20 Años DE EXCELENCIA

Ingeniantes

Año 2, No. 1, Vol. 1

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla

ISSN 2395-9452

Temáticas

Bioquímica
Biológicos
Tierra
Medio Ambiente
Energía
Ciencias de la Computación

Ingeniantes

Año 2/ No. 1 / Vol. 1

Diciembre 2015

Directorio

Dr. José Alberto Gaytán García
Director General ITSM, Veracruz, México
M.S.I. Ana Lilia Sosa y Durán
Subdirectora Académica ITSM, Veracruz, México
M.A. José Edgar Soto Meneses
Director de Planeación y Vinculación ITSM, Veracruz, México
M.C. Reyes Pérez y Cano
Director de Servicios Administrativos ITSM, Veracruz, México
Lic. Lidia Herrera Domínguez
Subdirectora de Vinculación ITSM, Veracruz, México
Ing. Carlos Yossio Nakase Rodríguez
Subdirector del Sistema Abierto ITSM, Veracruz, México

Cuerpo Editorial

Editor General
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
Editor
Ing. Erika Adrianne Bandala Martínez

Comité de Revisión

Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN
Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US
Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT
Dr. Abel Garcia Barrientos, ITSM
Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM
Dr. Luis Alberto Morales Rosales, ITSM
Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM
Dr. Luis Mejía Macario, ITSM
Dr. Isidro Rodríguez Montoro, ITSM
Dr. Saul Santiago Cruz, ITSM
M.I.A. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM
M.I. Daniel Aguayo Siqueiros, ITSM
M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI
M.I. Francisco Javier Fernández Domínguez, ITSM

Diseño Editorial

Lic. Erik Balderas González ITSM, México
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas ITSM, México
Ing. José Aurelio Carrera Melchor ITSM, México
Lic. Guillermo Guadalupe Carmona Villegas ITSM, México

Distribución

Publicación electrónica disponible en citt.itsm.edu.mx/revista.html
Correo electrónico: revista.ingeniantes@itsm.edu.mx

Ingeniantes

Green cities

Professor William E. Rees, a scientist at the University of British Columbia, Canada, is one of the creators of the Ecological footprint concept, an indicator that measures the impact of hectares in the way we live and consume resources on the planet. This indicator has become a useful tool for scientists, governments, institutions and businesses, allowing warning of the risks entailed of over exploitation of natural resources. Recently, Professor Rees has announced another interesting proposal known as global "green cities", which is to convert the most advanced industrialized cities in the world into sustainable metropolis, clean and free from contamination.

In the last decades the ecological initiatives have become important in some regions of the world, especially in the European Union (EU). For the governments of the 27 member countries of this political community, where 80 percent of its population (400 million people) lives in urban centers, it represents an enormous challenge to properly take advantage of urban spaces and natural resources remaining. As part of its policy and commitment against climate change, the EU decided to create the "European Green Capital" award, in order to reward the efforts of European cities on environmental issues. The cities that have received this honorable award include: Stockholm in 2010, Hamburg in 2011, Vitoria-Gasteizen 2012 and Nantes 2013. The notice for 2014 is already open, European cities of over 200,000 inhabitants can register. The evaluation committee will rate the performance of cities on environmental policies, transporttation, housing, land and water use, waste management, waste and energy consumption that will improve the quality of life of its inhabitants and help them to deal with the large environmental challenges facing humanity such as climate change.

Collaborative Editor
By Alberto Gaytán

Not only Europe is advancing in this issue, in our continent we have the remarkable case of Curitiba, Brazil, the "greenest city in Latin America", according to a study by the influential British magazine The Economist. According to the publication, this Latin American city is noted for its innovative ideas and environmental projects that have been implemented to improve the environment and the surroundings in which its inhabitants live.

The Economist notes that Curitiba won the title of "green city" thanks to 40 years of work on environmental issues and its privileged geographical situation, since from the six rivers that cross the city, its inhabitants only use hydropower. This geographical advantage, in turn, results in lower emissions of carbon dioxide: 70 kilos per person per year, when the average in Latin America is 220 kilos per capita. Also Curtibia's program "Garbage Purchase", allows people to exchange their garbage for bonds to buy food. This program allows the city to collect seven thousand tons of garbage a year.

If Curitiba began working for the last forty years to reach the status or level of "green city", then what are we waiting for in Veracruz to achieve our "green cities". Can you imagine our stately Misantla, newly renowned "Jewel of Veracruz" for its natural beauty and rich history, transformed into a cleaner city, with streams that do not contaminate it, sustainable, greener and more beautiful than it is now?, sounds good, right?

Well let's get to work together, each from his trenches, so that our environmental authorities will catch up to the challenges that this initiative demands and expedite the process before the State legislature to the initiative "Green Cities" of Veracruz.

Alberto Gaytan García, is the director of Technology of Misantla.
jalbertogaytangarcia@gmail.com
www.itsm.edu.mx
A/E R: 06-2015

Ingeniantes

Contenido

Evaluación de la producción de camarón (Litopenaeus vannamei) cultivado en jaulas con paneles adicionales _____ 02
Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares, Jorge Flores Olivares, Instituto Tecnológico de Mazatlán; Martha Zarain Herzberg, Centro de Ciencias de Sinaloa

Determinación de las propiedades de absorción y densidad de la roca caliza travertino tipo dorado tepexi _____ 08
Adolfo Manuel Morales Tassinari; Ing. Sinuhé Flores Muñoz, Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez; Jorge Arturo Hernández Zárate, Instituto Tecnológico de Veracruz

Alternativas para ahorrar energía eléctrica, en compresores de amoníaco, basados en la temporalidad de un proceso agroindustrial _____ 16
Marco Antonio Zárate, Sandra M. Suárez García, David Lugo Chávez, Instituto Tecnológico Superior de Centla

