

ISSN 2444-4995

Volumen 2, Número 4 — Abril — Junio -2016

# Revista de Prototipos Tecnológicos

ECORFAN<sup>®</sup>



**ECORFAN-Spain**

## **Indización**

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT

## **ECORFAN-Spain**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

#### **Director Regional**

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD.

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

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

#### **Edición de Logística**

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD.

#### **Diseñador de Edición**

TREJO-RAMOS, Iván. BsC

Revista de Prototipos Tecnológicos, Volumen 2, Número 4, de Abril a Junio - 2016, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralzarzal -Madrid. WEB: [www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María, Co-Editor: MIRANDA GARCÍA- Marta, PhD. ISSN-2444-4936. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA – BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio 2016.

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

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

## **Consejo Editorial**

MARTINEZ-BRAVO, Oscar Mario, PhD  
*Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica-UNAM-México*

ROMAN-KALISCH, Manuel Arturo, PhD  
*Universidad Autónoma de Yucatán-México*

SOUSA-GONZÁLEZ, Eduardo, PhD  
*Universidad Autónoma de Nuevo León-México*

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

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

DE AZEVEDO-JUNIOR, Wladimir Colman, PhD  
*Federal University of Mato Grosso-Brazil*

PÉREZ-ROBLES, Juan Francisco, PhD  
*CINVESTAV-IPN-México*

PARTIDA-RUVALCABA, Leopoldo, PhD.  
*Universidad Tecnológica de Culiacán-México*

MARTÍNEZ-RIVERA, María de los Ángeles, PhD  
*Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IP- México*

GONZALEZ-TORRIVILLA, Cesar Castor PhD  
*Universidad Central de Venezuela-Venezuela*

DE LA FUENTE-SALCIDO, Norma Margarita, PhD  
*Universidad Autónoma de Coahuila-México*

## **Consejo Arbitral**

MPC, PhD

*Universidad de Valladolid- Spain*

GGO, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana- México*

DGS, PhD

*Universidad de Guadalajara- México*

RLR, PhD

*Universidad Autónoma de Sonora-México*

CBMT, PhD

*Universidad Autónoma de Baja California-México*

HGV, BsC

*Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología-México*

GOH, PhD

*Facultad de Química, UNAM-México*

EZNG, PhD

*Instituto Nacional de Cardiología-México*

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Prototipos Tecnológicos

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

El artículo *Desarrollo de modelos matemáticos para el análisis y evaluación de máquinas y equipos industriales* por AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-MUÑOZ, José Luis, FLORES-PÉREZ, José Manuel y GONZÁLEZ-AHUMADA, Estefani Janet, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, como siguiente artículo está *Desarrollo de sensores de apertura para cualquier compuerta de tráiler, camioneta o caja seca en Comunicación SMS-GPS a cualquier dispositivo Móvil* por MUNGUÍA-BALVANERA, Pablo, DELGADO-GARCÍA, Nallely, ESCATÍN-LÓPEZ, Oscar y PÉREZ-BARRADA, José Luis, como siguiente artículo está *Desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable* por RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, LÓPEZ-RAMÍREZ, María Elena, CANO-RAMÍREZ, Jaime y AMBRIZ-COLÍN, Fernando, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, como siguiente artículo está *Diseño de reactor horizontal para pirólisis de neumáticos triturados* por RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel, FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel y LEDESMA-JAIME, Reynaldo con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, como siguiente artículo está *Diseño de un prototipo de sistema de información para la gestión de la producción en una planta de alimentos* por CANO-C, Adolfo, FORNÉS-R, René, RÍOS-V, Nidia y TAPIA-M, Iván, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Sonora, como siguiente artículo está *Diseño del sistema de alimentación con energía solar para abastecer al equipo de reventado de grano de amaranto eléctrico* por MERINO-MUÑOZ, Víctor Hugo, DE ITA-XIMIL, José David, HUERTA-LÓPEZ, Luis Alberto y FLORES-NAVA, Jeanette, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, como siguiente artículo está *Prototipo de un dispositivo de conteo automático de personas* por GARCÍA-TRINIDAD, Enrique, MATA-GONZÁLEZ, José, VILLALOBOS-ACOSTA, José y RAMÍREZ-RAMOS, Gabriela, con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Desarrollo de modelos matemáticos para el análisis y evaluación de máquinas y equipos industriales</b> AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-MUÑOZ, José Luis, FLORES-PÉREZ, José Manuel y GONZÁLEZ-AHUMADA, Estefani Janet.	1-16
<b>Desarrollo de sensores de apertura para cualquier compuerta de tráiler, camioneta o caja seca en Comunicación SMS-GPS a cualquier dispositivo Móvil</b> MUNGUÍA-BALVANERA, Pablo, DELGADO-GARCÍA, Nallely, ESCATÍN-LÓPEZ, Oscar y PÉREZ-BARRADA, José Luis	17-21
<b>Desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable</b> RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, LÓPEZ-RAMÍREZ, María Elena, CANO-RAMÍREZ, Jaime y AMBRIZ-COLÍN, Fernando.	22-29
<b>Diseño de reactor horizontal para pirólisis de neumáticos triturados</b> RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel, FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel y LEDESMA-JAIME, Reynaldo.	30-38
<b>Diseño de un prototipo de sistema de información para la gestión de la producción en una planta de alimentos</b> CANO-C, Adolfo, FORNÉS-R, René, RÍOS-V, Nidia y TAPIA-M, Iván.	39-54
<b>Diseño del sistema de alimentación con energía solar para abastecer al equipo de reventado de grano de amaranto eléctrico</b> MERINO-MUÑOZ, Víctor Hugo, DE ITA-XIMIL, José David, HUERTA-LÓPEZ, Luis Alberto y FLORES-NAVA, Jeanette.	55-65
<b>Prototipo de un dispositivo de conteo automático de personas</b> GARCÍA-TRINIDAD, Enrique, MATA-GONZÁLEZ, José, VILLALOBOS-ACOSTA, José y RAMÍREZ-RAMOS, Gabriela.	66-75

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Desarrollo de modelos matemáticos para el análisis y evaluación de máquinas y equipos industriales

AVILÉS-FERRERA, José Josías\*†, RODRÍGUEZ-MUÑOZ, José Luis, FLORES-PÉREZ, José Manuel y GONZÁLEZ-AHUMADA, Estefani Janet.

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato (UTSOE), Carretera Valle de Santiago-Huanímaro km. 1.2, C.P. 38400. Valle de Santiago, Guanajuato.*

Recibido Abril 15, 2016; Aceptado Junio 17, 2016

### Resumen

Desde hace varios años se ha venido incrementando el uso de herramientas computacionales para el análisis de equipos, maquinaria y herramientas industriales de trabajo continuo como son: motores eléctricos, calentadores, turbinas entre otros; que permiten tener en buenas condiciones estos equipos y a partir de este análisis poder programar el apropiado mantenimiento de ellos o su reparación si ese fuera el caso. A partir del desarrollo de los modelos matemáticos de las máquinas más empleadas en la industria, se puede realizar el análisis y evaluación de estos equipos, mediante su programación en lenguajes computacionales, tales como: EES, Java, C/C++, Visual Basic, etc. Bajo este escenario, se ha desarrollado una plataforma que sirve como una herramienta computacional para el análisis de equipos y procesos que son comúnmente empleados en la industria. Dicha herramienta computacional permite al usuario analizar el desempeño de equipos industriales, como por ejemplo, las bombas centrifugas mediante el análisis de sus curvas de comportamiento en las condiciones de diseño, referencia y operación real. En este artículo se describe el desarrollo de esta plataforma.

**Equipos, análisis, pruebas, computación, mantenimiento**

### Abstract

For several years, it has been increasing the use of computational tools for analysis equipment, industrial machinery and tools of continuous work such as electric motors, heaters, among other turbines; that they allow such equipment in good condition and from this analysis to program the proper maintenance or repair them if that was the case. From the development of mathematical models of the machines most used in industry, you can perform the analysis and evaluation of these teams, by computer programming, such as languages: ESS, Java, C/C++, Visual Basic, etc. Under this scenario, it has developed a platform that serves as a computational tool for the analysis of equipment and processes than are commonly used in the industry. This computer tool allows the user to analyze the performance of industrial equipment, such as centrifugal pumps by analyzing their performance curves in the design conditions, reference and actual operation. In this article is described the development of this platform.

**Equipment, analysis, tests, computer, maintenance**

**Citación:** AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-MUÑOZ, José Luis, FLORES-PÉREZ, José Manuel y GONZÁLEZ-AHUMADA, Estefani Janet. Desarrollo de modelos matemáticos para el análisis y evaluación de máquinas y equipos industriales. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-4: 1-16

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jjavilesfe@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La industria moderna, tan competitiva como lo es hoy en día debido a la globalización y a la economía, requiere de procesos bien definidos que garanticen productos de alta calidad, en el menor tiempo posible y a un bajo costo. Por lo que es necesario el buen diagnóstico de sus equipos. Esto con lleva a tener herramientas de diagnóstico que permitan establecer planes de operación y mantenimiento en un tiempo bien definido, cuidando en todo momento que sus recursos materiales y humanos se encuentren en óptimas condiciones, si estos fallaran sería catastrófico para la empresa ya que esto provocaría retrasos en sus tiempos de producción y entrega de su producto, una elevación en los costos de producción e incluso hasta su extinción en el mercado por lo que el impacto que tendría en la sociedad y la economía sería enorme.

Por lo descrito anteriormente, es importante que existan medios y métodos que ayuden a evaluar los equipos y procesos de operación, mediante el diagnóstico de forma óptima a las máquinas y equipos de tal manera que garanticen que se encuentran en excelentes condiciones de operación. En la actualidad, existen métodos que ayudan a mantener y solucionar estos problemas mediante el empleo de estándares internacionales como son ASME, IEEE, ISA y los estándares nacionales como la NOM. Sin embargo, las fallas de los equipos por una mala operación o mala evaluación del mismo, pueden llegar a provocar el retraso en la producción, incrementar los costos debido a un mayor consumo energético y hasta el paro completo de una línea de producción o una planta.

Por lo anterior, se propone desarrollar un modelo matemático que permita evaluar un equipo empleando estas técnicas o metodologías antes mencionadas, que proporcionen una mejor solución a los problemas que se enfrenta la industria manufacturera de la región del bajío, en particular del estado de Guanajuato (Barajas, 2004).

## Justificación

Con la globalización de los mercados, las empresas en el mundo se han visto obligadas a cumplir con estándares de calidad internacionales que les permita ser competitivas a nivel regional, nacional e internacional. Todas las organizaciones deben certificarse cumpliendo con los requisitos de la norma ISO 9001.

Para satisfacer los requerimientos que esta norma exige, es indispensable que las empresas cuenten con un apropiado plan de mantenimiento que les permita conservar sus equipos, herramientas e instalaciones en las mejores condiciones de funcionamiento.

Como en la mayor parte del proceso o aplicaciones operacionales, las tres principales áreas de consideración son la seguridad, la fiabilidad y el costo. El equipo mecánico requiere mantenimiento periódico; Por lo tanto, el mantenimiento debe incluir como cuarto motivo de preocupación.

El desgaste es una de las principales causas que hace necesario el mantenimiento de la maquinaria industrial.

Comparado con los otros dos problemas que ocasionan el reemplazo de máquinas y/o sus componentes como son la fatiga y la corrosión, el desgaste ha sido el menos estudiado y probablemente sea por esta razón, que aún no se ha constituido un cuerpo de conocimientos racional que permita predecirlo con cierto grado de exactitud.

En la actualidad, las bombas centrífugas conforman las piezas claves de la mayoría de los sistemas para manejo de fluidos; y por ser máquinas dinámicas, conformadas por una parte rotatorias y otra fija, forman parte de aquellos equipos cuyos componentes son bastante susceptibles a desgaste.

### Objetivos

Los objetivos desarrollados para este proyecto se muestran a continuación:

- Desarrollar diferentes modelos matemáticos para el diagnóstico de máquinas y equipos industriales en la plataforma EES (Engineering Equation Solver). La función básica proporcionada por el EES es la solución de un conjunto de ecuaciones algebraicas. Este también puede resolver ecuaciones diferenciales, ecuaciones con variables complejas, hacer la optimización, proporcionar regresión lineal y no lineal generar gráficos con calidad de publicación simplificar el análisis de incertidumbre y proporcionar animaciones.
- Hacer un análisis de los equipos industriales más usados en las industrias.
- Incrementar la vida útil de los equipos
- Desarrollar modelos matemáticos para el análisis de maquinaria y equipos industriales.

- Desarrollar nuevas metodologías para la evaluación y diagnóstico de máquinas y equipos industriales.

### Marco teórico

Los equipos industriales son un conjunto de objetos necesarios para desarrollar una actividad o trabajo de tipo industrial o para la industria (Avilés, 2009).

### Turbina

También llamada turbomáquina es una máquina cuyo elemento principal es un rotor a través del cual pasa un fluido de forma continua, cambiando éste su cantidad de movimiento por acción de la máquina, dándose así una transferencia de energía entre la máquina y el fluido, la cual puede ser en sentido máquina-fluido o fluido-máquina. En la figura 1 se muestran las partes de una turbina.

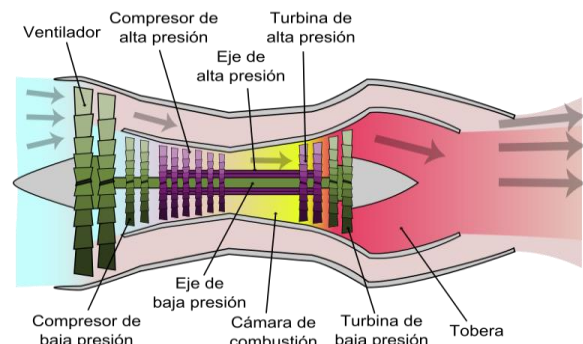


Figura 1 Partes de una turbina.

### Evaporador

Intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo, luego de una brusca expansión que reduce su temperatura. Durante el proceso de evaporación, el fluido pasa del estado líquido al gaseoso. En la figura 2 se muestran las partes de un evaporador.

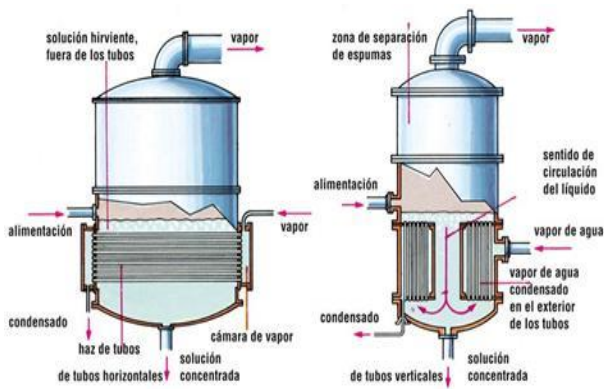


Figura 2 Partes de un evaporador.

**Condensador**

Es un intercambiador de calor entre fluidos, de modo que mientras uno de ellos se enfría, pasando de estado gaseoso a estado líquido, el otro se calienta. Se fabrican en tamaños y disposiciones diversas.

La función principal del condensador es ser el foco frío o sumidero de calor dentro del ciclo termodinámico, su misión principal es condensar el vapor que proviene del escape de la turbina de vapor en condiciones próximas a la saturación y evacuar el calor de condensación (calor latente) al exterior mediante un fluido de intercambio. En la figura 3 se muestra como está constituido un condensador.

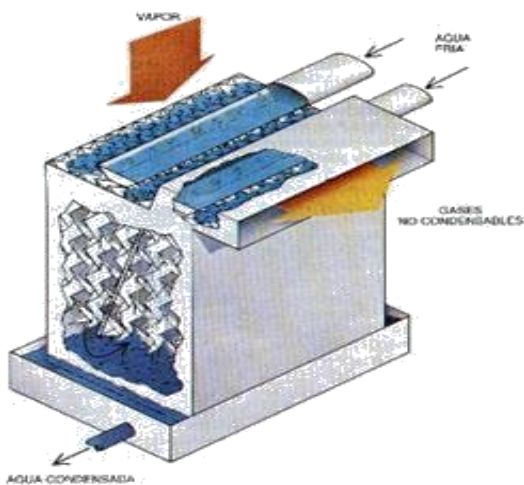


Figura 3 Condensador.

**Bombas**

Un equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad.

Así se tienen bombas que se utilizan para cambiar la posición de un cierto fluido. Un ejemplo lo constituye una bomba de pozo profundo, que adicionan energía de presión sería una bomba en un oleoducto, en donde las cotas de altura, así como los diámetros de tuberías y consecuentemente las velocidades fuesen iguales, en tanto que la presión es incrementada para poder vencer las pérdidas de fricción que tuviesen en la conducción.

Siendo tan variados los tipos de bombas que existen, es muy conveniente hacer una adecuada clasificación. La que se considera más completa, y que se usara en este libro, es la del “Hydraulic Institute”, en su última edición. El mencionado Instituto tiene como miembros a más de cincuenta compañías de fabricantes de equipos de bombeo en el mundo entero y se ha preocupado por mantener al día los llamados “standards”, figura 4.

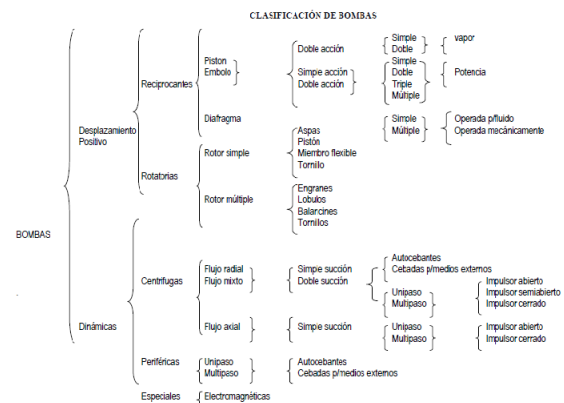
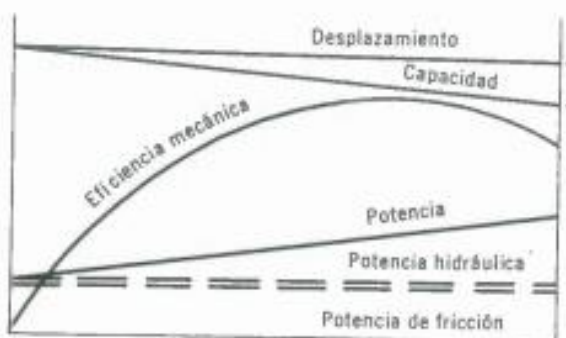


Figura 4 Clasificación de bombas.

## Funcionamiento de las bombas

La acción del bombeo es la adición de energías cinética y potencial a un líquido con el fin de moverlo de un punto a otro. Esta energía hará que el líquido efectúe trabajo, tal como circular por una tubería o subir a una mayor altura. Una bomba centrífuga transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio en la energía cinética y potencial requeridas. Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la punta de los alabes o periferia del impulsor y de la densidad del líquido, la cantidad de energía que se aplica por libra de líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad, figura 5.



**Figura 5** Gráficas para una bomba rotatoria con velocidad.

**Desplazamiento:** El desplazamiento es la cantidad teórica de líquido que los elementos giratorios pueden desplazar sin carga o presión. En una bomba de engranes, por ejemplo, el desplazamiento es la suma de los volúmenes existentes entre los dientes.

**Deslizamiento:** Es la cantidad de líquido que regresa de la descarga a la succión, a través de los claros que existen entre los dientes y entre la pared lateral de los engranes y la carcasa.

**Gasto:** El gasto de la bomba es la cantidad de líquido que sale de ella, y es igual al desplazamiento de la bomba menos el retorno o recirculación. Teóricamente, el desplazamiento es una línea recta.

**Potencia:** En una gráfica, la variación de la potencia tiene la forma de línea recta. Para  $P = 0$  existen pérdidas de fricción. Al aumentar la presión aumenta la potencia al freno requerida. Esta depende de la viscosidad y la presión.

**Eficiencia:** La eficiencia de la bomba varía según el diseño de la misma, la viscosidad y otros factores. En general es mayor para bombas de alta presión.

Las bombas rotatorias pueden tener eficiencias muy altas tales como 80-85%, cuando manejan líquidos de viscosidad relativamente alta (10-15,000 SSU).

**Carga estática:** Es la altura, expresada en metros de líquido, de la columna de fluido que actúa sobre la succión (entrada) o descarga (salida) de una bomba.

**Carga estática de descarga:** Es la distancia vertical entre el eje central de la bomba y el punto de entrega libre del líquido.

**Carga estática total:** Es la distancia vertical entre los niveles de succión y descarga.

**Carga de fricción:** Es la columna, en metros, del líquido que se maneja, equivalente y necesaria para vencer la resistencia de las tuberías de succión y descarga y de sus accesorios. Varían de acuerdo con la velocidad del líquido, tamaño, tipo y condiciones anteriores de las tuberías y naturaleza del líquido que se maneja.

**Carga de velocidad:** Un líquido que se mueve a cualquier velocidad dentro de un tubo, tiene energía cinética debida a su movimiento. La carga de velocidad es la distancia de caída necesaria para que un líquido adquiera una velocidad dada y está dada por la ecuación (1).

$$hv = v^2/2g \quad (1)$$

$hv$  = Carga de velocidad en metros de líquido manejado.

$v$  = Velocidad del líquido en m/seg.

$g$  = Aceleración debida a la gravedad, en m/seg<sup>2</sup>.

**Elevación de succión:** Es la suma de la elevación estática de succión, de la carga de fricción de succión total y de las pérdidas de admisión (la elevación de succión es una carga de succión negativa).

**Carga de succión:** Es la carga estática de succión menos de la carga de fricción total y las pérdidas de admisión, más cualquier presión que se encuentre en la línea de succión. Es una presión negativa (hay vacío) y se suma algebraicamente a la carga estática de succión del sistema.

**Carga de descarga:** Es la suma de la carga de descarga estática, de la carga de fricción de descarga y de la carga de velocidad de descarga.

**Carga total:** Es la suma de las cargas de elevación de succión y descarga. Cuando hay una columna de succión, la columna total de la bomba es la diferencia entre las cargas de succión y descarga.

**Presión de vapor:** Si un líquido se encuentra a una temperatura arriba de su punto de congelación, sufre evaporación en su superficie libre. En el seno del líquido se origina una presión que se llama presión de vapor y que está en función directa con la temperatura del líquido.

**Presión de bombeo:** Al funcionar la bomba tiende a formar un vacío en el seno del líquido; este succionar se conoce como presión de bombeo.

**Carga neta positiva de succión (CNPS):** Es la presión disponible o requerida para forzar un gasto determinado, en litros por segundo, a través de la tubería de succión, al ojo del impulsor, cilindro o carcasa de una bomba. Se da en metros del líquido manejado equivalentes a la presión en kg/cm<sup>2</sup> requeridos para forzar el líquido a la bomba.

**CNPS disponible:** Esta depende de la carga de succión o elevación de la carga de fricción, y la presión de vapor del líquido manejado a la temperatura de bombeo. Si se varía cualquiera de estos puntos, la CNPS puede alterarse.

**CNPS requerida:** Esta depende solo del diseño de la bomba y se obtiene del fabricante para cada bomba en particular, según su tipo, modelo, capacidad, y velocidad.

Para un sistema dado, las pérdidas que se tienen en la carga (considerando la succión y descarga) por fricción, varían aproximadamente con el cuadro de la velocidad del líquido en el sistema. El análisis gráfico de un sistema se adapta igualmente a bombas centrifugas, rotatorias o reciprocantes.

Este análisis es necesario para conocer el punto en el cual trabaja una bomba y debe hacerse antes de investigar si las deficiencias del funcionamiento de un equipo se deben a los defectos mecánicos o de instalación (Viejo, 2006).

Curva de fricción de un sistema: Las pérdidas de carga por fricción en un sistema de bombeo son una función del tamaño del tubo, longitud, número y tipo de accesorios que lo integran, velocidad de flujo del líquido y, desde luego su naturaleza, figura 6.

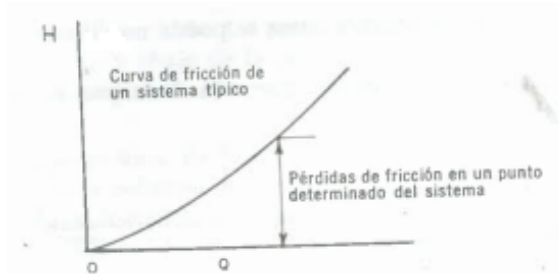


Figura 6 Curva de fricción de un sistema de bomba.

Curva de carga del sistema: Esta curva se obtiene al combinar la curva de fricción del sistema con la curva estática y con cualquier diferencia de presión del sistema. Si se superpone la curva H-Q de la bomba sobre la curva de la carga de carga del sistema, se obtendrá el punto en el cual trabaja una bomba determinada, en el sistema para el cual se ha trazado la curva (McNaughton, 1998).

Una bomba solo puede funcionar dentro de un sistema. Para entregar un volumen dado de líquido en este sistema, la bomba debe aplicar, al líquido, una energía formada por los siguientes componentes:

- Carga estática
- Diferencia en presiones en las superficies de los líquidos.
- Carga de fricción
- Perdida en la entrada y la salida

El rendimiento hidráulico de una bomba centrífuga incluye tres factores básicos:

- 1) Capacidad (expresada en unidad de volumen por unidad de tiempo, como rpm)
- 2) Carga total (expresada en pies del líquido que se bombea)
- 3) Velocidad a la cual funciona la bomba (en rpm).

El rendimiento o “comportamiento” de la bomba se presenta en forma de curva en que la curva de carga contra capacidad se traza a una velocidad fija. La curva también indica el caballaje al freno requerido con diversos flujos y la eficiencia correspondiente de la bomba. La capacidad a la cual la bomba trabaja con más eficiencia se llama punto máximo de eficiencia (Best Efficiency Point).

El trabajo útil que hace una bomba es el peso del líquido bombeado en un periodo, multiplicado por la carga producida por la bomba y se expresa en términos de caballaje, llamados caballos de agua (WHP). Sería más correcto llamar a WHP caballos de líquido, que se determinan con (2).

$$\text{WHP} = (\text{QH}(\text{sp.gr.}))/3960 \quad (2)$$

WHP = Caballos de agua

Q = Capacidad de la bomba

H = Carga total, ft.

La potencia requerida para la propulsión de la bomba son los caballos de agua divididos entre la eficiencia  $n$  de la bomba. Por lo tanto al dividir la ecuación (2) entre esta  $n$  se tiene (3).

$$\text{WHP} = (\text{QH}(\text{sp.gr.}))/(\text{3960n}) \quad (3)$$

### Leyes de afinidad

Las relaciones que permiten predecir el rendimiento de una bomba a una velocidad que no sea la de característica conocida de la bomba, se llaman leyes de afinidad. Cuando se cambia la velocidad:

- 1) La capacidad  $Q$  en cualquier punto dado en la característica de la bomba varía directamente con la velocidad,  $n$ .
- 2) La carga  $H$  varía en razón directa al cuadrado de la velocidad.
- 3) El caballaje al freno  $P$  varía en razón directa al cubo de la velocidad

En otras palabras si se asigna el subíndice 1 a las condiciones en las cuales se conocen las características y el subíndice 2 denota las condiciones a alguna otra velocidad, entonces, (4), (5) y (6).

$$Q_2/Q_1 = n_2/n_1 \quad (4)$$

$$H_2/H_1 = (n_2/n_1)^2 \quad (5)$$

$$P_2/P_1 = (n_2/n_1)^3 \quad (6)$$

Estas relaciones se pueden utilizar sin peligro para cambios moderados en la velocidad.

Hay leyes de afinidad similares para los cambios en el diámetro  $D$  del impulsor, dentro de los límites razonables del impulsor, (7).

$$Q_2/Q_1 = D_2/D_1 \quad (7)$$

$$H_2/H_1 = (D_2/D_1)^2 \quad (8)$$

$$P_2/P_1 = (D_2/D_1)^3 \quad (9)$$

Ocurren ciertas desviaciones de estas leyes incluso con reducciones más o menos pequeñas.

El principio de la similitud dinámica, cuando se aplica a una bomba centrífuga indica que dos bombas de configuración similar tendrán características semejantes de funcionamiento. El término “velocidad específica” es el que relaciona los factores principales de las características de rendimiento: capacidad, carga y velocidad de rotación, en un solo término.

