

La importancia del comercio electrónico en las empresas hoteleras ubicadas en el pueblo mágico de Metepec, Estado de México

¹Beda Isabel Zamora Flores, ²Marivel Ramírez Hernández, ³Manuela Elvia Quiroz Velázquez

Resumen:

Actualmente las empresas de diversos sectores, tamaños y giros están inmersos en el uso de las tecnologías de la información tales como: el internet, el uso de las redes sociales (Facebook, wats up, Instagram, etc) para su estrategia de comunicación para anunciar los servicios que se ofertan dentro de sus establecimientos, es por ello la importancia de éstas, en el sector hotelero.

Se eligió al municipio de Metepec, Estado de México, debido a que actualmente es uno de los pueblos Mágicos dentro de este estado. Sin duda por su importancia turística actual, ya que se celebran importantes festividades, festivales y con su riqueza cultural tales como sus iglesias, museo y sobre todo su artesanía, el turista requiere una oferta de hospedaje que le permita tener una estancia dentro del lugar.

Cabe señalar que aunque la principal oferta hotelera se encuentra en la ciudad de Toluca, Metepec cuenta con 13 hoteles de diversas categorías por los servicios que proporcionan.

Se tiene que un total de 62% de ellos utiliza la estrategia de comunicación a través de su página de internet para las reservaciones de sus servicios y como medio de comunicación para dar a conocer sus precios y paquetes, el resto (38%) no cuenta con página de internet y solo utiliza el teléfono para sus reservaciones y servicios.

Palabras clave:

Servicios turísticos, e-commerce, B2C, B2B, comercio electrónico

Introducción:

Uno de los aspectos que en la actualidad es relevante para la realización de las ventas es sin duda el comercio electrónico, ya que dentro de las empresas que son pequeñas y medianas empresas, no invierten o no tienen especialistas en el área para que puedan establecer la estrategia de medios, es por ello que este sentido, la planeación, ejecución y evaluación del plan de marketing juega un papel imprescindible.

Marco teórico

El comercio electrónico se refiere al intercambio general de bienes y servicios usando internet como un canal de marketing (Keegan, 2009)

Las actividades del comercio electrónico se dividen en tres grandes categorías:

- a).- De empresas a consumidor (B2C o b-to-c)
- b).-De empresas a empresa (B2B o b-to-b)
- c).-de consumidor a consumidor (P2P O Peer to peer) o C2C (consumer to consumer)

¹ Beda Isabel Zamora Flores. Contadora Pública. Es presidenta de Academia del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Toluca.

² Marivel Ramírez Hernández. Maestra en Administración. Es Docente del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Toluca. Correo de email: Marivel_ramirez@hotmail.com

³ Elvia Manuela Quiroz Velázquez. Maestra en Administración, Es docente del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Toluca. Correo email: elviaquirozv@yahoo.com.m

Según el “**Global B2C E-commerce**” Europa (\$482.3bn) y Norteamérica (\$452.4bn) se encuentran entre las primeras regiones donde más facturación se genera. Sin embargo, en la actualidad, quien tiene un mayor crecimiento es Asia-Pacífico (un 44.5%) con una facturación en el 2013 de 567.3bn de dólares. De igual forma Latinoamérica muestra una gran evolución, con un crecimiento del 21.5% y una facturación de \$33.2bn. Los países de esta región que hoy más compran por Internet son: Brasil, Venezuela, Argentina, Colombia, México, Perú y Chile. ComScore afirma que ocho de cada diez consumidores latinoamericanos buscan, investigan y compran productos en línea semanalmente.

Actualmente el comercio electrónico ha experimentado un fuerte crecimiento a nivel global, tanto en volumen de usuarios como de sitios comerciales; sin duda alguna la inversión en publicidad ha contribuido a su acelerado desarrollo de una manera exponencial. Hoy es la manera fácil y rápida de hacer negocios sin necesidad de grandes inversiones, desde la comodidad de su hogar u oficina, pues solo se requiere un computador y acceso a Internet.

La cultura del comercio electrónico cada día está tomando mayor fuerza en todo el mundo debido a las diferentes bondades que ofrece el eCommerce: comodidad, agilidad, seguridad, facilidad de pago, evita desplazamiento, restricción de horarios, filas, aglomeraciones que suelen ser incómodas y estresantes. En conjunto significa una optimización del tiempo. Disponible en: (<http://observatorioecommerce.com/como-crece-el-comercio-electronico-en-el-mundo/>)

En México, las empresas que han obtenido un distintivo (2015) que les ha permitido estar en el e-commerce o comercio electrónico (de acuerdo a www.informabl.com) son las siguientes:

Volaris es líder en la industria turística, Sony, líder en comercio al detalle, Cinemex que está en la industria del entretenimiento y medios de e-commerce, PayU servicios de IT y soluciones e-commerce, WIBE que se relaciona con servicios financieros y Banca, Privalia cuyo negocio está en indumentaria y moda e-commerce, Pengo Stores que es agencia de marketing on line para e-commerce, La europea como mejor Pyme y e-commerce.

Debido a lo anterior; la situación actual de los hoteles que se ubican en Metepec, Estado de México presenta una diversidad de problemáticas, entre las que se encuentran la temporalidad del negocio, los motivos de viaje por lo que llegan los huéspedes, así como la intangibilidad que presenta el servicio turístico es por ello que los apoyos visuales son fundamentales para dar a conocer los servicios principales y complementarios que proporcionan.

Es por ello que el objetivo de la investigación consiste en: realizar un diagnóstico de la situación actual de los hoteles ubicados en ciudad de Toluca, con relación al uso del comercio electrónico como herramienta de su comercialización, se delimitó solamente a los hoteles que se encuentran en la ciudad de Metepec los cuales son 13 en total (ver lista en anexo 1), los demás aunque se anuncian dentro de la zona de influencia pertenecen a la ciudad de Toluca.

Para ello se utilizó el método descriptivo de acuerdo a los doctores Harper W. Boyd Jr. Y Ralph Westfall (2006) el cual se realiza para descubrir nuevas relaciones y concretar los problemas, por investigar. Sirven para encontrar hipótesis o soluciones tentativas, además de determinar el problema por analizar. Estos estudios descriptivos tienen dos pasos medulares:

a.- identificar y definir el problema.- se tiene que identificar la situación y analizar el problema.

b.- establecer hipótesis, una vez que se estableció o concretó el problema, se establece la hipótesis, la cual se establece como una explicación tentativa de un hecho específico. La hipótesis se utiliza para dirigir la investigación y delimitar el campo de acción de trabajo. Si la hipótesis se encuentra bien expuesta, ella misma marcará el camino que deberá seguir, al eliminar todos aquellos aspectos y datos que no tienen directa con el problema.

Se realizó una lista en donde se caracterizaron los hoteles de la ciudad típica de Metepec, ubicada en el Estado de México, los cuales son principalmente Pymes y de carácter familiar en su mayoría, son de pocas habitaciones y no cuentan con una clasificación turística en específico, ni tampoco con una certificación turística, así mismo también se revisó que tuviesen página de internet

Por lo que la hipótesis del trabajo es la siguiente:

Los hoteles ubicados en la ciudad de Metepec, estado de México utilizan el comercio electrónico como herramienta para su comercialización y para promoción de ventas.

Dentro de los resultados se tiene lo siguiente:

El 62% de los hoteles cuenta con una página de internet, actualizada por lo menos en el 2016 una vez, mediante la cual se identifica la ubicación, servicios, instalaciones y equipo con los que cuenta el servicio.

Asimismo las tarifas se identifican en el sitio, manteniendo una diferencia entre los buscadores de hoteles y la página oficial del hotel.

El resto (38%) de los hoteles ubicados en Metepec, estado de México no cuenta con página de internet, por lo que solo se encuentran anunciados en la página de internet, en algún directorio de la sección amarilla o en listados de hoteles en la ciudad.

Su contacto es por teléfono principalmente, para la reservación si así fuese necesario, son hoteles de capital familiar y con tarifas basadas en precios bajos.

Conclusiones

Se identificó que el 68% de los hoteles que se encuentran ubicados en la ciudad de Metepec, considerado como pueblo mágico, de acuerdo a la secretaría de Turismo, a nivel Federal cuenta actualmente con 13 hoteles, los cuales son de diversas características debido a la diversidad de la demanda a la que están dirigidos actualmente, sin embargo utilizan la herramienta del comercio electrónico (página web en internet) para llevar a cabo sus reservaciones, promoción de los servicios y de alguna manera promocionan los lugares del municipio), así mismo tratan de mantener los precios de sus servicios a través de la misma.

El modelo de negocio electrónico principalmente es el de B2C que corresponde a: del Negocio al Consumidor (business to consumer) y en algunos casos como los hoteles grandes corresponde al B2B (business to business) que corresponde al negocio a negocio por ello manejan tarifas grupales y son hoteles que manejan sus tarifas preferenciales.

El resto de los hoteles que no cuentan con una página de internet, solamente utilizan el teléfono, los directorios telefónicos y aparecen en algún directorio en internet, con información generalizada del lugar.

Por último se recomienda que los hoteles utilicen para su mejora continua la estrategia de innovación que conlleve a cada uno de éstos a ser más competitivos, sin duda la tecnología sigue su curso acelerado y la globalización en la que estamos inmersos, implica que las empresas mexicanas o asentadas en México (porque algunos hoteles son de cadena) sean competitivas ante los inminentes cambios económicos, políticos y culturales.

ANEXO 1

LISTADO DE HOTELES UBICADOS EN LA CIUDAD TIPICA DE METEPEC, ESTADO DE MÉXICO

Nombre del hotel Ubicación	Página de internet
1.- La muralla Metepec	www.hotellamuralla.com.mx
2.- Hotel Biohotel 24 hab	www.biohotelmexico.com.mx
3.-Crown plaza Lancaster	www.crownplaza.com
4.-Hotel Holliday Inn Express	www.hiexpress.com
5.-Hotel Grand Plaza Imperial	www.granhotelplazaimperial.com
6.-Hotel San Jerónimo Inn Av. las torres Metepec	Sin pagina

7.-Hotel Sam Sam	Sin página
8.-Hotel Cortijo	Sin página
9.-Hotel Quinta Del Rey	www.quintadelrey.com.mx
10.-Best Western Gran Marqués	www.bestwestern.com
11.-Hotel Paseo	www.hotelpaseo.com.mx
12.-Hotel Real San Javier	Sin página
13.-Hotel y Villas Metepec Plaza	Sin página

Fuente: Elaboración propia

Referencias Bibliográficas

- Ahmed, Pervaiz K. et al (2012) Administración de la Innovación. Editorial Pearson. Primera edición.
- Eyssautier de la Mora, Maurice (2006). Investigación de Mercados. Enfoques, sistemas, información, procesos y proyectos. Editorial Trillas
- Hernández Sampieri, Roberto et al. (2015) Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill
- <http://observatorioecommerce.com/como-crece-el-comercio-electronico-en-el-mundo/>
- www.informabtl.com
- www.hotellamuralla.com.mx
- www.hiexpress.com
- www.granhotelplazaimperial.com
- www.quintadelrey.com.mx
- www.bestwestern.com
- www.hotelpaseo.com.mx

Notas Biográficas

Beda Isabel Zamora Flores, Es contadora Publica, egresada de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Estado de México, es actualmente Presidenta de Academia del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del Instituto Tecnológico de Toluca, y es docente de tiempo completo del mismo departamento.

Marivel Ramírez Hernández. Es Maestra en Administración de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma del Estado de México, es Master en Comercio Internacional de la Universidad de Jaume I, España; ha sido Jefa del departamento de Ciencias Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Toluca, Jefa de Proyectos de Docencia en el mismo departamento de CEA; en el ITT, ha publicado en diversos congresos de Investigación sobre temas de Tutorías, situación actual del Ingeniero en Gestión Empresarial, Inserción laboral del Ingeniero en Gestión Empresarial, entre otros temas.

Manuela Elvia Quiroz Velázquez, Es Maestra en Administración de la Universidad Autónoma de Morelos, ha tenido diversos cargos administrativos en el Instituto Tecnológico de Toluca, ha participado como Jefa de Proyecto de Investigación en el Departamento de Ciencias Económico-Administrativas del Instituto ya mencionado, así mismo ha escrito ponencias relacionadas con los temas de Educación, Tutorías, estrategias para el Modelo de Tutorías, entre otros temas.

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CÓMPUTO PARA DRENAJE AGRÍCOLA DRENAS 2.0

Manuel Zavala Trejo¹, Christian Hernández Angón² y Carlos Bautista Capetillo³

Resumen— En este trabajo se presenta la segunda versión del modelo de simulación DRENAS (drenaje agrícola subterráneo), el cual contiene cuatro soluciones analíticas y una solución de elemento finito tipo Galerkin de la ecuación diferencial del drenaje agrícola en su forma unidimensional y puede ejecutarse bajo sistemas operativos *Windows*. Los modelos incluidos en la versión 1.0 del programa se migraron de *Visual Basic 2005* a *Visual Basic 2012* realizando modificaciones sustantivas para ampliar y mejorar sus capacidades de cálculo, registro de datos y visualización de resultados. El modelo numérico puede ahora resolver la ecuación de Boussinesq no lineal con coeficientes variables incluyendo el término de recarga vertical para condiciones de frontera en los drenes del tipo Dirichlet, radiación lineal o radiación fractal.

Palabras clave— ecuación de Boussinesq, coeficiente de almacenamiento variable, condición de radiación fractal, características hidráulicas del suelo.

Introducción

El desalojo oportuno del exceso de agua superficial y sub-superficial es necesario en las parcelas agrícolas para evitar el aumento de los niveles freáticos y generar condiciones adecuadas de aireación en la zona radicular de los cultivos. Almazán (2005) sintetiza que los objetivos principales del drenaje son: i) incrementar la calidad y rendimientos de los cultivos; ii) controlar los mantos freáticos someros y tener una aireación óptima en el perfil del suelo favoreciendo la actividad bacteriana y organismos presentes en la tierra; iii) mejorar el aprovechamiento de la humedad; y iv) coadyuvar al lavado de sales del perfil del suelo que dañan los cultivos y deterioran el propio medio poroso.

Los terrenos agrícolas algunas ocasiones presentan problemas de drenaje interno por ejemplo cuando su contenido de arcilla es alto, siendo la permeabilidad de estos medios baja originando que el desplazamiento del agua a través de los poros del suelo sea lento. Para atacar esa problemática en la agricultura se acude al uso del drenaje artificial que en el caso de la parcela puede ser del tipo subterráneo, éste consiste en instalar una serie de tuberías corrugadas de polietileno de baja densidad con ranuras (perforaciones en la pared) a través de las cuales puede fluir el agua desde el suelo al interior del dren para conducirla fuera de la parcela. Las tuberías comúnmente llamadas drenes, se envuelven en un filtro sintético para limitar el ingreso de partículas sólidas del suelo o materia orgánica por las perforaciones del dren que eventualmente los azolvan y tapan.

Las variables a determinar en el diseño de un sistema de drenaje subterráneo es la profundidad a la cual deben instalarse los drenes, la separación de los mismos y su diámetro. Estas variables dependen por una parte de las características del suelo (textura, estructura, propiedades físicas, volumétricas, etc.) y de la condición del flujo de agua prevaliente en el subsuelo. Una forma precisa de estudiar el flujo subterráneo del agua en el suelo donde se tienen zonas saturadas y parcialmente saturadas que interactúan y responden a las fluctuaciones de flujo que se desarrollan en las fronteras del dominio (superficie del suelo, basamento, etc.), es con el uso de ecuación general de transferencia de agua conocida como ecuación de Richards (1931).