Red inalámbrica de sensores inteligentes aplicada al monitoreo de variables físicas en procesos industriales _____ 20
Luis Amado González Vargas; Aron Gámez Vargas; Víctor Edi Manqueros Avilés; Armando José Cordero Escamilla, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Prototipo para la detección de fallas comunes en el sistema de refrigeración _____ 28
Lenin Jacobo Rosas Ortiz, German López Andrade, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

Rescate de tintes vegetales en la zona maya de Quintana Roo, México _____ 34
Carolina Montalvo Espinoza; Arturo Bayona Miramontes; Francisco Julián de J. López Martínez, Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto

Cambio de uso de suelo por los invernaderos en el municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco México: un análisis multitemporal _____ 40
Fátima Ezzahra Housni, Alejandro Macías Macías, Claudia Rocío Magaña González, Centro Universitario Del Sur; Humberto Bracamontes Del Toro, Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán; Abdessamad Najine, Facultad de ciencias y tecnologías de Beni Mellal. Marruecos

Enriquecimiento proteínico óptimo determinado sensorialmente, a costos y tecnología equivalentes en totopo Istmeño _____ 46
Jesús Eduardo León Tarín, Instituto Tecnológico del Istmo

Proceso para la elaboración de un biofertilizante a base de Sargassum _____ 56
María Elena Cuxim Suaste; Reyna Verónica Balam Cen, Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo

Estabilización fisicoquímica en sedimentos y residuos mineros contaminados con hidrocarburos _____ 60
Mayra Genezareth Contreras Pérez; Gustavo Valencia Valencia, Instituto Tecnológico Superior de Centla; Verónica Isidro Domínguez Rodríguez, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Sandra Manuela Suárez García, Instituto Tecnológico Superior de Centla.

Juego serio para entrenamiento de pilotos de helicópteros _____ 66
Adriana Tovar Arriaga; Miriam Díaz Rodríguez; Edgardo Javier Campos Navarro; Carlos Fabián González Sánchez, Instituto Tecnológico Superior de Zapopan

Comparación de algoritmos dinámicos y voraces en la solución del problema de la devolución de cambio _____ 72
Isaac Alberto Aldave Rojas, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán

Sistema inmerso de una matriz LED informativa controlado mediante dispositivos móviles _____ 78
Jacobo Gómez Agis; José Francisco Martínez Lendech, Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo.

Control par-calculado para el cabeceo del helicóptero Quanser de 2 GDL _____ 84
Enrique Gonzalez Galindo, Eusebio Bugarin, Ana Y. Aguilar Bustos Instituto Tecnológico de Ensenada

Desarrollo de interfaz táctil con sistema embebido electrónico para máquina de envasado semiautomática _____ 90
Teth Azrael Cortés Aguilar, Instituto Tecnológico Superior de Zapopan; Tec. Fernando Morán Contreras, Fresenius Medical Care; Tec. Francisco Javier Zaragoza Pérez, Tequila Casa Cuervo, S.A. de C.V.

Sistema de control de temperatura por software para horno eléctrico _____ 96
Luis Javier Mona Peña; Huitzilihuitl Saldaña Mora; Iván de Jesús Epifanio López, Instituto Tecnológico de Saltillo

Monitoreo y control de pozos de agua a través de comunicación inalámbrica _____ 102
Carrera García Oscar Gabriel; Landeros Bañuelos Juan Luis, Instituto Tecnológico Superior de Jerez

Plataforma Moodle como elemento de apoyo didáctico en la impartición de clases a nivel licenciatura _____ 108
Hugo Israel Sánchez Jiménez, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán

HERMES "Arquitectura de inteligencia de negocios para la gestión del comercio electrónico" _____ 114
Luis Enrique Espinoza Saucedo; Rosa de Guadalupe Cano Anguiano; Ariel Lira Obando; Elena Martínez Durán, Instituto tecnológico de colima

Sustentabilidad de la actividad lechera en Baja California: recomendaciones para fortalecer su competitividad _____ 122
Iliana Enriqueta Montaño Méndez, Instituto Tecnológico Superior de Mulegé; Belem Dolores Avendaño Ruiz, Universidad Autónoma de Baja California; René Alberto León Domínguez, Instituto Tecnológico Superior de Mulegé

Evaluación de la producción de camarón (Litopenaeus vannamei) cultivado en jaulas con paneles adicionales

Resumen: El cultivo de camarón en jaulas es una opción de gran potencial como alternativa a la disminución de su captura en la pesca. En este trabajo se analizó la posibilidad de incrementar la productividad de las jaulas de cultivo mediante la incorporación de superficies adicionales. El estudio se realizó en la bahía de Altata, Sinaloa en el Noroeste de México. Se utilizaron cuatro jaulas flotantes de 3x3x1 m., con diferentes paneles adicionales. Las variables: densidad (org/m^2), alimentación (FCA), tiempo (t), oxígeno disuelto (O_2), temperatura (T°) y salinidad (So/oo) se aplicaron igualmente. Los parámetros para evaluación fueron: índice de crecimiento específico (I_c:g/día), biomasa relativa (B_r:%) y rendimiento relativo (R_r:%). Los resultados indican que el mayor I_c se presentó en la jaula sin panel adicional, con 0.167 g/día, pero fue la menos productiva con B_r de 13.79%. La jaula con un panel adicional, presentó la mayor producción (B_r:35.04%) y rendimiento (R_r:35.9%). Es posible aumentar la producción en casi el doble con un panel adicional o considerando las paredes como superficies de cultivo, pero perdiendo ~30% del peso promedio. Las superficies adicionales de cultivo están limitadas por la carga de organismos en un mismo espacio, más de 900 org/m^3 puede disminuir la productividad.

Palabras clave: Camarón, biomasa, crecimiento, jaulas de cultivo, productividad, paneles adicionales.