Si las condiciones de funcionamiento de una bomba a su velocidad de diseño, es decir, la capacidad, carga, eficiencia y entrada de potencia con las cuales la curva de eficiencia llega a su máximo, se considera como norma de 100% para comparación entonces las curvas de carga de capacidad, capacidad contra potencia y capacidad contra eficiencia se pueden trazar en términos del porcentaje de sus respectivos valores a la capacidad para máxima eficiencia. Este conjunto de curvas representa la curva “característica tipo” o curva del “100%” de la bomba (Pacheco, 2007).

Las curvas de 100% de bombas que tienen velocidades específicas de 2000, 4000 y 10000 aparecen en las siguientes figuras. Estas curvas se pueden utilizar para predecir la forma aproximada de las características de una bomba cuando se conoce la velocidad específica de ella. Para evitar la interpolación, las curvas de las figuras 8 y 9 muestran el cambio en la carga y la potencia en la relación con la velocidad específica para impulsores de succión sencilla. Un impulsor de doble succión tendrá una característica tipo que se aproximara a la de uno de succión sencilla que tenga una velocidad específica de  $(1/2)$   $1/2$  o sea 70.7% de la del impulsor de doble succión.

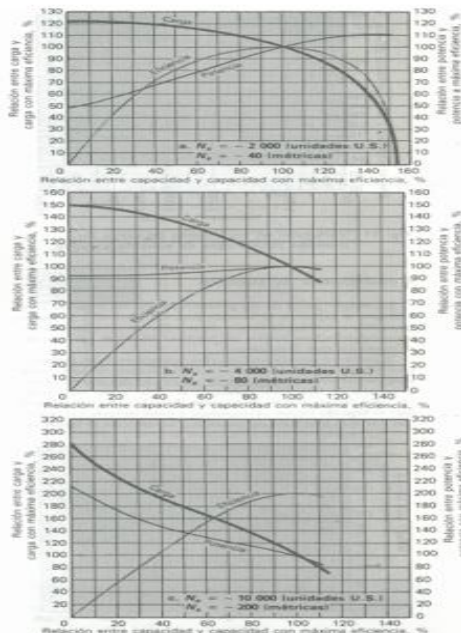


Figura 7 La velocidad específica determina la forma de las características de una bomba centrífuga.

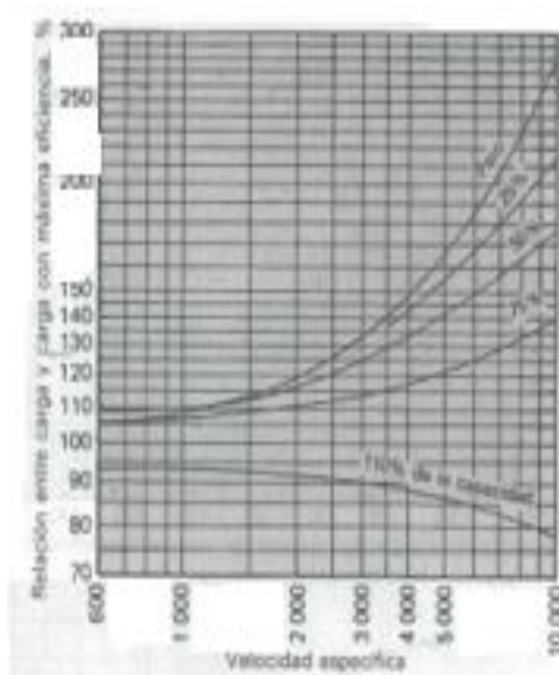


Figura 8 Variación en los valores de carga en bombas centrífugas de succión sencilla.

El rendimiento de la bomba se suele presentar con curvas (figura 10) y la curva de carga contra capacidad se traza a una velocidad fija. Las curvas también indican el cabalaje al freno requerido con diversos caudales y la eficiencia correspondiente.

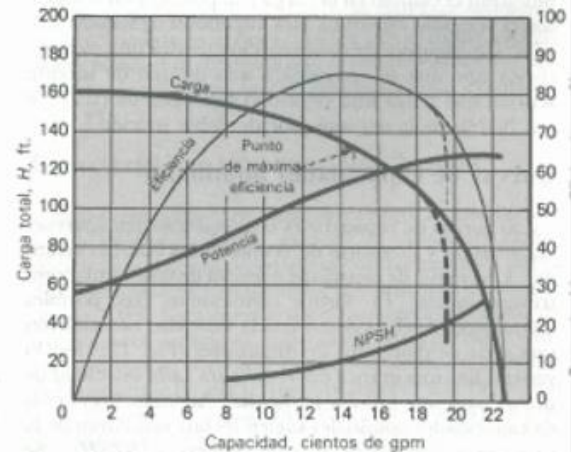


Figura 9 Características de rendimiento de una bomba centrífuga.

En la tabla 1 aparecen 14 clases diferentes de mal funcionamiento de bombas centrífugas, todas ellas se pueden agrupar en tres grupos: problemas hidráulicos reales, problemas mecánicos reales y problemas hidráulicos irreales.

1	La bomba no entrega liquido
2	Entrega menos liquido del esperado
3	No produce suficiente presión
4	La forma de la curva de carga y capacidad es diferente de la curva original de rendimiento
5	Pierde el cebado después del arranque
6	Consumo demasiada potencia
7	Tiene vibraciones
8	Esta ruidosa
9	Fugas excesivas por el prensaestopas
10	Corta duración del prensaestopas
11	Fugas excesivas por el sello mecánico
12	Corta duración del sello mecánico
13	Corta duración de los cojinetes
14	La bomba se sobrecalienta y se pega

Tabla 1 Lista de comprobación de problemas típicos con las bombas centrífugas.

Los problemas hidráulicos reales son cuando la bomba no puede funcionar de acuerdo con las especificaciones de capacidad, y eficiencia.

Pueden ser por fallas en la bomba o en su propulsor. Ciertos problemas hidráulicos, como la cavitación, pueden ocasionar el segundo tipo de problema que son los desperfectos mecánicos, los cuales se notan por síntomas como ruido, vibraciones, sobrecalentamiento y pueden llevar a mal funcionamiento hidráulico con lo que la bomba no cumple con los requisitos de rendimiento.

Los problemas irreales suelen ser hidráulicos y por lo general son el resultado de diseño y colocación incorrectos de la tubería y de procedimientos deficientes para pruebas. La corrección de estos problemas suelen ser más costosas que la de las dos primeras clases, por la dificultad para diagnosticarlas (McNaughton, 1998).

### **Pérdidas**

Todas las pérdidas de energía en la bomba entre las secciones de entrada y salida se clasifican en tres grupos:

a) Pérdidas hidráulicas: Disminuyen la energía especificada útil que la bomba comunica al fluido, es decir, la altura manométrica. Son de dos clases pérdidas de superficie y pérdidas de forma: las pérdidas de superficie se producen por el rozamiento del fluido con las paredes de la bomba (rodete, corona directriz) o de las partículas del fluido entre sí; las pérdidas de forma se producen por el desprendimiento de capa límite los cambios de dirección y en todas las formas difíciles de flujo, en particular en la entrada de del rodete si la tangente del alabe no coincide con la dirección de la velocidad relativa a la entrada, o a la salida del rodete si la tangente del álabe de la corona directriz no coincide exactamente con la velocidad absoluta a la salida

b) Pérdidas volumétricas. Son pérdidas de caudal y se dividen en dos clases pérdidas interiores  $q_i$  y pérdidas exteriores  $q_e$ .

c) Pérdidas exteriores,  $q_e$ , constituyen una salpicadura de fluido al exterior, que escapa por el juego entre la carcasa y eje de la bomba que la atraviesa.

d) Pérdidas interiores,  $q_i$ , son las más importantes y reducen mucho el rendimiento volumétrico de algunas bombas. La explicación de estas pérdidas es la siguiente: a la salida del rodete hay más presión que a la entrada. Luego parte del líquido en vez de seguir a la caja espiral retrocederá, por el conducto que forma el juego del rodete con la carcasa, a la entrada del rodete, para volver a ser impulsado por la bomba. Este caudal llamado caudal corto circuito absorbe energía de la bomba.

e) Pérdidas mecánicas: Las pérdidas mecánicas se originan en:

- El rozamiento del prensaestopas con el eje de la máquina.
- El rozamiento del eje con los cojinetes.
- El rozamiento del disco. Se llama así al rozamiento de la pared del exterior del rodete con la atmosfera líquida que le rodea. Es decir, el rodete esquemáticamente es un disco que gira en el interior de una caja en cuyo interior circula fluido; el disco al girar en una atmosfera viscosa donde se produce un rozamiento que incluimos e las pérdidas mecánicas y donde se denomina pérdida de rozamiento.

## Metodología

Un ensayo de una bomba es aquel en que, manteniéndose constante el número de revoluciones,  $n$ , se varia el caudal,  $Q$ , y se obtienen experimentalmente las curvas. Siendo la ultima una herramienta útil en nuestro cálculo.

$H_m = f(Q)$ : Curva de altura manométrica contra flujo volumétrico.

$N_a = f(Q)$ : Curva de potencia al freno contra flujo volumétrico.

$\eta_t = f(Q)$ : Curva de eficiencia contra el flujo volumétrico.

Las consideraciones de similitud en las turbomáquinas hidráulicas tienen por objeto describir el funcionamiento de cierta máquina, por comparación con el funcionamiento experimental de otra máquina o modelo con geometría similar, o para la misma máquina, a la cual se le han cambiado algunas características tal como la velocidad (Correas, 2001).

Se enuncian algunas de estas relaciones, suponiendo que los gastos, flujos volumétricos, y las alturas manométricas son aquellas que permiten obtener la eficiencia máxima. Se designa con “y” a las bombas que en este caso son una misma pero funcionando en condiciones distintas. Variando el número de revoluciones el número de revoluciones de una bomba se obtiene:

- Los caudales son directamente proporcionales al número de revoluciones, (10).

$$Q'/Q'' = n'/n'' \quad (10)$$

- Las alturas manométricas son directamente proporcionales a los cuadrados de los números de revoluciones, (11).

$$H_m'/H_m'' = (n'/n'')^2 \quad (11)$$

- Las potencias son directamente proporcionales a los cubos de los números de revoluciones, (12).

$$N_a'/N_a'' = (n'/n'')^3 \quad (12)$$

## Descripción de la herramienta

Desde hace varios años, se ha venido incrementando el uso de herramientas computacionales para el análisis de equipo de trabajo continuo como son: motores eléctricos, calentadores, turbinas entre otros; que permiten tener en buenas condiciones los equipos y además poder programar el apropiado mantenimiento de ellos o reparación si ese fuera el caso.

Bajo este escenario, se ha desarrollado una herramienta computacional para el análisis de bombas centrifugas. Dicha herramienta permite al usuario analizar el desempeño de la bomba mediante el análisis de las curvas de comportamiento en sus condiciones de diseño, referencia y operación real.

Se presenta el desarrollo de una herramienta computacional para el análisis de bombas centrifugas. Dicha herramienta permite al usuario analizar el desempeño de la bomba mediante el análisis de las curvas de comportamiento en sus condiciones de diseño, referencia y operación. Para realizar el análisis es necesario que el usuario alimente la herramienta con la información faltante y necesaria de acuerdo a la norma ASME PTC 8.2 (ASME, 1990) y bajo las condiciones de calibración especificadas en la misma norma, para eliminar los posibles errores en los resultados debidos a una mala calibración o adquisición errónea de las señales.

El sistema tiene que ser anticipadamente alimentado con los polinomios de las curvas de comportamiento de la bomba en sus condiciones de diseño, para posteriormente corregir el comportamiento en función de su velocidad de operación actual. La curva corregida por similitud en función de las velocidades de operación, representan el comportamiento esperado si la bomba no tuviera ninguna otra malfunción como: deterioro, rotura, ensuciamiento, etc.

Este desarrollo se realizó en Visual Basic (Halvorson, 1998) y en plataforma EES. Además de las curvas de comportamiento de diseño y referencia, la herramienta posiciona el punto de operación real de la bomba para que pueda ser comparado con sus condiciones esperadas, indicando al usuario las condiciones de operación real de la bomba sobre el desempeño esperado sin tener que comparar con las condiciones de diseño.

### Nomenclatura

QD: Flujo de caudal de diseño  
 QC: Flujo de caudal de diseño corregido  
 RPMBAP: Velocidad actual  
 RPMBA: Velocidad de un diseño  
 HDTBA: Altura dinámica de un diseño  
 HDTC: Altura dinámica corregida  
 BHPBA: Potencia al freno  
 WBA: Potencia en diseño  
 ETABA: Eficiencia del impulsor  
 G47P: Flujo de agua de alimentación

El análisis de las bombas centrifugas se realiza por medio de modelos matemáticos ejecutados en EES, en función de los polinomios que determinan el comportamiento de las variables correspondientes, en función del valor del caudal de bombeo o las revoluciones de trabajo de la bomba.

Por ejemplo, para el análisis de una bomba de agua de alimentación de una central termoeléctrica, los polinomios que interviene en su análisis se muestran en las ecuaciones siguientes, (13, 14, 15).

### Altura Dinámica Total, (m)

$$\text{HDTBA} = 2575.25473 + 1.92686557 * \text{QD} - 0.0726980303 * \text{QD}^2 + 0.00115071589 * \text{QD}^3 - 0.000089323365 * \text{QD}^4 + 3.03354598E-08 * \text{QD}^5 - 3.81543079E-11 * \text{QD}^6 \quad (13)$$

### Eficiencia de la bomba, (%)

$$\text{ETBA} = 0.027424568 + 1.12844503 * \text{QD} - 0.00750989122 * \text{QD}^2 + 0.0000475637921 * \text{QD}^3 - 2.45083789E-07 * \text{QD}^4 + 7.02509309E-10 * \text{QD}^5 - 8.24729045E-13 * \text{QD}^6 \quad (14)$$

### Potencia al freno de la bomba, (kW)

$$\text{WBA} = 1903.54199 + 21.4142844 * \text{QD} - 0.236481835 * \text{QD}^2 + 0.00313374513 * \text{QD}^3 - 0.0000203627097 * \text{QD}^4 + 6.28257255E-08 * \text{QD}^5 - 7.47770658E-11 * \text{QD}^6 \quad (15)$$

Los polinomios son evaluados tanto en el software EES como dentro de la herramienta de diagnóstico y sus resultados son usados para determinar el valor de la variable, tal como se muestra en la tabla 2.

Rango de evaluación	Puntos de evaluación
0	0.000
10	25.236
20	50.472
30	75.708
40	100.944
50	126.180
60	151.416
...	176.652
...	201.888
...	227.124
...	252.360
...	277.596
300	282.643

**Tabla 2** Rangos y puntos de evaluación del caudal de diseño "QD", (L/S).

Los valores obtenidos son utilizados para construir la gráfica del comportamiento de la bomba para cada uno de los polinomios se obtiene las gráficas de las curvas de similitud a partir de las ecuaciones de corrección las cuales se muestran a continuación:

- 1) Se corrige el caudal o flujo en función de la velocidad de la bomba en su condición de operación actual, (16).

$$QC=QD*(RPMBA/RPMBAP) \quad (16)$$

- 2) Una vez corregido el caudal en función de la velocidad de operación, se corrige la altura dinámica total para la nueva condición de referencia, (17).

$$HDTC=HSTBA*(RPMBA/RPMBAP)^2 \quad (17)$$

- 3) La potencia corregida (o de referencia) se puede obtener haciendo la corrección por velocidad o haciendo uso de la altura corregida, (18).

$$BHPBAR=BHPBA*(HDTC/HDTBA)^{3/2} \quad (18)$$

De (17) se sustituye en (18) se obtiene la ecuación reducida, (19).

$$BHPBAR=BHPBA*(RPMAP/RPMBA)^3 \quad (19)$$

El logaritmo seguido para el cálculo de las curvas y de los puntos de interés tiene el siguiente procedimiento:

- Se establecen los arreglos necesarios para los coeficientes de los polinomios de diseño y para los polinomios corregidos en función de las ecuaciones de corrección previamente definida.
- Se evalúa el polinomio entre el valor mínimo y el valor máximo de la variable independiente definida previamente.

- Se grafican las curvas y los puntos de interés de acuerdo al diagnóstico efectuado al equipo en cuestión los cuales son previamente definidos.

**Resultados**

El sistema manual tiene que ser anticipadamente alimentado con los polinomios de las curvas de comportamiento en función de su velocidad de operación actual. Para poder subir los polinomios se desarrolló una interface que permite introducir los polinomios de forma manual o por medio de un archivo de texto (\*.txt) con el formato necesario para identificar los datos del polinomio. La figura 10 muestra un archivo de texto con el formato requerido para polinomios y cargarlos al sistema.

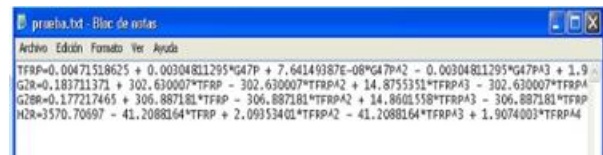


Figura 10 Formato del archivo .txt.

De esta manera, el algoritmo determina la variable dependiente, la variable independiente y los coeficientes del polinomio, posteriormente se procede automáticamente a registrarlos en una tabla de la base de datos. Esto se hace a través de interface desarrollada en Visual Basic (Wang, 1998) y mostrada en la figura 11.

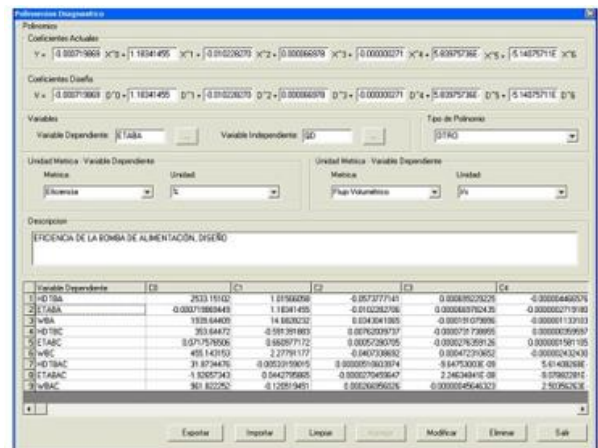


Figura 11 Interface para cargar polinomios.

Una vez que los polinomios se dan de alta en la base de datos, se procede a realizar la configuración de las variables y su relación con los polinomios que sirven para el análisis del equipo en cuestión, esto se realiza con la ayuda de una interface diseñada para este propósito tal como se muestra en la figura 12.

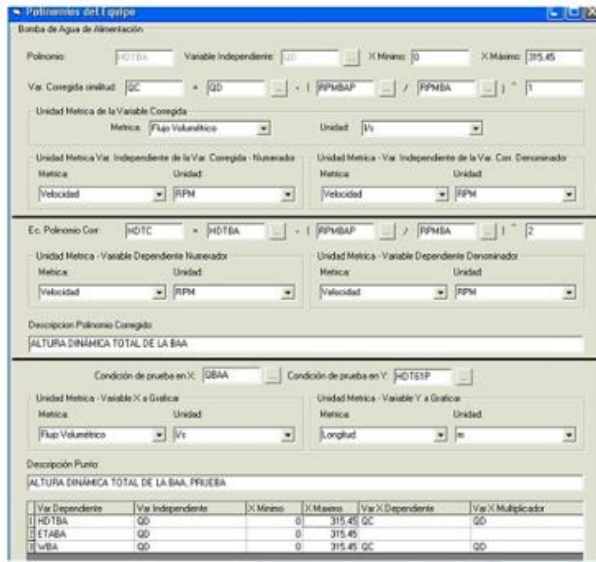


Figura 12 Interface para variables del equipo.

El sistema, una vez alimentado con los polinomios de las curvas de comportamiento de la bomba en sus condiciones de diseño, y el usuario o el sistema mismo alimenta los valores requeridos: P60P, T60P, P61P, G47P, G122P, y dejando al usuario la introducción del valor de RPMBAP.

Se realiza la evaluación de las condiciones de diseño del equipo, posteriormente se corrige el comportamiento de esta en función de su velocidad de operación actual y finalmente se realiza la validación de las condiciones de operación actual para obtener las condiciones necesarias que permiten realizar el diagnóstico del equipo. Estos valores son mostrados por la interface diseñada para este propósito como se muestra en la figura 13.

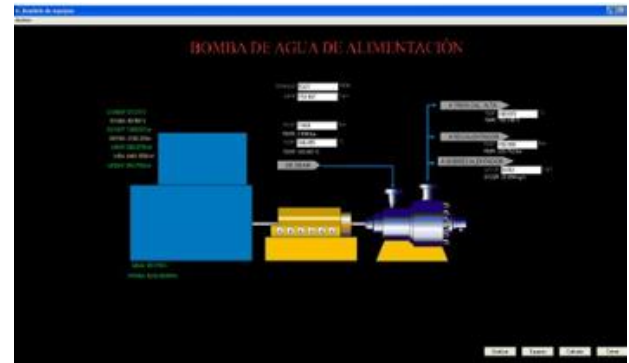


Figura 13 Interface para el análisis de la bomba de alimentación.

Como resultado del diagnóstico para la bomba de alimentación, los resultados de las variables mostradas son: ETABAP, ETABA, HDT61P, HDTBA, WBAP, WBA, WEBAP, QBAA y RPMBA.

En la parte inferior de la interface aparece un botón “Graficar”, al presionarlo se abre una nueva ventana en donde se presentan las curvas de comportamiento del equipo en sus diferentes condiciones de operación, así como el punto de operación real. La figura 14 muestra el resultado obtenido de un análisis de la bomba de alimentación.

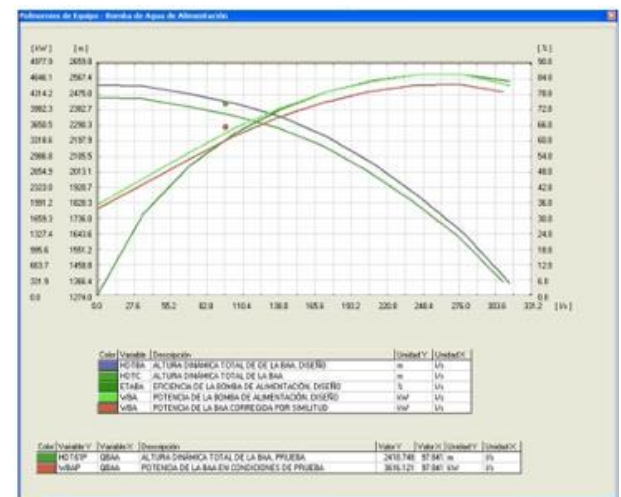
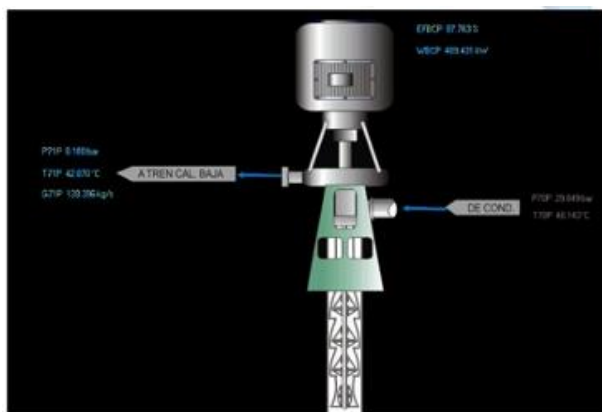


Figura 14 Interface de las curvas del análisis de la bomba.

Los datos representados en la interface antes mencionada son: EFBAP, WBAP, P60AP, T6P, G60P, P25P, T61P, G61P, G123P y G122P, como se muestra en la figura 15.



**Figura 15** Interface del sistema en línea.

## Conclusiones

Este desarrollo se realizó en Visual Basic (Birnos, 1999) y en plataforma EES (F-Chart, 203). Además de las curvas de comportamiento de diseño y referencia, la herramienta posiciona el punto de operación real de la bomba para que pueda ser comparado con sus condiciones esperadas, indicando al usuario las condiciones de operación real de la bomba sin tener que comparar con las condiciones de diseño debido a que no se cuenta en forma manual con la curva de referencia corregida por similitud.

Con este desarrollo, se tiene una herramienta con dos funciones importantes: una herramienta que realiza un diagnóstico del equipo en tiempo real proporcionando información básica que permite una toma de decisión al momento y una herramienta que permite establecer las condiciones óptimas de la operación de la bomba en forma manual, permitiendo al usuario realizar múltiples simulaciones hasta llegar al resultado deseado.

Este desarrollo es parte integral de una herramienta de diagnóstico termoeconómico de sistemas energéticos, específicamente para centrales termoeléctricas y la información obtenida es parte complementaria de los resultados del diagnóstico termoeconómico, ya que el usuario puede identificar la causa de la malfunción para su inmediata corrección o para su programa de mantenimiento con el conocimiento específico del problema real de la bomba. Este desarrollo que implementado en una central termoeléctrica de ciclo convencional ubicada en el centro del país y perteneciente al parque termoeléctrico de la CFE (Avilés, 2009).

## Referencias

- AVILÉS FERRERA, J. J. (2009). Desarrollo de base de datos e interfaces de una herramienta de monitoreo y diagnóstico termoeconómico (Tesis de Licenciatura). Universidad de Guanajuato, Salamanca, Guanajuato, México.
- ASME. (1990). Centrifugal Pumps. American Society of Mechanical Engineers Performance Test Code 8.2.
- BARAJAS ZAMORA, V. M. (2004). Software de Diagnóstico y Evaluación de Instrumentación de Plantas Termoeléctricas (Tesis de Licenciatura). Universidad de Guanajuato, Salamanca Guanajuato, México.
- BIRNIOS, B; BIRNOS M. (1999). Manuales Compumagazine: Microsoft Visual Basic 6.0, Manual de referencia. Argentina: MP Ediciones.
- CORREAS USÓN, L. C. (2001). Diagnóstico Termoeconómico de la Operación de un Ciclo Combinado (Tesis Doctoral). Universidad de Zaragoza, España.

F-CHART SOFTWARE. (2003). Manual de EES - Engineering Equation Solver for Microsoft Windows Operating System - Comercial and Profesional Versions. (<http://www.fchart.com>). S. A. Klein. USA.

HALVORSON, M. (1998). Step by Step: Microsoft Visual Basic 6.0 Profesional. EE.UU: Microsoft Press.

MCNAUGHTON, K. (1998). Bombas. Selección, uso y mantenimiento. México, DF: Mc Graw-Hill.

MICROSOFT. (1998). Programa de entrenamiento académico: Mastering Microsoft Visual Basic 6 Development. Manual del estudiante. EE.UU: Microsoft Press.

PACHECO IBARRA, J. JESUS. (2007). Desarrollo de una Metodología para el Diagnóstico Termoeconómico de Sistemas Energéticos Avanzados (Tesis Doctoral). Universidad de Guanajuato, Salamanca Guanajuato, México.

VIEJO ZUBICARAY, M; ALVAREZ FERNANDEZ, J. (2006). Bombas. Teoría, diseño y aplicaciones. México: Limusa, Noriega.

WANG, W. (1998). Visual Basic 6 for Dummies. EE.UU: IDG Books WorldWide.

## **Desarrollo de sensores de apertura para cualquier compuerta de tráiler, camioneta o caja seca en Comunicación SMS-GPS a cualquier dispositivo Móvil**

MUNGUÍA-BALVANERA, Pablo†, DELGADO-GARCÍA, Nallely, ESCATÍN-LÓPEZ, Oscar y PÉREZ-BARRADA, José Luis.

Recibido Abril 8, 2016; Aceptado Junio 1, 2016

### **Resumen**

Desarrollar un modelo funcional, que consiste en un dispositivo que permita al usuario de un tráiler, camioneta o contenedor detectar en su dispositivo móvil a través de la plataforma SMS la apertura de su autotransporte, ubicarlo a través de la comunicación con su GPS, y pueda con ello evitar a través de la detención que este pueda arrancar previniendo con ello su robo. Consiste en dejar patente el trabajo de un grupo de estudiantes, que aun cuando encontraron 37 empresas que están desarrollando sistemas similares en México, o sistemas de origen extranjero que se están comercializando en nuestro país de acuerdo con el IMPI y nuestros estudios de mercado, se decidió continuar con los trabajos de investigación y desarrollo con el fin de que estos conocieran la importancia del trabajo de innovación.