En el trabajo de Zavala *et al.* (2012) se menciona que se puede analizar del drenaje agrícola con la ecuación de Richards para obtener descripciones detalladas de los procesos de transferencia que ocurren en el suelo, sin embargo su aplicación se ve limitada por la dificultad y el costo del trabajo experimental requerido para representar las características hidrodinámicas del suelo (curva de retención de humedad y curva de conductividad hidráulica) así como el esfuerzo de cómputo necesario para modelar el movimiento tridimensional o bidimensional del agua, lo cual se incrementa conforme las dimensiones del dominio de estudio son más grandes (unidad de riego, distrito de riego, etc.).

Las desventajas que presenta la aplicación de la ecuación de Richards ha motivado que el estudio de los procesos

¹ Dr. en I. Manuel Zavala Trejo es Docente-Investigador de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. mzavala73@uaz.edu.mx (autor corresponsal).

² M. en I. Christian Hernández Angón es Egresado de la Maestría en Ingeniería Aplicada de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. chriwin10@live.com.mx.

³ Dr. en I. Carlos Bautista Capetillo es Coordinador del Área de Ingenierías y Tecnologías de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. baucap@uaz.edu.mx.

de transferencia de agua en los sistemas de drenaje agrícola sea realizado con la ecuación de Boussinesq, la cual si bien considera de forma simplificada las transferencias que ocurren en la zona no saturada del suelo es una herramienta rápida y con precisión aceptable para obtener descripciones generales del flujo de agua en el espesor saturado del medio poroso.

Para obtener mejores descripciones de la dinámica del agua con la ecuación de Boussinesq en el caso de acuíferos libres someros, por una parte se debe tomar en cuenta la relación establecida por Fuentes *et al.* (2009) entre la curva de retención del suelo y el coeficiente de almacenamiento del acuífero; y por otra parte el tipo de condición de frontera que debe sujetar a la ecuación de Boussinesq en la frontera de los drenes. Zavala *et al.* (2004) y (2007) analizaron el tipo de condición de frontera que debe sujetar la ecuación de Boussinesq y establecieron que la transferencia de agua del suelo hacia el interior de los drenes debe ser descrita con una condición tipo radiación, la cual permite describir las evoluciones de la carga hidráulica sobre el dren y del gasto drenado considerando la resistencia al flujo del agua en la interfaz suelo-dren. Con la aplicación de conceptos de geometría fractal establecieron que la resistencia es inversamente proporcional a una potencia fractal de la carga hidráulica sobre el dren, con el exponente definido implícitamente en función de las porosidades totales del suelo y de la pared del dren.

Zavala *et al.* (2014) desarrollaron la primera versión computacional para aplicar la ecuación de Boussinesq con coeficiente de almacenamiento variable sujeta en los drenes a condiciones de radiación fractal a la cual se le denominó DRENAS (drenaje agrícola subterráneo). Sin embargo la herramienta de cómputo desarrollado en *Visual Basic* opera sólo en sistemas operativos de 32 bits y algunos de sus módulos gráficos y base de datos funcionan sólo si se tiene instalado *Microsoft Office*. El objetivo de este trabajo es desarrollar una actualización del programa de cómputo que resuelva las limitaciones que tiene y que introduzca más variables de cálculo, bases de datos más completas y ayude al usuario en el uso de la aplicación.

Materiales y métodos

Ecuaciones de base

En el programa de cómputo se resuelve numérica o analíticamente la forma completa o simplificaciones de la ecuación de Boussinesq unidimensional del drenaje agrícola. En general se puede escribir como:

$$\mu(H) \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[T(H) \frac{\partial H}{\partial x} \right] + R_w(t) \quad (1)$$

donde $H = H(x,t)$ es la carga hidráulica contada a partir de un estrato impermeable (nivel de referencia) y es función de la coordenada horizontal x y del tiempo t ; $T(H)$ es la transmisibilidad del acuífero, para el caso de acuíferos libres $T(H) = K_s H$; K_s es la conductividad hidráulica a saturación del suelo; $\mu(H)$ es el coeficiente de almacenamiento del acuífero; $R_w(t)$ es el volumen de recarga en la unidad de tiempo por unidad de área del acuífero en función del tiempo.

La relación entre el coeficiente de almacenamiento y la curva de retención de humedad en acuíferos libres está dada por la siguiente ecuación (Fuentes *et al.*, 2009):

$$\mu(H) = \theta_s - \theta(H - H_s) \quad (2)$$

donde θ_s es el contenido volumétrico de agua a saturación; y H_s es la elevación de la superficie del suelo.

Es posible obtener una representación analítica del coeficiente de almacenamiento a partir de la ecuación (2) si la curva de retención de humedad del suelo es conocida. Se puede usar por ejemplo el modelo sugerido por van Genuchten (1980) que es ampliamente aceptado en estudios de campo y de laboratorio:

$$S_e(\psi) = \left[1 + (\psi/\psi_d)^n \right]^{-m} \quad (3)$$

donde $S_e(\psi) = [\theta(\psi) - \theta_r] / [\theta_s - \theta_r]$ es la saturación efectiva; θ_r es el contenido volumétrico residual; $\psi_d < 0$ es un parámetro de escala del potencial de presión del agua en el suelo ψ ; m y n son parámetros de forma que de acuerdo a Burdine (1953) se pueden relacionar como $m = 1 - 2/n$. Fuentes *et al.* (2001) en su estudio de la conductividad hidráulica de los suelos no saturados derivan otras tres relaciones entre m y n que se justifican en el contexto de la teoría de la infiltración, a tales relaciones las denominó poro neutro $m = [1 - 4s/n]/s$, poro geométrico $m = [1 - 2s/n]/s$ y poro grande $m = [1 - 4s/n]/2s$; donde s es la dimensión cociente del objeto fractal, tal como se consideró el suelo en ese estudio, siendo s la razón entre la dimensión fractal del objeto D_f (Mandelbrot, 1982) y la dimensión del espacio de Euclides E , $s = D_f/E$.

Al introducir la ecuación (3) en la ecuación (2) se obtiene la siguiente relación:

$$\mu(H) = (\theta_s - \theta_r) \left\{ 1 - \left[1 + \left\{ \frac{(H - H_s)}{\psi_d} \right\}^n \right]^m \right\} \quad (4)$$

Zavala *et al.* (2004) y (2007) establecieron la siguiente condición de frontera para los drenes:

$$q_d = \gamma K_{in} \left[\frac{(H - D_o)}{P} \right]^{2s} \quad (5)$$

donde q_d es el flujo de drenaje; γ es un coeficiente de conductancia adimensional; $K_{in} = \sqrt{K_s K_d}$ es la conductividad de la interfaz suelo-dren, K_s es la conductividad hidráulica a saturación del suelo, K_d es la conductividad de la pared del dren; P es la profundidad de los drenes; H es la carga hidráulica sobre el dren; D_o el espesor del acuífero; $s = \frac{1}{2}(s_1 + s_d)$ es la dimensión cociente en interfaz suelo-dren; s_1 es la dimensión cociente del suelo y s_d es la dimensión cociente de la pared del dren. La relación entre la porosidad areal μ y la porosidad volumétrica ϕ se obtiene de acuerdo con la idea probabilista como $\mu = \phi^s \phi^s = \phi^{2s}$, ya que $\mu_s + \mu = 1$ se tiene: $(1 - \phi)^s + \phi^{2s} = 1$. La conductividad de la pared del dren se puede obtener con la fórmula siguiente basada en la ley de Poiseuille: $K_d = (1/2)(g/\gamma_w) \mu_d R_{HD}^2$, donde g es la aceleración de la gravedad; γ_w es el peso específico del agua; R_{HD} es el radio hidráulico del dren.

La solución numérica del sistema (1)-(5) incluida en el programa de cómputo emplea el método del elemento finito tipo Galerkin para la discretización espacial, un esquema de diferencias finitas para la discretización temporal, el método iterativo de Picard para la linealización del sistema resultante y un método de gradiente conjugado preconditionado para la resolución del sistema de ecuaciones algebraicas.

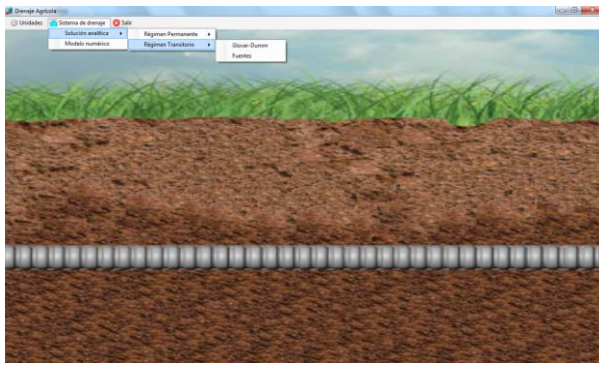
Modelaciones del drenaje agrícola menos precisas puede ser realizadas con soluciones analíticas obtenidas para formas simplificadas de la ecuación de Boussinesq (ecuación 1) sujeta a condiciones límite sencillas, por ejemplo para régimen permanente se tiene la fórmula de Hooghoudt (1940) y en régimen transitorio las relaciones de Glover-Dumm (Dumm, 1954) y Fuentes *et al.* (1997), las cuales son incluidas en el programa de cómputo.

Desarrollo de la interfaz gráfica

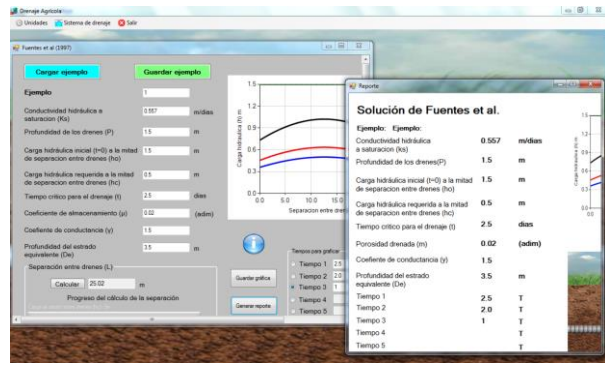
La metodología de desarrollo de software se fundamenta en: i) identificar lo que hay que hacer y el orden de prioridad; y ii) plantear el cómo deben realizarse las tareas y con que desarrollarlas. Tomando en cuenta estos puntos, el presente trabajo inició analizando la versión original del programa DRENAS para detectar y posteriormente resolver los errores de programación que pudiera contener así como identificar las nuevas funciones y herramientas que son necesarias incorporar para ampliar sus capacidades y facilitar a los usuarios su aplicación. Entre las principales limitantes que presenta la versión original del programa es su dependencia de *Microsoft Office* para manejar bases datos y visualizar las gráficas de las simulaciones, la no posibilidad de almacenar y leer los ejemplos que se van desarrollando, la no posibilidad de generar un ejecutable que opere fuera de *Visual Basic 2005* y sólo poder ser ejecutado en sistemas operativos *Windows* de 32 bits.

Tomando en cuenta estas condiciones se optó por reprogramar en *Visual Basic 2012* las pantallas de captura de información de cada módulo de cálculo, programar bases de datos internas independientes de *Microsoft Access* y desvincular de *Microsoft Excel* el tratamiento de los gráficos. Adicionalmente se analizó y amplió la base de datos de suelos UNSODA (Leij *et al.*, 1996) que se incluía la versión inicial del programa, de manera que ahora incorpora parámetros que permiten manejar los modelos de Fuentes *et al.* (2001) denominados poro grande, poro geométrico y poro neutro y también se hicieron modificaciones en la solución numérica para manejar el término de recarga de la ecuación de Boussinesq como una función del tiempo y aceptar condiciones de frontera tipo Dirichlet en los drenes.

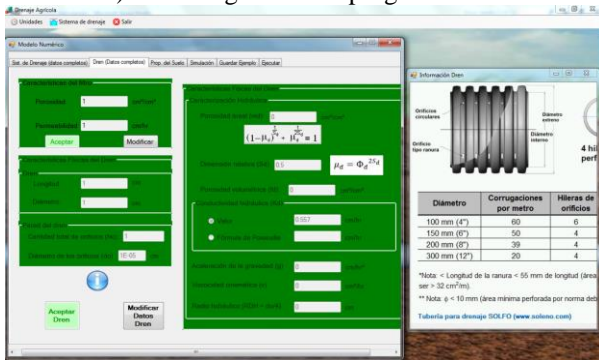
El programa DRENAS 2.0 presenta la pantalla principal que se muestra en la Figura 1a la cual da acceso a las secciones del programa. Primero deben definirse las unidades de espacio y tiempo a emplear en la simulación ya que es necesario para activar los módulos de cálculo analítico y numérico. Dentro del módulo soluciones analíticas se tiene cuatro secciones de cálculo, dos para una solución que considera el flujo de agua en régimen permanente (Hooghoudt, 1940) y dos para el régimen transitorio (Glover-Dumm, 1954 y Fuentes *et al.*, 1997). A manera de ejemplo se presenta en la Figura 1b el módulo de cálculo asociado a la solución de Fuentes *et al.* (1997), en éste se puede generar un reporte del ejemplo, exportar gráficas de resultados o almacenar el ejemplo ejecutado en la base de datos interna. El módulo de la solución numérica está contenido en una forma *Tab Index* (en inglés) que contiene seis pestañas o secciones: las primeras cuatro están desarrolladas para la captura de datos referente al sistema de drenaje, a las características del dren (Figura 1c), propiedades del suelo (Figura 1d) y a datos de la simulación como control de tiempo, discretización espacial, condiciones límite (Figura 1e), visualización gráfica de resultados (Figura 1f), etc.; la quinta pestaña es un apartado que sirve para ejecutar la opción de almacenar los datos del ejemplo y la última pestaña contiene el botón para realizar la simulación (Ejecutar).



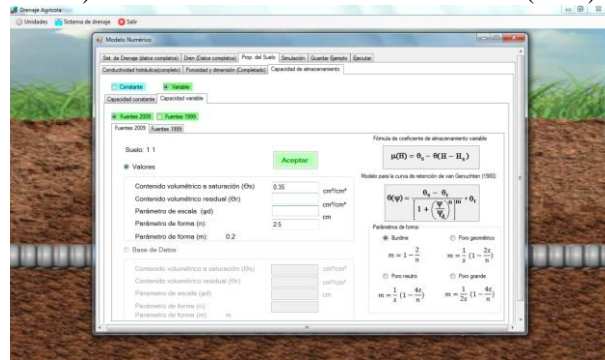
a) Pantalla general del programa.



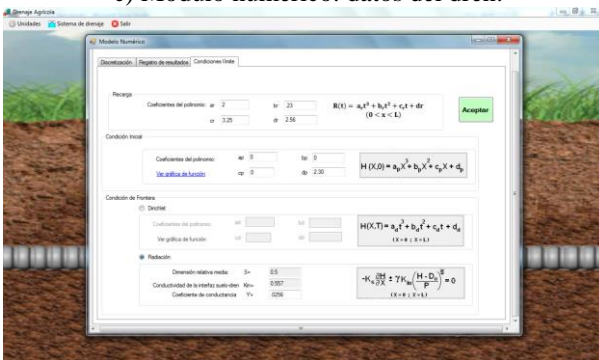
b) Módulo de la solución de Fuentes *et al.* (1997).



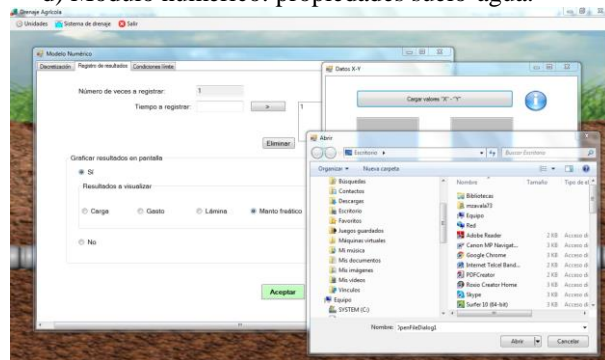
c) Módulo numérico: datos del dren.



d) Módulo numérico: propiedades suelo-agua.



e) Módulo numérico: condiciones límite y recarga.



f) Módulo numérico: gráficas de la simulación.