Colaboración
Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares, Jorge Flores Olivares, Instituto Tecnológico de Mazatlán; Martha Zarain Herzberg, Centro de Ciencias de Sinaloa

Abstract: The shrimp farming in cages is a choice of great potential as an alternative to the decline of his capture in fisheries. This paper discussed the possibility of increasing the productivity of culture cages through the incorporation of additional surfaces. The study was conducted in Altata's bay in Northwestern Mexico. Four floating cages of 3x3x1 m., with different additional panels were used. The variables in the zoo technical parameters between cages, expressed as: density (org/m^2), feed conversion ratio (FCR), time (t), dissolved oxygen (O_2), temperature (T°) and salinity (So/oo) is also applied. The parameters for evaluation were: specific growth rate (Ic: g/day), on biomass (B_r:%) and relative performance (R_r:%). The results indicate that the higher Ic was presented in the cage without further panel, with 0.167 g/day, but was the least productive with B_r of 13.79%. The cage with an additional panel, had the highest production (B_r:35.04%) and performance (Rr:35.9%). It is possible to increase the production in almost double with an additional panel or considering the walls as fields for cultivation, but losing ~30% of the average weight. The additional areas of cultivation are limited by the load oforganisms in the same space; more than 900 org/m^3 can reduce productivity.

Keywords: Shrimp, biomass, growth, cage culture, productivity, additional substrates.

INTRODUCCIÓN

La acuacultura es ya calificada como una alternativa viable para incrementar la oferta de proteína de productos marinos para consumo humano, con ello ha ayudado a reducir las presiones sobre los recursos pesqueros y ha mejorado la alimentación en los sectores menos favorecidos. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la acuacultura seguirá siendo uno de los sectores de producción de alimentos de más rápido crecimiento, [1].

En México la acuacultura ha permitido la posibilidad de cultivar especies acuáticas mediante diversas técnicas, ayudando así al desarrollo económico y comercial del país. Durante los últimos diez años esta actividad presentó una tasa de crecimiento promedio de 3.44 %. Para el año 2013, su volumen de aportación representó el 14.07 % de la producción pesquera nacional. En esta actividad tenemos como principal especie acuícola al camarón con una aportación a la producción pesquera nacional del 47.28 % equivalente a 60,292 mil toneladas en 2013, [2]. Particularmente en el Noroeste de México, el cultivo de camarón en estanques terrestres se ha desarrollado como una actividad trascendental, en donde Sonora y Sinaloa se consideran como las regiones más importantes. Sin embargo, en los últimos años el cultivo de camarón en estanques ha sido afectado debido a la aparición de diversas enfermedades que han impactado su producción, [3]. Por lo anterior, es recomendable evaluar su cultivo a través de otros sistemas de producción como pueden ser las jaulas de cultivo.

El cultivo de peces y crustáceos en jaulas ha crecido rápidamente en las últimas décadas en Asia, Europa, Australia y últimamente América Latina, [4]. El sistema de cultivo en jaulas se ha convertido en una importante alternativa de producción pesquera, cuyo propósito es proporcionar un medio apropiado y seguro en el cual los organismos se mantengan, alimenten y desarrollen hasta alcanzar una talla, peso y/o características adecuadas para su comercialización y consumo [5]. La preferencia por el uso de estos sistemas se debe a que la jaula para cultivo ofrece un espacio para el mantenimiento de los organismos en su medio natural, es decir, en el sitio de su desarrollo habitual, lo que significa que parámetros hidrobiológicos como oxígeno y temperatura, entre otros, se obtienen de manera natural, lo que puede permitir aumentar la densidad de cultivo y hacerlo más productivo, [6]. En general los cultivos en jaulas presentan ventajas importantes con relación a otros sistemas, entre las cuales destacan: mayor capacidad de cultivo por unidad de área y/o volumen, baja inversión y altos ingresos económicos por su productividad, no requiere de terrenos con obra civil, sistemas de bombeo u oxigenación, además tiene la posibilidad de reubicarse con relativa facilidad, [7]. Lo anterior otorga a estos sistemas ventajas competitivas importantes que lo ubican como una alternativa de gran potencial en la producción pesquera.

Se han realizado investigaciones sobre cultivos de camarón en jaulas con estudios acerca de densidades y crecimiento en sus dos etapas: cría y engorda, demostrando la posibilidad del cultivo de camarón en jaulas flotantes con rendimientos desde 10 hasta 50 veces más altos que los cultivos tradicionales en estanques [8]. Estudios realizados por Zaraín-Herzberg en 2006 y 2008 demuestran la viabilidad técnica del cultivo y comprueban relaciones de crecimiento, densidad y rendimiento. Por ejemplo, en jaulas de 9 m^2 de superficie de fondo del bolso se engordaron juveniles de camarón, (*Litopenaeus vannamei*), de 0.5 – 1.0 g con densidades de 420 y 560 organismos/m^2 obteniendo pesos finales de 14.4 g y 13.2 g y rendimientos finales de 4.4 a 5.0 kg/m^2 respectivamente en una prueba de 93 días, aunque se hizo una cosecha parcial a los 62 días [9]. Una característica en los estudios y pruebas comerciales de cultivos de camarón en jaulas, es que únicamente se considera como área de cultivo (m^2), el fondo del bolso de la jaula. Lo anterior se aplica con la base de que el camarón se ubica en el fondo de las jaulas durante su cultivo, a diferencia del cultivo de peces donde se considera el espacio de la jaula (m^3) debido al nado de los peces, por lo que se tiene un mejor aprovechamiento del bolso [10]. Sin embargo, de acuerdo a experiencias y observaciones en cultivos recientes en México, se ha encontrado que los camarones se posicionan en las paredes verticales o cualquier otra superficie que se encuentre en los bolsos de las jaulas durante el cultivo. Zaraín-Herzberg en 2003 realizó pruebas preliminares de crecimiento de camarón en fase de engorda en jaulas con paredes verticales adicionales, algunos de los resultados indicaron que a densidades bajas, 100 y 150 organismos/m^2, los camarones alcanzaron un mejor peso 9.33 ±1.48 y 8.37 ±1.10 g, en jaulas con los sustratos adicionales, comparadas con las convencionales, 8.71 ±1.70 y 7.13 ±1.38 g, respectivamente, en 35 días de engorda, [11]. Con base en lo anterior, en este trabajo se analizó el rendimiento considerando que es posible elevar la productividad de la jaula incrementando el área de cultivo mediante superficies (sustratos) adicionales en los bolsos para una misma densidad de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en la parte norte del sistema lagunar de Altata que se localiza en la porción centro de la planicie costera del estado de Sinaloa, México, específicamente en las coordenadas geográficas 24° 37' 38'' N y 107° 55' 37'' O. En general el sistema lagunar es somero, con profundidad máxima y media de 12.6 y 5 m respectivamente y un área total de 22,000 ha, [12]. Ésta es un área protegida de oleajes y vientos fuertes debido a sus barreras naturales y es rica en especies como róbalo, lisa, camarón, pargo, mojarra, curvina y ostión. Las variables hidrológicas reportadas