**Sensores; apertura; vehículos; dispositivo móvil; comunicación**

### **Abstract**

Develop a functional model, which consists of a device that allows the user of a trailer, truck or container to detect in their mobile device through the SMS platform the opening of their transport, locate it through communication with their GPS, and can Thereby avoiding through the arrest that it can start, thereby preventing its theft. It consists of making clear the work of a group of students, who even when they found 37 companies that are developing similar systems in Mexico, or systems of foreign origin that are being commercialized in our country according to the IMPI and our market studies, Decided to continue the research and development work in order to make them aware of the importance of innovation work.

**Sensors; opening; vehicles; mobil device; communication**

**Citación:** MUNGUÍA-BALVANERA, Pablo, DELGADO-GARCÍA, Nallely, ESCATÍN-LÓPEZ, Oscar y PÉREZ-BARRADA, José Luis. Desarrollo de sensores de apertura para cualquier compuerta de tráiler, camioneta o caja seca en Comunicación SMS-GPS a cualquier dispositivo Móvil. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-4: 17-21

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

A finales de los años 90's y principios de la primera década del siglo, la convergencia de tecnologías de la Información con desarrollos en diferentes ramas del conocimiento, solamente se presentaban en foros, ponencias, artículos científicos y tecnológicos. Se presentaba como algo aún lejano, donde los cálculos más optimistas predecían que esto se podría lograr entre 10 y 15 años posteriores, dependiendo del avance de las comunicaciones digitales. Fue en estos años cuando se acuñó el término de TICs (Tecnologías de Información y Comunicación). Algunas personas veían esto como una amenaza, sobre todo, el peligro de la monopolización de medios por parte de grandes empresas del ramo de telecomunicaciones, software o medios televisivos. Sin embargo, por parte de otros analistas esto era visualizado como una gran oportunidad, ya que con ello varias ramas del conocimiento se podrían ver beneficiadas, como lo estamos viendo ahora algunos años después. Incluso ya se hablaba y discutía que tipo de legislación iba a abarcar dichas relaciones entre una rama tecnológica y otra, para evitar precisamente esa acumulación de poder tecnológico en unas cuantas manos.

Sin embargo no pasó mucho tiempo, en los años 2005 y 2006 empezaron a surgir tecnologías donde esta convergencia ya era utilizada, estas se presentaban por ejemplo en los Medios Audiovisuales, la Televisión Digital Interactiva, y algunos desarrollos donde se comunicaban grandes bases de datos a sistemas móviles, y estos a su vez retroalimentaban en tiempo real dichas bases.

No obstante el fenómeno anterior, el teléfono celular tenía todavía algunas limitantes, como es que las imágenes ocupaban gran parte de su memoria, su reducida capacidad, así como una comunicación muy estrecha directa con el centro de distribución o el centro administrador, para ello se utilizaban los teléfonos con mayor desarrollo tecnológico que se conocían en esos años como son los Black Berry, Palm Treo, iPhone de Apple, y algunos otros.

Paralelamente a desarrollo de los sistemas convergentes, surgieron comercialmente en el mercado los primeros Smartphones (Teléfonos Inteligentes), que es un teléfono móvil capaz de desarrollar funciones de PDA (Personal Digital Assistant), que iban más allá de lo que realizaban los teléfonos móviles convencionales, es decir, llamadas de voz y SMS para el envío de mensajes, así como las primeras plataformas interactivas que daban soporte a dicha tecnología como es el lenguaje Java para sistemas móviles, la plataforma Android cuyo sistema operativo ha sido muy exitoso por su versatilidad y facilidad de manejo.

A partir de estos dos desarrollos paralelos y su integración para satisfacer una demanda cada vez más voraz en cuanto a tecnologías de comunicaciones se refiere, se puede decir que surgen al mercado las llamadas aplicaciones (APPS).

La problemática a solucionar es que, al tratarse de un sistema de seguridad, en este caso para transportes de carga, camionetas con sus respectivos contenedores y cajas secas, y al ser limitada aún la cobertura WiFi en nuestro país, esto representaría un riesgo para los adquirientes de nuestro producto, por ello, optamos por la vía de comunicación SMS-GPS, ya que con ello aseguramos el 80% de cobertura para cualquier emergencia que se presente.

Lo anterior se basa en que México cuenta con apenas el 34.4% de personas con acceso a Internet (Estadística del INEGI en el 2012, basada en Porcentaje de hogares con acceso a Internet en los países de la OCDE). Asimismo, dentro de nuestro país, en número de usuarios de los servicios de internet es muy diversa, ya que mientras el 62% de la población en la CDMX tiene acceso a este servicio, el Estado de México con 58%, otras entidades como Oaxaca tienen el 30% y Chiapas el 20% respectivamente (De acuerdo con la estadística Porcentaje de Usuarios de Internet, por Entidad Federativa, 2014, del mismo INEGI).

Tomando como antecedentes hemos dividido nuestro artículo en 6 secciones

1. Nuestra Propuesta
2. Hipótesis
3. El Desarrollo
4. Software del Sistema
5. Conclusiones

### **Nuestra Propuesta**

Dentro de esta convergencia de tecnologías, los sistemas de seguridad tanto para personas, como para sus bienes no han sido la excepción. Para vehículos automotores se crearon sistemas de Geolocalización, donde un dispositivo ubicado estratégicamente dentro de la cabina estaba en comunicación con un administrador y este a su vez podía tener el control de varios vehículos y ubicarlos a través del GPS.

En la actualidad, dichas funciones ya no sólo se transmiten vía WiFi a un sistema administrador, sino a un dispositivo móvil, Smartphone.

Algunos dispositivos, tan sólo ubican a un automotor a través de su Geolocalización GPS (desarrollos de origen Chino), sin embargo, algunos otros desarrollos en Alemania han tomado vías paralelas, ya que no se basan en la plataforma WiFi, sino en un sistema de comunicación SMS-GPS, dichos sistemas están comunicación permanente con el vehículo. Este tiene un dispositivo equivalente a un teléfono celular, y al comunicarnos con este, no sólo podremos ubicarlo, sino detenerlo si así conviene a través de un dispositivo llamado "Relay", que puede ubicarse en el Switch de ignición, o bien, en la bomba de gasolina cortando en un lapso de 15 seg en promedio la marcha del automotor. El dispositivo además dará aviso al móvil su detención. Asimismo, a través del móvil se podrá dar reinicio al vehículo y este se podrá encender en el momento deseado. De la misma manera, se pueden realizar escuchas dentro del vehículo ya que el sistema incluye unos pequeños micrófonos ambientales.

Dichos dispositivos ya se encuentran en el mercado de México, sin que aún tenga una venta masiva, sin embargo, al analizar con detenimiento su funcionamiento, se determinó que carecía de una función importante que podría complementar su operación de manera muy interesante, y es el de agregar un Sistema de Sensores de Apertura, todo ello enfocado a la industria del autotransporte en México.

### **Hipótesis**

Nuestra hipótesis es que el Desarrollo Sensores de Apertura para Cualquier compuerta de Tráiler, en comunicación SMS-GPS a cualquier dispositivo Móvil podría representar un importante valor agregado a la tecnología ya existente, y determinar a través de un análisis exhaustivo de los dispositivos más importantes la manera de integrarnos a dicha tecnología



## Conclusiones

El hecho de trabajar en un desarrollo adicional a una tecnología ya existente en México como es el Tracker Vehicular de origen alemán, que consideramos en nuestro análisis que es el sistema más avanzado que se encuentra en el mercado de nuestro país actualmente, nos llevó a plantear una solicitud de búsqueda en el IMPI (Folio 000152), cuya respuesta fue precisa, puesto que en México había 37 empresas que ya trabajaban en los Sensores de Apertura para Autotransportes de Carga. Algunos exactamente con el mismo sistema SMS-GPS y otros usando la plataforma WiFi. Sin embargo, se decidió continuar con los esfuerzos con un grupo de trabajo estudiantil de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV), del Estado de México, puesto que su desarrollo era se suma importancia para entender antes que nada la importancia de la investigación e innovación en México, así como, comprender que este trabajo puede conducir a tecnologías mucho más innovadoras. En el transcurso de este proyecto, precisamente surgieron otra serie de propuestas por parte del grupo, donde se observa el interés que se tiene en participar en proyectos futuros con propuestas realmente novedosas, y que los alumnos han tenido la experiencia de desarrollar un proyecto de tecnología desde su concepción y planteamiento de la problemática a resolver hasta su conclusión. El trabajo en equipo fue fundamental, puesto que el grupo El asignar una misión a cada uno de los integrantes del grupo tuvo resultados sorprendentes, puesto que algunos estudiantes de especialidades como Transportes, proponían soluciones informáticas con bastante precisión y conocimiento. Con la presentación del proyecto final, y el prototipo se dio por concluido el trabajo, con el compromiso de la mayor parte del grupo de participar en proyectos futuros.

## Referencia

Ojeda Castañeda Gerardo. (2009). Análisis de Tecnologías Convergentes De información y Comunicación en el Ámbito Educativo. Serie Informes, 1, 1-6

Navarro P. José. (2012). Historia de los Smart Phones. 2016, de JONADEP Sitio web: <http://histinf.blogs.upv.es/files/2012/12/Evolució%CC%83n-de-los-Smartphones-Blog-HDI.pdf>

Pérez Martínez Alina y Heriberto Acosta Diaz. (2003). La Convergencia Mediática: Un Nuevo Escenario para la Gestión de Información. 2016, de ACIMED Sitio web: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352003000500003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352003000500003)

## Desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable

RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos\*†, LÓPEZ-RAMÍREZ, María Elena, CANO-RAMÍREZ, Jaime y AMBRIZ-COLÍN, Fernando.

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato Carretera Valle -Huanímara Km. 1.2, C.P. 38400 Valle de Santiago, Gto.*

Recibido Abril 11, 2016; Aceptado Junio 2, 2016

### Resumen

El presente proyecto muestra el desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable, que aprovecha la energía fototérmica para el deshidratado de alimentos y la energía fotovoltaica para los actuadores y la instrumentación que le permiten hacer más eficiente el proceso de secado. Se pretende con el prototipo, realizar investigación en el aprovechamiento de la energía del sol, en el control automático de las variables del proceso, en la determinación de tiempos de deshidratado de diferentes alimentos, así como estudio de las propiedades organolépticas del alimento después del proceso de deshidratado.

**Deshidratador solar, energía solar, alimentos deshidratados**

### Abstract

The present project shows the development of a prototype of sustainable instrumented solar dehydrator, which uses photothermal energy for food dehydration and photovoltaic energy for actuators and instrumentation that allow it to make the drying process more efficient. It is intended with the prototype, to carry out research in the use of the energy of the sun, in the automatic control of the process variables, in the determination of dehydration times of different foods, as well as a study of the organoleptic properties of the food after the process of dehydrated.

**Prototype, solar dehydrator, solar energy, dehydrated food**

**Citación:** RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, LÓPEZ-RAMÍREZ, María Elena, CANO-RAMÍREZ, Jaime y AMBRIZ-COLÍN, Fernando. Desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-4: 22-29

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mrodriguez@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La deshidratación es la forma más antigua y sana de preservar los alimentos. Consiste en extraerles el agua, lo que evita la proliferación de microorganismos y la putrefacción. El secado de alimentos mediante el sol y el viento para evitar su deterioro se ha venido realizando desde tiempos antiguos. [1]

Las bacterias y microorganismos del interior de los alimentos y procedentes del aire necesitan agua para crecer, el deshidratado les priva del medio además de crear una capa exterior dura la cual evita que penetren en los alimentos.

A diferencia de los métodos de conservación tradicional donde se calienta mucho el alimento destruyendo sus propiedades, o de la congelación que también somete al alimento a temperaturas extremas y cambia sus propiedades energéticas, el deshidratado es suave y gentil con el alimento. Al desaparecer poco más del 80 % del agua, el sabor es más concentrado e intenso. [2]

Muchos alimentos se preparan por alguna forma de deshidratación. Algunos ejemplos son carnes como el jamón o la cecina, o la carne de reno seca y salada que es un alimento tradicional de los pueblos del norte de Europa. Durante siglos, gran parte de la dieta europea dependió del bacalao seco, conocido como bacalao en salazón.

Sin embargo, lo más habitual es deshidratar la fruta y la verdura. Ésta cambia completamente su carácter cuando se seca, como es el caso de las uvas y las ciruelas pasas; los higos y los dátiles también se transforman, así como bulbos como el ajo y la cebolla. También son frecuentes los pimientos chiles secos. En Italia son típicos los tomates secados al sol, que se suelen consumir como aperitivo frío antes del plato fuerte.

Actualmente se utilizan un sin número de conservadores, principalmente en los alimentos enlatados, los cuales resultan perjudiciales para la salud humana, pues debido al nuevo estilo de vida de las personas se ha hecho más frecuente el consumo de alimentos enlatados, lo que ocasiona que se incremente el consumo de dichos conservadores.

Las diferentes tecnologías de conservación, además implican un consumo de energía considerable, lo que eleva los costos de producción en las empresas procesadoras de alimentos. [3]

La generación de energía necesaria para dichos procesos se obtiene con la utilización de combustibles derivados de petróleo, cada vez más caros y escasos, con la incertidumbre de su suministro por las condiciones climáticas cambiantes y adversas; por lo que resulta el uso de energía convencional, un tanto riesgosa para las empresas cuyos procesos dependen de ella. Además tenemos la contaminación ambiental que se genera derivada de las plantas de generación de energía.

Por lo anterior se deben utilizar procesos alternos que reduzcan los costos y a su vez contribuyan a minimizar las emisiones a la atmósfera, razón por la cual se decide rediseñar y construir un equipo de deshidratación solar de manera que sea eficiente el proceso. Al contar con un deshidratador instrumentado con control de humedad y temperatura se garantiza que el aire de entrada esté completamente seco y que al pasar por el alimento se logre un deshidratado efectivo, reduciendo así los tiempos del proceso y permitiendo incrementar la producción de alimento libre de humedad.

Los requerimientos actuales de las empresas nos brindan una gran oportunidad para incursionar en el área de tecnologías de energías alternas, a la vez que se fortalece la presencia de la Universidad y su vinculación con el sector productivo. Esta es una tecnología que ha tenido un lento crecimiento, teniendo un potencial enorme de desarrollo para transferencia de tecnología; los materiales y las características del diseño implican bajos costos de fabricación, lo que incrementa su rentabilidad.

## Desarrollo

La metodología para el desarrollo del proyecto consta de varias etapas, las cuales se muestran a continuación:

### 2.1.- Análisis de prototipos existentes

En esta etapa se realizó una investigación documental de prototipos diseñados y construidos en diferentes partes de la república así como en la región de Sudamérica, además se realizó una investigación en campo en las empresas Valle de Miel, Alimentos Deshidratados del Bajío y productores de Valtierrilla, lo anterior con la finalidad de determinar las áreas de oportunidad en cuanto al diseño de los equipos de deshidratación existentes, la teoría de operación y las necesidades de los usuarios de los equipos y procesos de deshidratado.

Derivado de la investigación documental y de campo se encontraron algunos prototipos como el deshidratador que la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) llevó a zonas marginadas de Jalisco, figura 1, en el cual se observa una disposición de charolas en batería, lo que hace que el producto que se encuentra más cerca de la entrada del aire caliente, se seque más rápido que lo que se encuentre en las charolas de más arriba.

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial de la Quebrada de Humahuaca [4] en Sudamérica instaló un deshidratador cuyas particularidades son la incorporación de un extractor eólico y cuya desventaja es que está a nivel de suelo por donde pudieran colarse los roedores. Obsérvese la figura 2.



**Figura 1** Deshidratador CONAFOR



**Figura 2** Deshidratador en Sudamérica

La figura 3 muestra un deshidratador de nopal que gobierno dio en apoyo a la comunidad de Valtierrilla, Gto. Aquí se observa daño al producto por la exposición directa con el sol.

En la figura 4 tenemos un deshidratador solar de carne desarrollado en el Instituto de Investigación en energía no convencional de la Universidad Nacional de Salta, en Argentina, el cual incorpora un tiro forzado, que requiere de energía eléctrica y una disposición de la carne directa a la radiación solar.



Figura 3 Desehidratador de nopal



Figura 4 Desehidratador de carne

### Determinación del modelo conceptual.

Una vez que se realizó la investigación documental y de campo, se hizo una reunión con los integrantes del cuerpo académico para analizar el modelo propuesto y determinar el diseño conceptual final del deshidratador, lo anterior en base al producto que se pretende deshidratar (carne, frutas y verduras) y las condiciones de operación del deshidratador. Ya analizados los prototipos, sus pros y contras, se determinó el siguiente concepto de prototipo que se muestra a continuación en la figura 5.

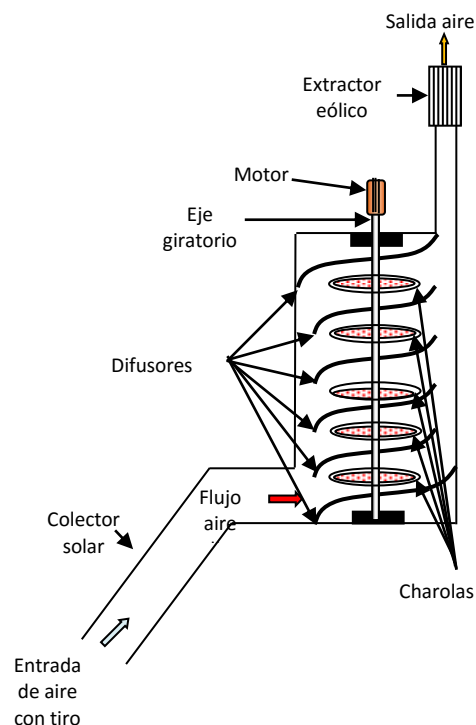


Figura 5 Modelo conceptual del deshidratador solar

Dicho modelo de deshidratador consta de un captador solar y una cámara de secado, para el flujo de aire se dispondrá de un tiro forzado con dos ventiladores alimentados con panel solar y uno inducido con extractor eólico, en la cámara de secado se tendrán unos difusores para canalizar el aire caliente hacia las charolas donde se colocará el alimento, dichas charolas tendrán la posibilidad de girar con el impulso de un motor, el cual se energizará también con el panel solar. Además de lo anterior se dispondrá de instrumentos para verificar tanto la temperatura como la humedad relativa para un óptimo control del proceso.

### Desarrollo de la ingeniería de detalle

En esta etapa se desarrollaron los planos de fabricación, para determinar las dimensiones, se partió de la cantidad de producto a deshidratar, que en el caso de verdura y carne se definieron 5 kg y 3 kg respectivamente. Ya con las dimensiones del deshidratador se determinó la cantidad de material a emplear en la fabricación, así como necesidades de herramienta y equipo. A continuación se muestran los planos:

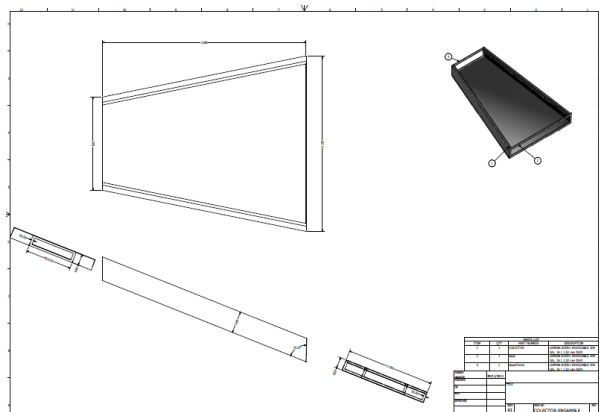


Figura 6 Colector solar

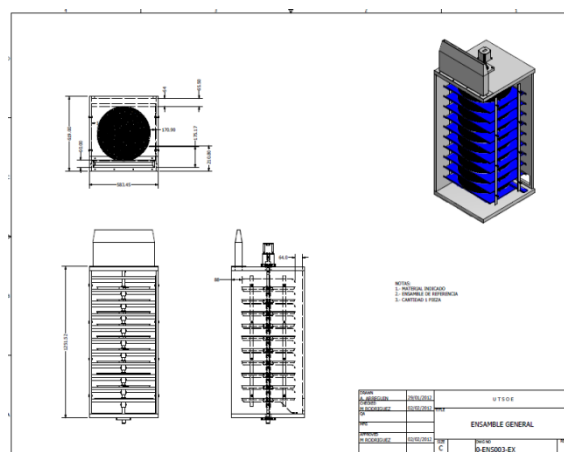


Figura 9 Ensamble charolas y difusores

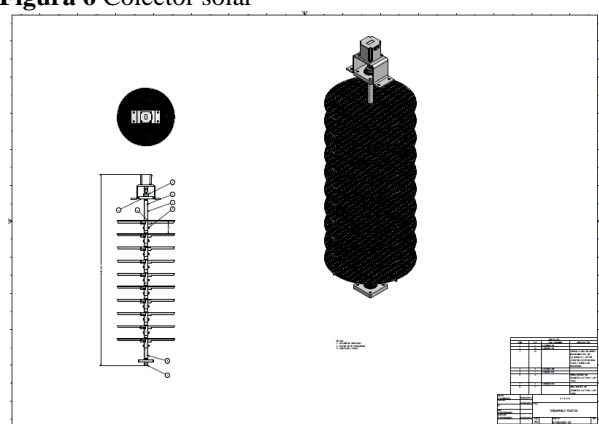


Figura 7 Ensamble charolas

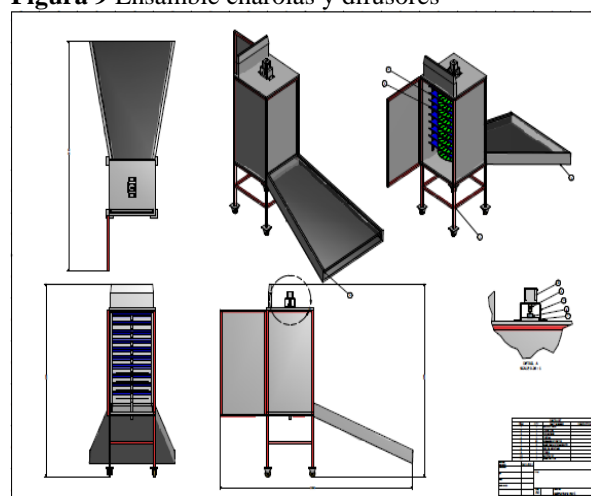


Figura 10 Ensamble total de deshidratador

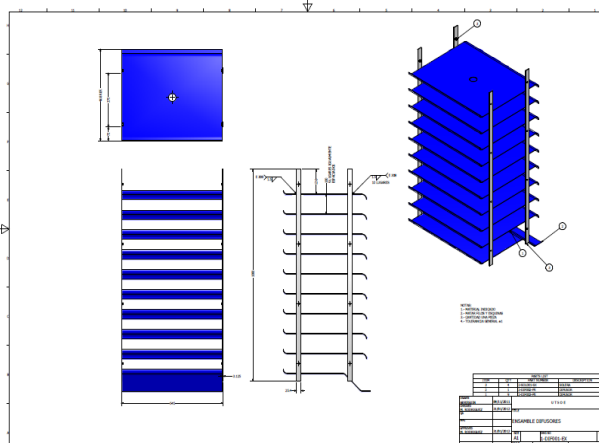


Figura 8 Ensamble difusores

**Fabricación del prototipo.**

Para la construcción de la cámara de secado, difusores y charolas se usó acero inoxidable, por su grado alimenticio, facilidad de limpieza y resistencia a la corrosión; la estructura y el colector solar se fabrican en acero al carbón. Las siguientes figuras 11 y 12 muestran etapas de su fabricación, así como su conclusión y presentación a autoridades de la UTSOE.



Figura 11 Inicios de la fabricación del prototipo



Figura 12 Prototipo concluido

### Instrumentación

En esta etapa se instrumentó e instalaron los controles necesarios al prototipo para posteriormente hacer las pruebas de deshidratado, la instrumentación consistió en la instalación de un kit de alimentación eléctrica con panel solar, batería, y controlador; además de un motorreductor c.d. para giro de charolas, ventiladores c.d. para el flujo de aire forzado.

### Determinación del panel

Si la carga a alimentar es de 30 w ( 15 w de los ventiladores y 15 w del motor). Si tenemos un total de 7 horas de trabajo de la carga que comprende de las 10:00 a.m. a las 5:00 a.m.

Y considerando un 20% de pérdidas en el sistema, tenemos un consumo de  $(30)(7)(1.2) = 252$  watts-hora por día.

Si consideramos 6 horas de sol efectivas por día, Entonces la cantidad de potencia que debemos producir es:  $(252)/(6) = 42$  watts. Por lo tanto la cantidad de paneles que requerimos para la carga dada es:  $(42)/(60) = 0.7 \approx 1$  panel.

### Determinación del controlador de carga

Si nuestro panel es de 3.3 A a 18 v y consideramos un factor de seguridad del 25%, tenemos que nuestro controlador debe ser de:  $(3.3)(1.25) = 4.125$  A a 18 v, por lo que seleccionamos uno de 6 A a 18 v que es el valor inmediato superior comercial.

### Determinación de la batería

Si la potencia de la carga es de 30 w a 12 v y  $P = (V)(I)$ , entonces la corriente que consume es de:  $I = (P)/(v) = (30)/(12) = 2.5$  A. Por lo que se selecciona una batería de ciclo profundo de 17.5 ampere-hora, esto quiere decir que tiene la capacidad de alimentar una carga durante 7 horas y de hasta 2.5 ampere.

### Control de Humedad

Este sistema de control de humedad nos ayudará a eficientar el proceso de secado en el deshidratador, debido a que éste registrará la humedad del interior de la cámara de secado y la humedad del ambiente exterior y dependiendo de los valores de cada una de estas variables se permitirá el flujo de aire al interior de la cámara de secado, mandando encender o apagar los ventiladores. La condición de dicho control es que, cuando la humedad del ambiente exterior sea menor a la del interior de la cámara de secado, se enciendan los ventiladores, y de esta manera se permita el flujo del aire; en caso contrario los ventiladores se apagarán y se interrumpirá el flujo de aire. Los materiales empleados son los siguientes:



Para las pruebas de operación, se utilizó nopal verdura para la obtención de harina, cabe mencionar que dichas pruebas se realizaron sin problemas para el equipo, cumpliendo con lo esperado. La siguiente figura 16 muestra nopal ya deshidratado y la harina producto de la molienda.



**Figura 16** Nopal deshidratado.

En ahorro de energía se tiene lo siguiente: Como el deshidratador seca tres cargas de 5 kg/carga de nopal a la semana y para secar esas tres cargas un secador que emplea energía eléctrica, se consume alrededor de 20 KWH/semana, entonces se tendría una ganancia mensual de 80 KWH.

Actualmente se tiene registro en trámite ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) con número de expediente MX/f/2014/002453.

## Conclusiones

Deshidratar los alimentos por medio del sol, aunque es una práctica muy común desde tiempos ancestrales, se conocen pocas tecnologías, sobre todo en la región pues la manera en que secaban los granos era en el suelo y exposición directa al sol, los programas de gobierno que han difundido el uso de tecnologías para el deshidratado, solo han beneficiado a pequeños sectores de la sociedad (zonas marginadas), ahora con el mercado más globalizado, se tiene la necesidad de incursionar en mejores formas de conservación de alimentos, sin que esto signifique un consumo de energía convencional costosa y perjudicial para el medio ambiente.

Actualmente existen en el mercado proveedores de equipos de deshidratación convencional en su mayoría (consumen energía eléctrica) y pocos los que desarrollan equipos que aprovechan la energía solar; dichos equipos en su mayor parte hechos artesanalmente y con la ventaja del bajo costo, pero con la desventaja de diseños de baja eficiencia.

## Referencias

- [1] C. Brook Roger. *Drying Cereal Grains*, (1991) Department of Agricultural Engineering, Michigan State University, East Lansing Michigan.
- [2] Axtell, B. *Drying Food for Profit: A guide for small businesses*. Londres, Gran Bretaña.
- [3] Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI. (s.f.). Manual de construcción del deshidratador solar Aureliano Buendía. Quebrada de Humahuaca.
- [4] Soluciones prácticas-ITDG. *Deshidratado de frutas*. Lima, Perú.
- [5] Almanza Salgado Rafael, Muñoz Gutiérrez Felipe. (1994) Ingeniería de la energía solar. El Colegio Nacional, México 1994

## Diseño de reactor horizontal para pirólisis de neumáticos triturados

RAMOS-LÁZARO, Gabriela\*†, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel, FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel y LEDESMA-JAIME, Reynaldo.