Figura 1. Interfaces desarrolladas para la captura de información y ejecución de una simulación del drenaje agrícola en el programa DRENAS 2.0.

Validación del programa

La validación del modelo de simulación es necesaria para detectar errores de programación así como para revisar la consistencia de las soluciones analíticas y numéricas codificadas. Los errores de programación pueden presentarse en la captura y transformación de datos y variables, selección de opciones, transferencia de información entre las secciones del programa, lectura y escritura de archivos, visualización gráfica de resultados, programación de los algoritmos de cálculo, etc.

En este contexto se hicieron pruebas al programa considerando diferentes tipos de suelo y opciones de sistemas de drenaje. Se presenta enseguida una de las validaciones realizadas, consiste en comparar los resultados del módulo numérico contra aquellos obtenidos con una solución analítica para el caso de coeficiente de almacenamiento constante y recarga constante. Esta prueba permitió revisar el procedimiento de cálculo asociado al caso en que el término de recarga de la ecuación de Boussinesq es distinto de cero, lo cual es frecuente en situaciones de campo donde la recarga es positiva cuando el sistema de drenaje recibe aportaciones de agua por precipitación, percolación del agua de riego y flujo subsuperficial proveniente de zonas altas y es negativa en caso que se presente descarga del acuífero libre somero por ejemplo por causa de evapotranspiración.

Los resultados del modelo numérico se compararon con los resultados derivados de la solución analítica tipo Hooghoudt presentada en Fragoza *et al.* (2003) que describe la evolución de la superficie libre en un sistema de drenaje subterráneo para el caso de una recarga constante (R_o) y flujo de agua en régimen permanente:

$$H^2(x) = H_c^2 + (R_o/K_s)x(L-x) \tag{6}$$

donde H_c es la carga al centro entre drenes.

$$h_d = \left[\sqrt{(4+\gamma)^2 D_o^2 + 8(2+\gamma)h_c(h_c + 2D_o)} - (4+\gamma)D_o \right] / [2(2+\gamma)] \tag{7}$$

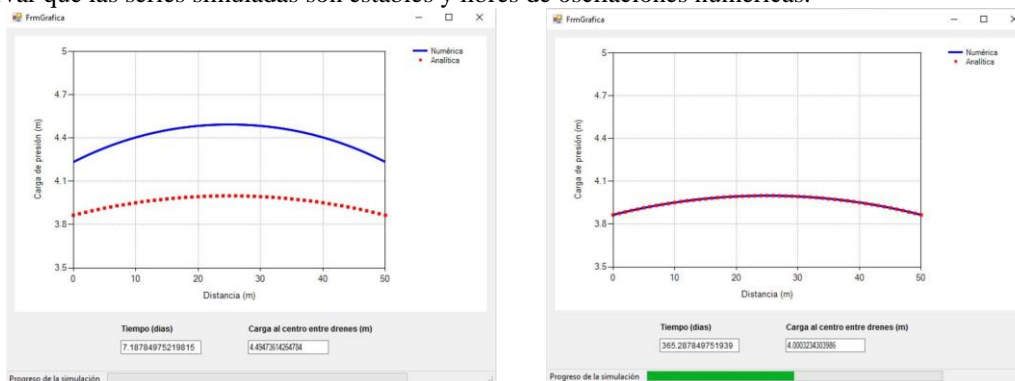
$$h(x,t) = H(x,t) - D_o \tag{8}$$

donde h_d es la carga hidráulica sobre el dren ($x=0$ y $x=L$); D_o es el espesor del acuífero; y γ el coeficiente de conductancia de la condición de radiación lineal que se usa en los drenes.

Los datos del sistema de drenaje corresponden a los reportados por Fragoza *et al.* (2003) derivados de un experimento de campo realizado en el distrito de riego 076 Valle del Carrizo, Sinaloa. El sistema de drenaje evaluado tiene una separación entre drenes $L = 50m$, profundidad media de los drenes $P = 1.5m$, profundidad del estrato impermeable $D_o = 3.5m$, $H_i = 0.0m$ y $H_s = 5.0m$. El suelo de la parcela es de textura arcillosa con una conductividad hidráulica a saturación de $K_s = 0.557m/d$ y el valor promedio del coeficiente de almacenamiento es $\mu = 0.1087$. La aplicación de la solución analítica se realiza asumiendo $\gamma = 1.5$ y $h_c = 0.5m$, lo cual conduce a $h_d = 0.365m$ y $R_o = 0.000944m/d$. Con estos valores y la ecuación (6) se obtuvo la distribución espacial de la carga hidráulica a lo largo de la separación entre drenes.

Posteriormente se reprodujo con el programa de cómputo el escenario descrito en el sistema de drenaje del Carrizo, modelándose un proceso transitorio hasta alcanzar el régimen de flujo estacionario que corresponde al descrito con la solución analítica. Se asumió la condición inicial de carga hidráulica constante $H(x, t=0) = 4.50m$ y para tener las mismas condiciones de la solución analítica, en el programa se usó la condición de frontera de radiación lineal considerada en su derivación, definiéndose en los módulos correspondientes valores límite de las porosidades volumétricas en la interfaz suelo-dren que permiten obtener $\bar{s} = 0.5$; adicionalmente se consideró la hipótesis de igualdad entre la conductividad del suelo y la de la pared del dren $K_s = K_d$, lo cual genera $K_m = K_d = K_s$. Finalmente se reinterpreta el valor del coeficiente de conductancia reportado por Fragoza *et al.*, para adaptarlo a la forma de la radiación que se maneja en DRENAS 2.0, obteniéndose $\gamma = 0.045$. La discretización espacial se realizó con el número de nodos $N=1000$ ($\Delta x = 0.05m$) y en la discretización del tiempo se usó $\Delta t_{ini} = 1.0s$, $\Delta t_{max} = 50.0s$ y $\Delta t_{min} = 0.1s$. El tiempo de simulación fue 720 días.

En las Figuras 2a y 2b se presentan los resultados de la simulación del manto freático a la semana y al año de drenaje libre. Como puede observarse la solución numérica tiende a la solución analítica conforme avanza el tiempo y la reproduce correctamente. No obstante que el tiempo de simulación continúe la solución numérica no desciende más allá de la solución analítica, mostrando que ha alcanzado la condición de régimen permanente. Esta comparación es una evidencia de que los módulos de captura de información y el módulo de cálculo que maneja el término de la recarga vertical operan correctamente y están libres de errores de programación, adicionalmente se puede observar que las series simuladas son estables y libres de oscilaciones numéricas.



a) 1 semana de drenaje.

b) Un año de drenaje.

Figura 2. Simulación de un escenario de drenaje agrícola (coeficiente de almacenamiento y recarga constantes).

Conclusiones

En esta nueva versión del programa de cómputo DRENAS se corrige y mejora el código de la versión inicial, agregando más funciones como lo es el uso de bases internas para almacenar los datos ingresados en cada uno de los ejemplos que se analizan, base de suelos UNSODA ampliada, tiene la opción de ingresar la recarga del acuífero variable en el tiempo, los gráficos de las simulaciones se elaboran en el mismo programa evitando la dependencia de programas externos como *Microsoft Office*, se pueden generar reportes de los ejemplos realizados y exportar los gráficos de las simulaciones.

El diseño del programa cambio respecto a la versión anterior y se optimizó el código para simplificarlo, ordenarlo y hacerlo más fluido. Otra ventaja importante de esta nueva versión del programa es que se puede trabajar en sistemas operativos de *Windows* con arquitecturas de 64 o de 32 *bits*.

Esta herramienta de simulación es útil para describir el comportamiento de drenes subterráneos ya instalados y también para diseñar un sistema de drenaje de acuerdo a las necesidades y especificaciones de cada usuario, ya que permite predecir el movimiento del agua en el espesor saturado del suelo.

Referencias

- Almazán, R. "Apuntes de la materia Riego y Drenaje". Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2005.
- Burdine, N. T. "Relative permeability calculation from size distribution data". *Pet. Trans. AIME*, 198, 1953, 71-78.
- Dumm, L. D. "Drain spacing formula". *Agricultural Engineering*, 35, 1954, 726-730.
- Fragoza, F., C. Fuentes, M. Zavala, F. Zatarain, H. Saucedo y E. Mejía. "Drenaje agrícola con capacidad de almacenamiento variable". *Ingeniería Hidráulica en México*, 18(3), 2003, 81-93.
- Fuentes, C., R. Namuche, L. Rendón, R. Patrón, O. Palacios, F. Brambila y A. González. "Solución de la ecuación de Boussinesq del régimen transitorio en el drenaje agrícola bajo condiciones de radiación: El caso del Valle del Carrizo". *Memorias del VII Congreso Nacional de Irrigación*. Sinaloa, 1997.
- Fuentes, C., F. Brambila, M. Vauclin, J.-Y. Parlange, and R. Haverkamp. "Modelación fractal de la conductividad hidráulica de los suelos no saturados". *Ingeniería Hidráulica en México*, 16 (2), 2001, 119-137.
- Fuentes, C., M. Zavala y H. Saucedo. "Relationship between the storage coefficient and the soil-water retention curve in subsurface agricultural drainage systems: water table drawdown". *Journal of irrigation and drainage engineering*, 135, 2009, 279-285.
- Hooghoudt, S. "Bijdragen tot de Kennis van eenige Natuurkundige Grootheden van de Grond". *Verslagen and Landbouwkundige Onderzoekingen*, 46(14), 1940, 515-707.
- Leij, F.J., W.J. Alves, M.Th. van Genuchten, y J.R. Williams. "The UNSODA unsaturated soil hydraulic database". *Res. Rep. 600 R-96 095*. USEPA, Cincinnati, OH, 1996.
- Mandelbrot, B. B. "The Fractal Geometry of Nature". W.H. Freeman and Company, New York, 1982, 468p.
- Richards, L.A. "Capillary conduction of liquids through porous mediums". *Physics*. 1 (5), 1931, 318-333.
- Van Genuchten, M. T. "A close-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils". *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44(5), 1980, 892-898.
- Zavala, M., C. Fuentes y H. Saucedo. "Radiación fractal en la ecuación de Boussinesq del drenaje agrícola". *Ingeniería hidráulica en México*, 19, 2004, 103-11.
- Zavala, M., C. Fuentes y H. Saucedo. "Non-linear radiation in the Boussinesq equation of the agricultural drainage". *J. of Hydrology*, 332 (3-4), 2007, 374-380.
- Zavala, M., H. Saucedo, H. y C. Fuentes. "Sobre la descripción de las transferencias de masa y energía en sistemas de drenaje agrícola subterráneo con las ecuaciones de Richards y Boussinesq". *Tecnología y Ciencias del Agua*, III (4), 2012, 27-39.
- Zavala, M., H. Saucedo, H. y C. Fuentes. "Programa de cómputo para analizar la dinámica del agua en sistemas de drenaje agrícola subterráneo". *Agrociencia*, 48, 2014, 71-85.

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD EN LOS ENSAMBLES DE TIPO LIGERO

Zavala Zavala, José de Jesús MIA¹; Llaven Arreola, Ofelia²; María del Rosario Gómez Galdámez²

RESUMEN

El artículo muestra el estudio de las condiciones de trabajo que afectan la productividad en los ensambles de tipo ligero. Para la realización de estos estudios, la metodología a seguir es: seleccionar el tipo de ensamble; elegir los operarios; determinar el tipo de insumos a utilizar; implementar la metodología PHVA: Planear, Hacer, Verificar, Actuar; y por último los resultados obtenidos.

El objetivo del estudio es aumentar la productividad, eliminar desperdicios, reducir la variabilidad y con ello controlar los procesos de producción. Para lograr los resultados se estandarizo la materia prima controlando las condiciones de trabajo y la homogenización de los operarios con respecto a sexo y altura.

Con la implementación del PHVA se logró aumentar la productividad en un 21.3%, para tal efecto fue necesario trabajar con una humedad del 60%, 18°C temperatura, 85 dB de ruido, iluminación de 500 luxes por un periodo de tiempo de 120 minutos.

PALABRAS CLAVE: Productividad, condiciones de trabajo, ensambles de tipo ligero, producción y ergonomía.

INTRODUCCIÓN:

El presente artículo muestra la simulación de procesos de ensambles de tipo ligero de *una línea de producción*, en una banda transportadora semi automática con una altura estándar de 94 cm para medir la productividad bajo diferentes condiciones de trabajo natural. [6] Si bien es cierto la productividad es la integración de las variables gente, tecnología y dinero con el fin de generar bienes y servicios, que sean beneficiosos para todos los actores involucrados (empresa, trabajadores, clientes y sociedad). [7] Como ingenieros industriales nuestro interés siempre se ha centrado en el deseo de lograr una mejora y alcanzar elevar la productividad en las tareas que desarrollamos. Hemos centrado nuestra atención en la mejora de las condiciones de trabajo, la reducción de tiempos, eliminación de desperdicios, mejora en los procesos y con base a ello lograr el mejoramiento de la productividad.

La línea de producción en serie busca estudiar, analizar y mejorar procesos de ensamble de tipo ligero de la región por medio de la simulación de casos de estudio. Las variables de estudio a utilizar dentro del confort del operario son como sigue: Temperatura 18-24°C, Humedad de 40 a 60%, Iluminación de 500 a 700 lux, Sonido de 60 a 85 dB, Altura de trabajo 94 cm por un periodo de tiempo de 120 min. [3]

En la industria los operarios se encuentra laborando a diferentes condiciones de trabajo que en muchas ocasiones, conlleva a afectar la salud de los mismos, esto genera un bajo rendimiento y a su vez una baja productividad a consecuencia del estrés, sofocación, cansancio, dolores de cabeza y dolores musculares a los que se encuentran sometidos al realizar una tarea en específico.

El artículo busca determinar las condiciones de trabajo adecuadas para los operarios en los procesos de ensamble de tipo ligero y con ello aumentar la productividad.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto de investigación se procedió a realizar las siguientes actividades:

A) INVESTIGACIÓN PRELIMINAR: En la investigación preliminar se estudiaron los tipos de ensambles ligeros existentes, haciendo uso de diversas fuentes de información, se encontró que existen cinco tipos de ensambles ligeros como lo son: ensambles mecánico, ensamble de componentes, etiquetado secuenciado y empaque.

1.- SELECCIONAR EL TIPO DE ENSAMBLE

¹ Docentes investigadores del Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, Carretera Panamericana KM. 995, Cintalapa Chiapas.

²Alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, Carretera Panamericana KM. 995, Cintalapa Chiapas.
ixoye_getsemani@hotmail.com

Después de conocer los tipos de ensambles se optó por seleccionar el tipo de ensamble por componentes debido que al utilizarlo hace que el procesos no sea tan complicado puesto que tiene una mayor facilidad de ensamble, no requiere capacitación ni el uso de equipo especial, además de que los resultados pueden inspeccionarse con mayor facilidad.

2.- ELEGIR LOS OPERARIOS.

Para llevar a cabo el estudio de los proceso de ensambles ligeros se requieren contar al menos con tres operarios donde cada uno será responsables de ejecutar una cierta actividad durante el proceso, cabe mencionar que los trabajadores tengan una estatura promedio la cual no difiera mucha en cuanto a la altura de la banda transportadora.

3. DETERMINAR EL TIPO DE INSUMOS A UTILIZAR.

Para la ejecución del proyecto los insumos a utilizar para simular los procesos de ensambles de tipo ligero y con ello determinar las condiciones de trabajo que afectan la productividad fueron pasadores, los cuales constaban de cinco componentes, esto con el afán de que el producto final no fuera tan complejo y requiriera de un mayor tiempo para producirlo, sino que este tiempo aprovecharlo para poder monitorear por periodos mayores los procesos de ensambles obteniendo una mayor producción y con ello obtener un mejor estudio.

4.- IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA PHVA.