lo ubican como un sitio adecuado para el cultivo de camarón [13]. Por sus condiciones naturales, se ha recomendado para el uso integral de la bahía en proyectos de maricultura, Diario Oficial, 2004, [14].

Jaulas de cultivo, superficies de trabajo y organismos.

Para la etapa de cría se utilizaron dos jaulas flotantes de 3x3x1 m y tres de 3x2x1 m, con bolsos de malla flexible cuadrada de 1.5x2.5 mm y una densidad de cultivo de 1750 organismos/m^2. Se consideró como superficie de trabajo el área del fondo del bolso en cada tipo de jaula: 9 y 6 m2, sembrando 15,700 y 10,500 organismos respectivamente.

Para la etapa experimental de engorda se utilizaron cuatro jaulas flotantes de 3x3x1 m, con bolsos de malla flexible cuadrada de 5x5 mm, con una densidad de cultivo de 500 organismos/m^2 para cada jaula. A los bolsos experimentales se les agregaron superficies de trabajo, como sustratos adicionales, mediante paneles horizontales de la misma malla, instalados paralelamente a la superficie del fondo del bolso. Estos paneles con dimensiones de 2.7x2.7 m permitían la comunicación y traslación de los organismos de un nivel a otro. La distancia entre paneles fue de 35 cm entre sí. El arreglo para cada bolso experimental fue el siguiente: jaula (V_1) superficie de cultivo, el fondo del bolso; jaula (V_2), superficie de cultivo, el fondo del bolso y un panel adicional; jaula (V_3) el fondo del bolso y dos paneles; a la jaula (V_4) se le consideró el fondo del bolso y las paredes laterales como superficies de trabajo, figura 1. El cultivo se realizó en un mismo sitio con los parámetros de densidad (org/m_2), alimentación (FCA), tiempo (t), oxígeno disuelto (O_2), temperatura (T°) y salinidad (So/oo) en igualdad de condiciones.

Condiciones del cultivo y registro de parámetros.

Se utilizaron post-larvas de camarón certificadas con peso inicial promedio de 0.0115g, proporcionadas por el laboratorio FITMAR, S.A. de C.V. El cultivo se realizó de marzo a julio de 2015, dividido en dos etapas: cría con una duración de 38 días y engorda con 89 días.

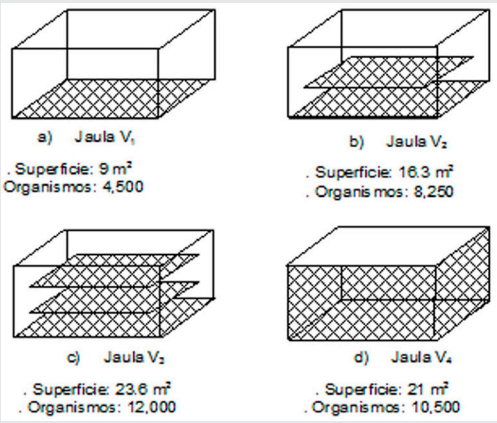


Figura 1. Arreglo de las superficies adicionales en jaulas de 3x3x1 m para cultivo de camarón en fase de engorda.

La siembra para la etapa de cría se realizó después de aclimatar a las post-larvas a las condiciones del sitio de cultivo: salinidad 35o/oo y temperatura 27 °C. El cálculo de la cantidad de organismos en la siembra se realizó por el método gravimétrico. La alimentación en esta primera fase fue pellet comercial tamaño migaja con 40% de proteína proporcionado por la empresa Malta Clayton, S.A. de C.V. El alimento se suministró al 5% respecto a la biomasa total estimada en cada jaula repartida en dos raciones diarias, una en la mañana y otra en la tarde [15]. Después de la quinta semana de cultivo se hizo la transferencia a las jaulas experimentales de engorda.