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carr. Valle-Huanámara km 1.2, Valle de Santiago, Gto. C.P. 38400*

Recibido Abril 7, 2016; Aceptado Junio 9, 2016

### Resumen

En México, los neumáticos aún no tienen un destino final controlado, constituyendo un problema ambiental muy grave, es una opción aprovechar el contenido energético debido a su poder calorífico (una llanta = 8300 kcal/kg aproximadamente). Una de las opciones tecnológicas favorables para este propósito, es la pirólisis, que consiste en un calentamiento inexorable en ausencia de aire. En este documento se presenta la primera etapa del reactor, el diseño del tornillo sin fin y un análisis de deformación y térmico con ciertas especificaciones. El prototipo ayudará a obtener aceite con propiedades equivalentes al gasóleo mineral, con contenido calorífico de 44.4 MJ/kg y densidad de 825 kg/m<sup>3</sup> aceptado en motores de diésel modificados.

### Pirólisis, neumáticos, reactor, variables, diseño

### Abstract

In Mexico, tires have no final controlled destination yet, being a very severe environmental problem; it is an option to take advantage of its energetic content because of its calorific value (a tire equals 8300 kcal/kg approximately). One of the positive technical choice to his purpose is pyrolysis, consisting of an inexorable heating in absence of air. In this document, the first step to obtain a horizontal pyrolysis reactor are presented under certain specifications. Prototype will help to obtain oil with properties equivalent to mineral gas-oil, with a calorific content of 44.4 MJ/kg and a density of 825 kg/m<sup>3</sup>, accepted by modified diesel engines.

### Pyrolysis, tires, reactor, variables, design

**Citación:** RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel, FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel y LEDESMA-JAIME, Reynaldo. Diseño de reactor horizontal para pirólisis de neumáticos triturados. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-4: 30-38

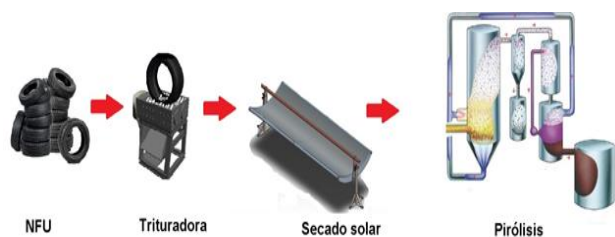
\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gramosla@utose.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La industria del reciclaje tiene diversas técnicas para procesar llantas fuera de uso, sin embargo, la técnica química nos permite obtener energía a partir de ella. Se realizó un sistema de degradación química por medio de pirólisis dividido en cuatro fases: sistema de trituración y desgarre de llantas, sistema de calentamiento y secado, sistema de pirólisis y sistema de recolección de líquidos, véase figura 1.

Es importante destacar que para eficientar el proceso de desgarre se sumergieron las muestras de llanta en aceite, gasolina y petróleo, estas disminuyen la resistencia al corte en un promedio del 61.29 %. También se sometieron las muestras a secado para eficientar la recolección de aceite, modificando la temperatura de reacción en la pirólisis, el tiempo de residencia y la ganancia de aceite.



**Figura 1** Proceso de pirólisis de llantas de desecho para la obtención de líquidos combustibles.

## Metodología de diseño

Se realizó una memoria de cálculos para el dimensionamiento del reactor tomando en cuenta la selección del material y del tipo de tornillo sin fin empleando el sistema de diseño mecánico de máquinas y sus partes, realizando lluvia de ideas para analizar la mejor de las variantes a proponer en el diseño conceptual, elección de una variante módica para disminuir los costos, realizar los cálculos y comprobarlos con la simulación por el método por elementos finitos.

A continuación se detalla la secuencia de diseño mecánico para la selección de un tornillo sin fin para pirólisis de neumáticos triturados a escala de laboratorio térmico de dicho elemento, con el objetivo de construirlo y fabricar el reactor para la obtención de líquidos pirolíticos para motores de diésel modificados.

Especificaciones a tomar en cuenta para el diseño:

- Capacidad de 6 kilos de llanta triturada.
- Dimensiones escala laboratorio.
- Prototipo fácil de trasladar.
- Materiales resistentes y de precios asequibles.
- Presiones máximas de 45 psi
- Hermético y trabajo al vacío
- Fácil uso
- Fácil de abrir y cerrar
- De fácil medición de parámetros de temperatura, presión, caudal.

## Selección de reactor

Un reactor es donde una reacción química en particular toma lugar, y por consiguiente debe poseer las condiciones necesarias para efectuarse. Respecto al reactor de pirólisis este debe ofrecer ciertas condiciones de operación, control de temperatura, caudal y presión y el tiempo de residencia.

Existen diversos tipos de reactores utilizados en la pirólisis, del cual mediante un estudio bibliográfico se determinó que el reactor de pirólisis de tornillo o tipo extrusora es el más conveniente para la degradación química de neumáticos triturados, pues el tornillo sinfín da una gran ventaja sobre los otros pues ayuda a obtener el rendimiento de los productos líquidos y controlar el tiempo de residencia a través de la velocidad del giro.

### Reactor de tornillo

El reactor de tipo tornillo, es un equipo que básicamente consiste en una tolva de entrada, por donde ingresan los reactivos para dar a un tornillo sinfín, encargado de transportar estos compuestos a través de un barril calefaccionado, donde se llevan a cabo las reacciones de degradación.

### Dimensionamiento del tornillo sin fin con filetes

Se empleó el principio de diseño del tornillo sin fin de una extrusora de plástico tomando en cuenta que el material entra en estado sólido y obteniendo al final del proceso líquido también. Para realizar los cálculos se comenzó de los siguientes datos:

1. El mayor tiempo de pirólisis para llantas trituradas de 1 cm de granulometría parte de 2 horas.

2. La longitud efectiva del transportador de tornillo es de 1m por razones constructivas.

Para esto obtendremos las dimensiones del tornillo como se muestra en la figura 2.

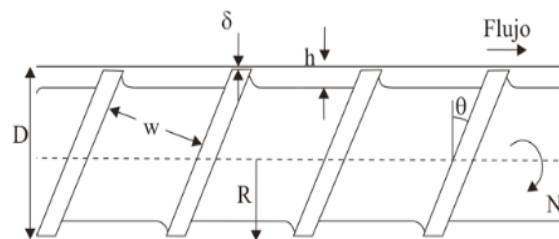


Figura 2 Nomenclatura tornillo sin fin.

De esto tenemos:

LT= Longitud efectiva del transportador

tp= Tiempo de pirólisis

VT= Velocidad lineal del transportador en m/s

$$VT = \frac{LT}{tp} \quad (1)$$

$$VT = \frac{LT}{tp} = \frac{1}{2 * 3600} = 0.00014 \text{ m/s}$$

Con respecto al dimensionamiento del diámetro y el paso del transportador se siguen las relaciones:

LT: DT igual a 10 para el numero de filetes, de acuerdo a la ecuación 2.

$$D = \frac{L}{\# \text{filetes}} \quad (2)$$

$$D = \frac{1 \text{ m}}{10} = .10 \text{ m}$$

Para canal de profundidad ecuación 3.

$$h = 0.02 * D \quad (3)$$

$$h = 0.02 * .10 = 0.002 \text{ m}$$

El paso es igual que el diámetro, despejando la ecuación 4 se calcula el ángulo del filete.

$$\tan \theta = \frac{w}{D * \pi} \quad (4)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{t}{D * \pi} = \frac{.10 \text{ m}}{.10 \text{ m} * \pi} = 17.7^\circ$$

Posteriormente se calcula en ancho del filete.

$$e = 0.12 * D \quad (5)$$

$$e = 0.12 * 0.10 \text{ m} = 0.012 \text{ m}$$

Los requerimientos del husillo (ver tabla 1):

Material	12 lb/carga
Diámetro del husillo	0.10 m
Relación	10:1
Longitud	1 m

**Tabla 1** Requerimientos de husillo.

En la figura 3 se muestra el modelado del tornillo sin fin con los datos obtenidos.



**Figura 3** Modelado tornillo sin fin.

Para hallar las revoluciones por minuto del husillo.

$$N = \frac{R}{2.3 * D^2 * h * g} \quad (6)$$

Donde:

R = Cantidad de material en libras.

D = Diámetro del Husillo en Pulgadas.

h = Profundidad sección de dosificación en pulgadas.

G= Gravedad Especifica.

N = RPM del husillo.

Sustituyendo en la ecuación 4 tenemos:

$$N = \frac{12}{2.3 * 3.94^2 * 0.118 * 0.97} = 2.93 \text{ RPM}$$

Con estos datos iniciales se calcula la potencia que utiliza el husillo en su funcionamiento, reemplazando los datos en las siguientes formulas se adquirirá la potencia del sistema.

El caudal de transporte se determina mediante la siguiente ecuación:

$$I_V = 60 \frac{D^2}{4} \pi \rho n \alpha \quad (5)$$

Donde:

$$I_V = m^3/h$$

D = diámetro del tornillo, en metros,

p = paso de hélice, en metros,

n = velocidad de giro, r.p.m.

$\alpha$  = coeficiente de llenado

El coeficiente de llenado  $\alpha$  es función de las características del transportador (diámetro, longitud, r.p.m., inclinación) y de la naturaleza del material a transportar (granulometría, ángulo de rozamiento interno, abrasividad).

La tabla 2 nos indica los datos relativos a la capacidad de transporte de un tornillo sin fin comercial.

Ø del tornillo mm	Paso de hélice mm	Velocidad rpm	Capacidad horizontal m <sup>3</sup> /h
160	160	70	14
200	200	65	26
250	250	60	45
315	300	55	78
400	355	50	130
500	400	45	217
630	450	40	342
800	500	35	525

**Tabla 2** Capacidad de transporte de un tornillo sin fin.

Entonces el coeficiente de llenado depende de la clase de material en este caso caucho que pertenece a la clase III de materiales semiabrasivos de pequeño tamaño, mezclados con polvos. Peso específico entre 0.6-1.2. Para estos materiales el coeficiente de llenado  $\alpha = 0.25$ . Sustituyendo en la ecuación 5.

$$I_V = 60 * \frac{.1^2}{4} * \pi * .1 * 2.93 * 0.25 = 0.0345 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia necesaria por el transportador a plena carga se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P = P_H + P_N \quad (5)$$

$P_H$  = potencia para el desplazamiento del material.

$P_N$  = potencia para el accionamiento del tornillo.

A partir del anexo de la tabla 3 se elige para la resistencia al desplazamiento del neumático un valor de  $\lambda=0.25$ .

Tipo de carga	$\lambda$
Pesada y abrasiva	0.125
Pesada y poco abrasiva	0.25
Ligera poco abrasiva	0.32
Ligera no abrasiva	0.4

**Tabla 3** Determinación del flujo del material.

Así pues, la potencia necesaria para desplazar el material es:

$$P_H = \frac{L * I_M}{3600} \lambda g \quad (6)$$

La capacidad de un transportador de tornillo sin-fin está expresada por la ecuación 7, donde la densidad está dada por  $1153.7 \text{ kg/m}^3$ .

$$I_M = \rho * I_V \quad (7)$$

$$I_M = 1153.7 * 0.0345 = 39 \text{ kg/h}$$

Entonces sustituyendo en la ecuación 6, tenemos:

$$P_H = \frac{39 * 0.1}{3600} * 0.25 * 9.81 = 0.003 \text{ kW}$$

La potencia  $P_N$  es muy pequeña comparada con la requerida para el desplazamiento del material. El valor es proporcional al diámetro y la longitud del tornillo. En la práctica viene dado en kilowatios por la ecuación siguiente y su valor en nuestro caso es:

$$P_N = \frac{D * L}{20} \quad (8)$$

$$P_N = \frac{0.1 * 1}{20} = 0.005 \text{ kW}$$

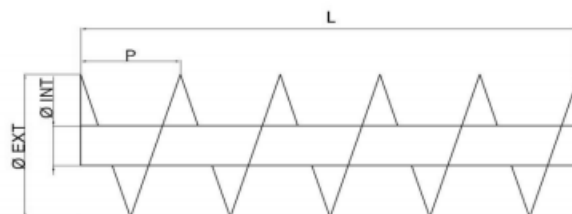
La potencia requerida por el sistema es:

$$P = 0.003 + 0.005 = 0.008 \text{ kW} = 0.01 \text{ HP}$$

Dicha potencia no tiene en cuenta rozamientos en el mecanismo de reducción de tornillo sinfin empleado ni en el sistema de articulación con transmisión de giro por lo que supondremos una potencia necesaria de 1/8 HP.

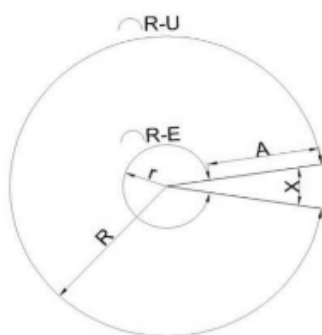
### Dimensionamiento del tornillo sin fin con hélice

Para el dimensionamiento del tornillo con hélice se determinó el largo del mecanismo como su diámetro interior y su diámetro exterior. Ver figura 4.



**Figura 4** Nomenclatura tornillo sin fin con hélice.

Para crear el modelado del tornillo con hélice tomaremos en cuenta la siguiente figura.



**Figura 5** Nomenclatura para modelado de hélice.

Tomando los siguientes datos:

$$L=100 \text{ cm}$$

$$P=15 \text{ cm}$$

$$\varnothing \text{ ext}= 15 \text{ cm}$$

$$\varnothing \text{ int}= 3.5 \text{ cm}$$

Para obtener el ancho de la hélice con respecto del diámetro interior se usa la ecuación 9.

$$A = \frac{\phi_{ext} - \phi_{int}}{2} \quad (9)$$

$$A = \frac{15 - 3.5}{2} = 5.75 \text{ cm}$$

Para obtener la longitud de la circunferencia del diámetro exterior.

$$RU = \sqrt{(\phi_{ext}^2 * \pi^2 + P^2)} \quad (10)$$

$$RU = \sqrt{(15^2 * \pi^2 + 15^2)} = 49.5 \text{ cm}$$

Calculando la longitud de la circunferencia del diámetro interior.

$$RE = \sqrt{(\phi_{int}^2 * \pi^2 + P^2)} \quad (11)$$

$$RE = \sqrt{(3.5^2 * \pi^2 + 15^2)} = 18.5 \text{ cm}$$

Para calcular el ángulo de corte que nos permitirá mantener el armado de la hélice en un solo eje, para esto se usarán las ecuaciones:

$$r = \frac{A * RE}{RU - RE} \quad (12)$$

$$r = \frac{5.75 * 18.5}{49.5 - 18.5} = 3.45 \text{ cm}$$

Una vez calculado el radio menor, se procede a obtener el radio mayor.

$$R = r + A \quad (13)$$

$$R = 3.45 + 5.75 = 9.2 \text{ cm}$$

Y para obtener el ángulo de corte se obtendrá el incremento del radio mayor, más el complemento del ángulo que se denomina mediante  $\beta$ .

$$\Delta = 2 * R * \pi \quad (14)$$

$$\Delta = 2 * 9.2 * \pi = 57.8$$

$$\beta = \frac{RU * 360^\circ}{\Delta} \quad (15)$$

$$\beta = \frac{49.5 * 360^\circ}{57.8} = 308.3^\circ$$

Por último se obtiene el valor de ángulo de corte con la ecuación 16.

$$X = 360^\circ - \beta \quad (16)$$

$$X = 360^\circ - 308.3^\circ = 51.7^\circ$$

A través de la memoria de cálculos para obtener el tornillo de hélice, se modela mediante el software de Solidworks, ver la figura 6 para resultados.

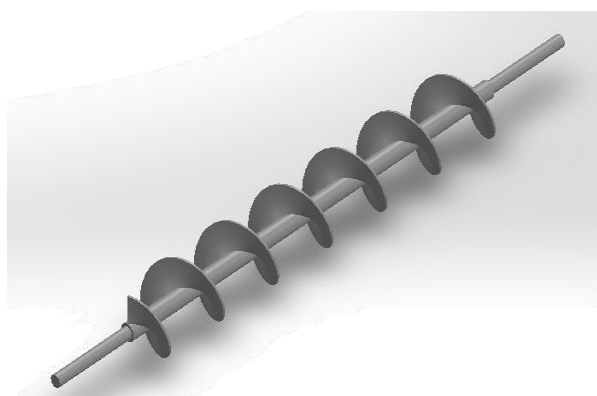


Figura 6 Modelado tornillo sin fin de hélice.

### Selección de material

Para obtener los resultados de deformación y resistencia del tornillo sin fin debemos de seleccionar el material adecuado.

Para el diseño del tornillo se selecciona un acero AISI 8740 al carbón con aleación Cr, Ni, Mn, Si, P, S con condiciones de templado y revenido. Se seleccionó este acero debido a su alta resistencia, alta dureza, buena resistencia a fatiga y a la corrosión, en la tabla 4 se muestran sus propiedades.

Densidad	7.85 g/cc
Módulo de corte	80 GPa
Sut	952 MPa
Sy	848 MPa
Dureza	285 HB
E	205 GPa
Conductividad térmica	46.6 W/m-K
Calor específico	0.475 J/g-°C
Maquinabilidad	65%

Tabla 4 Características acero AISI 8740

Teniendo estos datos del material se procede a verificar el diseño de los dos tipos de tornillo sin fin.

### Verificación del diseño

El tornillo sin fin es el elemento más crítico dentro del equipo, debido a esto la verificación del diseño se centra en este elemento.

El tornillo sin fin se encuentra cargado como se muestra en la figura 7, donde se asume las cargas radiales en z de valor despreciable y las cargas axiales usadas para mezclar y desplazar el neumático triturado son trasladadas a los rodamientos del eje.

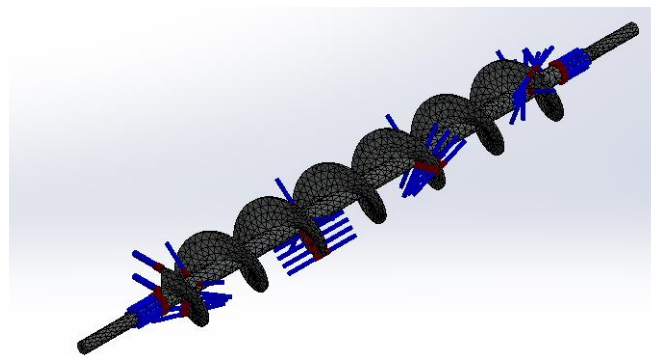


Figura 7 Diagrama de fuerzas del tornillo sin fin.

Mediante el software de Solidworks se resuelven todas las ecuaciones diferenciales que enlazan la geometría de las piezas, la estabilidad y sus propiedades constitutivas (método de elementos finitos). Se hizo una comparación entre los dos tipos de tornillo para determinar el más idóneo. Se obtienen los siguientes resultados, tensiones, desplazamientos y deformaciones.

Para el tornillo sin fin de filetes el límite elástico del material es  $848 \text{ N/mm}^2$ . Asimismo, puede identificarse que la zona que sufre los esfuerzos tensionales más altos está muy cerca de la zona de fijación, cuyo valor más alto es  $0.0002518 \text{ N/mm}^2$ , que comparado con el límite elástico implica que resistirá las cargas a las que fue sometido sin problema. Ver figura 8.

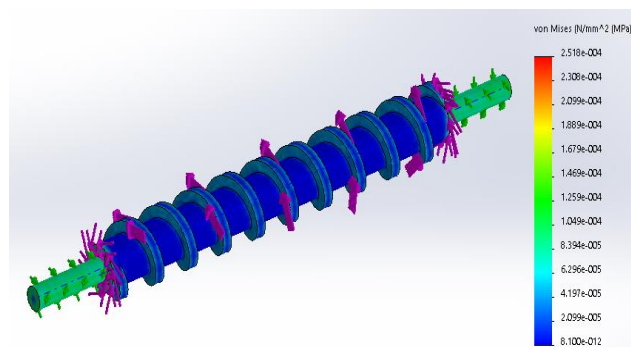


Figura 8 Análisis de tensiones tornillo sin fin de filetes.

Los desplazamientos más altos se generan en donde está aplicada la fuerza de torsión y sujeción y el valor más alto es 3.551 mm; al ser una cantidad muy pequeña, la pieza no colapsa. Véase figura 9. Es importante resaltar que:

- URES: desplazamiento resultante, en este caso las unidades están en mm.

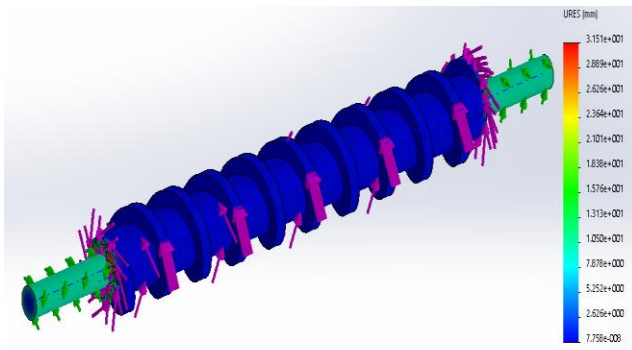


Figura 9 Análisis de desplazamiento tornillo sin fin de filetes.

Las deformaciones que se aprecian con respecto al desplazamiento de su posición relativa con respecto a cada uno de los ejes tiene un valor máximo de deformación bastante pequeño en la escala de  $1.243 \times 10^1$ . Ver figura 10.

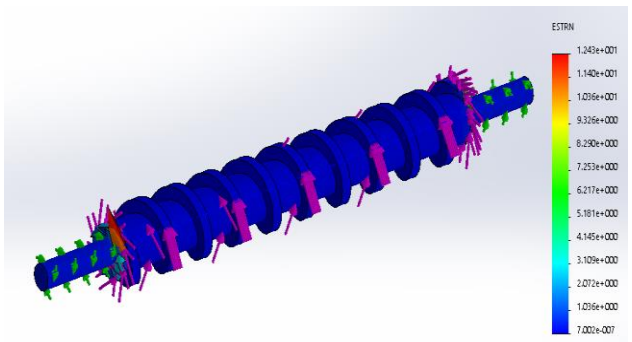


Figura 10 Análisis de deformaciones tornillo sin fin de filetes.

Para el tornillo sin fin de hélice, la zona donde sufre esfuerzos tensionales más altos es en la zona de transporte y su valor más alto es  $27.02 \text{ N/mm}^2$ , que comparado con el límite elástico implica que el material resistirá, pues se analizó en condiciones extremas. Véase figura 10.

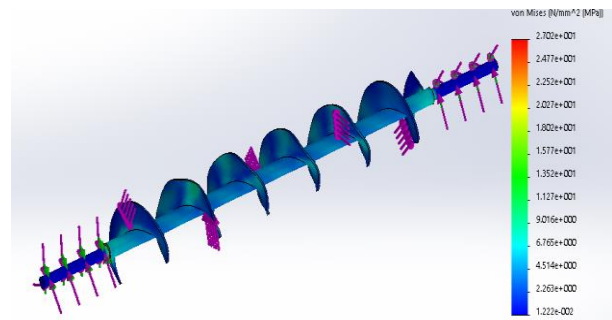


Figura 11 Análisis de tensiones tornillo sin fin de hélice.

Los desplazamientos más altos se generan en donde está aplicada la fuerza de desplazamiento de material, principalmente al inicio y fin del tornillo y el valor más alto es de 3.902 mm. Esta cifra es alta y podría originar un colapso de la pieza. Ver figura 11.

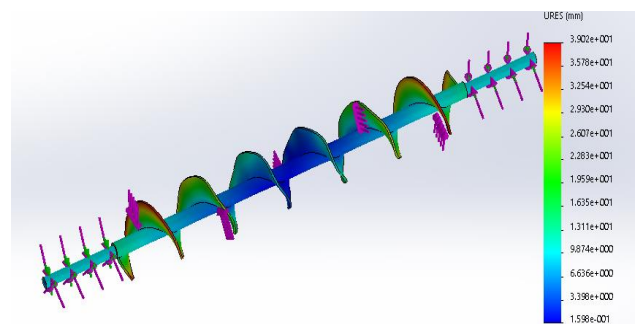


Figura 11 Análisis de desplazamiento tornillo sin fin de hélice.

Se entiende que la deformación de esta pieza de cambio de posición relativa de los desplazamientos respecto a cada uno de los ejes en este caso que muestra la figura 12, el valor máximo de deformación es de  $1.695 \times 10^{-1}$ .

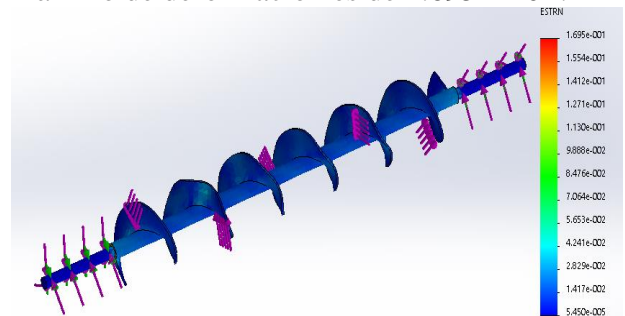


Figura 12 Análisis de deformaciones tornillo sin fin de hélice.

## Conclusiones

Para el diseño de sistemas de transporte debe tenerse en cuenta que el tornillo sin fin es el candidato idóneo para suplir las necesidades de transporte. Por lo cual, se realizó una comparación entre dos tipos de tornillo de filetes y de hélice. Después de observar el comportamiento en ambos ejes simulados, se puede concluir que el diseño es confiable, no presenta errores, por lo que es viable realizar su construcción. Actualmente se está realizando el modelado de fabricación de los componentes del reactor y se ha ingresado en la etapa de fabricación de algunas partes como el cilindro del reactor, la tolva y el tornillo sin fin. Las derivaciones de esta etapa estarán reportadas en un inmediato apartado.

## Referencias

AMAR, K. (2013). Introduction to finite element analysis using Matlab and Abaqus. Boca Raton: CRC Press.

BEER, F., RUSSELL, J., & D. MAZUREK. (2010). Mecánica de materiales. México: Mc Graw Hill.

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill.

HIBBELER, R. C. (2010). Mecánica de materiales. México, D.F.: Ed. Prentice Hall.

MOTT, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Education.

NORTON, R. L. (2004). Diseño de Maquinaria. Síntesis y Análisis de Máquinas y Mecanismos. México: Mc Graw Hill.

SHIH, R. H. (2012). Introduction to finite element using Solidworks Simulation 2012. SDC Publications

## Diseño de un prototipo de sistema de información para la gestión de la producción en una planta de alimentos

CANO-C, Adolfo\*†, FORNÉS-R, René, RÍOS-V, Nidia y TAPIA-M, Iván.

*Dirección de ingeniería, Cuerpo académico de sistemas de gestión de la calidad, Instituto Tecnológico de Sonora, México.*

Recibido Abril 18, 2016; Aceptado Junio 1, 2016

### Resumen

La investigación se realizó en una planta de alimentos balanceados para aves y cerdos, estudiando el manejo del sistema de producción. El objetivo, fue desarrollar un prototipo de sistema de información para la administración de la producción y control de inventarios. Los resultados consisten de un prototipo, que permite gestionar la operación de la planta de alimentos balanceados desde la planeación de pedidos hasta el envío del producto. Se estableció un modelo entidad-relación y las interfaces para su operación. El prototipo permitirá medir la viabilidad del desarrollo del proyecto al valorar la opinión de los futuros usuarios.

**Prototipo, gestión de la producción, sistema de información**

### Abstract

The research was done in a feed mill for poultry and pigs, studying the production management system. The goal was to develop a information system prototype for production management and inventory control. The results consist of a prototype for manage the operation of the feed mill from order planning to shipping the product. One entity-relationship model and interfaces for operation was established. The prototype will measure the viability of the project development considering customer rating.

**Prototype, production management, information system**

**Citación:** CANO-C, Adolfo, FORNÉS-R, René, RÍOS-V, Nidia y TAPIA-M, Iván. Diseño de un prototipo de sistema de información para la gestión de la producción en una planta de alimentos. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-4: 39-54

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: adolfo.cano@itson.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Una granja, es un área productiva compleja, que involucra la integración de diferentes actividades para el logro de sus objetivos. En particular la empresa analizada se dedica a la venta de huevo y cerdo; operación que implica el cuidado, manejo, alimentación, distribución, y una serie de actividades. El eje de la operación es la producción de alimento (para aves y cerdos) es un área dinámica que se caracteriza como un centro de costos, de aquí su importancia para mejorar la productividad.