1.- Planear: se establecieron objetivos e identificaron los métodos necesarios para lograr el aumento de la productividad, a través de la lluvia de ideas se logró seleccionar las herramientas a implementar durante el proyecto como son: herramientas de calidad, administrativas, y de estudio de tiempo, mediante el diagrama de Gantt se describieron las actividades a realizar juntamente con los tiempo para cada actividad.

2.- Hacer: Se ejecutaron las herramientas a utilizar, como son: la técnica de tiempo con cronometro, hoja de verificación, hoja de registro en donde se observaron 24 desperdicios por cada 4,968 piezas producidas, como se observa en la tabla 1 y con Check list se analizó que el personal no es eficiente durante el proceso, las variables de trabajo generaron un efecto negativo en el personal.

HOJA DE REGISTRO			
Producto: Pasadores	Fecha: 15 de Agosto al 02 de Septiembre 2016		
Número de Piezas Totales Inspeccionadas: 4,968 Pzas.			
Nombre del Inspector: Ofelia Llaven Arreola.			
TIPO	SIMBOLO	REGISTRO	SUBTOTAL
Tuercas flojas	•	III IIII	9
Falta de tuercas	✓	III I	6
Seguro sobrepuesto	○	III	5
Sin pasador	❖	IIII	4
Total			24

Tabla 1. Hoja de registro.

3. Verificar: Se implementaron herramientas que generaran datos cuantitativos y cualitativos de las cuales se determinó lo siguiente; el diagrama de Pareto representó que las tuercas flojas es el defecto que tienen mayor número de ocurrencia, esta se presentó un 37.5% en el total de los productos defectuosos, como se observa en la figura 1; con el diagrama de Ishikawa se dedujo que la mano de obra fue la que más ramificaciones presento, puesto que los operarios no tenían experiencia para poder llevar el proceso, además de que no se les dio capacitación necesaria antes de iniciar; con los resultados de los gráficos de dispersión se determinó que lo ideal sería no agregar altura para lograr una mayor productividad.

Se procedió a la construcción del histograma del cual se determinó que los datos no tienen una distribución normal, además existe variabilidad equivalente a 65.2, ver figura 2; con las cartas de control para variables (x-s) se analizó que el proceso estaba operando con una causa especial de variación, que provocó un desplazamiento del promedio, generando que este no fuera estable, como se observa en la figura 3.

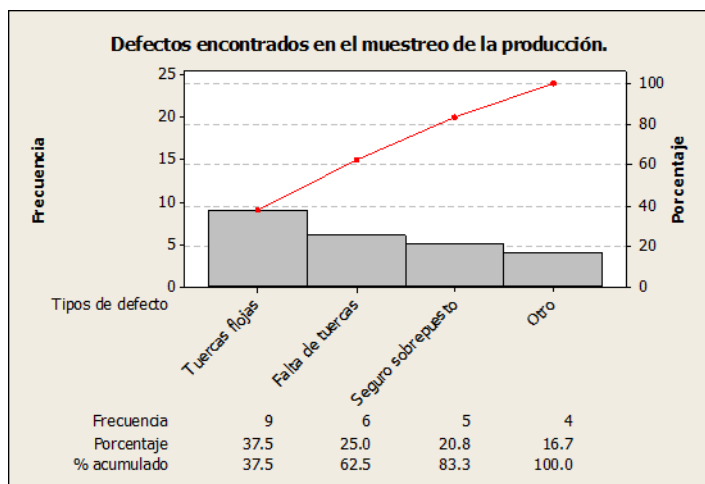


Figura 1. Diagrama de Pareto.

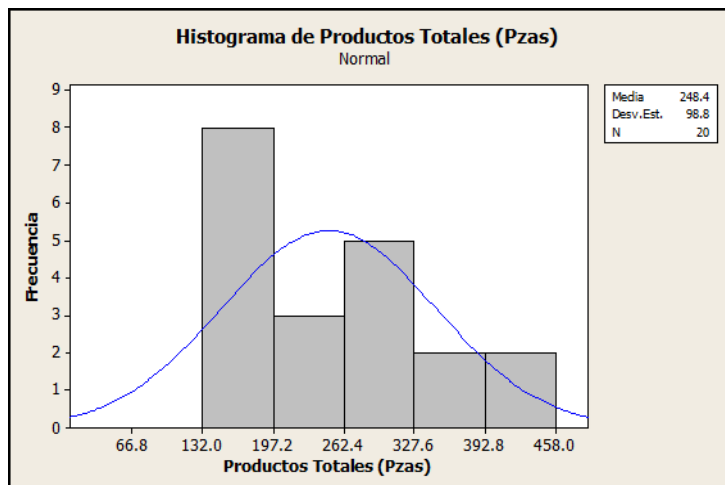


Figura 2. Histograma.

Posteriormente se procedió a implementar la herramienta de regresión lineal múltiple con el objetivo de explicar el comportamiento de una determinada variables, denominada “variable dependiente, en este caso es la producción total en función de un conjunto de variables explicativas las cuales son: humedad, temperatura, iluminación, sonido, tiempo de producción y altura agregada. Los datos obtenidos se observan en la tabla 2.

Con el análisis de los datos obtenidos se determinó que se aceptaba la hipótesis alternativa (H_1), indicando que las variables de trabajo afectaban significativamente a la producción con un nivel de confianza de 95%.

La fórmula generada en la regresión lineal múltiple fue:

$$(Y)= 221 + 0.12 (X1) - 2.42 (X2) - 0.486 (X3) + 0.25 (X4) + 2.58 (X5) - 0.82 (X6).$$

En Donde Y representó la producción total, X1 la humedad, X2 la temperatura, X3 la iluminación, X4 el sonido, X5 el tiempo de producción y X6 la altura agregada.

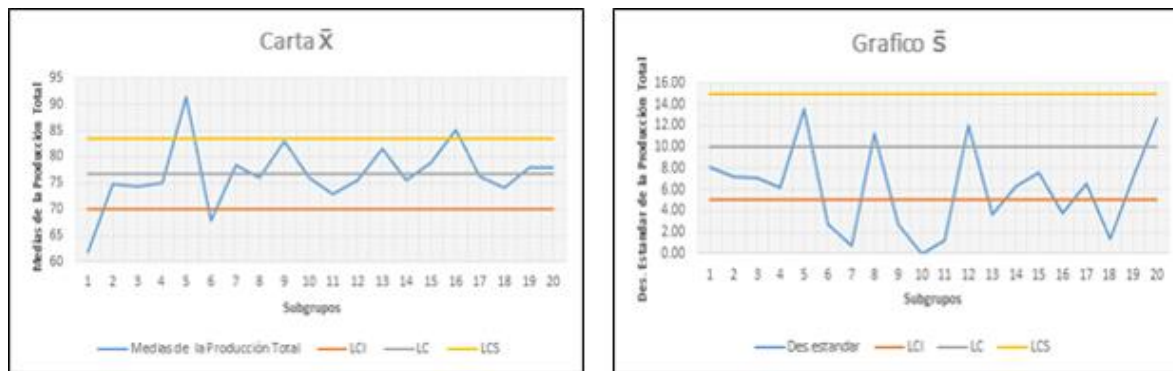


Figura 3. Cartas de control x-s

FUENTE	GL	SC	MC	F	P
Regresión	6	178067	29678	52.88	0.000
Error residual	13	7296	561		
Total	19	185363			

Tabla 2. Análisis de varianza

Seguidamente se realizaron combinaciones de las condiciones de trabajo insertándolas en la formula generadas en el paso anterior de la cual se determinó que las variables que afectan considerablemente a la producción son la iluminación, el ruido y la altura agregada. La producción máxima que se alcanzó fue de 203 piezas, trabajando con una humedad de 60%, temperatura de 18°C, una iluminación de 500 luxes, ruido de 85 dB, una altura de 85 cm y con un periodo de tiempo de 120 minutos.

4.Actuar: Con el análisis de los resultados de las herramientas antes mencionadas, se ha determinado implementar una mejora continua la cual consistirá en trabajar con una humedad de 60%, temperatura 18°C, iluminación 500lux, sonido 85dB, altura 94 cm en un periodo de tiempo de 120 min.

El objetivo es eliminar 24 desperdicios por cada 4,968 piezas producidas, mismas que fueron estudiadas con el Check list, diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto, a su vez se tiene la finalidad de aumentar el coeficiente de determinación de 96.1% estudiado con los gráficos de dispersión, cartas de control y regresión lineal múltiple, y por ultimo con el histograma se tienen como propósito analizar en cuanto se podría reducir la variabilidad de 65.4 obtenida durante la primer etapa de observaciones, generando un aumento de la productividad.

RESULTADOS OBTENIDOS.

Con base a los análisis correspondientes se determina lo siguiente:

- Si baja la humedad, bajaría la producción. Al trabajar con una humedad de 60% y si esta se reduce a 20% la producción estaría disminuyendo en 8 piezas, por lo que esta variable no afecta de manera significativa en el comportamiento de la producción.
- Por otra parte al incrementarse la temperatura, la producción tiende a bajar, aunque esta variable no afecta de manera considerable a la producción.
- Con la variable de iluminación se puede trabajar desde 500 hasta 700 luxes ya que esta variable no afecta en nada el comportamiento de la producción final.
- El sonido es otra variable que si baja en 10 dB, la producción estaría disminuyendo en 4 piezas; tomando en cuenta que esta variable no afecta de forma considerada a la producción, únicamente la afecta en una mínima parte.
- Al conjugar dos variables al mismo tiempo se tiene que si baja la humedad y sube la temperatura, la producción tendería a bajar.
- Siguiendo con esto, si sube la temperatura en 2°C y el nivel del sonido disminuye en 10dB, la producción estaría bajando únicamente en 3 piezas.

Actualmente las variables de: Humedad, Temperatura, Iluminación y Sonido ya no afectan de manera significativa a la producción, tomando en cuenta que la iluminación era una de las variables que afectaba considerablemente a la misma, esta logró estabilizarse, por lo cual se puede trabajar en cualquiera de los rangos permisibles (500-750) sin ocasionar ningún efecto en la producción.

Hay que tener en cuenta que las variables de temperatura y humedad son factores que si se pueden controlar pero el efecto que tienen sobre la producción es poca, por consiguiente no se vería afectada.

Antes de la implementación de las herramientas, se lograban fabricar 203 piezas, después de la implementación se estaría logrando producir 953 piezas respectivamente, en conclusión se estarían produciendo 750 piezas más, con la probabilidad de tener cero defectos en la producción final. Al incrementar la producción se estaría incrementando la productividad en un 21.3%.

CONCLUSIÓN

Como se sabe, la productividad implica la mejora de los procesos mediante la disminución de los defectos, reducción de la variabilidad y control en los procesos de producción para cumplir con los objetivos planificados en los plazos acordados. Una vez concluido el estudio de las condiciones de trabajo en base a la implementación de algunas herramientas de calidad, administrativas, estadísticas y de estudio del trabajo, se determinó lo siguiente:

Con respecto al Check list se analizó que el personal fue eficiente durante el proceso de ensamble. Aunado a la actividad anterior, se eliminaron los defectos generados durante los procesos, debido a que en un inicio se generaban 24 desperdicios por cada 4,968 piezas producidas a consecuencia ya no se hizo uso de un diagrama de Ishikawa porque se logró optimizar las variables de trabajo para que los operarios pudieran tener un mejor rendimiento.

Con referencia a los gráficos de dispersión, gráficos de control y regresión lineal múltiple, se logró observar que los procesos de producción fueron estandarizados, ya que en un principio se obtuvo un coeficiente de determinación de 96.1% y logro incrementarse a un 99.8%, siendo este el mejor resultado.

Mientras tanto, del Histograma se determinó la reducción de la variabilidad durante el proceso, al principio fue de 65.4 y está logro disminuir a 3.4 además muestra una distribución normal, la media estaba localizada en el centro del rango, la frecuencia era mayor y disminuía gradualmente hacia los extremos, teniendo una forma sistemática.

En síntesis a lo analizado, se logró aumentar la producción en 750 piezas equivalente a una productividad de 21.3%, las condiciones de trabajo adecuadas para los operarios y poder obtener este rendimiento son: humedad 60%, temperatura 18°C, iluminación 500 luxes, ruido 85 dB y un tiempo de producción de 120 min.

Para lograr estos resultados se estandarizó la materia prima controlando las condiciones de trabajo, la eliminación de distracciones: conversaciones, teléfonos y visitas y la homogenización de los operarios con respecto a sexo y altura.

En relación con la implementación de la metodología PHVA ayudo a mejorar las condiciones de los operarios en los ensambles de tipo ligero, logrando incrementar el rendimiento de los operarios y a su vez que la productividad incrementara.

RECOMENDACIONES

Queda abierto en próximas investigaciones el estudio de diferentes alturas de las bandas transportadoras, con el objetivo de que la misma no difiera con la estatura de los operarios y esta no afecte la productividad, también podríamos realizar un análisis sobre su velocidad acorde a los ensambles de tipo ligero para aumentar con mayor porcentaje el rendimiento de los operarios.

REFERENCIAS

- ¹Aranda, M., y Herrera, D. (2014). Administración de la Calidad; Nuevas Perspectivas. México, D.F. Editorial Patria, S.A. DE.C.V.
- ²Cequea, Mirza; Núñez Bottini, Miguel, Factores humanos y su influencia en la productividad, Revista Venezolana de Gerencia, vol. 16, núm. 53, enero-marzo, 2011, pp. 116-137, ISSN: 1315-9984 rvguluz@yahoo.es Universidad del Zulia Venezuela.
- ³Coello. (2010). Ing. del trabajo. Condiciones y medio ambiente de trabajo: ruido, iluminación y ventilación. Unexpo
- ⁴García Criollo Roberto. Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo, Editorial Mc Graw Hill.

- ⁵ Gutiérrez Pulido Humberto y De la Vara Salazar Román; Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Mc Graw Hill, Primera Edición, México 2004.
- ⁶ Lee, J. (10 de Diciembre del 2012). Ensamblados mecánicos. Recuperado el 4 de julio del 2016 de <http://es.slideshare.net/hatakejesyk/ensambles-mecanicos>
- ⁷ Modelo de los factores que afectan la productividad, XVI Congreso de Ingeniería de Organización. Vigo, July 18-20, 2012.
- ⁸ Montgomery Douglas, Control estadístico de calidad, Tercera Edición, Limusa-Wiley; México, 2004
- ⁹ Ramírez Cavassa, C. Ergonomía y Productividad. Editorial Noriega LIMUSA (Biblioteca especializada de la Facultad de Ingeniería Industrial – UNP).
- ¹⁰ Verdoy, P., Mahigues, J., Pellicer, S., Prades, R. (2011). Manual de Control Estadístico de Calidad: Teoría y Aplicaciones. Editorial UNIVERSITAT JAUME. 1ra edición.

ESTUDIO DE VARIABLES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE ENSAMBLES DE TIPO LIGERO

José de Jesús Zavala Zavala MIA¹, Alexis Alberto López Gonzalez², Carlos Alberto Peña Hernández

Resumen— El artículo muestra el estudio de variables ambientales que afectan la productividad en los ensambles de tipo ligero. Para la realización de estos estudios se empleó la metodología DMAIC y el método de Westinghouse para el cálculo del tiempo estándar de los ensambles y el mejoramiento de la productividad. El uso de la metodología DMAIC era con el objetivo de mejorar la productividad en las estaciones de trabajo en ensambles de componentes ligeros.

Para lograr los resultados se estandarizo la materia prima controlando las condiciones de trabajo, se aplicaron reglas de trabajo se capacito al personal y se balanceo la carga de trabajo de los operarios. Como resultado se logró aumentar la productividad al controlar las variables de humedad menor a 60%, una temperatura de 18 a 24°C, un ruido menor de 85 dB de ruido.

Palabras clave— Productividad, ensamble de tipo ligero, variables ambientales.