Para la etapa de engorda, el peso promedio inicial del camarón fue de 0.90g disponiendo los organismos de acuerdo al plan experimental: jaula V_1: 4,500, V_2: 8,250, V_3: 12,000 y en la V_4: 10,500. La alimentación en la fase de engorda fue pellet comercial de media densidad con 35% de proteína proporcionado por Malta Clayton, S.A. de C.V. El alimento se suministró al 3% respecto a la biomasa total estimada para cada jaula y repartido en dos raciones diarias, una por la mañana y otra en la tarde. Durante el cultivo se realizó la toma diaria por la mañana de la temperatura (T:°C), además del oxígeno disuelto (O_2:mg/l) dentro y fuera de cada una de las jaulas, para ello se utilizó un oxímetro marca Hanna Instruments modelo HI-9146. A partir de la quinta semana se registró el crecimiento del camarón mediante su peso, tomando aleatoriamente en cada jaula experimental muestras de 100 organismos, calculando su peso medio (g). Este trabajo se realizó con una balanza digital marca Adam Equipment, modelo AQT-5000, con precisión de 0.01g. La biomasa se calculó progresivamente durante el estudio con el peso promedio calculado y la cantidad de organismos sembrados en cada jaula, asumiendo una mortalidad diaria del 0.33% [9]. El índice de crecimiento específico (I_C:g/día), biomasa final (B_f:kg), biomasa relativa (B_r:%), rendimiento por área (R_a:kg/m^2) y rendimiento relativo (R_r:%) se calcularon de la forma siguiente:

I_C= (Peso promedio final-Peso promedio inicial) / Número de días de cultivo.

B_f= (Número de organismos al final) (Peso promedio de los organismos al final).

B_r= (Biomasa final de la jaula / Biomasa final total) (100).

R_a= Biomasa final / Área de cultivo considerada.

R_r= (Rendimiento de la jaula / Rendimiento total) (100)

Análisis estadístico.

A los datos se les realizó una prueba de normalidad de Lilliefors ($P<0.05$) y homogeneidad de varianzas de Bartlett ($P<0.05$) para determinar si presentaban una distribución normal. Se aplicó un ANOVA y t-student

para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros registrados en los diferentes modelos experimentales de jaulas. Se realizó una ponderación de las variables: crecimiento (g/día), biomasa (kg), rendimiento (kg/m^2), con el fin de aplicar estos criterios en los cálculos de los futuros diseños de bolsos para jaulas de cultivo de camarón.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la fase de cría la temperatura promedio durante el cultivo fue de: 26.1 ±0.77 °C, con máximas de 28.8 °C y mínimas de 23.9 °C. El promedio de oxígeno disuelto (O_2) dentro de las jaulas fue de 5.37 ±0.54 mg/l, con máximos de 6.86 y mínimos de 3.34. A estos resultados, tanto en la fase de cría como en engorda, se les aplicó la prueba ANOVA y la t-student determinando que no había diferencia significativa ($P<0.05$) de O_2 entre jaulas, ni entre el exterior y el interior de las mismas. La diferencia entre los valores promedio de oxígeno dentro y fuera fue apenas de 6.8% mayor en el exterior. El índice de crecimiento específico (I_C) en esta etapa fue de 0.0234 g/día, obteniendo un peso final de 0.90 ±0.1 g en 38 días y una supervivencia de 62%.

En la fase de engorda la temperatura promedio durante el cultivo fue de: 29.6 ±1.99 °C, con máximas de 32.8 °C y mínimas de 24.8 °C. El promedio de O_2 dentro de las jaulas fue de 6.10 ±0.75 mg/l, con máximos de 8.59 mg/l y mínimos de 3.53 mg/l, tabla 1. La diferencia entre los valores promedio de oxígeno dentro y fuera de las jaulas fue apenas de 4.0 % mayor en el exterior.

Tabla 1. Oxígeno disuelto (mg/l) dentro de las jaulas y temperaturas (°C) presentes en el sitio durante el cultivo en su fase engorda.

Jaula	O_2 Mín	O_2 Máx	O_2 Prom	T° Mín	T° Máx	T° Prom
V_1:	3.5	8.0	6.1 ±0.72	24.8	32.8	29.6 ±1.99
V_2:	3.6	7.9	6.1 ±0.67			
V_3:	3.8	8.5	6.1 ±0.82			
V_4:	3.5	8.6	6.0 ±0.78			

El mayor índice de crecimiento específico (I_C) se presentó en la jaula V_1, sin panel, con 0.167 g/día, seguida de la V_4 con 0.146 g/día. El menor I_C lo obtuvo la jaula V_3 con doble panel, que presentó un I_C de 0.094 g/día, figura 2. De la biomasa total cosechada, la jaula que presentó la mayor producción fue la V_2, bolso con un panel adicional, que produjo el 35.04% del total, seguida de la V_{4Z}, bolso con paredes laterales como sustratos, con 27.59%, mientras que la V_1, sin panel, fue la menos productiva con 13.79% de la cosecha, figura 3.

Respecto al rendimiento por área considerada como sustrato, la jaula V_2 obtuvo el mayor rendimiento respecto al total, con el 35.9%, seguida de la jaula V_1 con 25.6%. La jaula con menor rendimiento fue la jaula V_3 con el 16.6% del total, figura 4.

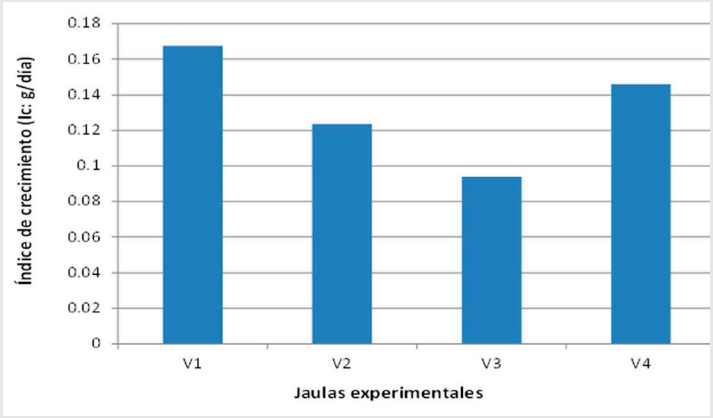


Figura 2. Crecimiento específico (I_C) para los diferentes modelos experimentales.