La producción de Alimento Balanceado es un proceso donde intervienen múltiples variables: materia prima, transporte, formulaciones nutricionales, funcionamiento del mercado de carnes y hasta podríamos incluir el clima que sin lugar a dudas regula también la actividad agroindustrial definiendo la oferta y precios de cereales. (Juncos, 2010).

En la planta de alimentos se producen hasta 18 tipos de alimentos para cerdos y aves, la manera en la que se identifican los alimentos en el caso de los cerdos es por medio de un intervalo que expresa la cantidad de kilogramos en la que se encuentra el cerdo y en el caso de las aves el intervalo expresa la fase de desarrollo del ave, la cual se mide en semanas.

Los más comunes para cerdos son: el 12-25, 25-60, 60-80, 80-100, 100-Mdo (proporcionado una vez que el cerdo ha alcanzado su crecimiento pleno), Gestación (proporcionado a las hembras preñadas), y Lactancia (proporcionado a los lechones en sus primeras semanas). En el caso de aves el 0-3, 4-9, 9-14 atienden las primeras semanas de crecimiento, y los alimentos Desarrollo, Booster, Fase-1, Fase-2 son proporcionados en etapas especiales del crecimiento del ave.

La producción utiliza ingredientes que son conseguidos con proveedores locales y en ocasiones foráneos, por ello requiere un adecuado conocimiento del medio para estar pendiente de los ingredientes disponibles, su costo, su cantidad y calidad. El procesamiento del alimento balanceado requiere de micro y macro ingredientes, que son solicitados al proveedor en una u otra presentación. En el caso de los macro ingredientes llegan al proceso directamente sin un trabajo previo y los micro ingredientes son mezclados al alimento en dos etapas, primero se lleva a cabo una premezcla con la finalidad de integrarlos mejor al producto final (dicha premezcla es adquirida con proveedores locales), y después es integrada al alimento.

En el ámbito de los alimentos se define un alimento completo como aquel que aporta la nutrición adecuada. Por su fórmula específica, está preparado para ser consumido como única ración y es capaz de mantener con vida y/o promover la producción sin que sea necesario proporcionar ninguna sustancia adicional, excepto agua (FAO, 2003). El Alimento compuesto consiste de una mezcla de productos de origen vegetal o animal en su estado natural (frescos o conservados), productos derivados de un procesamiento industrial o sustancias orgánicas o inorgánicas, contengan o no aditivos, que constituyen un alimento completo para suministro oral. Otras connotaciones son la de Alimento primario que es Fabricado "desde cero", lo que significa que son formulados a partir de los ingredientes simples. Por otra parte un alimento secundario es fabricado mezclando suplementos con otros ingredientes, como granos.

El Aditivo, suplemento o concentrado es un ingrediente o combinación de ingredientes añadidos a la mezcla base del alimento o a parte de ésta para satisfacer una necesidad específica, normalmente se utiliza en microcantidades y requiere mezclado y manipulación cuidadosa. Otro término utilizado es el de Premezcla, la cual es una Mezcla uniforme de uno o más microingredientes con un diluyente y/o un vehículo. Las Premezclas son utilizadas para facilitar la dispersión uniforme de los microingredientes en una mezcla mayor (AAFCO, 2000).

La encuesta de alimentos en el 2016 mostró que la alimentación de las aves tiene la mayor cuota de mercado y está creciendo más rápido que cualquier otra especie, con el 47 por ciento de la alimentación mundial total fabricada específicamente para pollos de engorde, gallinas ponedoras, pavos, patos y otras aves. La encuesta de este año también se confirmó que el maíz y la harina de soya son los ingredientes estándares de alimentos para aves de corral a nivel mundial. Los 10 productores de alimentos más importantes del mundo sigue siendo China, Estados Unidos, Brasil, India, México, España, Rusia, Alemania, Japón y Francia (Alltech, 2016).

Todo lo anterior provoca cambios en las estructuras de operación de las plantas de alimentos balanceados, generando un gran número de problemas que los fabricantes de enfrentan día a día, los esquemas son comunes a todos los países involucrados en el giro. Entre los desafíos más comunes están: a) Las difíciles condiciones económicas locales, b) Los tabúes religiosos y culturales, c) Las poco cooperadoras políticas gubernamentales, d) Los desafíos logísticos del transporte, e) Manejo y almacenamiento de ingredientes y productos voluminosos y perecederos.

Estos desafíos motivan el conocimiento a más detalle de las operaciones y las áreas necesarias para la operación de una planta de alimentos. El alimento es el producto final de la planta de alimentos, y detrás de su proceso se involucran conceptos como órdenes de pedidos, costo, tiempo de entrega, control de materiales etc., son términos familiares a quien se propone optimizar la operación de los sistemas.

Uno de los objetivos de la Planta de Alimentos abordada es la reducción de costos y la optimización de la operación de sus procesos, recientemente se adoptó la idea de producir Premezclas en lugar de adquirirlas con proveedores, esto traería beneficios como los mostrados en el grupo de tablas a continuación.

ALIMENTOS												
INGREDIENTE	12-25		25-60		60-80		80-100		GESTACION		LACTANCIA	
	Cant-	costo	Cant-	costo	Cant-	costo	Cant-	costo	Cant-	costo	Cant-	costo
ORGO	45	1.73	35	1.08	25	1.624	20	1.798	10	4.46	4.0	4.46
ALCIO	13	95	12	1.8	12	1.80	12	1.80	17	2.55	16	2.40
ORTOFOSFATO	14	8.1	12	24.1	10	0.09	7	4.06	17	34.15	19	88.171
ISINA	05	4.1	1.7	4.88	2.1	5.44	3.0	0.72			5.0	39.60
REONINA	65	9.1	45	0.16	65	9.12	50	2.40			5.0	22.40
METIONINA	35	38		5.94								
IMICER	2.0	5.3		8.76					2.0	55.30	2.0	55.30
IMICEN			2.0		2.0	5.94	2.0	5.94				
IMIMIN	1.0	76	1.0		1.0	8.76	1.0	8.76	1.0	3.76	1.0	3.76
ULF. MAG.												
ABORIZANTE											1.0	4.70
ULF. COBRE	50	15	0.5	155								
AL	4.0	52	4.0	1.52	4.0	1.52	5.0	1.90	1.0	1.52	5.0	1.90

**Tabla 1** Premezclas utilizadas en la producción de alimentos balanceados

(comparación de producir 40kg en OJAJ o adquirir con proveedor)												
Cant-Costo												
PRODUCIR	2-25		5-60		10-80		10-100		GESTACION		LACTANCIA	
	40Kg	191.2	40Kg	144.4	85Kg	151.3	85Kg	46.4	85Kg	101.7	80Kg	172.7
COMPRAR	40Kg	190	40Kg	200.8	80Kg	49.7	80Kg	49.7	80Kg	214.5	80Kg	248.0
EFERENCIA		-1.2		56.4		-1.6		3.3		112.8		75.3

TIPO	INGREDIENTE	total retrasos	Número de pedidos	Porcentaje de retraso
Micro	ECADOX	1	2	50.00%
Micro	MINERALES AVES	3	8	37.50%
Micro	ACEITE R-3	3	8	37.50%
Micro	LORURO DE COLINA	2	6	33.33%
Micro	IMICEN	3	10	30.00%
Micro	ULF. DE COBRE	2	8	25.00%
Micro	METIONINA	3	12	25.00%
Micro	IMIMIN	2	9	22.22%
Micro	IMICER	2	9	22.22%
Micro	IT. POSTURA	2	11	18.18%
Micro	IT. INIC. Y CRECIMIENTO	1	7	14.29%
Macro	ACIDO GRASO	7	13	53.85%
Macro	CALCIO GRANO	3	6	50.00%
Macro	CALVADO	4	10	40.00%
Macro	CALCIO FINO	6	17	35.29%
Macro	CALCIO TALCO	4	12	33.33%
Macro	ORTOFOSFATO	3	9	33.33%
Macro	PASTA DE SOYA	4	18	22.22%

**Tabla 3** Retrasos en pedidos durante un bimestre.

La tabla 1, muestra a detalle la cantidad y el costo necesario para la elaboración de Premezclas, y la tabla 2 compara las cantidades totales de comprar contra producir. Resulta un ahorro en costos significativo, en la producción de Premezclas correspondientes a alimentos como en el 25-60 de un 39%, en el 80-100 de un 2%, en el gestación de un 110%, y lactancia de un 43%. Otro reto en la operación lo representan los retrasos en pedidos de ciertos ingredientes, tal como se muestra en la tabla 3. El seguimiento a órdenes de compra es vital para reducir impactos negativos por no tener alimento, reflejados en el incremento de peso del cerdo y la producción de huevo en aves.

Con estos antecedentes y la información cualitativa derivada de conversaciones y entrevistas con los responsables de la planta de alimentos encontramos que hay problemas por falta de información fidedigna para toma de decisiones, existe tardanza en el flujo de información lo cual se refleja en retrasos y problemas de comunicación.

Debido a la falta de información adecuada para la toma de decisiones y a los problemas de flujo en información, la empresa maneja niveles de inventario que en ocasiones son considerados altos (el caso típico de comprar ahora porque está barato, aunque no haya sido solicitado), por otra parte el departamento de producción desconoce las políticas de proveedores, y la operación misma del departamento de compras, por ello planea las requisiciones de material con 15 días de anticipación como estrategia de protección contra faltantes en inventario. Lo anterior viene a desembocar en "un manejo ineficiente del sistema de control de inventarios". Ante esto se estableció el objetivo de desarrollar un prototipo de sistema de información que permita el desarrollo posterior del sistema de información y apoye la administración de la producción y el control de inventarios en la planta de alimentos.

### Marco teórico

Dentro de las organizaciones el análisis y diseño de sistemas se refiere al proceso de examinar la situación de una empresa con el propósito de mejorarla con métodos y procedimientos más adecuados. Consta del análisis de sistemas y el diseño de sistemas, el primero es el proceso que consiste en clasificar e interpretar hechos, diagnóstico de problemas y uso de la información para recomendar mejoras al sistema, mientras que el segundo es el proceso de planificar, reemplazar o complementar un sistema existente a través de la comprensión total del sistema, el manejo eficiente de los recursos y procesos (Seen, 2009).

Tanto Senn (2000) como Cohen (2009) coinciden en las etapas para el desarrollo de sistemas en una serie de pasos formales.

Se usa típicamente para construir un sistema desde la raíz o para hacer cambios notables en un sistema, este último agrega una fase de operación que coincide con los aspectos previstos en la implantación, relativos a la evaluación y mejora. Las organizaciones pueden requerir el desarrollar un nuevo sistema de información por varias razones: Crecimiento rápido, Consideraciones de datos, Cambios tecnológicos y Reducción de esfuerzo humano.

En todos los casos mencionados anteriormente usando el ciclo de vida en el desarrollo de sistemas puede alcanzar resultados satisfactorios, los pasos a considerar son: (1) El estudio de factibilidad, que define el problema y determina si puede ser solucionado dentro de las restricciones del presupuesto. El equipo de análisis del sistema usualmente limita su recolección de datos a las entrevistas. Este estudio de factibilidad tiene como objetivo determinar si se es posible ofrecer una solución automatizada a dichos problemas. (2) la Etapa de análisis, en ella se reúne datos (usando observaciones o cuestionarios) acerca de todos los aspectos de la organización donde existan sistemas de información y los documentos en la forma de diagramas de flujos de datos. El equipo o grupo de análisis de sistemas identifica como debe trabajar el sistema como un todo, describe las funciones de los subsistemas y documenta cualquier problema. Las tablas de decisiones son otra herramienta descriptiva. El equipo fórmula soluciones posibles y describe que necesita hacerse para alcanzarlo. (3) El diseño general el cual decide qué partes del sistema deben ser y cómo deben funcionar. Desarrolla un plan de prueba para evaluar la exactitud del sistema y su solidez. Los miembros del equipo seleccionan y obtienen el hardware o equipo informático que mejor satisfaga las necesidades de diseño del sistema. (4)

El Diseño detallado, en el que se determina qué software requiere el nuevo sistema, obtiene o diseña la programática y se prueba. (5) La Prueba del sistema que implica el ensayo por secciones a fin de asegurarse de que el programa trabaje bien; en el ensayo en cadenas para cerciorarse de que los archivos se pasen de un programa a otro, y la prueba de sistema, para verificar que todas las partes del sistema funcionen debidamente con el fin de aligerar la implantación del sistema. (6) la Conversión e implantación en la que se instala el nuevo sistema esto se considera como una conversión del sistema y aquí el equipo de análisis evalúa el nuevo sistema en el aspecto de cuan bien resuelve los problemas identificados en la fase de análisis del sistema. Los cambios o mejoras requeridos son llevados a cabo, y el sistema se evalúa. El conjunto de fases descritas constituyen lo que denominamos Ciclo de Desarrollo. Este ciclo es un proceso secuencial, interactivo; pues se inicia con la definición del proyecto y finaliza con la implantación del sistema, pero puede reiniciarse o devolverse a una fase ya ejecutada.

En la fase de análisis a partir de los modelos de la organización obtenidos se genera el modelamiento del sistema. La tarea principal es construir una representación del sistema mediante datos y relaciones lógicas, de tal manera que cualquier tipo de explotación (consulta o modificación) sea posible (Amaya, 2011).

Muchos especialistas reconocen la dificultad de comprender de modo completo la operación de un sistema, como recurso se apoyan en el método estructurado (que consta de la uso de modelos, diagramas de flujo de datos y diccionario de datos), y la construcción de prototipos desarrollado con la intención de probar ideas y suposiciones con el nuevo sistema, al igual que cualquier sistema basado en computadora está compuesto de software que acepta entradas, realiza cálculos, y produce información impresa o en pantalla (Seen, 2000).

Con frecuencia la demanda en la operación de un negocio es irregular o con altibajos, esto se puede originar por factores como estacionalidad u otros. El comportamiento de la demanda debe ser acorde al modelo de control para el inventario, si la demanda es irregular no se satisface la Hipótesis de demanda constante, necesaria para todos los modelos de cantidad económica de pedido (EOQ), entonces se debe estudiar ésta, bajo un modelo de demanda estocástica. Es recomendable llevar acabo los cálculos siguientes para la determinación adecuada del comportamiento de la demanda.

1. Calcular la estimación de la demanda promedio por periodo mediante:

$$\bar{d} = 1/n \sum_{i=1}^{i=n} di \quad (1)$$

2. Calcular la estimación de la varianza por periodo mediante:

$$D = 1/n \sum_{i=1}^{i=n} di^2 - \bar{d}^2 \quad (2)$$

3. Calcular un estimado de la variabilidad relativa de la demanda (llamado coeficiente de variabilidad VC).

$$VC = \frac{D}{\bar{d}^2} \quad (3)$$

Si todas las  $di$  son iguales, la estimación de la varianza será igual a cero, esto hará que también el coeficiente de variación sea cero. Por lo tanto, si este coeficiente es pequeño, indica que es razonable la hipótesis de demanda constante. Las investigaciones demuestran que el modelo EOQ se debe usar si  $VC < 0.20$ . Si  $VC > 0.20$ , es razonable la aplicación de métodos de demanda variable o estocástica véase (Winston, 1996).

El manejo correcto de los inventarios tiene un gran impacto en las utilidades de una compañía. Un sistema de control de inventarios bien planificado y administrado de manera efectiva es de extrema importancia en cualquier operación comercial moderna y proporciona una coordinación para ventas y producción. El término “Control de Inventarios” se refiere a la gerencia de una planta o compañía que tiene un conocimiento exacto y tiene bajo control los niveles y valores del inventario de toda la materia prima, materiales en proceso, productos terminados y abastos (McEllhiney, 1994). “

Actualmente el manejo eficiente de materiales e inventario es considerado en el término “Administración de la cadena de abastecimiento”, que implica el trabajo de administrar flujos de insumos y componentes de los proveedores a los procesos de producción de la compañía para reducir al mínimo el inventario y maximizar su rotación (Hill y Jones, 2013).

Un sistema efectivo de control de inventarios para la materia prima y abastos considera varios factores para su manejo eficiente, aunque cada planta tendrá los propios, debido a su ubicación y mezcla de productos, hay varios puntos que son comunes a todos los sistemas efectivos de control de inventarios, éstos son: 1) Índices de uso histórico y proyectado, 2) Fuentes de materia prima y abastos, medios de transporte y tiempos de entrega requeridos, 3) Capacidades disponibles de almacenamiento y tamaño de unidades recibidas, 4) Cantidades económicas de pedido y puntos de nuevos pedidos (niveles mínimo y máximo del inventario), 5) Tasas de rotación, 6) Costos de procesamiento de pedidos, 7) Actividades varias, como el flujo de papeleo, la calibración de las tolvas de almacenamiento, el llevar inventario físico y verificar vaciado de tolvas (McElhiney, 1994).

Es extremadamente complejo gestionar una típica operación de fabricación, hay que coordinar el trabajo de varios centenares de personas y docenas de máquinas para producir cientos de tipos de productos, y no resulta sorprendente que los directivos algunas veces no hayan conseguido controlar con eficacia una operación tan compleja. Los enfoques tradicionales para la gestión de la fabricación, como la planeación de requerimiento de material (MRP), se basan en una metodología definida y bastante estricta, que proporciona cifras detalladas a los directivos sobre lo que deberían producir véase Fox (1982), Garwood (1984) y Swoyer (1983) citados por (McElhiney, 1994).

Con los años, los directivos han adoptado una variedad de enfoques con la esperanza de resolver, o al menos simplificar, sus problemas.

Los primeros intentos se basaban en un simple control de las existencias de productos acabados: cuando el nivel de existencia de un producto determinado era demasiado bajo, se pasaba el pedido de un nuevo lote para ser producido. Estos enfoques eran (y siguen siendo) muy simples; pero sólo pueden ofrecer una solución parcial.

Los principales inconvenientes de los sistemas de control de existencias son su elevado costo y la pobre respuesta que ofrecen ante los cambios de un mercado dinámico. Las empresas manufactureras de los países occidentales iniciaron en los años setenta un cambio fundamental a medida que se enfrentaban a la feroz competencia de países de ultramar como Japón, Taiwán y Corea del Sur, y a un aumento vertiginoso del costo de capital, evidenciado por la subida de los tipos de interés. Durante los años setenta, los tipos de interés a menudo bajaban hasta el 6%, pero a finales de los años setenta aumentaron hasta el 15%-20%. En estas circunstancias muchas empresas buscaban sistemas que les permitieran aumentar su adaptabilidad y disminuir los niveles de existencias. Como consecuencia, la American Production and Inventory Control Society (APICS) se interesó en la Materials Requirements Planning (Planificación de las Necesidades de Material), se escribió el software y muchas empresas empezaron a utilizar sistemas MRP. La razón de ser de los sistemas MRP es que permiten a los directivos mirar el futuro y aumentar las existencias solamente en la medida que sea necesario para satisfacer las necesidades que se puedan prever con claridad.

En la década de los 80's el foco de atención era la planificación de requerimiento de material y luego la planificación de recursos de manufactura (MRP) que después evolucionó a ERP, actualmente el paradigma ha cambiado pasando de un modelo de acumulación de existencias a uno de acumulación de pedidos, si bien el eslabón más débil de acumular existencias es la administración de inventarios, esta depende del pronóstico de ventas que es todavía un elemento más débil, en contraparte un modelo de acumulación de pedidos inicia con el pedido, ahora es usado el término planeación de flujos para describir los nuevos sistemas de planeación híbrida, que combina la integración de la información, la capacidad del MRP y la respuesta de un sistema justo a tiempo (Jacobs y Chase, 2013).

## Método

### Sujetos

EL objeto de estudio de esta investigación, es el sistema de control de inventarios de la Planta de alimentos, por ser un sistema tan amplio se involucran en su operación diferentes subsistemas de la empresa, tales como el departamento de compras, las granjas, el área de embarques, recepción de ingrediente, producción de alimentos y finalmente control de inventarios.

### Materiales e Instrumentos

Los materiales utilizados fueron los documentos para la operación de la planta de alimentos, registros de información y datos proporcionados por personas involucradas en cada una de las funciones. Los instrumentos usados para la investigación fueron entrevistas y observación.

### Procedimiento

Para la solución, se realizaron las siguientes fases:

Fase de ANÁLISIS / DISEÑO, se realizó un modelo del área para una mejor comprensión del propósito y en ella se representaron, los procesos que se realizan, los flujos de información, las reglas y políticas que conforman las prácticas del negocio. Se elaboró un análisis del contexto en el cual se va a ubicar el sistema. Para ello se recabó toda la documentación relacionada, se analizó el ambiente, la estructura y los procesos del sistema. Los puntos siguientes detallan lo anterior.

Análisis del contexto.

Proceso actual

Análisis de datos

Clasificación de los datos.

Construcción del modelo del sistema actual.

Diagrama de flujo de sistema actual.

Diccionario de datos del diagrama de flujo del sistema actual.

Informes del sistema actual.

Fase de CONSTRUCCION. Aquí se produjo el prototipo o diseño preliminar del sistema que satisface la especificación funcional. Este prototipo se describe en el informe de diseño preliminar; la configuración técnica describe las características del equipo y programas de apoyo requeridos, los pasos se describen a continuación.

- 1) Objetivos del sistema propuesto.
- 2) Construcción del modelo del sistema propuesto.
  - a) Diagrama de flujo de datos del sistema propuesto.

- b) Diccionario de datos del diagrama de flujo del sistema propuesto.
- c) Construcción del modelo entidad relación del sistema propuesto.
- d) Base de datos del sistema propuesto.
- e) Modelo relacional del sistema de información propuesto.
- f) Diseño de interfaces del sistema de información propuesto.
- g) Descripción del proceso y reportes del sistema de información.
- h) Descripción del prototipo de sistema de información.

Por último se elaboraron las conclusiones de esta investigación.

## Resultados

### Modelo del área de estudio.

Entendiendo la construcción de un prototipo como un auxiliar en el ciclo de vida del desarrollo de sistemas se hace necesario identificar al sistema en estudio y el proceso de información que se manejan, junto con las reglas, políticas y prácticas actuales en la planta de alimentos. Específicamente el sistema en estudio se encuentra englobando la operación del inventario de ingredientes, el cual guarda una estrecha relación con el inventario de alimento terminado. Dentro de la planta se encuentran involucradas las distintas áreas que permiten la operación como centro abastecedor de las granjas (clientes), éstas últimas al igual que el área de compras pertenecen al sistema, sin embargo se encuentran fuera de la planta de alimentos, por cuestiones administrativas y de localización.

Por otra parte los proveedores son un elemento que se encuentra fuera del sistema pero interacciona con la planta de alimentos a través del área de compras. Para un mejor entendimiento ver la figura siguiente.

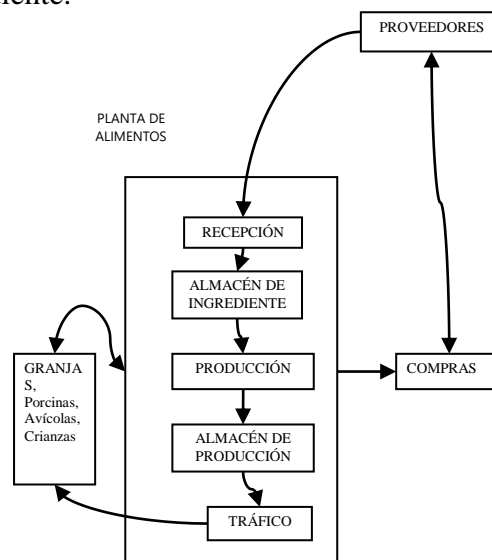


Figura 1 Modelo del área estudiada.

En la figura anterior se esquematizan las diferentes áreas el sistema en estudio, las actividades desarrolladas se listan a continuación: Actividades relacionadas con el pedido de ingredientes: 1) El pedido de ingredientes se elabora los días viernes de cada semana. 2) Para llevar a cabo el paso anterior se realiza un inventario físico de ingredientes. 3) En base al alimento elaborado del mes pasado y las fórmulas actuales se calcula el consumo diario de cada ingrediente. 4) Se determina el alcance de la existencia del alimento tomando en cuenta el consumo diario. 5) Se determina la cantidad a pedir de acuerdo al alcance, cantidad mínima a pedir a proveedor, tiempo de entrega del proveedor (de 7 a 15 días) y capacidad del camión. 6) Se elabora el pedido al proveedor. 7) Se entrega pedido al departamento de compras con copia de recibido. 8) Se da seguimiento al pedido realizado durante una semana.

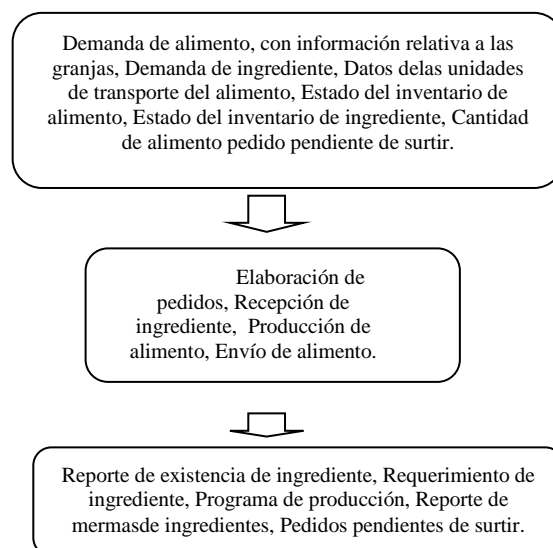
Actividades relacionadas con la recepción de grano: 1) Registro y fumigado del camión al entrar a la planta. 2) Muestreo del grano sobre báscula de recepción. 3)

Registro de peso bruto del camión y envío al área de espera. 4) Análisis del grano sobre humedad, impureza, grano dañado y análisis físico sobre olor y apariencia. 5) Comparativo de los resultados contra estándares de calidad. 6) Aceptado el embarque se procede a descargar al destino asignado (bodega, silos o proceso de secado). 7) Se registra peso tara del camión y se imprime nota de entrada. 8) Supervisión del camión. 9) Se entrega nota de entrada al chofer del proveedor.

Actividades relacionadas con servicio al cliente.

1) Se reciben pedidos de alimento de la siguiente manera. 2) Granjas avícolas: Comunican sus existencias por radio todos los días, el programa de producción para avícolas es determinado por el supervisor de producción, considerando de manera empírica la tasa de consumo por granja y la capacidad correspondiente. Las capacidades de almacenamiento en granjas avícolas oscilan en los valores de 80,000kg (dos naves), 72,000kg (dos naves), 80,000kg (tres naves), 60,000kg (cuatro naves), 54,000kg (cinco naves), 100,000kg (seis naves). 3) Granjas porcinas: Comunican el pedido por semana los días lunes. 4) Granjas de crianza: No programan su alimento, lo pasan un día antes. 5) En base a los pedidos de alimentos el Supervisor de tráfico elabora el programa de producción diario. 6) El supervisor de producción elabora el alimento y se registra en un pizarrón para indicar en que tolva se encuentra. 7) El Supervisor de tráfico coordina los envíos de acuerdo a prioridad en granjas, capacidad y disponibilidad del camión. 8) Se envía alimento pesado y con nota de salida. 9) Se realiza (eventualmente) el reporte de lo elaborado contra lo enviado.

10) Dar seguimiento durante la semana para el cumplimiento al 100% de los pedidos. Por lo anterior se requiere estudiar a detalle la naturaleza de la información relativa al control de inventarios en la planta de alimentos. Los procesos que se llevan a cabo se presentan en la Figura 2.



**Figura 2** Flujos de información a estudiar en el sistema de interés.

### Proceso actual

La planta de alimentos produce un promedio de 4,300 toneladas de alimento mensualmente (en sus distintas presentaciones de alimento para aves y cerdos). Dicha producción de alimento es con la intención de satisfacer las necesidades de alimento para Granjas Porcinas, Granjas Avícolas, y Granjas de Crianza, las cuales forman parte de la infraestructura; en la Gráfica 3 se muestra el diagrama de proceso de la planta de alimentos.

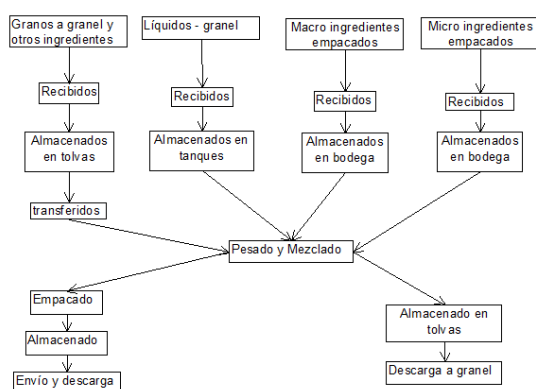


Figura 3 Flujo de proceso en la planta de alimentos.

En cuanto al manejo de materia prima se cuenta con infraestructura de almacenamiento, para macro ingredientes y micro ingredientes y por inspección visual de la misma se concluye que hay suficiente capacidad para almacenar materiales. Por otra parte en cuanto al producto terminado se cuenta con 12 tolvas de almacenamiento de 22 toneladas de capacidad, así mismo en cada una de las granjas se cuenta con tolvas de recepción de alimento exclusivas para cada tipo. Una visión global del área de estudio puede ser apreciada en el esquema presentado en la Gráfica 4.

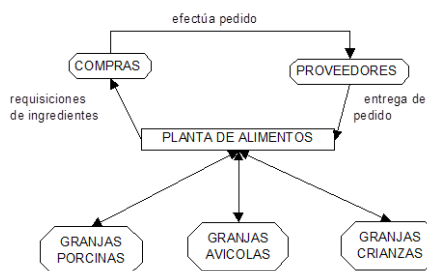


Figura 4 Modelo de operación del sistema de producción de alimento.

El alimento producido, es demandado por seis granjas porcinas, seis granjas avícolas y cuatro crianzas, ocasionalmente es necesario enviar alimento hacia granjas ubicadas en ciudades aledañas. Respecto a la demanda de alimento, encontramos los siguientes resultados en cuanto al coeficiente de variación ver tabla 4.

ALIMENTO	Coefficiente de Variación (VC)	CLASIFICACION DE LA DEMANDA
F-1	0.285	DEMANDA DINAMICA
F-2	0.732	DEMANDA DINAMICA
12-25	0.871	DEMANDA DINAMICA
25-60	1.300	DEMANDA DINAMICA
60-80	1.357	DEMANDA DINAMICA
80-100	1.643	DEMANDA DINAMICA
BOOSTER	0.764	DEMANDA DINAMICA
LACTANCIA	0.890	DEMANDA DINAMICA
GESTACION	1.004	DEMANDA DINAMICA

Tabla 4 Coeficientes de variación y clasificación del tipo de demanda de alimento balanceado

La relación directa que existe entre la producción de alimento y el movimiento de ingredientes en el inventario, lo muestra la Gráfica 5.

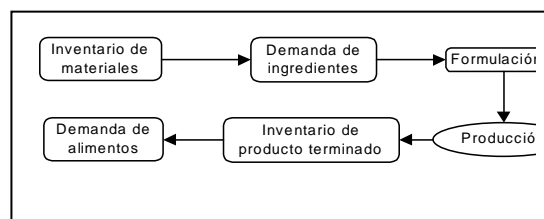


Figura 5 Relación entre los elementos involucrados en el proceso de producción del alimento balanceado.

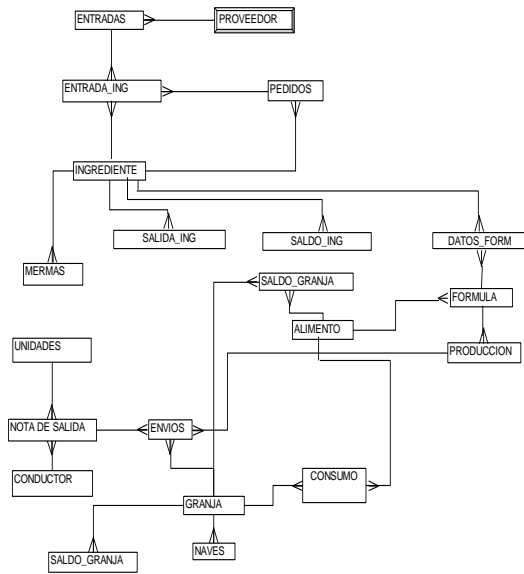
De la relación ingrediente-alimento se determinó la demanda de ingrediente, el análisis reveló un alto índice de variabilidad, implicando que esta no es independiente (aleatoria), está sujeta a pedidos de alimento, no permite previsión estadística en base a datos históricos y es dispersa al grado que el supuesto de continuidad no es realista. Los ingredientes no representan artículos finales que son de los que se ocupa la gestión clásica. Por ello es conveniente adoptar una estrategia que regule la operación del sistema y que asegure la disponibilidad de ingredientes en la cantidad deseada, en el momento y lugar adecuados, en contraposición con la gestión clásica que se ocupa de vigilar los niveles de stocks y ve de manera parcial el sistema.



**Construcción del modelo**

La figura siguiente ilustra las relaciones entre cada una de las entidades, esto define la interacción que habrá en el modelo físico del sistema. Una línea con terminación en una a tres puntas significa que la relación entre las entidades es de “uno a muchos” o de “muchos a uno”.

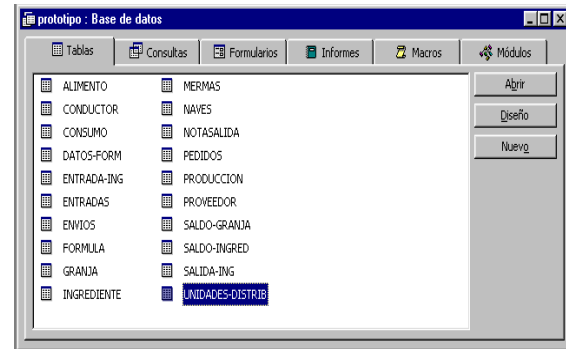
El resultado de este análisis se muestra en el diagrama mostrado en la gráfica 8:



**Figura 8** Modelo entidad-relación del sistema propuesto

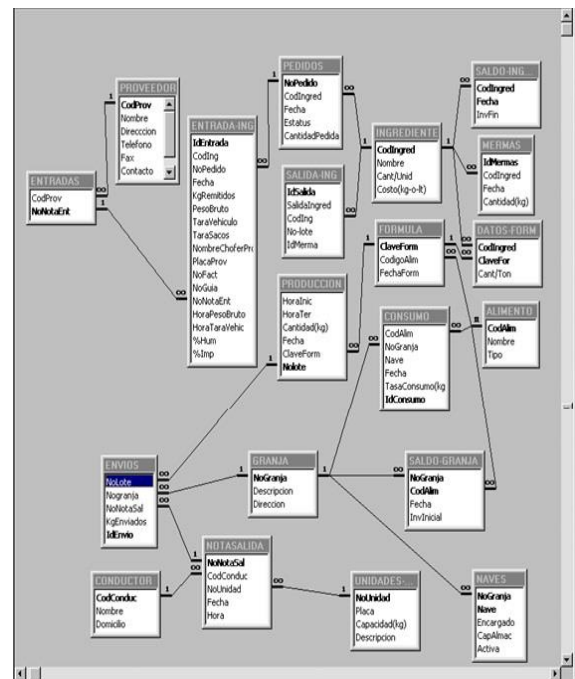
La base de datos que permitirá conseguir los propósitos antes expuestos está constituida por las siguientes tablas:

Una vez que se tienen las tablas con las que se integra la base de datos, el diseño físico se puede establecer. El modelo se realizó en el manejador de bases de datos ACCESS, la gráfica 9 lo representa.



**Figura 9** Base de datos del sistema propuesto.

La base de datos del prototipo cuenta con 20 tablas las cuales están relacionadas de manera que se puede asociar la información registrada para así generar reportes que se emitirán por pantalla o impresora ver gráfica 10.



**Figura 10** Modelo relacional del sistema propuesto.

## Descripción del prototipo del sistema de información

El prototipo del sistema de información propuesto se le identificó con el nombre SGP cuyas significado es Sistema de Gestión de la Producción, por la amplitud de la información manejada en el mismo y por las opciones del manejo de la información para el desarrollo del proceso de producción en la planta de alimentos. El lenguaje utilizado fue el VISUAL BASIC versión 6.0, permite acceder desde el Menú principal a cuatro pantallas que contienen todas las opciones del sistema: Sistema, Catálogos, Reportes, Ayuda. Para operar el sistema hay que ejecutar el archivo SGP y dar el password que habilita las funciones para el usuario correspondiente. La estructura de las pantallas se expresa a continuación:

1.0	Menú principal	
1.1	Sistema	
1.1.1	Entrada a usuario	
1.1.2	Salida a usuario	
1.1.3	Configurar impresora	
1.1.4	Datos de inicio	
1.1.5	Restaurar información	
1.1.6	Respalidar información	
1.1.7	Salida del sistema	
1.2	Catálogos	
1.2.1	Operaciones	
1.2.1.1	Producción	
1.2.1.2	Envíos de alimento	
1.2.1.3	Entrada de ingredientes	
1.2.1.4	Proyección de demanda	
1.2.1.5	Requisición de ingredientes	
1.2.1.6	Mermas	
1.2.2	Proveedores	
1.2.3	Ingredientes	
1.2.4	Alimentos	
1.2.5	Formulación	
1.2.6	Unidades de transporte	
1.2.7	Granjas	
1.2.8	Naves	
1.2.9	Conductores	
1.3	Reportes	
1.3.1	Necesidades de ingredientes	
1.3.1.1	Generales de ingrediente	
1.3.1.2	Generales de alimento	
1.3.1.3	Desglose por ingrediente	
1.3.1.4	Alimento por granja	
1.3.2	Inventario inicial de ingredientes	
1.3.3	Inventario inicial de alimentos	
1.4	Ayuda	
1.4.1	Temas de ayuda del sistema	
1.4.2	Buscar	
1.4.3	Acerca de	

Para una operación adecuada del sistema de información propuesto se deben implementar dos formatos que deberán alimentar con datos al sistema, el primero de ellos registrará la existencia de alimento en las granjas, y el segundo registrará la proyección de demanda de alimento en cada granja. A continuación se muestran cada uno de ellos en las gráficas 11 y 12.

NO NAVE	CLAVE ALIMENTO	DESCRIPCION	CANTIDAD en Kg.

Figura 11 Formato para reportar existencia de alimento.

NAVE	ETAPA	CANTIDAD	Consumo de alimento	Consumo para	ALIMENTO	PERIODO
	generales de etapa	número de ventas	para un periodo (logal)	todos los periodos (logal)	nombre	fecha inicio/fecha termino

Figura 12 Formato para proyección de demanda de alimento.

Con el crecimiento de las empresas aumenta el manejo de información, por lo cual se hace necesario

## Conclusiones

El sistematizar los procedimientos de tal forma que sea posible agilizar el proceso de toma de decisiones. Específicamente en la planta de alimentos estudiada se encontró que la demanda de alimento terminado es dispersa al grado que el supuesto de continuidad no es realista y obedece a un comportamiento dinámico haciendo esto último que quede exenta de toda suposición de demanda constante, así como de la utilización de modelos derivados de este supuesto, como lo son las técnicas clásicas de gestión de inventarios.

En general se tiene que la demanda del alimento se comporta con alto índice de variabilidad. Por otro parte la demanda de ingrediente no es independiente, está sujeta a los pedidos de alimento realizados por granjas del grupo. Este hecho se aprovecha para la construcción de la lógica del prototipo en relación a la determinación de las necesidades de ingrediente a partir de las necesidades de alimento en las naves de cerdos y aves.

El principal logro de este trabajo es el hacer tangible una propuesta de automatización de información con la potencialidad de realizar modificaciones en etapas previas al desarrollo del sistema.

Cabe mencionar que una ventaja adicional de este prototipo es el tener la oportunidad de detener el desarrollo de un sistema que no es funcional, así como también la posibilidad de desarrollar un sistema que satisfaga en mejor forma las necesidades y expectativas de los usuarios.

El factor humano es vital en la operación del sistema, por ello se requiere que el personal confíe en los beneficios de trabajar con el nuevo sistema de información para ello se le deberá involucrar en los siguientes puntos: Recolección de sugerencias del prototipo, Innovaciones en cuanto al diseño; Capacitación sobre la operación del sistema, Participación en la reconversión del sistema una vez que éste se haya desarrollado.

Algo en lo que se debe poner énfasis es en los datos que se suministran a través de las transacciones realizadas dentro de la empresa, tales como la llegada de un ingrediente, o el registro de una orden de producción, pero algo muy importante para que el sistema genere información significativa, consiste en poner atención a la matriz de necesidades de granjas, que contiene información relativa al consumo de alimento (que es proporcionada en la opción de proyección de demanda) del prototipo y en el registro de la tabla de existencias de alimento por naves ( que es proporcionada en la opción datos de inicio), por lo anterior es recomendable concientizar a los encargados de granja de la importancia de este aspecto.

Respecto a la salida de información, ésta puede efectuarse por medio de la impresora, pantalla y cd's. Se recomienda una vez desarrollado el sistema se lleve a cabo una conversión en paralelo, es decir que se integre el nuevo sistema sin dejar de operar el sistema actual hasta que se logre la operación completa de todas las funciones del sistema propuesto. Para ello se puede involucrar parcialmente a la organización eligiendo algunas de las granjas para monitoreo.

Finalmente podemos argumentar que el objetivo de esta investigación se ha conseguido, dado que se cuenta con un prototipo que permitirá el juzgar la conveniencia del dar seguimiento al proyecto de desarrollo de un sistema completo que gestione la producción de la planta de alimentos balanceados.

## Referencias

AAFCO (Association of American Feed Control Officials), *Official Publication, Association of American Feed Control Inc.* 2000, USA, recuperado de <http://www.aafco.org>, mayo 2016.

Alltech, *Feed Survey: Trend reveals 14% increase in global feed tonnage over last five years*. LEXINGTON, Ky, (2016), recuperado de <http://www.alltech.com/news/news-articles/2016/01/22/alltech-feed-survey-trend-reveals-14-increase-global-feed-tonnage-over>, mayo 2016.

Amaya A, J, *Sistemas de información gerenciales : hardware, software, redes, internet, diseño* (2a. Ed.). : Elibro, 2011. ProQuest ebrary.Web. 28 April 2016. Copyright © 2011.Elibro.2.

Cohen K, DI, *Tecnologías de información en los negocios* (5a. ed.). México: McGraw-Hill Interamericana, 2009. ProQuestebrary. Web. 28 April 2016

McEllhine y R, R, Editor Técnico. *“Tecnología de Plantas de Alimentos”*. American FoodIndustryAsociation., U.S.A. 1994.

FAO, *Desarrollo de la acuicultura. Procedimientos idóneos para la fabricación de alimentos para la acuicultura*. Roma (2003), recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/y1453s/y1453s05.htm#TopOfPage>, mayo 2016.

Hill, Charles W, L, and Jones, Gareth R, *Administración estratégica* (8a. ed.). México: McGraw-Hill Interamericana, 2013. ProQuest ebrary.Web. 4 May 2016.

Jacobs, F, R, y Chase R, B, *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros* (13a. ed.). México: McGraw-Hill Interamericana, 2013. ProQuestebrary. Web. 4 May 2016.

Juncos R, *Fallas en manejo de plantas de alimentos balanceados, memorias del x congreso nacional de producción porcina*, Mendoza, Argentina, Argentina 2010, recuperado de [.http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-X\\_congreso/10-fallas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-X_congreso/10-fallas.pdf), mayo 2016.

Senn, J, A, *Análisis y diseño de sistemas de información*: McGraw-Hill Interamericana, 2000. ProQuestebrary. Web. 28 April 2016.

Winston W, L, *“Investigación de operaciones”*. Gpo. Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., México 1996.

## **Diseño del sistema de alimentación con energía solar para abastecer al equipo de reventado de grano de amaranto eléctrico**

MERINO-MUÑOZ, Víctor Hugo\*†, DE ITA-XIMIL, José David, HUERTA-LÓPEZ, Luis Alberto y FLORES-NAVA, Jeanette.

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

Recibido Abril 8, 2016; Aceptado Junio 3, 2016

### **Resumen**

El objetivo de este proyecto es la mejora del equipo de reventado de amaranto eléctrico para aumentar la eficiencia del proceso, utilizando energía renovable como fuente de suministro de electricidad. El reventador de amaranto que se diseñó en una etapa anterior y presentado en el congreso se CICA 2015 y publicado en la revista de aplicación científica y técnica, ha disminuido el tiempo de proceso y ha aumentado el volumen de producción, eliminando la contaminación del medio ambiente al no producir gases debido a que se ocupa un sistema eléctrico alimentado a través de la red de CFE para reventar el grano de amaranto. Se logró generar un equipo compacto, que se encuentre al alcance de los productores de amaranto y sus derivados, de la región de Huejotzingo, por lo que al desarrollar la siguiente etapa del proyecto se desea alimentarla con energía sustentable como es la energía solar. El diseño de este equipo eléctrico eliminará la utilización de la energía eléctrica a través de la red de comisión y utilizará energía sustentable, que permitirá un ahorro considerable.

**Reventador-eléctrico, amaranto, energía limpia, energía sustentable**

### **Abstract**

The objective of this project is to improve an electric equipment for exploding amaranth in order to increase process efficiency, using renewable energy as a source of electricity supply. The electric equipment for exploding amaranth was designed at an earlier stage and presented at the congress CICA 2015 and published in the journal of scientific and technical implementation has decreased processing time and increased production volume, eliminating environmental pollution by not producing gases because an electric system fed through the network of CFE to explode grain amaranth. The equipment was designed as a compact device to be available for producers of amaranth and its derivatives at Huejotzingo area, so to develop the next stage of the project requires to feed it with sustainable energy like solar energy. The design of this electrical equipment will eliminate the use of electric power through the CFE network and use sustainable energy, which will allow considerable savings.

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

**Citación:** MERINO-MUÑOZ, Víctor Hugo, DE ITA-XIMIL, José David, HUERTA-LÓPEZ, Luis Alberto y FLORES-NAVA, Jeanette. Diseño del sistema de alimentación con energía solar para abastecer al equipo de reventado de grano de amaranto eléctrico. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-4: 55-65

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El principal objetivo del proyecto es el desarrollo del equipo de reventador de amaranto utilizando energía eléctrica sustentable, que aumente su eficiencia al producir el grano de amaranto reventado que es la materia prima utilizada en diversos productos como son cereales, granolas y la generación de dulces típicos de la región, los cuales son manufacturados y comercializados por los pequeños comerciantes de la región de Huejotzingo, Puebla. El reventador eléctrico genera un volumen de amaranto reventado de 38 a 42 kilogramos por hora, logrando con esto que no haya exposición de las personas que manufacturaban este producto en forma artesanal con los gases que se generaban debido a la combustión del gas natural y de leña, evitando enfermedades respiratorias, contaminación al medio ambiente y al mismo producto de grano de amaranto debido a que siempre se encontraba en contacto directo con los gases que se producían al desarrollarlo en forma tradicional.

El reventador de amaranto diseñado se realizó a las microempresas familiares que generan dulces típicos en la región de Huejotzingo ya que es su principal fuente de ingresos, se les proporcionó 2 equipos para que tabajen con ellos y evidencien resultados de uso de funcionamiento, los cuales son favorables, donde se pueden producir cerca de 38 a 42 kilogramos por hora la cual depende de la humedad del gramo, pero se ha logrado el objetivo de aumentar la producción al desarrollar el reventador de amaranto eléctrico y sobre todo que estos pequeños productores ya no están propensos a los gases contaminantes que a la larga les producía enfermedades respiratorias por la inhalación de los gases producidos por la combustión de la leña o del gas natural, y de la contaminación del producto al estar también expuestos por los gases que emanaban de la combustión.

El diseño cumplió con las características que se habían propuesto, al ser compacto, aumentar el volumen de producción, ser de bajo costo, no contaminar el medio ambiente y no exponer al usuario a enfermedades respiratorias ya que se produce el reventado del grano de amaranto a través de elementos utilizando energía eléctrica.

La siguiente etapa que se había planteado en el proyecto es desarrollarlo con una alimentación a través de energía eléctrica solar, la cual beneficiaría a los productores al generar bajo o nulo consumo de energía a través de las redes de comisión federal de electricidad, ya que el consumo mensual promedio es de \$290.00 MN.

En la etapa inicial de todo el proyecto del diseño de un equipo eléctrico para reventar grano de amaranto, se analizaron los diferentes tipos de procesos utilizados para reventarla, los tiempos de reventado de la semilla, el volumen de producción por hora en los diferentes procesos para producir el amaranto, el tipo de combustible empleado y los efectos secundarios que producían al usuario y al medio ambiente por los gases generados por la combustión de la quema de leña y gas natural, llegando a la conclusión de desarrollar el equipo eléctrico para reventar amaranto.

Las etapas siguientes del estudio correspondieron al diseño y construcción del prototipo, la prueba de funcionamiento y la medición de resultados.

Es necesario señalar que este proyecto se refiere únicamente a la continuidad de la etapa final que es la de ya no utilizar energía eléctrica proporcionada por Comisión Federal de Electricidad y utilizar energía sustentable como es la energía solar.

La **energía sustentable**, también conocida como energía renovable, utilizada en el desarrollo del proyecto se enfoca en disminuir el impacto negativo que tenemos los seres humanos sobre la naturaleza al obtener energía de fuentes contaminantes y agotables. Este tipo de energía, en contraste a la no renovable, se obtiene de fuentes naturales inagotables como el aire, el agua y el sol, entre otras.

### **Materiales y métodos**

El proyecto se realizó en la carrera de Procesos Industriales de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, dividido en las etapas principales referidas a continuación:

- a) Investigación del contexto (diversos tipos de energías sustentables para poder generar energía eléctrica para el reventador de amaranto eléctrico) y justificación del proyecto.
- b) Diseño y producción de sistema de energía sustentable para el reventador eléctrico de amaranto

### **Investigación del contexto y justificación del proyecto**

#### **Energía Sustentable en el reventador de amaranto como fuente de energía**

La energía sustentable permite aprovechar recursos renovables o inagotables tanto como se desee sin dañar a los ecosistemas o la atmósfera de la manera en que se estaba realizando. Además, tienen el potencial de cubrir nuestras necesidades energéticas en el presente y también en el futuro, a diferencia de las fuentes de energía no renovables que eventualmente se agotarán.

La energía sustentable, busca producir energía sin comprometer los recursos para las generaciones futuras y sin afectar a nuestro medio ambiente. También, uno de los principales beneficios es que se puede llevar a comunidades donde la red de distribución eléctrica no llega, haciendo accesible la electricidad para estas comunidades, ya sea utilizando de la energía solar u otra.

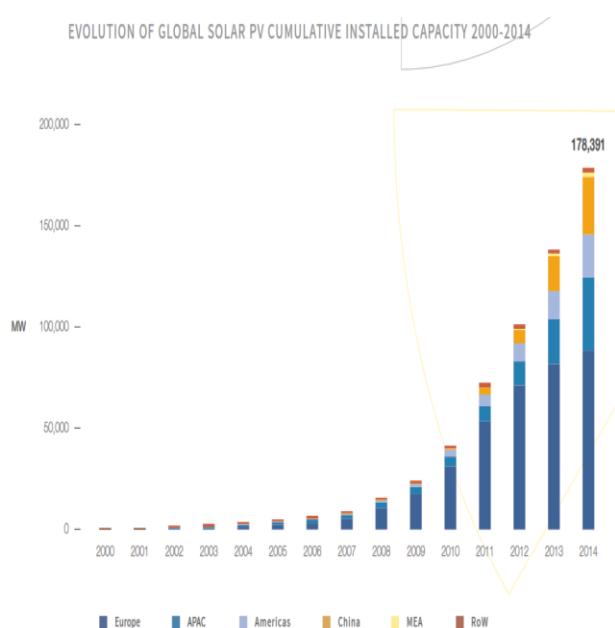
El crecimiento mundial de la energía fotovoltaica se ha incrementado exponencialmente desde hace una década y media. Durante este período de tiempo, la energía fotovoltaica (PV), también conocida como la energía solar fotovoltaica, ha pasado de ser una aplicación de baja escala, a convertirse en una fuente de energía eléctrica de gran uso.

En sus inicios, la energía solar fotovoltaica tuvo que recibir apoyos para facilitar su desarrollo, ya que al tratarse de una tecnología novedosa y todavía fuera de mercado energético, el precio al que generaba la electricidad estaba muy alejado del precio al que generaban las energías fósiles, la nuclear, la eólica o la hidráulica. Por este motivo, hace unos años su uso estaba exclusivamente aplicado a instalaciones experimentales o a plantas fuertemente subvencionadas, ya que era menos rentables este tipo de energía.

Sin embargo, gracias a esas ayudas económicas y a su carácter de energía limpia disponible en cualquier lugar del mundo, su coste se ha ido reduciendo hasta en un 75% en los últimos 10 años, de acuerdo al estudio (Global Market Outlook For Solar Power / 2015 – 2019, 2014).

En la actualidad el precio de los combustibles fósiles ha ido incrementándose, lo que nos lleva a pensar que conforme suba el costo de los hidrocarburos en un futuro próximo, serán todavía más las regiones en las que generar energía mediante paneles fotovoltaicos resulte ventajoso

La energía solar, muy particularmente a través de celdas fotovoltaicas, se ha convertido en una alternativa competitiva a partir de abaratamiento de los equipos de aprovechamiento, con una reducción de precio de más de 90% también en los últimos 30 años. Este abaratamiento se ha reflejado en un crecimiento en su uso con una capacidad instalada en América la cual ha crecido más de 100 veces en menos de 15 años como se ve en el gráfico 1.



**Gráfico 1** Evolución de la capacidad instalada de generación con solar fotovoltaica 2000-2014. [http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena\\_re\\_power\\_costs\\_2014\\_report.pdf](http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_re_power_costs_2014_report.pdf)

Dentro del contexto internacional, la Agencia Internacional de Energía (IEA) ha identificado que el sector energético contribuye con aproximadamente 82% de las emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI) en el mundo. En su mayoría, se derivan de la liberación de CO<sub>2</sub> durante la combustión, como resultado de la oxidación de carbono en los combustibles.

En México la producción de combustibles fósiles y su uso generan poco más del 65% del total de las emisiones de GEI y más de tres cuartas partes de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud, situación que resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar, colocando al país dentro de los primeros lugares en el mundo. La irradiación promedio cambia a lo largo de la República y depende también de la época del año, descendiendo ligeramente por debajo de 3 kWh/m<sup>2</sup> al día y pudiendo alcanzar valores superiores a 8.5 kWh/m<sup>2</sup> al día.

Es por ello que se debe dar más importancia a las energías alternas. La protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales son asuntos prioritarios para el país.

### Energía Solar

El sol es una fuente de energía limpia, inagotable y gratuita. Una de las energías alternativas más importantes y de la cual se pueden obtener grandes cantidades de energía, es la energía solar.

La energía solar, es la producida por la radiación procedente del sol y que es convertida a energía útil, ya sea para calentar, conocida como energía solar térmica o producir electricidad, conocida como energía solar fotovoltaica.

El aprovechamiento de la energía solar se realiza principalmente mediante la utilización de dos tipos de tecnologías:

Fotovoltaicas, que convierten la energía solar en energía eléctrica con celdas fotoeléctricas, hechas principalmente de silicio que reacciona con la luz.

Termosolares, que usan la energía del sol para el calentamiento de fluidos, mediante colectores solares, que alcanzan temperaturas de 40 a 100 °C (planos), o “concentradores” con los que se obtienen temperaturas de hasta 500 °C.

## Diseño y producción de reventador eléctrico de amaranto utilizando energía solar

### Propuesta de reventador eléctrico utilizando energía solar

Debido a las ventajas que presentó al desarrollar el diseño del reventador de amaranto utilizando energía eléctrica, se desarrolló la tercera etapa que fue la de alimentarla a través de energía eléctrica solar, utilizando una fuente de celdas fotovoltaicas, para que el sistema se volviera autónomo, sin depender de la energía eléctrica de alguna red eléctrica.

Utilizando la información técnica del diseño del reventador eléctrico que fue presentado en el congreso de CICA 2015 y publicado en la revista de aplicación científica y técnica, se utilizó resistencias eléctricas que anteriormente eran de 500 watts, los cuales se modificaron a 400 watts, alcanzando la misma temperatura de 280° C, se utilizó el mismo motor para alimentación de aire, de ¾ HP, 560 watts y 127 volts, el cual genera una velocidad de aire en la descarga de 8.60 m/s (1692.91 pies /min), con un caudal de 0.15197 m<sup>3</sup>/seg (322.0064 pies<sup>3</sup>/min).