Introducción

El artículo presenta el estudio de las variables ambientales que afectan la productividad en ensambles de tipo ligero con el objetivo de aplicar la metodología DMAIC para el control de la producción de ensamble ligero, aplicar la técnica de Westinghouse y el principio de economía de movimientos para el cálculo del tiempo normal de los procesos de ensamble de tipo ligero y con ello mejorar de la productividad en una estación de trabajo de ensambles de tipo ligero.

Los problemas en los ensambles de tipo ligero son baja producción, materia prima no estandarizada, baja productividad, mano de obra sin experiencia y sin cultura laboral y por último no hay control de las condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales en un ensamble de tipo ligero en temporada de invierno deben de tener una iluminación de 300 lux [1], un ruido menor de 80 dB [2], una temperatura ambiental entre 18 a 24°C y un trabajo físico ligero de pie de 40 a 70% de humedad [3]. Con estas variables ambientales la productividad debe estar al máximo rendimiento.

Según Ortega (2012), define al ensamble ligero como el proceso de unión de distintas piezas que conforman un producto y en cuyas fases intervienen varias personas. Define a diferentes tipos de trabajo y los clasifica de precisión, ligero o liviano y pesado.

Descripción del Método

METODOLOGÍA DMAIC

Según Herbon, M. (2007) en la figura 1 se muestra la metodología DMAIC para la mejora de procesos industriales, con este procedimiento se logró hacer el estudio de las variables ambientales y el mejoramiento de la productividad en los ensambles de tipo ligero [4].

ETAPAS DEL PROCESO:

1. DEFINIR: En esta etapa se definieron los objetivos y con ello el cronograma de actividades a través de un gráfico de Gantt. El objetivo es mejorar la productividad en estaciones de trabajo de componentes ligeros aplicando la metodología DMAIC y determinar los tiempos normales de trabajo en procesos de ensamble de componentes ligero utilizando técnicas de estudio del trabajo.

Se definió que de los tres tipos de trabajo que clasifica Herbon se estudiará el de tipo ligero el cual debe estar la materia prima de ensamble cerca de 5 a 10 cm por debajo de la altura del codo como se muestra en la figura 2.

2. MEDIR LA SITUACIÓN ACTUAL: En la etapa de medir se aplicaron una hoja de verificación para realizar un estudio de tiempos, calculando tiempos promedios, tiempos normales con la técnica de Westinghouse se determinaron los tiempos normales, se aplicó regresión lineal simple y múltiple para determinar la correlación de las variables ambientales, diagrama de proceso de flujo para medir el tiempo de los procesos de producción. Las herramientas y técnicas utilizadas se describen a continuación:

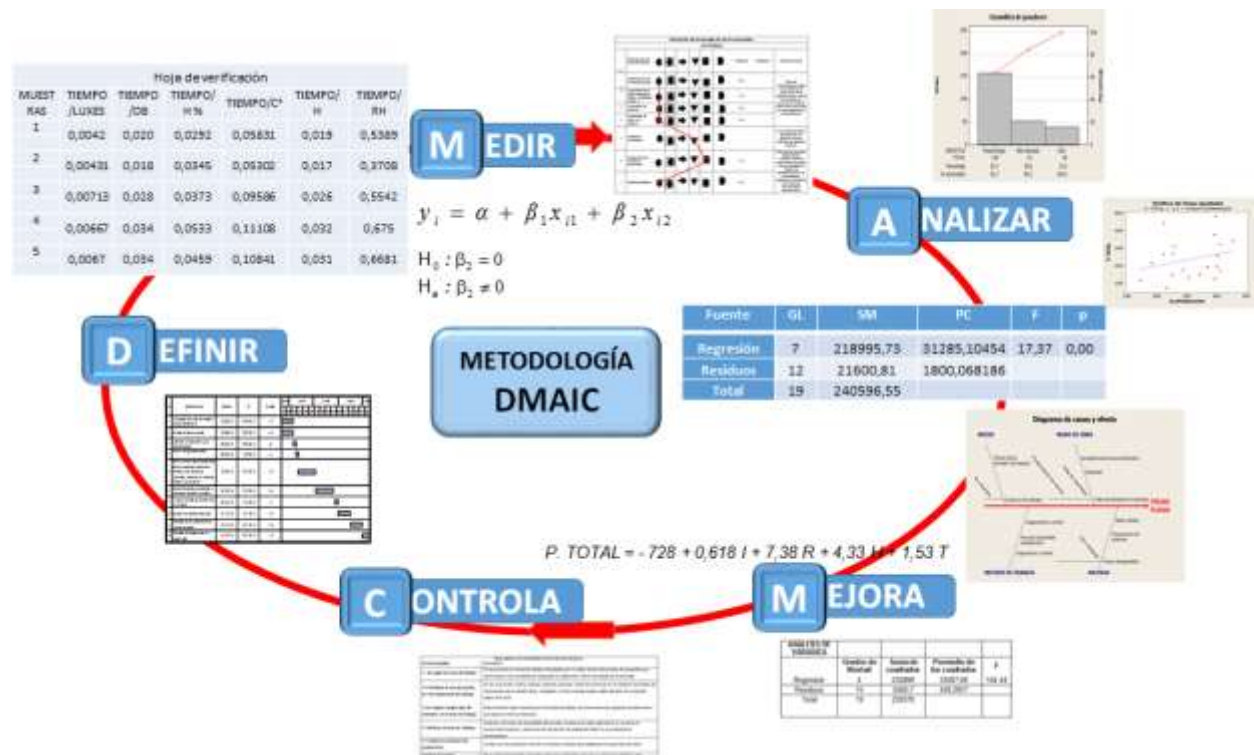


Figura 1 Metodología DMAIC

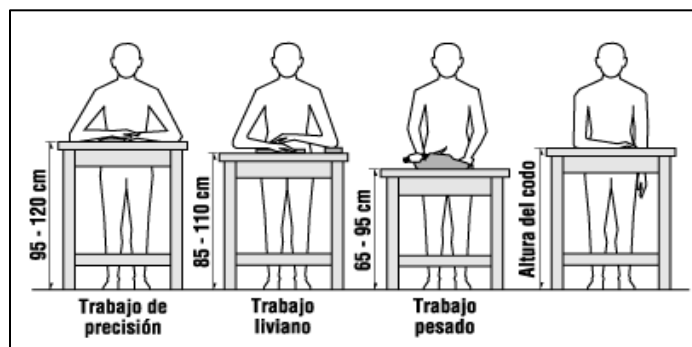


Figura 2 Tipos de trabajo [6], [7]

Tiempo normal

Procedimiento del tiempo normal: 1.- Obtener y registrar información de la operación; 2.- Descomponer la tarea y registrar sus elementos; 3.- Tomar las lecturas; 4.- Nivelar el ritmo de trabajo; 5.- Calcular los suplementos del estudio de tiempos. Se procede a calcular el estudio de tiempos y se obtiene el tiempo estándar de la operación como sigue: I. Se analiza la consistencia de cada elemento. (Buena, Media y Mala), II. En cada uno de los elementos se suman las lecturas que han sido consideradas como consistencia, III. Se anota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento, IV. Se divide; para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas consideradas; el resultado es el tiempo promedio por elemento, V. Se multiplica el tiempo promedio (Te) por el factor de valoración para obtener el tiempo base elemental. Donde la valoración se calcula de la siguiente manera: 100% + Habilidad + Esfuerzo + Condiciones + Consistencia, VI. Al tiempo base elemental se le suma la tolerancia por suplementos concedidos, obteniéndose el tiempo normal. [5]

Fórmulas de tiempo normal:

Tiempo promedio ($T_e = \sum x_i/n$)... [1]

Tiempo normal $T_n = T_e$ (Valoración en %)... [2]

Tiempo estándar $T_t = T_n (1 + \text{tolerancia})$... [3]

La tabla 1 muestra los promedios de la valoración de actuación de los operarios. El tiempo de trabajo fue de 120 minutos con diferentes variables ambientales para determinar su comportamiento de producción y productividad de los 3 operarios en estudio como se puede ver en la tabla 1. En la medición de la actuación de los operarios el promedio de la habilidad es 0.04, del esfuerzo es 0.03, de las condiciones ambientales es 0.01 y de la consistencia es 0.01.

Tabla 1 Variables de estudio

MUESTRAS	TEMPERATURA	ILUMINACIÓN	RUIDO	HUMEDAD	P. TOTAL
1	21	385	79	55,43	194
2	22,8	344	78,75	43,03	178
3	26,4	311	78,13	59,48	266
4	22,9	405	78,78	50,65	324
5	24,9	399	78,25	58,2	481
6	27,25	292	77	53,95	216
7	25,78	397	77,75	49,55	379
8	23,8	428	77,75	45,3	343
9	19,9	312	77,13	43,73	344
10	20,12	402	77,13	50,23	259

MUESTRAS	TEMPERATURA	ILUMINACIÓN	RUIDO	HUMEDAD	P. TOTAL
11	26,97	353	78,5	62,08	132
12	22,43	329	78,5	44,85	311
13	19,7	405	79	47,48	176
14	19,7	400	78,8	52,08	200
15	25,8	397	78,5	48,4	126
16	19,2	325	78	50,97	146
17	26,47	272	78,75	59,77	115
18	19,2	326	78,25	54	269
19	22,1	316	78,75	47,95	74
20	20,9	372	79	45,95	150

3. ANALIZAR PARA IDENTIFICAR CAUSAS

Para realizar un análisis del problema se aplicaron varias herramientas, para encontrar las causas del problema y solucionarlo se aplicó el diagrama de Pareto como se muestra en la figura 3. Esta figura muestra que el 63.7% del problema de baja productividad se debe a que la materia prima tiene piezas flojas y el 20.8% se debe no está ordenada adecuadamente. Para solucionar el principal problema de la productividad se usó el diagrama de Ishikawa como se muestra en la figura 4. En el análisis de esta herramienta se determinó que el problema de las tuercas flojas se debe a su constante uso, a que la materia prima no está estandarizada; en la mano de obra la baja productividad se debe a que no se siguen los procedimientos de ensamble derivado de la falta de habilidad del operario o a su poca experiencia de ensamble; en el medio de trabajo se observó que su espacio es reducido y los efectos de la variables del medio ambiente; en el análisis del método se observó que los operarios no tenían claramente los procedimientos y no había una supervisión del operario en el procesos de ensamble.

Con el uso de la regresión lineal múltiple se determinó la ecuación de la recta y sirvió para determinar el pronóstico de la producción.

$$Y = 1923 + 0,313 (x_1) - 33.0 (x_2) - 0,26 (x_3) - 15.0 (x_4) + 2.67 (x_5) + 8.69 (x_6) + 37.4 (x_7) \dots [4]$$

Donde: X1: iluminación, X2: ruido, X3: humedad, X4: temperatura, X5: tiempo, X6: altura, X7: R.H (número de operarios).

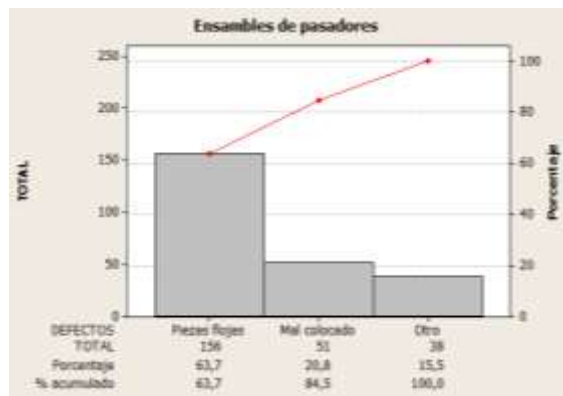


Figura 3. Diagrama de Pareto



Figura 4 Diagrama Ishikawa

Para determinar si existe correlación entre las variables ambientales y la producción se utilizó la regresión lineal simple y los gráficos de dispersión como se observan en la figura 5 y se describen continuación:

A) Se concluye que si se aumenta la iluminación al proceso se aumenta la producción en corto plazo; B) El ruido es una de las variables que está afectando al proceso ya que el gráfico marca que a menor ruido la producción aumenta; C) En lo que corresponde a este gráfico si la humedad aumenta la producción también aumenta; D) En temperatura según este gráfico marca a menor temperatura los operarios son aún más productivos y dicha producción aumenta; E) Este gráfico da como resultado que a mayor tiempo se produce más, pero tiende a que aumente en el cansancio de los operarios; F) El gráfico marca que cuatro operarios son adecuados para el proceso de ensamble de pasadores trabajar; G) Según este gráfico la altura que se debe trabajar es de 86 cm.

Con regresión lineal múltiple se determinó que el muestreo tenía una correlación múltiple de 0.9540 y un coeficiente de determinación de 0.9101. Analizando los resultados obtenidos del ANOVA se concluye del resultado de $F_0 = 17.37$ y $FT = 0.05$, que se acepta la hipótesis alternativa de que hay diferencia significativa entre las variables ambientales de estudio y la producción con un nivel de confianza del 95%.

4. MEJORAR

Una vez que las causas del problema se determinan inició el proceso de mejoramiento de la productividad a través de herramientas de mejora continua de ingeniería industrial. Mediante la aplicación de estudios de tiempos y movimientos se logró eliminar los movimientos innecesarios con un estudio detallado del proceso y para mejorar la habilidad del operario se aplicó el principio de economía de movimientos. Con esto se aplicó nuevamente el muestreo

aplicando las mismas herramientas estadísticas de calidad y se obtuvo que el coeficiente de correlación entre todas las variables ambientales es de 0.9883 y el coeficiente de determinación llegó a 0.9769, la nueva ecuación de regresión lineal múltiple quedó de la siguiente manera:

$$P. \text{ TOTAL} = - 728 + 0,618 \text{ ILUMINACION} + 7,38 \text{ RUIDO} + 4,33 \text{ HUMEDAD} + 1,53 \text{ TEMPERATURA} \dots \quad [5]$$

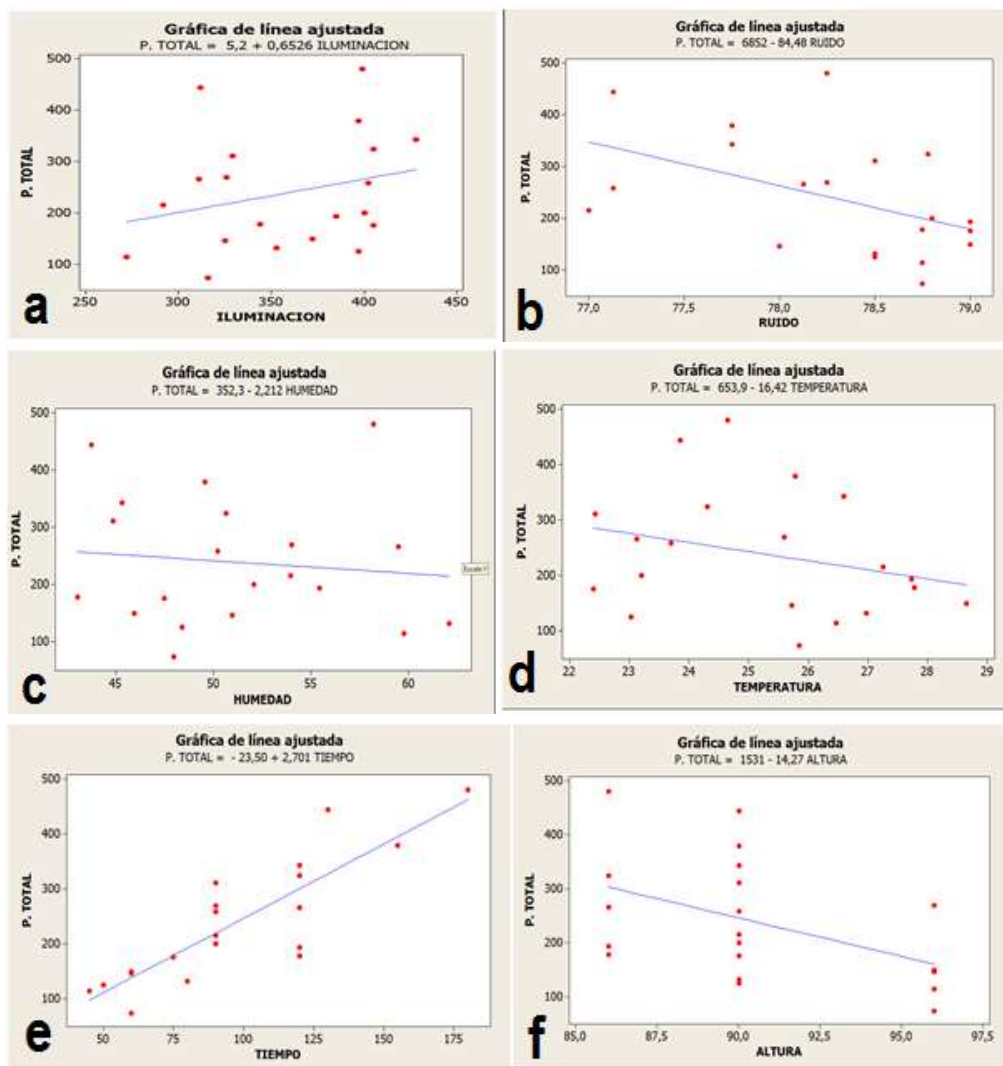


Figura 5 Gráficos de dispersión

Para esta ocasión se eliminó la variable de tiempo y numero de operarios debido a que los datos son constantes y con el uso del MINITAB se desprecian estas variables.

Con el estudio de las variables ambientales se determinó que la iluminación a utilizar sería de 700 luxes, el ruido máximo de 81 dB, la humedad ideal de 55%, la temperatura natural ideal es de 24 C, con una altura óptima de 96 cm, trabajando con 3 operarios, se producen 557 en 120 minutos.

5. CONTROLAR

Para lograr el control se procedió a la capacitación del personal para el debido ensamble del producto con el principio de economía de movimientos, se puso a un analista para verificar el cumplimiento de los procedimientos se agregó un reglamento interno al área para disminuir distracciones y movimientos innecesarios.

Resumen de resultados

Con la implementación de la metodología DMAIC para el estudio de las variables ambientales que afectan la productividad en ensambles de tipo ligero se realizó un análisis estadístico, se encontró que si tenemos una

iluminación de 700 luxes, ruido 81 dB, humedad 55%, temperatura 24 C, con un altura de 96 cm, trabajando con 3 operarios y el tiempo de producción de 120 minutos al inicio se producían 361.64 piezas y con la implementación de las mejoras se logró producir de acuerdo a la ecuación de regresión lineal 577.25 piezas logrando una mejora del 59.62% en producción.

En el análisis de varianza se determinó con la prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 95%, que si existe diferencia significativa entre las variables de estudio (humedad, temperatura, ruido e iluminación) y la producción por lo tanto si hay diferencia significativa con la productividad al directamente proporciona la productividad con la producción.

Se determina también con el diagrama de Pareto y de Ishikawa que si se mejora la calidad de la materia prima y las habilidades de los operarios ya sean con la mejora del método de proceso de producción o con la capacitación sobre el principio de economía de movimientos se reduce en un 84.5% el problema de las piezas flojas.

Conclusiones

Los resultados del análisis estadístico demuestran que las variables ambientales son importantes para el mejoramiento de la productividad derivado de la hipótesis alternativa que si demuestran diferencia significativa entre trabajar con unos valores y otros. Al tomar en cuenta otros factores como la calidad de la materia y al aplicar las herramientas del diagrama de Pareto e Ishikawa se logra disminuir que las tuercas estén flojas en un 84.5%. Por lo tanto es indispensable para el mejoramiento de la productividad que sean tomadas en cuenta las variables ambientales. Si bien es cierto la variable tiempo es la que muestra mayor correlación con respecto a la producción pero en conjunto las variables ambientales muestran una correlación positiva fuerte que son determinantes para el logro de esa productividad.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar con el estudio podrían concentrarse en el trabajo nocturno o mixto donde las variables ambientales son diferentes y que afectarían a la productividad. Los estudios fueron realizados dentro de la normatividad de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social por lo que queda abierto ver el resultado de la productividad en condiciones extremas.

Referencias

- [1] Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. Dirección de internet <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-025.pdf>
- [2] Molina J. (2012), Riesgo: Temperatura, Humedad, Ventilación, Iluminación y Ruido. Dirección de internet <https://sites.google.com/site/prevencionderiesgosyaccidentes/tipos-de-riesgos-y-su-prevencion/riesgo-temperatura-humedad-ventilacion-iluminacion-y-ruido>.
- [3] Navarro F. (2013), La ergonomía ambientales, Revista digital INESE. Dirección electrónica: <http://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/la-ergonomia-ambiental-i/>
- [4] Herbon, M. (2007) Mejora de Procesos con Metodología Six Sigma, consultada por Internet el 20 de octubre del 2016. Dirección de internet: <http://http://slideplayer.es/slide/8910194/>.
- [5] Caso Niera A. (2006) Técnicas de medición del trabajo, 2da Edición, FC Editorial, ISBN-10:84-96169-89-8
- [6] Guerra, L. Hernández G & Núñez E (Autores). (2012). Ergonomía y sus definiciones. [Archivo de video]. Universidad de Arizona. Recuperado de <http://www.youtube.com/watch?v=Osgz7WPmCqE>
- [7] Vallejo, J. (2009). Ergonomía ocupacional S.C. Principios ergonómicos para el diseño de estaciones de trabajo (Parte 2). Recuperado marzo de 2014 de <http://www.ergocupacional.com/4910/99701.html>

Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales

Ing. Misael Esteban Zumarán Alvarado¹, M.C. Manuel Juárez García²,
Ing. José Mancillas Medina³ y M.C. Martha Ávila Ontiveros⁴

Resumen—Se realizó un estudio para evaluar un pay a partir de harina de frijol con mermelada de chilacayote. Este consistió en el desarrollo de cuatro formulaciones a partir de la sustitución parcial de harina de frijol por harina de trigo, estas fueron de 50:50 (T1), 65:35 (T2), 70:30 (T3) y 75:25 (T4) en mayor proporción la harina de trigo. Se eligió el T4, por las características organolépticas presentadas, pero no se realizó la evaluación sensorial al producto. A su vez, esta se comparó con el pay experimental con el comercial por medio de una prueba t de student y se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$). El pay experimental (PE) presentó valores en proteína de 6.3% y 2.5% el pay comercial (PC) y en fibra, 0.9% el PE por 0.3% el PC. Esto indica un producto altamente nutritivo y como una alternativa de valor agregado del grano en el Estado de Zacatecas.

Palabras clave—harina, frijol, evaluación, nutritivo, experimental.

Introducción

En la actualidad, los estudios referentes al frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) son de suma importancia debido a sus propiedades benéficas y que se cultiva prácticamente en todo el mundo (Voysset, 2000; Eured, 2015). La piel del frijol tiene gran cantidad de flavonoides con poder antioxidante. Los principales componentes del grano son: proteínas (16-30%), fibra (3-8%), glúcidos (55-65%), lípidos (1-5%) y minerales (3- 5%) (Rodríguez, 2000). Adicional a estos compuestos posee elevada cantidad de calcio, hierro y vitaminas tales como la Tiamina y ácido fólico. Dentro del contenido de proteínas del frijol se destaca la abundancia de lisina y poco contenido de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) (Bello-Pérez, 2006).

Dentro del grupo de leguminosas de grano para consumo humano, podemos considerar a las habichuelas, frijoles, porotos, alubias, habas, judías como una de las más importantes, ya que su área de cultivo se extiende por los cinco continentes y desde el punto de vista nutricional, es una fuente económica de proteínas para la dieta de muchos pueblos (Champ, 2002; Flórez, 2007; Granito *et al.*, 2009; Márquez-Rodríguez y López-Aguilar, 2014; Galván-Moreno y Sagahón-Canales, 2014; Longoria-Cordero y Rivera-Acosta, 2015).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009), la producción mundial de frijol en el año de 2009 fue de 1,041,349.90 millones de toneladas; posteriormente en el año 2010 aumento un 9.94%, en el año 2011 hubo un decremento del 45.48%, y durante el año 2012 y 2013 incremento 19.56% la producción del frijol y en el 2014 fue de 1 273, 957 ton, con un incremento del 22.3% (SIAP, 2014; 2015).

De acuerdo a datos de la FAO (2009), el principal productor de frijol a nivel mundial es Brasil, debido a que al cierre del 2010 mostró una participación del (16%), 6 en el total de la producción mundial, le siguen India (15.9%), Myanmar (10.5%), China (8.9%) y México (5.8%). (SAGARPA, 2010). De acuerdo a la superficie sembrada a nivel nacional, destacan los Estados de Zacatecas (33.6%), Durango (15.1%), Sinaloa (6.9%), Chihuahua (7%) y Chiapas (6.5%). Asimismo, en el Estado de Zacatecas, se siembran 596,944 has, de las cuales se cosechan 541,484 hectáreas (has), con una producción estimada de 355,882 ton y un rendimiento por hectárea de 0.66 ton/ha de las cuales los distritos de Río Grande, Fresnillo, Zacatecas y Ojo Caliente aportan el 98.4%, destacándose el distrito de Río Grande como principal productor de esta leguminosa con un total de 243,481 toneladas, destacando y contribuyendo con el 68.4 % de la producción estatal (SIAP, 2015; Longoria-Cordero, y Rivera-Acosta, 2015).

Sin embargo, los productores en México enfrentan diversos problemas, tales como: altos costos de producción y un deterioro continuo de los precios reales del producto (Ayala *et al.*, 2008).

¹ Misael Esteban Zumarán Alvarado Ing. es egresado de la carrera de Ing. en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte

² El M.C. Manuel Juárez García es Profesor de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte juareztec2011@hotmail.com (corresponsal)

³ El Ing. José Mancillas Medina es Profesor de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte jdmancillas@yahoo.com

⁴ La M.C. Martha Ávila Ontiveros es Profesora de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte

Asimismo SAGARPA (2010), estimó que el consumo nacional de frijol en 2008 se ubicó en 1.2 millones de toneladas. De esta forma, el consumo per cápita de frijol se recuperó en 2008 respecto al año previo, alcanzando 11 kilogramos por persona por año. El frijol, puede servir como un alimento funcional porque contiene una serie de compuestos bioactivos que pueden desempeñar un papel metabólico en los seres humanos (Paredes *et al.*, 2009).

De la misma manera, se ha demostrado en diversos estudios, que el consumo de frijol disminuye el riesgo de problemas de salud tales como: obesidad, diabetes, enfermedades del corazón, e incluso el cáncer (Gálvez y Salinas, 2015).

Por otra parte, El chilacayote *Cucurbita ficifolia*, es fruto esférico que generalmente se consumen como verdura y se usan para preparar dulces regionales, los frutos maduros se utilizan como forraje para ganado y aves de corral (FAO, 2013). Además, también se le puede utilizar como mermelada.

De acuerdo a la producción nacional del chilacayote destaca el Estado de México (86%) y Morelos (14%) (SIAP, 2014; 2015). Los principales componentes del chilacayote son: carbohidratos (6.9%), fibra (0.6%), grasas (0.5%) y los principales minerales son calcio y hierro (FAO, 2013).

De acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 existen distintos tipos de pan como el pan blanco, pan de harina integral, pan dulce, pasta, pastel o panqué y el pay que es el producto elaborado con harina de cereales o galleta molida, azúcares, agua y sal, con o sin leudante, grasas o aceites comestibles, fruta, crema pastelera, ingredientes opcionales y aditivos para alimentos; moldeado en forma de corteza para contener un relleno dulce o salado, puede ser cubierto horneado, frito o congelado (Norma Oficial Mexicana, 2015)

La elaboración de un pay de harina de frijol Negro San Luis (*Phaseolus vulgaris L.*), es justificable y razonable desde el punto de vista económico y social para los productores (Juárez-Ibarra, 2011; Longoria-Cordero y Rivera-Acosta, 2015), principalmente para el Estado de Zacatecas que se ubica en el primer lugar como productor de esta leguminosa; y además, se le daría un valor agregado y obtener mayores ganancias, así mismo ofrecer a las personas un producto con un alto nivel nutrimental y al mismo tiempo con beneficios para la salud.

Descripción del Método

Determinaciones

En la evaluación del pay se determinó lo siguiente: las proteínas se determinaron por el método Kjeldahl, en el caso de grasas fue por método Soxhlet, de acuerdo a la AOAC (1990), Cenizas de acuerdo a la norma NMX-F-066-S-1978, fibra por el método de digestión NMX-F-090-S-1978, en el caso de carbohidratos se determinó por diferencia de los componentes en el análisis proximal.

Diseño experimental

Para la elaboración del pay, se generaron cuatro combinaciones de harina de trigo y harina de frijol, las cuales fueron: 50-50 (T1), 65-35(T2), 70-30(T3) y 75-25%(T4) respectivamente, dónde la formulación que tuvo las mejores características (olor, color y textura) fue la elegida (pay experimental) para compararla con el pay comercial por medio de una t de student para ver si existían diferencias significativas ($p < 0.05$) en el análisis proximal.

Análisis estadístico

El pay experimental se comparó con el pay comercial desde el punto de vista proximal por medio de una prueba *t* de Student para todas las determinaciones y observar si existían diferencias significativas ($P < 0.05$). Se utilizaron los paquetes estadísticos *InfoStat* (2011) Córdoba, Argentina y *Statistica* versión 1984-2000 Tulsa, OK, E. U. A., para la elaboración de los gráficos del análisis proximal y análisis estadístico de los datos.

Resultados

En la formulación del pay de harina de frijol con mermelada de chilacayote se evaluaron cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4), de los cuales se decidió descartar algunos tratamientos (T1, T2 y T3), debido a que no tenían la apariencia y textura deseada. Por ello, se decidió tomar en cuenta solo el tratamiento T4; este si cumplió con las características deseadas (textura, sabor y color). Y a su vez, se comparó con el pay comercial en contenido proximal.

El contenido de proteína fue de 6.3% para el pay experimental por un 2.4 % en el producto comercial, esto significa que tiene más del doble de contenido de proteína esto pudo deberse al tipo de fuente de origen del nutrimento; a su vez, se compararon estadísticamente y se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$; Fig.1).

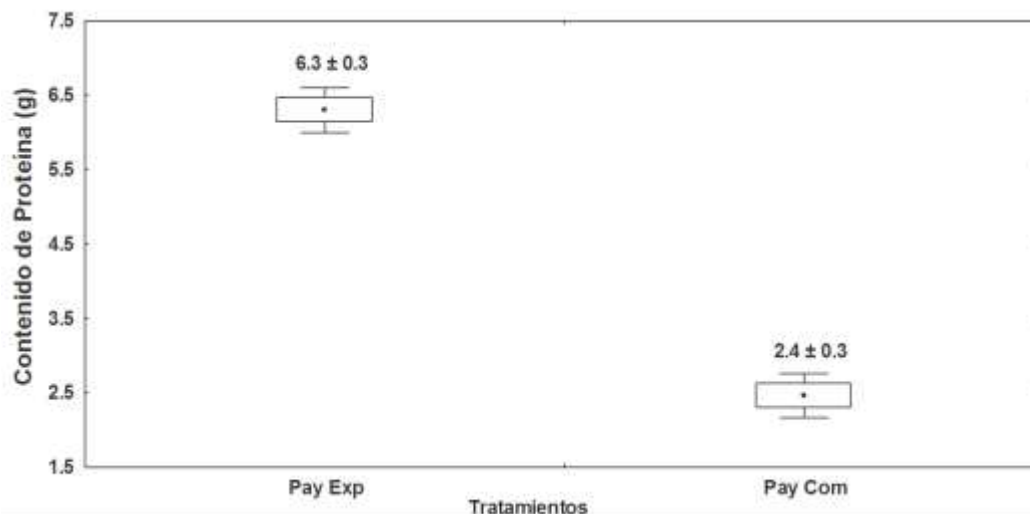


Fig. 1. Comparación del contenido de proteína del pay experimental y el pay comercial

De acuerdo a León-Marroú y Villacorta-González (2011), realizaron un trabajo con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*) fortificado, en el cual obtuvo un 8.3% de proteína. Los autores determinaron en base al análisis estadístico de las características físicas y prueba de preferencia. También, Mousa *et al.* (1992), compararon la composición química y el valor nutritivo de seis diferentes tipos de panes de consumo local en Arabia Saudita (samouli, mafrood, burr, tannouri, tamees y korsan) elaborados con harina de trigo. Los contenidos de proteína oscilaron entre el 12,2 % (samouli) al 13,8 % (korsan).

Por otra parte, FAO (2013), menciona que las necesidades de proteínas recomendadas para adultos de 18 años en adelante requieren 1.0 g/kg/día, es decir, si tienen un peso promedio de 65kg necesitan consumir 65g de proteína al día. Asimismo, Serrano y Goñi (2004), mencionan que el requerimiento diario de proteína de 46-50 g para las mujeres (15-50 años) y de 63 g para los hombres (15-50) años.

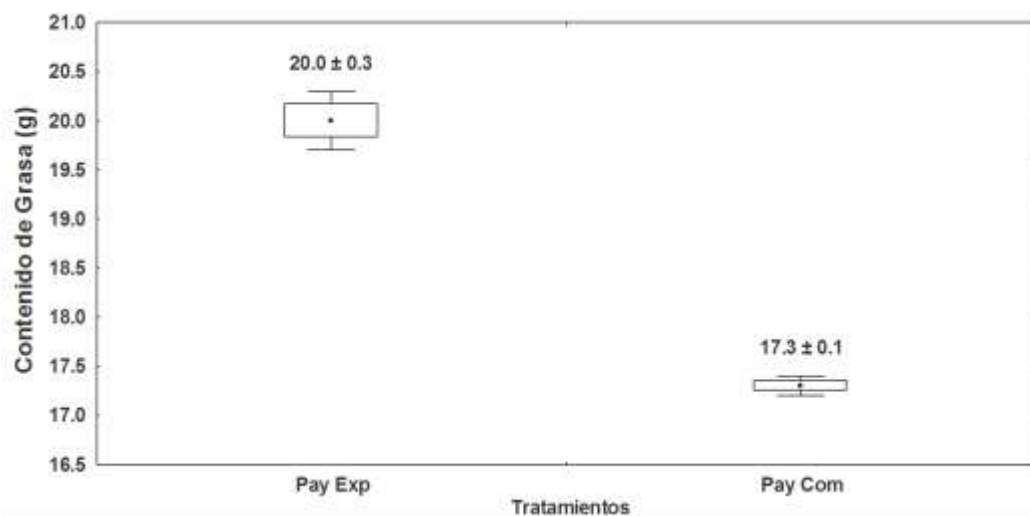


Fig. 2. Comparación del contenido de grasas del pay experimental y el pay comercial

En la figura anterior, el contenido de grasa para el pay experimental, obtuvo un valor de 20.0 ± 0.3 por cada 100 g de muestra, por el contrario la muestra comercial tuvo un 17.3 ± 0.1 , esto significa que el contenido es mayor en el pay experimental; sin embargo, la grasa es cien por ciento vegetal y en la comercial el 53.7 % es grasa saturada, lo que significa que son ácidos grasos que pueden ocasionar cierto grado de obesidad en el consumidor, en

contraparte con el pay experimental. Asimismo, se compararon estadísticamente y se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$; Fig.2).

De acuerdo a León-Marrou y Villacorta-González (2011), realizó un trabajo con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*) fortificado, en el cual obtuvo un 10.1% de grasa. Mousa *et al.* (1992), compararon la composición química y el valor nutritivo de diferentes tipos de panes de consumo local en Arabia Saudita, mencionados anteriormente. En los cuales el contenido de grasa fueron los siguientes de 0,6 % (burr) a 3,3 % (tamees).

En el contenido de carbohidratos para el pay experimental, tuvo un valor de 61.8 ± 0.2 g. por cada 100 g de muestra, por el contrario la muestra comercial tuvo un 54.2 ± 0.4 g. esto significa, un 12.3 % más en el pay experimental. Sin embargo, se encuentra en los límites permitidos (NOM 247-SSA-1-2008). A su vez, se realizó una comparación estadística entre ambos tratamientos y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$; Fig.3).

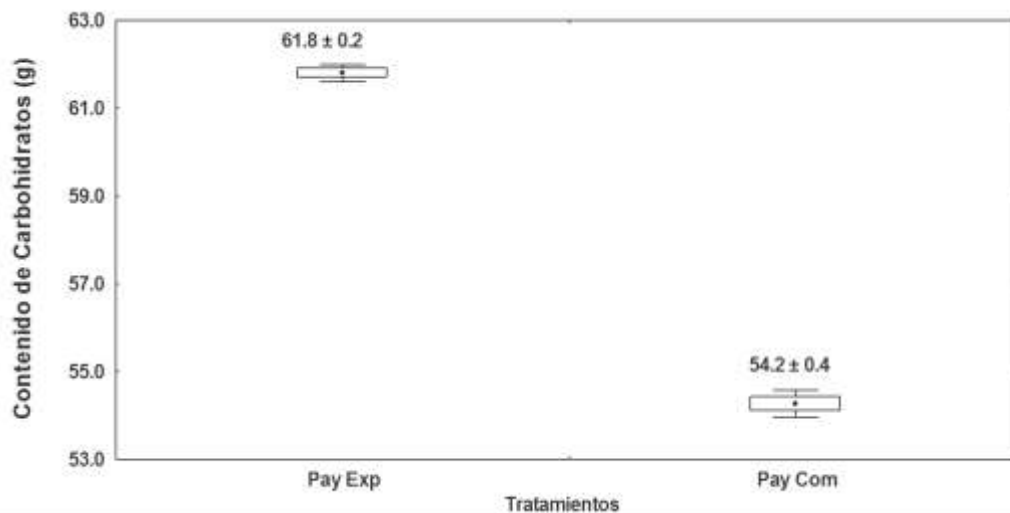


Fig. 3. Comparación del contenido de carbohidratos del pay experimental y el pay comercial

De acuerdo a León-Marrou y Villacorta-González (2011), mencionados anteriormente obtuvieron los siguientes resultados, 55.1 % de carbohidratos con un valor energético de 344.8 kcal/100 g. Por otra parte, Mousa *et al.* (1992), mencionados anteriormente, en los cuales se obtuvo una aportación de 70.8 % (Korsan) y 82.3 % (Mafrood) de carbohidratos.

De la misma manera, FAO (2013) y Pickut (2013), mencionan que la cantidad de carbohidratos que debe incluir la alimentación de cada persona se estima como un porcentaje del total de calorías. Varían entre el 45 y 65% del aporte calórico total. Por ejemplo, si consumes alrededor de 2 300 calorías por día, debes obtener entre 1 035 y 1 495 calorías de carbohidratos, esto es igual a 259g y 374g de carbohidratos (Juárez-Ibarra, 2011; López-Aguilar y Márquez-Rodríguez, 2014; Galván-Moreno y Sagahón-Canales, 2014).

En el contenido de fibra, el pay experimental presentó un 0.9% contra el 0.3% del pay comercial, esto significa que es tres veces mayor. La OMS (2015), recomienda una ingesta de 25 a 35 g/día en personas mayores de 18 años y de 0.5/kg en niños menores de 10 años. Por lo cual, este pay cubriría del 2.6 al 3.6 % de los requerimientos diarios. Asimismo, se realizó una comparación estadística entre ambos pays y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$; Fig. 4) en este componente.

De acuerdo a León-Marrou y Villacorta-González (2011), mencionados anteriormente, donde el contenido de fibra por cada 100g es de 2.7g.

Por otra parte, la FAO (2013), menciona que por cada 100g de pan común se encuentra un total de 3.7% de fibra, pan integral 6.9%, pan de salvado de avena 13.5% mientras que para el pan de salvado de trigo 44.5% de fibra.

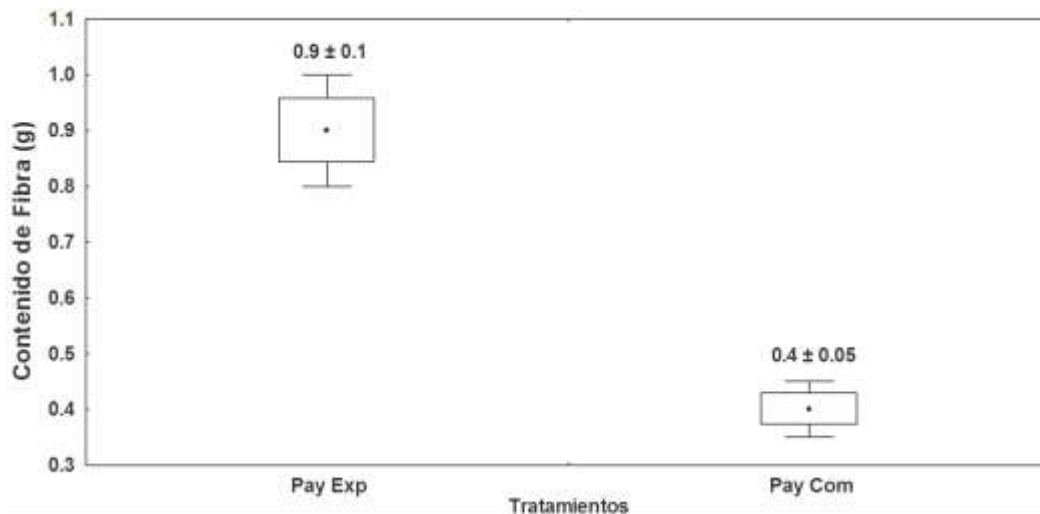


Fig. 4. Comparación del contenido de fibra del pay experimental y el pay comercial

De acuerdo con el Comité de Expertos FAO/OMS, la recomendación diaria de fibra dietética total para adultos es de 25g/día. Los expertos en nutrición recientemente han publicado su recomendación de consumo para adultos de 19-50 años es de 30g para hombres y 35g para mujeres (Juárez-Ibarra, 2011). Datos preliminares del ENSANUT (Encuesta Nacional de Nutrición, 2012), reportaron que el consumo de fibra en niños de etapa escolar fue de 14.1g. Esta cifra no representa ningún aumento comparado con el reportado de 14.0g de consumo por día. De este bajo consumo, inferimos que los problemas recurrentes de estreñimiento en la edad infantil pueden ser resultado del insuficiente consumo de fibra.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye lo siguiente: Se obtuvo un pay con más del doble de contenido en proteína y tres veces más fibra que el pay comercial, esto radica en la importancia y uso de harina de frijol en este tipo de productos. Esto, contribuirá en generar nuevas alternativas y valor agregado para los productores y principalmente, para aquellos que producen frijol negro.

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados de este estudio se recomienda realizar un estudio de mercado para observar si el consumidor está dispuesto a consumirlo y pagar por este producto debido principalmente a la cultura de consumo que existe sobre él. Además, de un estudio financiero para ver la factibilidad técnica económica de este alimento e impulsarlo como valor agregado en la región centro norte del estado de Zacatecas principalmente.

Referencias

- Ayala, A. G., Schwentesius, R. R. Y Almaguer, V. G. 2008. La competitividad del fríjol en México.
- Bello-Pérez, S. 2006. Uso de fríjol común (*Phaseolus vulgaris*) como planta medicinal. Medicina tradicional de México y sus plantas medicinales. Tlahui-Medic. Consultado el 30 de abril de 2010. Disponible en: <http://www.tlahui.com/medic/medic21/frijol.htm>
- Champ, M. 2002. Grain legumes and health. A workshop in 2001. Grain Legum, 35:13-14.
- Ecured.com, 2015. Frijol. Serie en red. Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Frijol> (Accesado en Octubre del 2015).
- ENSANUT. 2012. La fibra en el ciclo de la vida. Ciencia de los alimentos, Universidad Iberoamericana. Serie en red. Disponible en: <http://www.forbes.com.mx/sites/la-fibra-en-el-ciclo-de-la-vida/> (Accesado junio 2014).
- FAO. 2009. Recomendaciones de Ingestión de Nutrimientos para la Población Mexicana. Necesidades Nutricionales del Ser Humano. Serie en red. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf> (Accesado en junio 2015).
- FAO. 2013. Necesidades nutricionales. Serie en red. Disponible en: www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf (Accesado en mayo del 2015).
- Flórez, A. 2007. Efectos genéticos, ambientales y de interacción sobre componentes químicos relacionados con el valor sensorial de las judías grano (*Phaseolus vulgaris* L). Memoria de doctorado, *Universitat politècnica de Catalunya*.
- Galván-Moreno, M. DE J. Y Sagahón-Canales, E. C. 2014. Desarrollo de un pan tipo rancharo de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variedad negro San Luis con alto nivel nutricional y aceptable sensorialmente. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte. Río Grande, Zacatecas. 58 pp.

- Gálvez, A.; Salinas, G. 2015. El papel del frijol en la salud nutrimental de la población mexicana. *Revista Digital Universitaria*, 16 (2).
- Granito, M., Guinand, J., Pérez, D., Pérez, S. 2009. Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia*, 34(1): 64-70.
- Infostat. 2011. Software estadístico. Versión 2011. Córdoba, Argentina.
- Juárez-Ibarra, C. A. 2011. Desarrollo de una barra de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con propiedades nutritivas y compuestos fitoquímicos. Tesis profesional. Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte. Río Grande, Zac. 72p.
- León-Marrouí, M. E. y Villacorta-Gonzales, M. Y. 2011. Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (2): 244-261.
- Longoria-Cordero, M. Y Rivera-Acosta, M. 2015. Desarrollo de una barra nutritiva de nopal, avena y frijol con relleno de mermelada de manzana de aceptables características sensoriales y alto contenido proteico y fibra. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte. Río Grande, Zacatecas. 78 p.
- Márquez-Rodríguez, M. Y López-Aguilar, N. 2014. Desarrollo de una barra de maíz, frijol, amaranto y miel con altas propiedades nutricionales y aceptables características sensoriales. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte. Río Grande, Zacatecas. 80 p.
- Mousa, E. I.; Al-Mohizea, I. S. And Al-Kanhal, M.A. 1992. Chemical composition and nutritive value of various breads in Saudi Arabia. *Food Chemistry*, 43(4):259-264.
- Norma Oficial Mexicana. 2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas 62 comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. Serie en red. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009 (Accesado en febrero del 2015).
- Norma Oficial Mexicana. 1978. Determinación de Fibra Cruda en Alimentos. Food stuff determination of crude fiber. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Serie en red. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-090-S-1978.PDF> (Accesado en Junio del 2015).
- Paredes, C. M., Becerra, V. V. Y Tay, U. J. 2009. Inorganic nutritional composition of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *SciELO*, 69 (4): 1.
- Pickut, W. (2013). La ingesta diaria recomendada de calorías, carbohidratos, grasas, sodio y proteínas. Serie en red. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/ingesta-diaria-recomendada-calorias-carbohidratos-grasas-sodio-proteinas-sobre_128051/ (Accesado en Abril del 2014).
- Rodiño, 2000. Estudio componentes químicos de las judías. *Food Biochem* 1995; 18:297-309.
- SAGARPA. 2010. Fríjol. Consultado el 12 de abril de 2010. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/v1/subagri/info/sp/frijol/prgto.pdf>
- Serrano, J., Y Goñi, I. 2004. Papel del fríjol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 54(1): 36-44.
- SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por Estado. Serie en red. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Accesado en Agosto del 2014).
- SIAP. 2015. Cierre de la producción agrícola por Estado. Serie en red. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Accesado en Octubre del 2015).
- Statistica. 1984. Software estadístico. Versión 1984-2000 Tulsa, OK, E. U. A
- Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol. Centro internacional de Agricultura tropical, Cali, Colombia. Serie en red. Disponible en: [http://books.google.com.mx/books?id=VzxXI2TL9YcC&printsec=frontcover50&dq=el+frijol\(Voysest,+2000\).&hl=es419&sa=X&ei=p9D0U7mlHcHp8AH5rIG4Ag&ved=0CBIQ6AEwAA#v=onepage&q=el%20frijol\(Voysest%2C%202000\).&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=VzxXI2TL9YcC&printsec=frontcover50&dq=el+frijol(Voysest,+2000).&hl=es419&sa=X&ei=p9D0U7mlHcHp8AH5rIG4Ag&ved=0CBIQ6AEwAA#v=onepage&q=el%20frijol(Voysest%2C%202000).&f=false) (Accesado en junio 2015).

Análisis Multivariante en la Disminución de la Varroasis en el Área Apícola Implementando Alternativas Orgánicas

MI. Juan Carlos Armendáriz Chávez¹, MC. Rosalva Medina Aragón², Est. Paola Gissel Armendáriz Rodríguez³

Resumen - El presente proyecto representa un esfuerzo por ayudar al sector apícola, ya que en los últimos años se ha presentado una alta mortandad en la abeja melífera, y como consecuencia una baja producción de miel y sus derivados. Ésta baja de producción y productividad en las colmenas obedece al efecto que tienen las plagas, en particular el ácaro conocido como varroa destructor (*varroa jacobsoni*), la cual, afecta las larvas, prepupas, pupas, zánganos adultos y obreras a las que succionan la hemolinfa. El objetivo es probar agentes biológicos naturales derivados del aceite esencial del orégano para combatirlos, además, diseñar diferentes formas de suministro del agente para obtener mayor eficiencia, respaldado por el diseño multivariante en el proceso de experimentación.

Palabras clave - Diseño multivariante, ácaro, varroa destructor.

Introducción

En la actualidad México se ubica entre los principales productores y exportadores de miel a nivel mundial, la gran mayoría de los apicultores han experimentado una disminución en la producción de éste producto y sus derivados, debido a plagas que se presentan en las colmenas durante la temporada de producción.

Dentro de la mayoría de estas plagas existe un tipo especial llamada ácaro, los cuáles, producen una varroasis, que es una parasitosis externa que ataca a las abejas melíferas. Ésta clase de plagas se atacan generalmente con agentes químicos, los cuáles, presentan resultados importantes en la mortandad de ácaro, pero, afectando la vida de las abejas y su productividad, de tal manera que la experimentación con alternativas orgánicas poco usuales, presentarán una alternativa de mejora en la producción de miel.



Figura 1 Ácaro Adulto

El enfoque principal del proyecto es la disminución de la incidencia de la varroa destructor mediante la aplicación de Timol y Carvacrol, que son dos componentes esenciales en el aceite del orégano, y se utilizarán como agentes orgánicas para combatir la plaga.

En la actualidad existen una gran cantidad de aplicaciones relacionadas con el diseño estadístico experimental, pero, la oportunidad de ayudar a los apicultores en el combate a las plagas, y no sólo la utilización de agentes orgánicos, sino también, en determinar un método de administración del agente para optimizar los resultados, que en éste caso es la mortandad del ácaro y por otra parte que el agente orgánico no afecte la vida productiva de la abeja melífera.

¹ MI. Juan Carlos Armendáriz Chávez es catedrático de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Parral, Hidalgo del Parral, Chihuahua. jcach01@yahoo.com.mx. (autor corresponsal)

² MC. Rosalva Medina Aragón es catedrática de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Parral, Hidalgo del Parral, Chihuahua. jemmanis@hotmail.com.

³La Est. Paola Gissel Armendáriz Rodríguez es Estudiante de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Parral, Hidalgo del Parral, Chihuahua. paordz1414@gmail.com

La apicultura actualmente representa una importante generación de divisas en México, incluyendo el estado de Chihuahua, ya que se comercializa no solo la miel sino algunos derivados de la colmena, tales como, propóleo, jalea real, miel en penca, vino de miel, entre otros. Dichos productos generan aporte económico importante a los apicultores. Debido a la baja en la producción de miel y sus derivados, provocado por la mortandad de abejas, se vuelve una necesidad predominante el cuidado y crianza de abejas ya que representan el punto focal en ésta actividad económica, la cual, está siendo afectada por las plagas, de manera primordial la *varroa jacobsoni*, (abejas en acción, 2012).

El presente trabajo muestra la efectividad del uso de métodos alternativos de combate a la plaga, métodos biológicos naturales que no solo disminuirá la incidencia del parásito, sino además, el bajo efecto, del componente químico natural, sobre la abaja melífera.

Mediante un mapeo de procesos se analizó las formas de infestación de las colmenas por el parásito, las etapas en términos generales son: las abejas melíferas salen al medio ambiente donde recolectan el néctar de las flores y es donde adquieren el ácaro al estar en contacto con abejas silvestres. Al llegar a la colmena, se desprende la varroa en la cámara de crianza y se incrustan en las larvas. Las abejas al dirigirse a la alza a depositar el néctar recolectado transporta la varroa que quedo en su cuerpo, aumentando el grado de infestación en el resto de la colmena.

Descripción del método

Una vez planteado el problema, se realizaron los siguientes cuestionamientos para la investigación: ¿Cuál es el mecanismo natural mediante el cual se adquiere la plaga?, ¿Cuáles son las principales causas que han incrementado la distribución de ésta enfermedad? ¿Cómo se realizará el muestro dentro de la colmena? ¿Cuáles serán los tratamientos para suministrar el agente biológico?

Mediante diseño de experimentos estadísticos se analizará si los métodos de suministro tienen diferencia significativa y determinar el mejor método de aplicación del insecticida orgánico, el cuál, disminuirá el porcentaje de infestación del ácaro *varroa jacobsoni* en las colmenas productoras de miel.

La metodología empleada para el desarrollo de éste proyecto fue la siguiente: Se desarrolló de un mapeo del proceso actual de la producción de miel, así como, diagrama de flujo del proceso de infestación de varroa en las colmenas. Se realizó el sistema de muestreo estadístico y recolección de datos dentro de las colmenas para determinar el porcentaje de infestación de las mismas. Se realizó la planeación de las aplicaciones del insecticida orgánico para mejorar la asimilación. Los tratamientos diseñados para la aplicación del agente biológico fueron: aplicación de aceite/Timol (A/T), Aplicación de Timol /azúcar (T/AZ), Aplicación de Aceite / Carvacrol (A/C) y Timol cristalizado / azúcar (T/A). Con estos cuatro tratamientos se procedió a realizar el experimento para maximizar la mortandad del parásito, afectando lo menos posible a la abeja melífera, desarrollando el proceso de colado y de conteo para la obtención de datos.

Mediante el análisis de varianza se desea comparar un número determinado de tratamientos ó niveles de un factor único. La respuesta observada en cada uno de los tratamientos es una variable aleatoria. La presentación de los datos aparece a manera de matriz, donde la variable Y_{ij} representa la j -ésima observación del tratamiento i . En general habrá n observaciones del tratamiento i , el modelo estadístico lineal empleado será:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \text{ para } i=1,2,\dots,a \text{ y } j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

En donde, Y_{ij} es la ij -ésima observación, μ es un parámetro común a todos los tratamientos denominado media global, τ_i es un parámetro único para el i -ésimo tratamiento llamado efecto del tratamiento i -ésimo, y ε_{ij} es la componente aleatoria del error. El objetivo será probar las hipótesis apropiadas con respecto a los efectos del tratamiento y hacer una estimación de ellos. Para probar las hipótesis, se supone que los errores del modelo son variables aleatorias independientes con distribución normal, con media cero y σ^2 . Se supone que ésta última es constante para todos los niveles del factor (Montgomery, 1978).

Para éste proyecto se desarrolla el análisis de varianza para el modelo de efectos fijos de clasificación en un sentido. En éste modelo los efectos de tratamientos τ_i se definen usualmente como desviaciones con respecto a la media general. La media del i -ésimo tratamiento es $E(Y_{ij}) \cong \mu + \tau_i$, $i=1,2,\dots,a$. Por tanto, el valor medio del i -ésimo tratamiento consta de la suma de la media general y el efecto del i -ésimo tratamiento. Interesa probar la igualdad de las medias de los tratamientos.

De acuerdo con el diseño del muestreo, el total de abejas recolectadas y analizadas fueron de 2094 insectos de los cuáles se estima un promedio de 174 abejas por muestra realizada en cada una de los cajones, la Figura 2 muestra la estadística básica del muestreo inicial para determinar el porcentaje de infestación en la colmena.

En el análisis preliminar se pudo detectar las condiciones de infestación de la colmena (con un total de 30 cajones disponibles), de 40 % de los cajones reveló un estimado de 174 abejas por muestra recuperada y se identificaron un promedio de 14.42 parásitos por cajón, donde la estimación de infestación de la colmena representa un 8.75%. El comportamiento de la infestación se puede observar en la figura 5.2 dando mayor presencia en las colmenas muestreadas números 6, 7, 14, 30 y 26 de acuerdo al muestreo aleatorio simple realizado por cajones y bastidores sorteados.

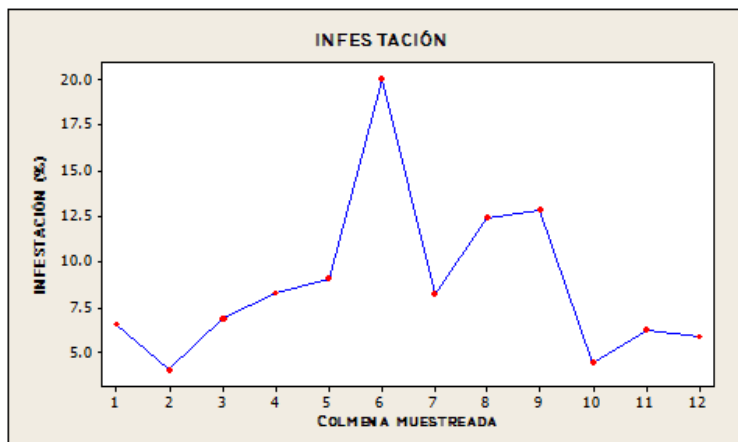


Figura 2 Infestación Inicial de las Colmenas observadas

El análisis de varianza mostró una ligera diferencia en los promedios de los efectos de los 4 tratamientos utilizados, el resultado en la prueba de hipótesis la cuál es rechazada, dado que $F_{prueba} > F_T$, esto bajo las reservas del caso, ya que tanto el estadístico frontera ($F_{\alpha, v1, v2}$) y el estadístico de la prueba ($F_0 = MSTr / MSE$) están muy cercanos, a un $1 - \alpha = 0.95$, se registra una ligera variación en la media de los tratamientos, considerándolos diferentes en cuanto a sus efectos, de acuerdo a las pruebas de comparación de medias (LSD, Duncan y Tukey) entre los diferentes tratamientos se obtuvo la siguiente variación entre los tratamientos:

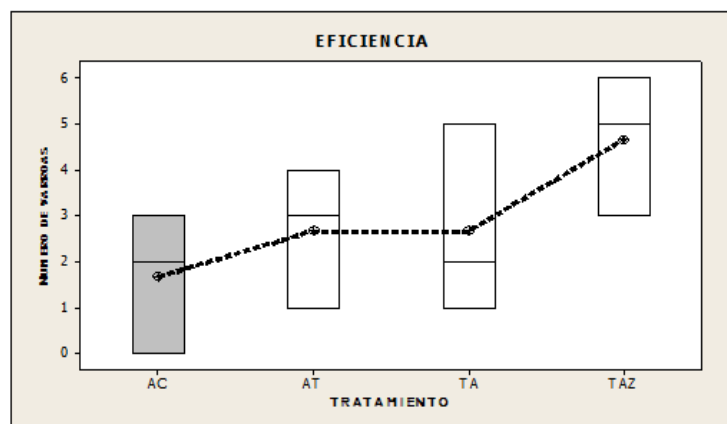


Figura 3 Eficiencia de los Tratamientos

Los tratamientos Aceite / Timol (A/T) y Timol / azúcar (T/A) resultaron similares en su eficiencia Mientras que los tratamientos Aceite / Carvacrol (AC) y Timol /azúcar (TAZ) resultaron muy diferentes al resto, el primero produciendo un máximo de mortandad en la varroa y el segundo por su parte, presentando un mínimo de eficiencia en el tratamiento del parásito. El tratamiento que obtuvo mejores resultados en el combate a la varroa y con mayor mortandad fue el de AC. Los resultados comparativos se pueden analizar, como se muestra en la Figura 3, donde los mejores resultados se obtuvieron en la aplicación AC.

Comentarios finales

Se determinó por medio de ésta herramienta estadística el mejor tratamiento, es decir, la mejor alternativa para el suministro del agente biológico natural, reduciendo el índice de infestación en las colmenas por abajo al 5% como se tenía proyectado, éste tipo de tratamientos orgánicos abre una pequeña posibilidad al productor apícola para la producción de miel y sus derivados, además, de expandir las aplicaciones de la Ingeniería Industrial en el sector productivo en áreas que pueden ser poco exploradas para la investigación y el conocimiento derivativo.

Los tratamientos Aceite / Timol (A/T) y Timol / azúcar (T/A) resultaron similares en su eficiencia mientras que los tratamientos Aceite / Carvacrol (AC) y Timol /azúcar (TAZ) resultaron muy diferentes al resto, el primero produciendo un máximo de mortandad en la varroa y el segundo por su parte, presentando un mínimo de eficiencia en el tratamiento del parásito. El tratamiento que obtuvo mejores resultados en el combate a la varroa y con mayor mortandad fue el de AC. Los resultados comparativos se pueden apreciar en la Figura 3, donde los mejores resultados se observan en la aplicación AC (Aceite/Carvacrol).

Identificado el tratamiento, se procedió al desarrollo de un AMEF para el análisis del proceso de aplicación del agente biológico en la colmena y estandarizar el método de aplicación minimizando variaciones y provocando fallas en los resultados. Dentro de dicho análisis y de acuerdo al RPN se encontró la periodicidad de la dosificación y que los animales silvestres tiren el tratamiento, para lo cual se aplicaron técnicas de estrategias para su prevención.

Se concluye que el tratamiento de mayor respuesta a la mortandad de la varroa (A/C), se aplicó a los cajones muestreados, como opción óptima dentro de las consideradas. La figura 3 muestra la información relacionada con la mejora en el combate de la varroa aplicando el Aceite /Carvacrol (A/C), obteniendo hasta un 79% con respecto al resto de los tratamientos.

Se recomienda continuar con la aplicación de los tratamientos por un tiempo mayor y desarrollar un análisis multifactorial más completo, ya sea utilizando modelos de factoriales clásicos o arreglos ortogonales de Taguchi. La aplicación de la estadística a éste tipo de experimentos biológicos representa gran ayuda, ya que ofrece una base matemática para la toma de decisiones.

Bibliografía Consultada

¹Box, George E. P., Hunter, William G. (1978) Statistics for experiments. Editorial Wiley.

²Gutiérrez P. Humberto y de la Vara, S. Román. (2003) Análisis y diseño de experimentos. Editorial Mc Graw Hill.

³Hines, William W. y Montgomery, Douglas C.(1986). Probabilidad y estadística para ingeniería y administración. Editorial CECSA.

⁴Mason, R. L., Gunst, R. F. y J. L. Hess.(1989) Statistical Desing and analysis of experiments with aplicaciones to engineering and science. Editorial Wiley.

⁵Montgomery, Douglas C. (1978) Design and analisis of experiments. Editorial Wiley, 2ª Edición.