguez Sánchez- Marcos, Ing.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mantenimiento

Ramírez Cano- Teresa, MMT.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Desarrollo de Negocios

Mendoza García- Patricia del Carmen, MAE.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Desarrollo de Negocios

Arreguín Cervantes- Antonio, M.C.  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica