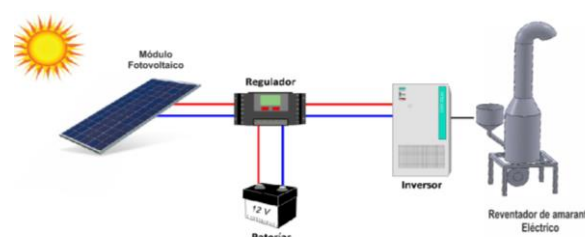
Los elementos eléctricos tienen un consumo de energía que debe ser considerado para determinar el wattage total que se utiliza para suministrarlo a los equipos, esto se muestra en la tabla 1.

Equipo	Cantidad	Consumo de energía	Watts Total
Motor Eléctrico	1	560 watts	560 W
Resistencias Eléctricas	2	400 watts cada uno	800 W
		Total	1360 W

**Tabla 1** Consumo total de energía de los equipos eléctricos en el reventador de amaranto eléctrico. Del Autor.

## Diseño del sistema de energía solar para alimentar el reventador de amaranto eléctrico

En este caso el proyecto está planteado para el diseño de un sistema autónomo que alimente el reventador de amaranto que en las etapas anteriores se había diseñado para trabajar con energía eléctrica, como se muestra en la figura 1.



**Figura 1** Sistema autónomo para alimentación de energía solar al reventador de amaranto eléctrico. Del autor 2016.

Para la aplicación del recurso solar en los sistemas fotovoltaicos, se ha tomado por convención otra unidad para especificar el recurso solar. En un día claro un captador horizontal puede recibir una irradiancia directa aproximada de 1000 W/m<sup>2</sup> al medio día solar. Por lo anterior, se le ha llamado irradiancia-pico, al valor de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Otra dato importante es la insolación global para Puebla, la cual se muestra en la tabla 2.

Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Aguascalientes, Ags.	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
La Paz, B. C. Sur	4.4	5.5	6.0	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
Mexicali, Baja California	4.1	4.4	5.0	5.6	6.6	7.3	7.0	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Campeche,	4.8	5.7	6.0	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5.0	4.3	4.4	6.0	5.2
Monterrey, NL.	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
Oaxaca, Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6.0	5.4	5.9	5.6	5.0	4.9	4.8	4.4	4.4	6.0	5.3
Puebla, Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5.0	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Querétaro, Qro.	5.0	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5.0	4.4	4.4	6.9	5.9

**Tabla 2** Insolación global media inclinación a latitud de México en kWh/m<sup>2</sup>-Día. Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development Institute, NMSU.

Las horas en las que se puede aprovechar al máximo la energía proveniente del sol son llamadas horas-pico y se obtuvieron con los dos datos anteriores de la siguiente manera:

$$\text{Horas}_{\text{pico}} = \frac{\text{insolación Global Media}}{\text{Irradiación pico}}$$

$$h_p = \frac{5,500 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}\right)}{1,000 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)}$$

$$h_p = 5.5 \text{ horas.}$$

Este dato nos proporciona que se puede aprovechar diariamente 5 horas y media de la energía solar.

### Cálculo del número de paneles

El tamaño de un sistema FV está dado por el Watt Pico (Wp). Esta es la salida máxima de un panel FV bajo condiciones estándar que son: temperatura ambiente de 25°C y 1000 Watt/m<sup>2</sup> de irradiación.

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$Ar = 1200 \times Ed / Id \quad (2)$$

Dónde:

**Ar:** Tamaño del panel (Wp)

**Ed:** Consumo de electricidad (kWh / día)

**Id :** Irradiación (kWh / m<sup>2</sup> / día)

La fórmula supone una eficiencia del sistema de aproximadamente 8% que se basa en la eficiencia del panel (10%) y la eficiencia de la batería (80%). Otro dato que se asume es la potencia proporcional de los paneles por metro cuadrado de 100 Wp.

Durante el mediodía, en días despejados, se puede esperar una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>. En promedio los paneles FV están en aproximadamente 100 Wp por m<sup>2</sup> o, para decirlo de una manera diferente, los paneles solares tienen una eficiencia promedio del 10%.

En la fórmula 2, el factor para calcular el tamaño del sistema no es 1000 (que significaría una eficiencia del sistema de 10%) sino 1200 porque la eficiencia del sistema es siempre un poco más baja que la eficiencia del panel.

Para calcular Ed se deberá determinar el consumo de energía de todos los equipos utilizados mostrados en la tabla 3.

Equipo	Consumo de energía	No. de horas utilizados	Watts hora-día
Motor Eléctrico	560 watts	2	1120 Wh
Resistencias Eléctricas	800 watts cada uno	2	1600 Wh
		Total	2720 Wh-día

**Tabla 3** Consumo total de energía por día de los equipos eléctricos en el reventador de amaranto eléctrico. Del autor.

El valor 2720 Wh / día es equivalente a 2.720 kWh/día.

$$Ed = 2.720 \text{ kWh/día.}$$

Ahora para calcular el valor de Id se deberá saber el lugar donde se pretende establecer el equipo de reventador de amaranto el cual se encuentra en Huejotzingo Puebla, el cual tiene una Latitud de 19.172481 y una longitud -98.408382. Con estos valores y a través de la página **NASA meteorología de superficie y Energía Solar** la cual se encuentra en la siguiente dirección: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi/>. se podrá bajar datos de la radiación solar diaria - horizontales de esa zona como se ve en la tabla 4, la cual se deberá tomar el valor más bajo durante todo el año.

Dándonos un valor de  $I_d = 4.73$  kWh/m<sup>2</sup>/día.

NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data	
Latitude 19.172 / Longitude -98.488 was chosen.	
	Climate data location
Latitude	19.172
Longitude	-98.488
Elevation	1795
Heating design temperature	6.22
Cooling design temperature	25.52
Earth temperature amplitude	15.67
Frost days at site	0

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /day	kPa	m/s
January	12.4	68.4%	3.71	82.5	3.1
February	14.1	61.2%	5.30	82.4	3.3
March	16.7	52.1%	6.30	82.3	3.6
April	19.8	51.7%	6.21	82.3	3.5
May	19.7	58.9%	6.16	82.3	3.1
June	19.0	70.4%	5.64	82.3	2.9
July	18.3	69.2%	5.67	82.5	2.8
August	18.3	69.2%	5.37	82.5	2.6
September	17.6	74.8%	4.95	82.3	2.5
October	16.0	75.0%	4.94	82.4	2.7
November	14.3	73.6%	4.79	82.5	2.9
December	12.6	72.2%	4.40	82.5	3.0
Annual	16.5	66.2%	5.40	82.4	3.0
Measured at (m)					10.0

**Tabla 4** NASA Surface meteorology and Solar Energy. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?&email=&step=1&p=&lat=19.172481&submit=Submit&lon=-98.408382>. 2016

Sustituyendo en la Formula 2 se tiene:

$$A_r = 1200 \times E_d / I_d$$

$$A_r = \frac{(1200)(2.720 \text{ kWh/día})}{4.73 \text{ kWh/m}^2/\text{día}}$$

$$A_r = 690 \text{ W}_p$$

Esta es la energía necesaria que se requiere para alimentar el consumo diario. Por lo que deberán seleccionar el panel más adecuado para cubrir esta demanda.

El tamaño del panel será 690 Watts pico, como no existe un panel con tal generación de potencia, tenemos que seleccionar una determinada cantidad de paneles con potencias más bajas, que sumados en total obtengamos 690 Wp.

Para panel de 170 Wp tenemos:  $690/170 = 4$  módulos,

### Cálculo de las baterías

El tamaño de la batería solar de almacenamiento también depende de la importancia de la confiabilidad del suministro de potencia.

En muchos de los casos es suficiente un almacenamiento en baterías de 2 o 3 días. Esto significa que la **capacidad de la batería** debería ser de por lo menos 2 o 3 veces el consumo de energía diario para poder suplir durante 2 o 3 días sin brillo solar.

Pero esto es sólo suficiente cuando las baterías funcionan a un 100% de eficiencia y cuando las baterías pueden descargarse al 100%, el cual no es el caso ya que las baterías por lo regular tienen una eficiencia del 80% pero depende mucho del uso de la batería. Cuando se carga y se usa constantemente, la eficiencia será alta.

Cuando la batería sea poco utilizada la auto descarga provocará una baja eficiencia. Las baterías no pueden ser descargadas en más del 50% de lo contrario su tiempo de vida disminuirá demasiado.

Para determinar la cantidad de baterías necesitamos saber la capacidad total que se debe acumular en las baterías, para ello se requiere la cantidad de energía consumida por día, y el voltaje de las baterías a usar, la autonomía que debe tener el sistema sin que se pueda recargar por falta de sol, la eficiencia y la descarga que se requiere que tengan la batería, la cual se tomaron los siguientes datos:

$$E_d = \text{Consumo de electricidad} = 2720 \text{ Wh/día}$$

$$V_{bat} = \text{Voltaje de la batería} = 12 \text{ Volts}$$

$$E_{bat} = \text{Eficiencia de la batería} = 80\% = 0.8$$

$$D_{bat} = \text{Descarga de la batería} = 50\% = 0.5$$

$$A_{ut} = \text{Autonomía-días sin sol} = 1 \text{ días}$$

$$C_b = \text{Capacidad de batería}$$

A partir de estos datos y con la ecuación:

$$C_b = \frac{(A_{ut})(E_d)}{(E_{bat})(D_{bat})} \quad (3)$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$C_b = \frac{(1)(2.72 \text{ kWh/día})}{(0.8)(0.5)}$$

$$C_b = \frac{2.72}{0.4} = 6.8 \text{ kWh}$$

$C_b = 6.8 \text{ kWh}$  que equivalen a 6,800 Wh

El número de baterías necesarias se puede determinar con la siguiente formula:

$$N_{\text{bat}} = \frac{C_b}{(Ah)(V)} \quad (4)$$

Donde:

$N_{\text{bat}}$  = Número de baterías

$C_b$  = Capacidad de batería (Wh)

Ah= Amperaje Hora de la batería

V= Voltaje de la batería

Sustituyendo tenemos:

$$N_{\text{bat}} = \frac{6,800 \text{ Wh}}{(115Ah)(12V)} = \frac{6,800 \text{ Wh}}{(1380AhV)} = 4.9 \approx 5$$

Se requerirán 5 baterías de 115Ah de 12 V.

### Cálculo del regulador de control

El tamaño de la unidad de regulador de control está determinada por la máxima corriente que puede esperarse del sistema fotovoltaico. Esta puede ser tanto la corriente de los paneles a la batería y/o uso final, o la corriente de la batería hasta el uso final. Ambas corrientes máximas deben calcularse para determinar la capacidad de la unidad de control. Se puede determinar el máximo amperaje en los datos técnicos de la celda solar, la cual nos especifica que es una corriente máxima de 15 A para una celda fotovoltaica de 170 W como se muestra en la tabla 5.

Especificaciones físicas del panel 170W	
Célula Solar	Poly-cristalino
	156*156mm
L*W*H(mm)	1476x676x35
Núm./Células	4x9
Peso(Kg)	10.5
Corriente Máxima	15A
Cable	2V 4mm2
Longitud del cable	90cm±5

**Tabla 5** Especificaciones de los paneles de 170 W. <http://www.panelsolarmx.com/contenido/productos.html#>

El controlador que deberá seleccionarse debe soportar la máxima corriente que pasa por los cables, por lo que se tiene que la capacidad del regulador de control se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Cap. Reg.} = (A \text{ max}) (\text{No. de paneles}) \quad (5)$$

$$\text{Cap. Reg} = (15 \text{ A}) (5)$$

$$\text{Cap. Reg} = 75 \text{ A}$$

Por lo que se buscará un Regulador comercial de 80 A 12/24V

### Inversor solar

Cuando se necesita utilizar equipos que se alimentan con energía alterna (220 o 110 AC) como es nuestro caso, se deberá utilizar un inversor. El inversor que se ocupara será uno de 12 V CD a 110V CA aislado 5kW.

## Resultados

1. De la Investigación del contexto (Utilizando el reventador de amaranto eléctrico aprovechando la energía solar para procesos actualmente utilizados y producción de amaranto en Puebla, región Huejotzingo). Los resultados generados fueron relevantes, ya que nos permiten determinar que el uso de la energía solar minimiza en un 90 % el costo de consumo de dicha energía eléctrica que era tomada a través de las redes. Se determinó que utilizar la energía fotovoltaica para producir amaranto beneficia al medio ambiente, sin que contamine el grano de amaranto reventado, Se observó que se mantenía la misma producción de amaranto que son de 38 Kg / h, siendo que éstos pequeños productores generan aproximadamente 180 kg a la semana para poder manufacturar sus dulce de amaranto, ahora con la aplicación de energías sustentables como lo es la generación de energía solar.

Con esto podemos estar seguros que ya algunos fabricantes ya no generarán el reventado de amaranto a través de los métodos tradicionales que en su momento perjudicaban a la salud de estas personas al estar inhalando gases que se desprendían de la combustión ya sea de la leña o de gas natural, así como se evitó la contaminación del producto del grano de amaranto al estar en contacto con los gases. La tabla 6 muestra una comparación de los procesos actuales y el proceso propuesto utilizando energía solar.

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

Tipo	Combustible	Prod. / hr.	Características
Artesanal	Leña o gas natural	5 – 6 kg	Emisión de CO <sub>2</sub> Contaminación del amaranto por CO <sub>2</sub> Afectación a sistema respiratorio del quien procesa este producto Fala de árboles.
Semi-industrial	Gas natural	35 – 40 kg.	Emisión de gases nocivos al medio ambiente (CO <sub>2</sub> , y el NO <sub>2</sub> ) Incremento mensual del costo del gas.
Reventador eléctrico	Energía eléctrica	35 – 40 kg. Con posibilidad de incremento	Costo de la energía eléctrica
Reventador eléctrico Uso de energía Solar	Energía eléctrica sustentable Energía eléctrica solar	38 a 42 kg. Con posibilidad de incremento	Se elimina el costo de la energía eléctrica

**Tabla 6** Comparativos de procesos de reventado de amaranto, Investigación de la región de Huejotzingo.

El prototipo de reventador de amaranto eléctrico que se encuentra actualmente, duplicará el volumen de producción del equipo anterior ya que el cálculo y el diseño se realizó a dos horas de trabajo, ya que anteriormente solo trabajaba una hora produciendo 38 kg de reventado del grano de amaranto, hoy está produciendo casi 60 kg de amaranto con 1 hora y media de trabajo con costos de energía eléctrica nulos como se puede observar en la tabla 7

Equipo	Tiempo de trabajo en horas	Producción	Costo de energía eléctrica mensual
Reventador de amaranto utilizando energía eléctrica de red de CFE.		38 kg	\$290.00 promedio
Reventador de amaranto utilizando energía eléctrica solar	1.5	60 kg	\$0.00 Se plantea apoyo por parte de los municipios, y el estado para solventar gastos del sistema fotovoltaico.

**Tabla 7** Comparativos de costos de pago de energía eléctrica. Investigación de la región de Huejotzingo.

El prototipo de reventador de amaranto eléctrico que se encuentra actualmente, duplicará el volumen de producción del equipo anterior ya que el cálculo y el diseño se realizó a dos horas de trabajo, ya que anteriormente solo trabajaba una hora produciendo 38 kg de reventado del grano de amaranto, hoy está produciendo casi 60 kg de amaranto con 1 hora y media de trabajo con costos de energía eléctrica nulos como se puede observar en la tabla 7

2. Durante el proceso de diseño y producción de sistema fotovoltaico para abastecer el reventador de amaranto eléctrico. Se generaron datos que fueron relevantes para tener parámetros en el diseño del sistema de alimentación con energía solar mostrados en las tablas 8 y 9.

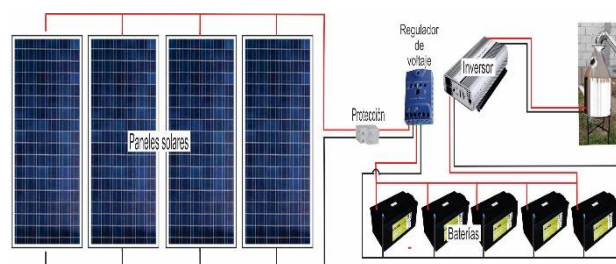
Equipo en el reventador de amaranto	Watts hora-día	Consumo total Watts hora-día
Motor Eléctrico	1120 Wh	2720 Wh-día
Resistencias Eléctricas	1600 Wh	

**Tabla 8** Consumo total de consumo de energía. Del autor.

Equipo en el reventador de amaranto	Watts hora-día
Tamaño del panel	690 Wp
Número de paneles	4 módulos
Capacidad de batería	5.8 kWh que equivalen a 5,800 Wh
Número de baterías	5 baterías de 115Ah de 12 V.

**Tabla 9** Características de equipo. Del autor.

Con los datos anteriores se realizó el circuito requerido para poder alimentar el equipo de reventador de amaranto eléctrico, este circuito se muestra en la figura 2.



**Figura 2** Diagrama de componentes del circuito fotovoltaico para alimentar el reventador de amaranto. Del autor

### Agradecimiento

Los autores de este proyecto agradecen a la Universidad Tecnológica de Huejotzingo por el respaldo y confianza durante el desarrollo de este trabajo; especialmente el agradecimiento al grupo de elaboradores de dulce típicos y productores de amaranto de la zona de Huejotzingo, Puebla, y a los municipios que apoyarán para aporta recursos para generar los sistemas de energía solar fotovoltaicos.

### Conclusiones

Con el desarrollo de este equipo alimentado con energía renovable, permitirá apoyar a los productores de dulces de amaranto y sus derivados, logrando con esto eliminar el consumo de energía eléctrica de red, minimizando costos a largo plazo.

Por otra parte dejaron de producir amaranto contaminado por el contacto directo de los gases de la combustión de la leña o gas, ya que ahora se realiza el proceso con energía eléctrica sustentable, y gracias a los municipios que quiere apoyar este sector en la región de Huejotzingo, se realizaran programas para que vayan adquiriendo el equipo de reventado de amaranto eléctrico con energía fotovoltaica.

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

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

### **Referencias**

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

### **“Solar Industry Reports 2015”(PDF)**

<http://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports/item/global-market-outlook-for-solar-power-2015-2019>.

"Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018" (PDF).

<http://www.epia.org>. EPIA – European Photovoltaic Industry Association. Archived from the original on 12 June 2014. Retrieved 12 June 2014. External link in |website= (help)

## Prototipo de un dispositivo de conteo automático de personas

GARCÍA-TRINIDAD, Enrique\*†, MATA-GONZÁLEZ, José, VILLALOBOS-ACOSTA, José y RAMÍREZ-RAMOS, Gabriela.

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Instituto Politécnico Nacional – ESIME Azcapotzalco*

Recibido Abril 13, 2016; Aceptado Junio 29, 2016

### Resumen

El presente trabajo describe el desarrollo de un prototipo de dispositivo de conteo automático de personas, el cuál es un sistema portátil que posee una cámara de vídeo que captura imágenes y una computadora que analiza éstas ejecutando el algoritmo de Detección rápida de objetos usando Cascadas Impulsadas de Características Simples que detecta los rostros humanos presentes en el campo de visión de la cámara. Se ejecuta después un algoritmo de aprendizaje automático llamado Regresión lineal multivariable que permite reducir el porcentaje de error de detección de rostros a cero en 350 iteraciones con las imágenes probadas. Los algoritmos son implementados en una tarjeta *Raspberry Pi 3* y el número de personas que la cámara detecta es mostrado en una pantalla de cristal líquido. El trabajo contribuye al desarrollo de sistemas de conteo de personas portátiles basados en visión por computadora.

**Visión por computadora, aprendizaje automático, sistemas embebidos, Adaboost, Regresión lineal multivariable**

### Abstract

This paper describes the development of a prototype of an automatic people counting device, which is a portable system that has a video camera that captures images and a computer that analyses them running the Rapid object detection using a boosted cascade of simple features algorithm that detects human faces present in the field of view of the camera. Then, the computer runs a machine learning algorithm called multivariable linear regression which reduces the error rate face detection to zero in 350 iterations using tested images. The algorithms are implemented in a *Raspberry Pi 3* system and the number of people detected by the camera is displayed on a liquid crystal display. This work contributes with the development of automatic people counting portable devices based on computer vision.

**Computer Vision, Automatic Learning, Embedded Systems, Adaboost, Multivariate Linear Regression**

**Citación:** GARCÍA-TRINIDAD, Enrique, MATA-GONZÁLEZ, José, VILLALOBOS-ACOSTA, José y RAMÍREZ-RAMOS, Gabriela. Prototipo de un dispositivo de conteo automático de personas. *Revista de Prototipos Tecnológicos* 2016, 2-4: 66-75

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [phd.enrique.garcia@ieee.org](mailto:phd.enrique.garcia@ieee.org))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El presente trabajo describe un sistema de conteo automático de personas el cuál es un dispositivo portátil que posee una cámara de video que captura imágenes y una computadora que analiza las imágenes provenientes de dicha cámara y ejecuta el algoritmo de Detección rápida de objetos usando Cascadas Impulsadas de Características Simples (Viola, Jones, 2001) que detecta los rostros humanos presentes en el campo de visión de la cámara. Se ejecuta después un algoritmo de aprendizaje automático que permite reducir el porcentaje de error de detección de rostros. El sistema cuenta de nuevo los rostros e imprime el número de personas en una pantalla de cristal líquido. Además, el sistema envía el dato del número de personas contadas a través del puerto de comunicación serial del dispositivo con la finalidad de conectar una computadora, un Controlador Lógico Programable o cualquier dispositivo que posea un puerto de comunicación serial.

De acuerdo al estado del arte y los antecedentes, no existen aparatos o dispositivos iguales al presentado en este trabajo, la patente que tiene más relación es la llamada *People counting systems and methods* (Ku, Steenburgh, 2010). Ku desarrolló un método que permite contar personas en una imagen. Para cada imagen individual en un conjunto de imágenes, uno o más *blobs* en la imagen individual están representados por uno o más símbolos en un histograma, estos símbolos son analizados en el histograma para contar a las personas en la imagen. Ku da a conocer algunas técnicas basadas en imágenes, que tratan de distinguir una imagen de la otra. Estas técnicas obtienen los *blobs* de diferentes imágenes y aplican reglas para conocer si en el *blob* está presente un rostro humano. Sin embargo, el método de Ku presenta una desventaja.

Ku propone una metodología donde la precisión en la detección de los rostros es muy baja debido a la aplicación de reglas de tratamiento de imágenes sencillas, además presenta resultados aceptables siempre y cuando la iluminación del lugar donde se desea contar a las personas sea óptima.

Se ha desarrollado un dispositivo de conteo automático de personas que usa un algoritmo de aprendizaje automático por medio de regresión multivariable con la finalidad de complementar los métodos de detección de rostros humanos presentados por Viola y Ku. La precisión en el conteo de personas es optimizada y además se ha propuesto su implementación en un sistema portátil basado en una tarjeta Raspberry 3 con la finalidad de facilitar su traslado a cualquier ubicación donde se desee el conteo de personas.

Los sistemas de conteo automático de personas que funcionan en base a componentes electrónicos, y que hacen uso de las técnicas de visión por computadora y usan como principal referencia la detección de rostros como manera de contar a las personas requieren una instalación masiva en el lugar o área donde se requiera un conteo de personas. Estos sistemas no pueden ser trasladados de un lugar a otro sin requerir un desmontaje y montaje posterior. También la eficacia del conteo depende en gran medida de las condiciones de iluminación del lugar. Se establece la hipótesis en que si se desarrolla un sistema embebido portátil y la precisión del conteo es optimizada usando un algoritmo de aprendizaje automático se puede solucionar los problemas de portabilidad del sistema y reducción en el error de conteo de personas.

En la sección 2 del presente artículo se describe el estado del arte del trabajo, describiendo el algoritmo de detección rápida de objetos usando cascadas impulsadas de características simples.

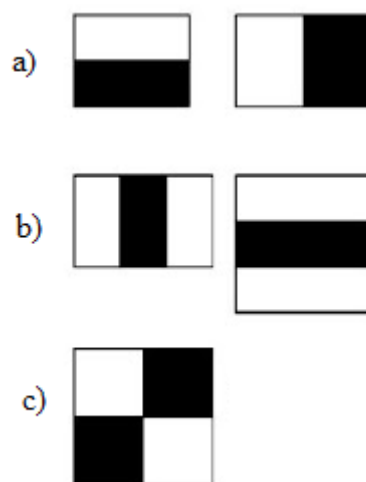
En la sección 3 se describe el algoritmo propuesto en este trabajo basándose en el algoritmo de regresión lineal multivariable. En la sección 4 se propone una implementación de éstos algoritmos y se desarrolla la experimentación. En la sección 5 se exponen los resultados y posteriormente se dan las conclusiones del presente trabajo.

### Algoritmo de detección rápida de objetos usando cascadas impulsadas de características simples

Este trabajo trata sobre el desarrollo de un sistema de conteo automático de personas el cual es un dispositivo electrónico portátil que incluye una cámara de video que captura imágenes, las cuáles son analizadas por una computadora que se encarga de detectar los rostros de las personas presentes en el campo de visión de la cámara. El dispositivo cuenta a las personas en base a la detección de sus rostros. La computadora analiza las imágenes provenientes de la cámara usando una técnica de visión por computadora llamada algoritmo de Detección rápida de objetos usando Cascadas Impulsadas de Características Simples y cuenta los rostros detectados de acuerdo a la detección de características. El procedimiento de detección de objetos clasificando imágenes se basa en el valor de características simples. Hay varias razones para usar características en vez de utilizar el análisis de píxeles directamente. La razón más común es que las características pueden actuar para codificar conocimiento en un dominio hecho a la medida, lo que puede ser difícil de aprender para un sistema que usa una cantidad finita de datos de entrenamiento. Otra razón es que los sistemas de detección basados en características operan más rápido que los sistemas basados en píxeles (Papargeorgiou et al, 1998). En este trabajo se utilizan características de rectángulos, descritos por Viola, ya que pueden ser calculados rápidamente usando una representación para la imagen llamada imagen integral. Más específicamente se ocupan tres tipos de características.

El valor de una característica de dos-rectángulos es la diferencia entre la sumatoria de los píxeles dentro de las regiones de los dos rectángulos. Las regiones tienen el mismo tamaño y forma así como son horizontal o verticalmente adyacentes como se muestra en la Figura 1. Una característica de tres-rectángulos calcula la sumatoria de los dos rectángulos en los extremos de un rectángulo central y finalmente una característica cuatro-rectángulos calcula la diferencia entre pares diagonales de rectángulos. La imagen integral en un punto de la imagen  $x, y$  contiene la sumatoria de píxeles arriba y a la izquierda de  $x, y$  por lo que:

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (1)$$



**Figura 1** a) Característica dos-rectángulos o borde, b) Característica tres-rectángulos o línea y c) Característica cuatro-rectángulos. La suma de los píxeles que se encuentran dentro de los rectángulos blancos es sustraída de la suma de los píxeles de los rectángulos negros.

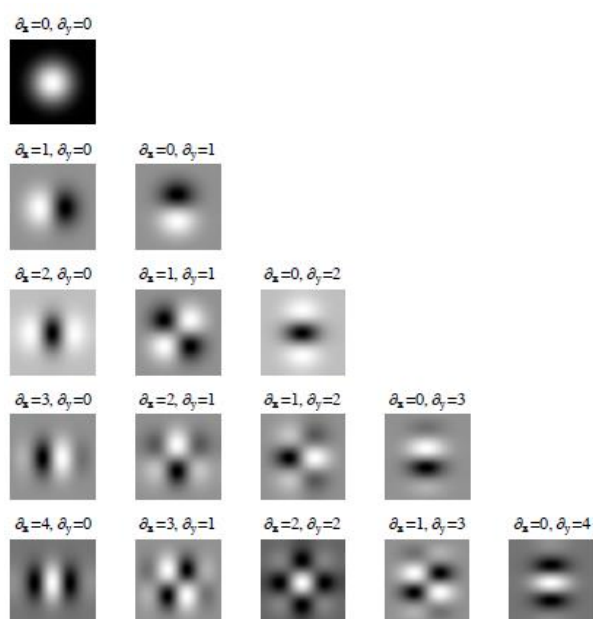
Donde  $ii(x, y)$  es la integral de la imagen y  $i(x, y)$  es la imagen original. Entonces sí:

$$s(x, y) = s(x, y - 1) + i(x, y) \quad (2)$$

$$ii(x, y) = ii(x - 1, y) + s(x, y) \quad (3)$$

Donde a partir de las ecuaciones 1, 2 y 3  $s(x, y)$  es la suma de acumulativa de las filas,  $s(x, -1) = 0$  y  $ii(-1, y) = 0$  la integral de la imagen puede ser calculada en sólo una iteración a partir de imagen original.