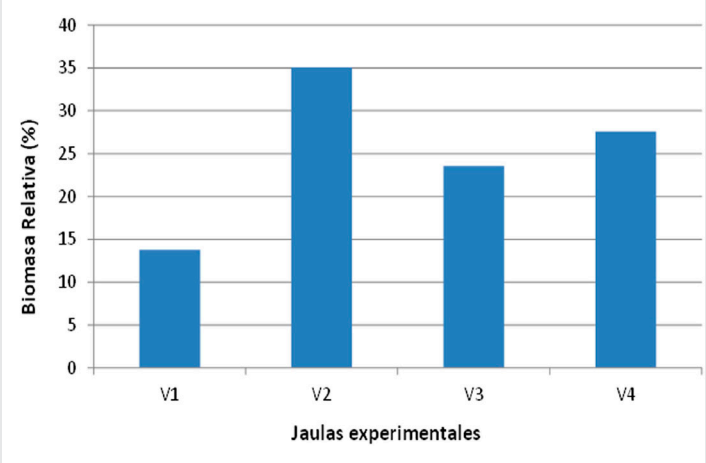


Figura 3. Producción obtenida en los diferentes modelos experimentales respecto a la producción total (Br).

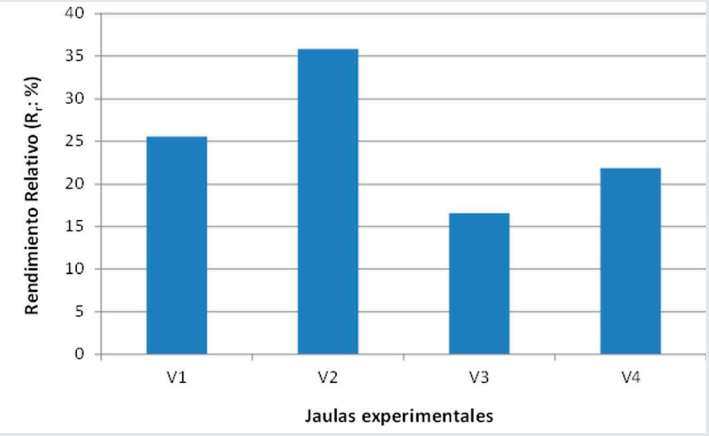


Figura 4. Rendimiento relativo (R_r) obtenido en las pruebas de los modelos de jaulas.

El mayor crecimiento de camarón en esta fase de engorda se obtuvo en la jaula V_1 con un peso de 15.8 g, seguida de la jaula V_4 con 13.9 g. La jaula que obtuvo el menor crecimiento fue la V_3 con tan solo 9.35 g, figura 5 y tabla 2

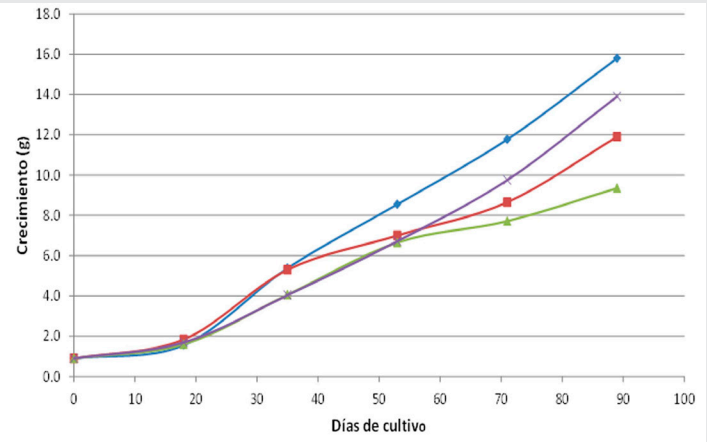


Figura 5. Crecimiento del camarón en fase de engorda en jaulas con diferentes superficies de cultivo.

Tabla 2. Resultados del cultivo de camarón en su fase de engorda para los diferentes modelos experimentales, densidad de 500 org/m²

Jaula	Superficie (m^2)	Ic:g/día	B_r:%	R_r:%	Peso final (g)
V_1	9.0	0.167	13.79	25.57	15.80
V_2	16.3	0.123	35.04	35.85	11.90
V_3	23.6	0.094	23.56	16.60	9.35
V_4	21.0	0.146	27.59	21.90	13.90

- El promedio de oxígeno disuelto (6.10 ±0.75 mg/l) y temperatura (29.6 ±1.99 °C) estuvieron dentro de los rangos adecuados para estos cultivos. Se presentaron valores de O_2 muy similares entre los diferentes modelos, no obstante la diferencia de carga de los organismos. Comparativamente se tuvieron promedios mayores que los presentados por Zaraín-Herzberg en 2009 y 2010, (5.10 ±0.19 y 4.5 ±0.26 mg/l, respectivamente), para una menor densidad de cultivo. Lo anterior sugiere que los cultivos no fueron afectados por estos parámetros.

- En la etapa de cría, el índice de crecimiento específico (Ic), de 0.0234 g/día, con una densidad de 1750 org/m^2, fue mayor que el reportado por Zaraín-Herzberg en 2006, con 0.0154 g/día para una densidad de 1600 org/m^2 y similar a su ensayo de 2008 con 0.02181 g/día para una densidad de 1500 org/m^2, en 38 y 30 días respectivamente (Zaraín-Herzberg et al 2010). En esta etapa preliminar el cultivo se desarrolló en los términos establecidos.

- En la etapa experimental de engorda, el índice de crecimiento específico (I_C) en la jaula sin panel (V_1) fue de 0.167 g/día. Ligeramente menor a 0.170 y 0.190 g/día obtenidos por Zaraín-Herzberg en 2006 y 2008, con densidades de 300 y 180 org/m^2 respectivamente. Respecto a jaulas con paneles adicionales, el estudio realizado por Zaraín-Herzberg en 2003 con paneles verticales, presenta I_{CZZ} de 0.252, 0.224 y 0.184 g/día para densidades de 100, 150 y 200 org/m^2, resultados superiores a 0.123 g/día que presentó la jaula V_2 con un panel adicional, pero en este caso con densidades de 500 org/m^2. La comparación de resultados entre estos estudios es complicada debido a la diferencia de densidades y la duración de los cultivos, sin embargo se puede deducir que el crecimiento es afectado por la densidad.

- La jaula que presentó el menor crecimiento y rendimiento relativo de cultivo fue la V_3, bolso con dos paneles adicionales. El mejor crecimiento se presentó en la V_1, que corresponde a resultados ya obtenidos para la densidad aplicada, pero su producción relativa fue la más baja. La jaula V_2, con un panel, presentó la mayor producción y rendimiento, aunque el crecimiento no fue tan alto. La jaula V_4, a la cual se le consideró las paredes como superficies de trabajo, obtuvo en general resultados medios, con buen crecimiento y producción.

- En la comparación estadística entre la biomasa producida y el tamaño de camarón cosechado en los modelos experimentales, se observó que existen diferencias significativas (P>0.05), mientras el crecimiento es relativamente alto, la biomasa producida es relativamente baja. Lo anterior sugiere que bajo las mismas variables de densidad (org/m^2), alimentación (FCA), tiempo (t), oxígeno disuelto (O_2), temperatura (T°) y salinidad (So/oo), las superficies de trabajo (sustratos) adicionales inciden en los resultados.

- La consideración de superficies (sustratos) adicionales en una misma jaula es limitada por la carga excesiva de organismos en un mismo espacio, más de 900 org/m^3 puede incidir en una baja productividad, la jaula V_2 así lo demostró por su producción y crecimiento. Sin embargo, en este ensayo fue posible incrementar la producción en casi el doble con un panel adicional o considerando las paredes como superficies de cultivo respecto a una jaula convencional, pero al costo de perder más del 30% del peso promedio de los organismos. En este sentido el factor económico y los precios en el mercado para los distintos pesos de los organismos deberá ser un factor determinante para decidir entre crecimiento y producción y, por lo tanto, entre jaulas con superficies adicionales o no.

REFERENCIAS

[1] FAO. (2012). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Roma, FAO. 231 pp.

[2] México. CONAPESCA. (2013). Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2013. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 303 pp.

[3] Lightner, R. (2013). EMS el perfecto asesino Webinar. Universidad de Arizona. Laboratorio de Patología de Camarones.

[4] Tacon, A.G.J. y Halwart, M. (2008). La acuicultura en jaulas: un panorama mundial. En M. Halwart, D. Soto y J.R. Arthur (eds). Acuicultura en jaulas – Estudios regionales y panorama mundial. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 498. Roma, FAO. pp. 1–16.

[5] Vázquez-Olivares, A. (2012). Estado actual de la maricultura. Manual del curso: "Formación de profesionales técnicos para la maricultura". INAPESCA - CONAPESCA. México. 16-23 p.

[6] Beveridge, M., C., (2004). Cage Aquaculture. 3° ed. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, U.K., 368 pp.

[7] Chua T., Tech, E. (2002). Introduction and history of cage culture. CAB International. Diseases and disorders of finfish in cage culture. Eds. P.T.K. Woo, D. W. Bruno and L.H.S. Lim. 39 pp.

[8] Zarain-Herzberg, M. (2010). Cultivo de camarón en jaulas: alternativa productiva para México. Ciencia y Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México. Año 3 no.xx. www:pcti.mx.

[9] Zarain-Herzberg, M., Fraga, I., Hernández-Llamas, A. (2010). Advances in intensifying the cultivation of the shrimp Litopenaeus vannamei in floating cages. Aquaculture 300, 87-92.

[10] Vázquez-Olivares, A., Avilés-Quevedo, A., Castelló-Orvay, F., Masón-Suástegui, J. (2013). Instalaciones. Tema 9 en: Piscicultura Marina en Latinoamérica. Bases Científicas y Técnicas para su Desarrollo. (pp 137-150). Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN 978-84-475-3436-4. España.

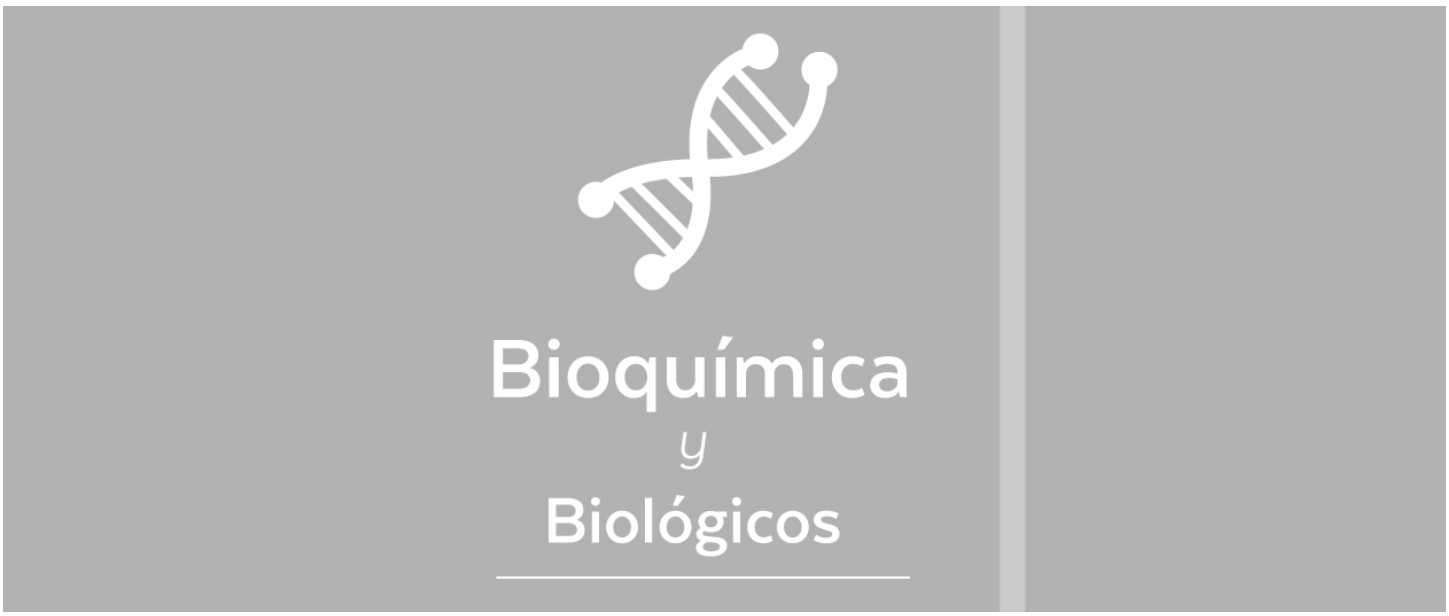
[11] Zarain-Herzberg, M. Campa-Córdova A. I, Cavalli R.O. (2006). Biological viability of producing white shrimp Litopenaeus vannamei in seawater floating cages. Aquaculture 259: 283-289.