Usando la imagen original  $\delta_x = 0, \delta_y = 0$  se puede realizar el cálculo en un arreglo de cuatro posiciones  $\delta_x = 0, \delta_y = 4$  como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2** La razón de que Viola utiliza filtros Haar, es que pueden ser evaluados de manera muy eficiente. Se resta la suma de los píxeles cubiertos por la región negro del filtro de la suma de los píxeles cubiertos por la región blanca, y puesto que las regiones son rectangulares, la suma de los píxeles de cada región se puede calcular de manera eficiente de la imagen integral correspondiente.

Dado un conjunto de entrenamiento con respuestas positivas y negativas de rostros humanos, cualquier algoritmo de aprendizaje automático se aproxima al aprendizaje de una función de clasificación. Viola utiliza una variante del algoritmo *AdaBoost* (Freund, Shapire, 1999) el cual es usado como un algoritmo de rápida eficiencia que permite clasificar las imágenes. Freund prueba que el error se aproxima a cero de manera exponencial en un cierto número de iteraciones.

En el caso de que la resolución base para la detección de rostros humanos sea de 24 x 24 píxeles y que el número de características llegue a las 180000-rectángulos es posible encontrar clasificadores a los 576-rectángulos como lo indica Viola.

Un clasificador  $h_j(x)$  que consiste de una característica  $f_j$  y un límite  $\theta_j$  con una paridad  $p_j$  indica si hay un rostro encontrado o no, de acuerdo a la ecuación 4:

$$h_j(x) = 1 \{ \text{si } p_j f_j(x) < p_j \theta_j \} \quad (4)$$

$$h_j(x) = \{0 \text{ en cualquier otro caso} \}$$

Donde  $x$  es una parte de la imagen de 24 x 24 píxeles. El algoritmo de Viola de detección rápida de objetos usando cascadas impulsadas de características simples es:

Dado unos conjuntos de entrenamiento de imágenes  $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$  donde  $y_i = 0, 1$  son ejemplos incorrectos y correctos respectivamente, entonces, se inicializan los pesos  $w_{1,i} = \frac{1}{2m}, \frac{1}{2l}$  para  $y_i = 0, 1$  respectivamente, y  $m$  y  $l$  son los números de respuestas incorrectas y correctas respectivamente.

– Para  $t = 1, \dots, T$ :

1. Se normalizan los pesos,

$$w_{t,i} \leftarrow \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,j}}$$

para que  $w_t$  sea una distribución de probabilidad.

2. Para cada característica  $j$  entrenar al clasificador  $h_j$  el cual es restringido a usar una sola característica. El error es evaluado con respecto a

$$w_t, \epsilon_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i|$$

3. Se escoge un clasificador  $h_t$  con el menor error posible  $\epsilon_t$

4. Se actualizan los pesos:

$$w_{t+1,i} = w_{t,i} \beta_t^{1-e_i}$$

Donde  $e_i = 0$  si el ejemplo  $x_i$  es clasificado correctamente y  $e_i = 1$  en cualquier otro caso y

$$\beta_t = \frac{\epsilon_t}{1 - \epsilon_t}$$

– Al final el clasificador es:

$$h_x = \begin{cases} 1 & \text{si } \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

Donde

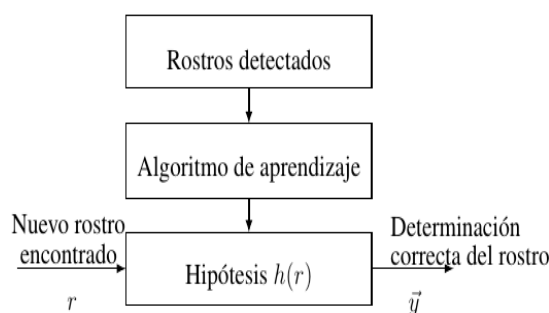
$$\alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t}$$

### Algoritmo propuesto usando regresión lineal multivariable

Arthur Samuel definió al aprendizaje automático como el campo de estudio que da a las computadoras la habilidad de aprender sin ser explícitamente programadas (Samuel, 1959). Se puede afirmar entonces, que el problema de detección de rostros es un problema que puede ser resuelto usando aprendizaje automático, ya que el concepto de programación explícita es la de un programa que ejecuta una a una las instrucciones sin posibilidad de cambios en la estructura de éste. Como el problema del aprendizaje de saber cuáles son rostros verdaderos y cuáles no, no puede ser completado por un programa que no se modifique a sí mismo, ya que no sería factible escribir miles de programas, uno para cada rostro similar, es necesario usar otro método como el de dar a la computadora la habilidad de aprender. Tom Mitchel dice que el aprendizaje automático se puede definir mediante el estudio del siguiente problema (Mitchel, 1997): *Un programa de computadora se dice que aprende de la experiencia E con respecto a alguna tarea T y alguna medida del desempeño P, si hay desempeño en T medido por P, entonces se mejora con la experiencia E.*

Definiendo el problema en cuestión, T es la tarea de discriminar cuáles son rostros verdaderos y cuáles no lo son, E es la experiencia de los resultados del algoritmo desarrollado por Viola de predecir cuáles son rostros humanos y cuáles no y P es el número o fracción de los rostros correctamente calculados.

El aprendizaje automático se divide en dos áreas: aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado. En el aprendizaje supervisado las respuestas correctas son dadas. En el caso de este sistema, las respuestas correctas son el conjunto de rostros correctamente detectados, y que son utilizadas para generar más respuestas correctas (rostros correctamente detectados). En el caso del aprendizaje no supervisado los datos son datos sin saber a qué corresponden y se pretende encontrar alguna estructura. Se llega a la conclusión entonces, que el modelo de aprendizaje utilizado en este trabajo es un modelo de aprendizaje automático supervisado. El algoritmo que se utiliza es el algoritmo de regresión lineal con múltiples variables o multivariable. La regresión lineal con múltiples variables es una función que aproxima un comportamiento de un sistema a una función lineal, de acuerdo a la Figura 3.



**Figura 3** Estimador de rostros correctamente detectados usando regresión línea multivariable.

Si los estados  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  y  $x_6$  corresponden a seis características de un rostro correctamente detectado por el algoritmo de Viola: número de ojos, distancia entre ojos, diámetro de ojos, posición de nariz, posición de boca y tamaño de cabeza respectivamente en píxeles y  $m$  es el número de los ejemplos de entrenamiento obtenidos por el algoritmo de Viola entonces el conjunto de ecuaciones 5 representa a los estados del sistema:

$$\begin{aligned}\vec{x}_1 &= [x_1^{(1)} \ x_1^{(2)} \ \dots \ x_1^{(m)}]^T \\ \vec{x}_2 &= [x_2^{(1)} \ x_2^{(2)} \ \dots \ x_2^{(m)}]^T, \\ \vec{x}_3 &= [x_3^{(1)} \ x_3^{(2)} \ \dots \ x_3^{(m)}]^T, \\ \vec{x}_4 &= [x_4^{(1)} \ x_4^{(2)} \ \dots \ x_4^{(m)}]^T, \\ \vec{x}_5 &= [x_5^{(1)} \ x_5^{(2)} \ \dots \ x_5^{(m)}]^T, \\ \vec{x}_6 &= [x_6^{(1)} \ x_6^{(2)} \ \dots \ x_6^{(m)}]^T\end{aligned}\quad (5)$$

Lo que se desea es estimar mediante una hipótesis el estado  $\vec{y}$  con la finalidad de encontrar si el rostro encontrado es un rostro verdadero. Si la ecuación 6 propone el vector de estados del sistema:

$$\begin{aligned}\vec{y} &= [y^{(1)} \ y^{(2)} \ \dots \ y^{(m)}]^T, \ x_0 = 1 \\ X &= [\vec{x}_0 \ \vec{x}_1 \ \vec{x}_2 \ \vec{x}_3 \ \vec{x}_4 \ \vec{x}_5 \ \vec{x}_6]\end{aligned}\quad (6)$$

La hipótesis es una función que pasa adecuadamente un plano a través de los datos, la cual puede ser plana y es expresada en la ecuación 7:

$$h_\theta(X) = \theta_0 x_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + \theta_4 x_4 + \theta_5 x_5 + \theta_6 x_6 \quad (7)$$

La finalidad es escoger a  $\theta = [\theta_0 \ \theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3 \ \theta_4 \ \theta_5 \ \theta_6]^T$  para que  $h_\theta(X)$  sea lo más cercana a  $y$ . Para esto se necesita que  $h_\theta(X) - y$  sea mínima, además con la finalidad de tener valores positivos ésta se puede reescribirse como  $(h_\theta(X) - y)^2$ .

Para el  $i$ -ésimo ejemplo de entrenamiento se tiene:

$$\sum_{i=1}^m (h_\theta(X^{(i)}) - y^{(i)})^2 \quad (8)$$

Como se quiere minimizar el error medio se puede reescribir la ecuación 8 como:

$$J(\theta) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_\theta(x^{(i)}) - y^{(i)})^2 \quad (9)$$

Como  $h_\theta(X)$  puede vectorizarse como  $h_\theta(X) = \theta^T X$

$J(\theta)$  en la ecuación 9 puede ser expresada como se muestra en la ecuación 10.

$$J(\theta) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (\theta^T X^{(i)} - y^{(i)})^2 = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m \left( \left( \sum_{j=0}^n \theta_j X_j^{(i)} \right) - y^{(i)} \right)^2 \quad (10)$$

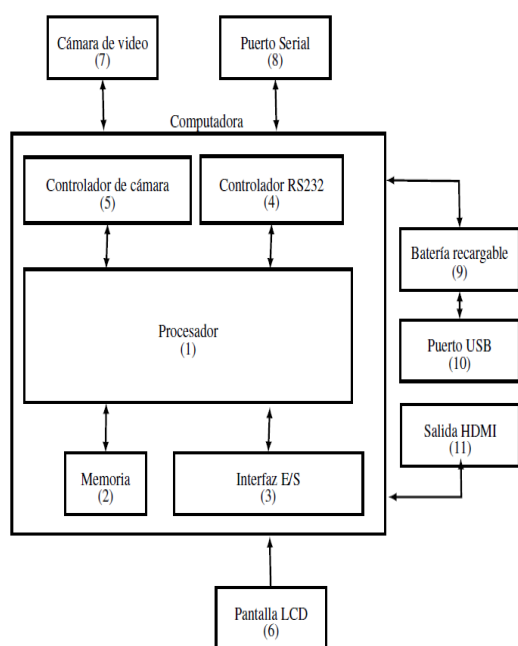
Donde  $J(\theta) = \text{mín}(\theta)$  y se conoce como Función costo. En el caso del algoritmo de aprendizaje se aplica el Algoritmo del Gradiente Descendiente, el cual se expresa en la ecuación 11.

$$\begin{aligned}&\text{Repetir hasta converger}\{ \\ &\theta_j := \theta_j - \alpha \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_\theta(x^{(i)}) - y^{(i)}) x_j^{(i)} \\ &\}\text{Simultáneamente actualizar } \theta_j \text{ para } j = 0, \dots, 6\end{aligned}\quad (11)$$

Esto para el  $j$ -ésimo valor de  $\theta_j$ , y donde  $\alpha$  expresa la velocidad de convergencia para que  $J(\theta)$  se aproxime a cero.

## Experimentación

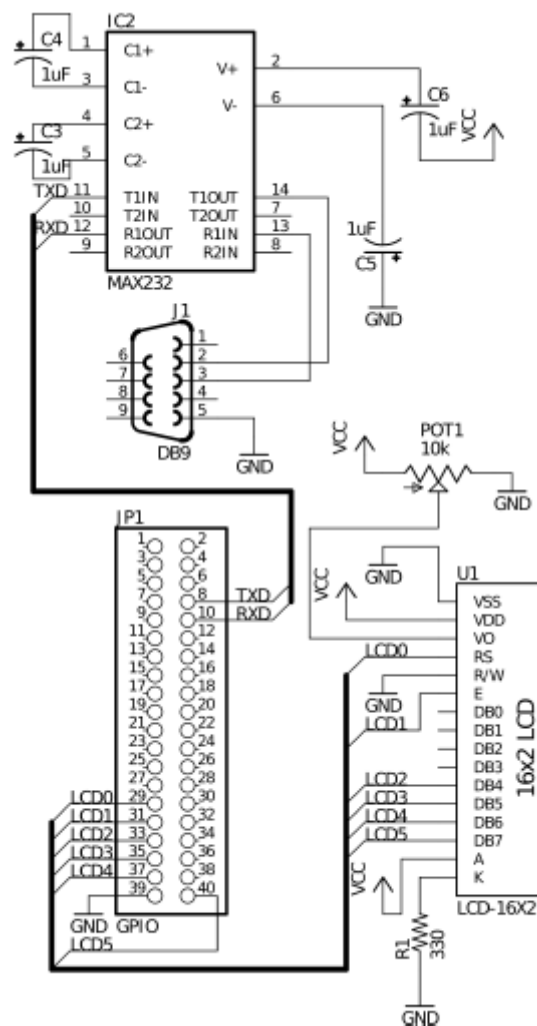
La Figura 4 es un diagrama a bloques simplificado que ilustra los componentes del dispositivo de conteo automático de personas.



**Figura 4** Diagrama a bloques del dispositivo electrónico.

El sistema incluye una cámara de video (7) la cual por medio del controlador de cámara (5) se comunica con la computadora. La computadora incluye un procesador (1), una memoria (2) y una interfaz de entrada/salida (E/S) (3). La computadora es opcionalmente acoplada con otro dispositivo externo vía puerto de comunicación serial (8) usando el controlador RS232 de la computadora. La interfaz E/S es acoplada a una pantalla alfanumérica LCD (6) y a un led ultrabrillante infrarrojo. La alimentación de energía eléctrica se hace a través de una conexión USB (10), la cual también permite descargar actualizaciones del controlador principal del dispositivo así como cargar la batería recargable (9). En caso de que se requiera servicio técnico o se requiera reprogramar el dispositivo se hace uso de una conexión HDMI, que permite conectar el dispositivo a una pantalla para que se pueda tener acceso al Sistema Operativo del dispositivo. Cuando el dispositivo se encuentra trabajando, es necesario que el objetivo (los rostros de las personas) sea ampliamente visible por el lente de la cámara.

La perspectiva y la distorsión angular creada por la posición de la cámara pueden ser compensadas utilizando un mapeo geométrico durante la etapa de procesamiento de imagen. Además de esto, la cámara puede aumentar la apertura y el tiempo de exposición para incrementar la recepción de luz. Adicionalmente, en el caso de que el área donde se coloque el dispositivo de conteo automático de personas carezca de iluminación, el led infrarrojo puede ser empleado para iluminar dicha área, con el objetivo de que se pueda contar a las personas sin necesidad de que éstas noten este conteo, por ejemplo, durante la reproducción de una película en el cine.



**Figura 5** Circuito de comunicación e impresión de datos en pantalla.

La computadora que se encuentra dentro del dispositivo de conteo automático de personas es una *Raspberry Pi 3*, la cual posee un procesador *QuadCore Broadcom ARMv8* el cual es un procesador de 64-bit y que ejecuta el sistema operativo *Raspbian*, una variante de *Ubuntu Linux*. El software que se ejecuta en el sistema operativo como programa principal está escrito en *Python* y utiliza módulos de librerías de código abierto *openCV*, cuyo funcionamiento es explicado más adelante. El software cuenta a las personas de manera automática usando como información las imágenes procedentes de la cámara de video, después dicha información sale a través del puerto de la computadora GPIO hacia la pantalla LCD alfanumérica y al circuito integrado MAX232 que cambia los valores lógicos de la computadora *Raspberry Pi 3* a valores lógicos de una computadora personal, tal y como se muestra en la Figura 5. Antes de utilizar el dispositivo de conteo automático de personas, el cual es mostrado en la Figura 6, la computadora y la cámara deberán ser inicializadas, el tiempo de espera para que el dispositivo funcione adecuadamente es de 60 segundos, esto para que el sistema operativo (*Raspbian*) sea cargado en la memoria de la computadora (*Raspberry Pi 3*). La computadora realiza un análisis de las imágenes capturadas por la cámara de video utilizando las librerías de procesamiento de imagen *openCV*, usando el lenguaje de programación *Python*, esto en base al algoritmo de *Viola*. El número de personas en la escena es determinado por la cantidad de rostros reconocidos por el proceso de procesamiento de imagen. La computadora graba los seis estados del algoritmo propuesto que son descritos anteriormente y que son patrones geométricos que relacionan los ojos, narices, labios y tamaño de la cabeza. Para determinar la presencia de un rostro humana, un análisis de color en los rostros encontrados es realizado.

Aunque los seres humanos tenemos una amplia variedad de colores de piel, en el espacio de colores éstos caen cerca del rojo, con variaciones de blanco y negro. El color de piel de los seres humanos no es verde, ni azul, en un espacio de colores RGB (Red/Rojo, Green/Verde, Blue/Azul). Este espacio de colores es una combinación de los colores previamente mencionados. El sistema computarizado cambia éste espacio de colores al espacio de colores HSI (Hue-Saturación-Intensidad). El componente *Hue* representa el color de la imagen, la saturación representa la blancura de la imagen y la intensidad representa a la imagen en escala de grises. En el espacio del componente *Hue*, la piel humana está cerca del valor 255 (en una escala de 0-255), la cual corresponde al color rojo. Una vez que los rostros son detectados, el espacio *Hue* e Intensidad son analizados para confirmar que realmente se trata de un rostro humano. Además es ejecutado un algoritmo para determinar el histograma de cada una de los rostros encontrados con la finalidad de producir diferentes características faciales. Las características son guardadas como una serie de vectores en la memoria de la computadora para que posteriormente se ejecute el algoritmo propuesto, con la finalidad de reducir el error en la detección de rostros, y por consecuencia del conteo de personas. Este proceso es mostrado en la Figura 7.



**Figura 6** Partes del prototipo

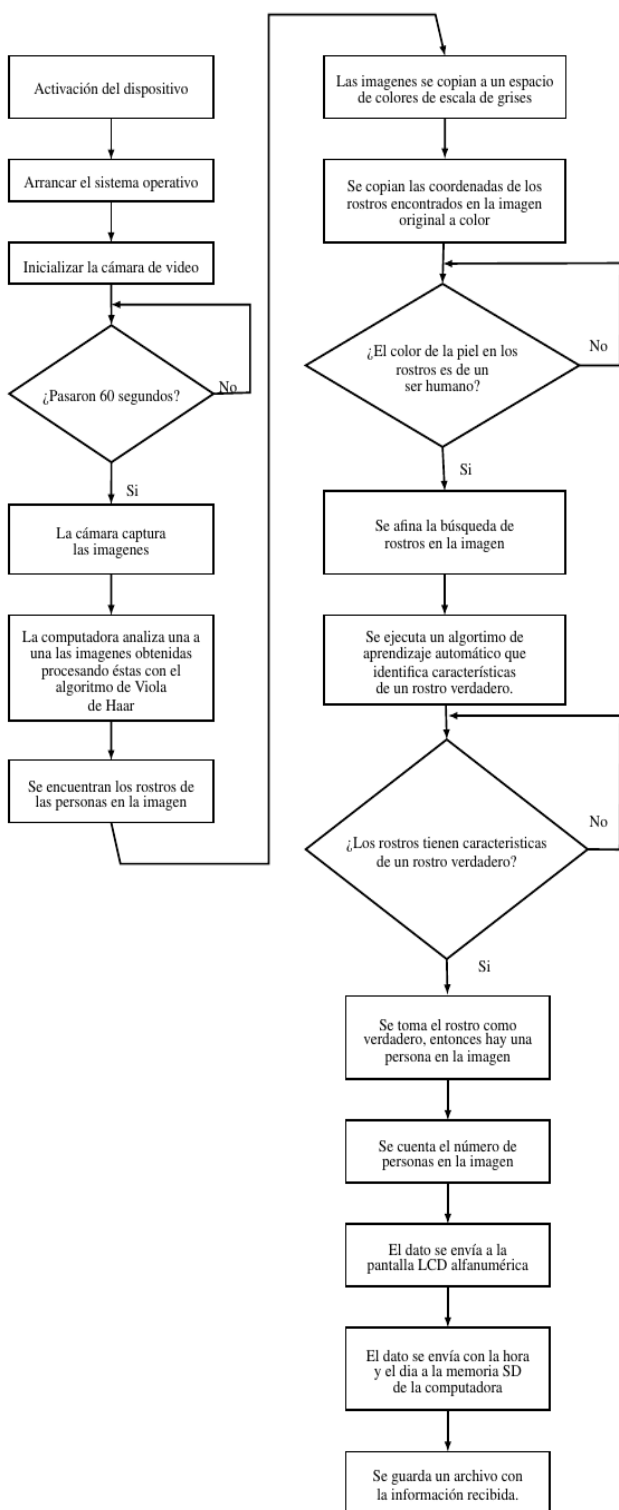


Figura 7 Diagrama de flujo del código.

Resultados

De acuerdo a la imagen presentada en la Figura 8 se ejecuta el algoritmo desarrollado y se obtiene el conteo automático de personas como se muestra en la Figura 9.



Figura 8 Imagen a tratar por el dispositivo.

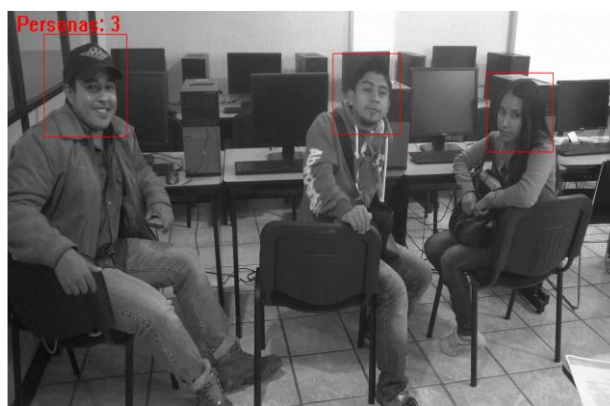
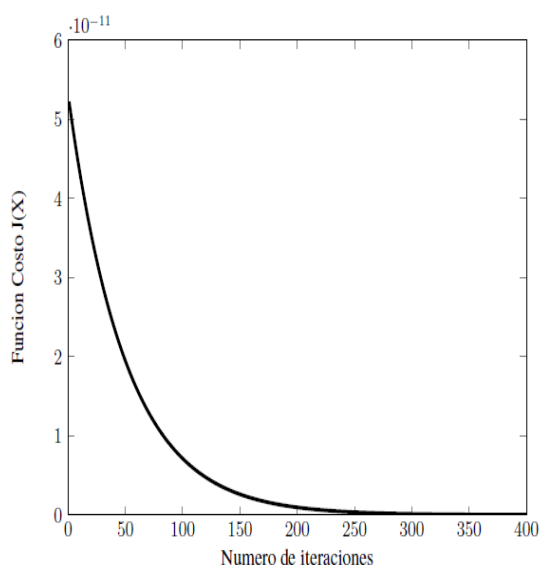


Figura 9 Conteo automático de personas.

El error usando el algoritmo de aprendizaje automático se reduce a cero a las 350 iteraciones del algoritmo propuesto, como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10** Error en el conteo de personas, para la imagen propuesta.

### Conclusiones

Se ha desarrollado el prototipo propuesto obteniendo resultados de rendimiento favorables. Los trabajos de Viola y Freund son un referente preciso que permite el desarrollo de sistemas de detección de rostros humanos. En este trabajo se ha contribuido con la implementación de dichas técnicas y se propuesto un algoritmo para disminuir el error. El prototipo se encuentra en un estado de registro ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial como modelo de utilidad industrial. En el futuro se pretende modificar el algoritmo propuesto para introducir más características y estados que permitan, en imágenes más complejas, tender el error del conteo de personas a cero.

### Agradecimientos

Se agradece al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología COMECyT por los apoyos dados para la realización de esta investigación.

### Referencias

- Viola, P. and Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Computer Vision and Pattern Recognition 2001*, (1), 511-518. doi: 10.1109/CVPR.2001.990517
- Ku, S. and Steenburgh, M. (2006). People counting systems and methods. US Patent. 10/949, 295.
- Papageorgiou, C.P. and Oren, M. and Poggio, T. (1998). A general framework for object detection. *Sixth International Conference on Computer Vision*, (1), 555-562. doi: 10.1109/ICCV.1998.710772.
- Freund, Y. and Shapire, R. (1999). A Short Introduction to Boosting. *Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, (1), 1401-1406. doi: 10.1.1.107.3285.
- Samuel, A. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of Research and Development*, 3(3), 210.
- Mitchel, T. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill, (1), 2.

## Instrucciones para Autores

---

### [Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

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

(Indicar Fecha de Envio:Mes,Dia, Año); Aceptado(Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

#### Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

#### Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

#### Keyword

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

---

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

---

---

† Investigador contribuyendo como primer autor.

# Instrucciones para Autores

## Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del artículo

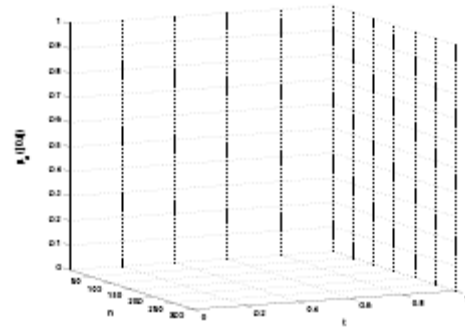
## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

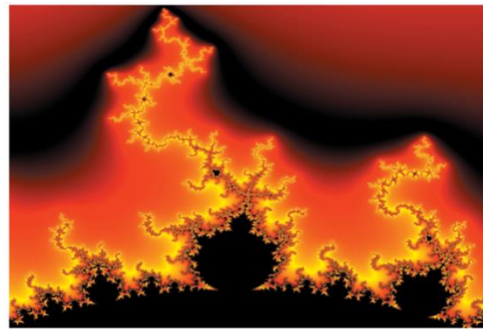
## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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



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

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.



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

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.


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

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

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

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

## **Instrucciones para Autores**

---

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

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

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

### **Metodología a desarrollar**

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

### **Resultados**

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

### **Anexos**

Tablas y fuentes adecuadas.

### **Agradecimiento**

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

### **Conclusiones**

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

### **Referencias**

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

### **Ficha Técnica**

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia

**Formato de Originalidad**



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

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

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)

### Formato de Autorización



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

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

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

Artículo (Article):

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

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

# Revista de Prototipos Tecnológicos

“Desarrollo de modelos matemáticos para el análisis y evaluación de máquinas y equipos industriales”

**AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-MUÑOZ, José Luis, FLORES-PÉREZ, José Manuel y GONZÁLEZ-AHUMADA, Estefani Janet.**

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

“Desarrollo de sensores de apertura para cualquier compuerta de tráiler, camioneta o caja seca en Comunicación SMS-GPS a cualquier dispositivo Móvil”

**MUNGUÍA-BALVANERA, Pablo, DELGADO-GARCÍA, Nallely, ESCATÍN-LÓPEZ, Oscar y PÉREZ-BARRADA, José Luis**

“Desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable”

**RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, LÓPEZ-RAMÍREZ, María Elena, CANO-RAMÍREZ, Jaime y AMBRIZ-COLÍN, Fernando.**

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

“Diseño de reactor horizontal para pirólisis de neumáticos triturados”

**RAMOS-LÁZARO, Gabriela, GUANDULAY-ALCÁZAR, Miguel Ángel, FERRER-ALMARÁZ, Miguel Ángel y LEDESMA-JAIME, Reynaldo.**

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

“Diseño de un prototipo de sistema de información para la gestión de la producción en una planta de alimentos”

**CANO-C, Adolfo, FORNÉS-R, René, RÍOS-V, Nidia y TAPIA-M, Iván.**

*Instituto Tecnológico de Sonora*

“Diseño del sistema de alimentación con energía solar para abastecer al equipo de reventado de grano de amaranto eléctrico”

**MERINO-MUÑOZ, Víctor Hugo, DE ITA-XIMIL, José David, HUERTA-LÓPEZ, Luis Alberto y FLORES-NAVA, Jeanette.**

*Universidad Tecnológica de Huejotzingo*

“Prototipo de un dispositivo de conteo automático de personas”

**GARCÍA-TRINIDAD, Enrique, MATA-GONZÁLEZ, José, VILLALOBOS-ACOSTA, José y RAMÍREZ-RAMOS, Gabriela.**

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez*