[12] Ayala-Castañares, A., M.Gutierrez E., A. Galaviz S. y V. M. Malpica C. (1994). Geología marina del sistema lagunar Altata-Pabellones, Sinaloa, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 21 (1-2): 129-147.

[13] Camacho G., J. A., (2007). Estado trófico de la bahía Altata, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar. 45 p.

[14] México. SAGARPA (2004). Ecosistemas lagunares costeros. Sistema Altata-Pabellón. Sinaloa. (15 de marzo). Diario Oficial de la Federación. Quinta sección 1.

[15] Zarain-Herzberg, M. (2009). Development of new sustainable techniques for shrimp culture in Mexico using floating seawater cages. Aquaculture Research Progress. Editor: Takumi K. Nakamura. Nova Science Publishers Inc. ISBN 978-1-60456-247-7. 21 pp.



Determinación de las propiedades de absorción y densidad de la roca caliza travertino tipo dorado tepexi

Resumen: El presente trabajo tiene como propósito determinar las propiedades de Absorción y la Densidad de la Roca Caliza Travertino tipo Dorado Tepexi extraído del banco inferior con un volumen aproximado de 1500 m³, y procesado por la empresa Industrias del Travertino la cuál está localizada en la ciudad de Tepexi de Rodríguez, Pue. La norma ASTM C97/C97M-09 Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone se utilizó para determinar el Porcentaje de Absorción de Agua y la Densidad. El resultado obtenido en esta investigación es que el Travertino tipo Dorado Tepexi extraído del banco inferior tiene un porcentaje de absorción de agua de 0.91% y una densidad de 2624 kg/m³. Estos resultados cumplen con las especificaciones de la norma ASTM C1527-09 Standard Specification for Travertine Dimension Stone, de tal forma que, la Roca Caliza Travertino tipo Dorado Tepexi extraída del banco inferior puede ser utilizada para usos en interiores y en exteriores tales como cubiertas y muebles para baño, peldaños de escalera y pisos, los cuales son comercializados principalmente en los estados de Veracruz, Puebla y Tlaxcala.

Palabras clave: Absorción, banco, densidad, especificación, norma, probeta, travertino.

Colaboración
Adolfo Manuel Morales Tassinari; Ing. Sinuhé Flores Muñoz, Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez; Jorge Arturo Hernández Zárate, Instituto Tecnológico de Veracruz

Abstract: This document has the purpose of determinate the Absorption and Density properties of the Limestone Travertine type Dorado Tepexi extracted from the lower bench with an approximated volume of 1500 m³, and processed by Industrias del Travertino factory which is located in Tepexi de Rodríguez, Puebla. The ASTM C97/C97M-09 Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone was used to determinate the percent of water Absorption and the Density properties. The result obtained in this research is that the Limestone Travertine type Dorado Tepexi extracted from the lower bench has a percentage of water absorption of 0.91% and a density of 2624 kg/m³. These results meet the specification of the ASTM C1527-09 Standard Specification for Travertine Dimension Stone. It means that the Limestone Travertine type Dorado Tepexi extracted from the lower bench can be used for indoor and outdoor such as cover and bathrooms fornitures, stairs and floors, which they are marketed in the Veracruz, Puebla and Tlaxcala states.

Keywords: Absorption, bench, density, especification, standard, specimen, travertine.

INTRODUCCIÓN

Las piedras son agregados naturales duros y compactos de partículas minerales con fuertes uniones cohesivas permanentes, que habitualmente se consideran un sistema continuo. La proporción de diferentes minerales, la estructura granular, la textura y el origen de la roca sirven para su clasificación geológica[1].

El Travertino se clasifica como una variedad de piedra caliza formada por la precipitación química en manantiales de agua caliente[2]. El Travertino tipo Dorado Tepexi (Figura 1) es una piedra de color dorado claro, se utiliza para piso en áreas de tránsito pesado, comercial o habitacional, en muros interiores o exteriores, cubiertas de baño, muebles de baño, etc.

Figura 1. Fotografía del travertino tipo Dorado Tepexi

La calidad de una piedra para su utilización como elemento de uso constructivo depende de sus características intrínsecas, condiciones ambientales y de su posición relativa tras su puesta en obra. Por lo tanto, la obtención de sus propiedades es la herramienta que permite obtener datos objetivos para evaluar su idoneidad de uso[3].

Desde el punto de vista físico, las rocas presentan diferentes propiedades, que se expresan normalmente por medio de parámetros que cuantifican determinados aspectos o comportamientos. Dichas propiedades físicas derivan de las características puramente petrográficas; de los minerales que las forman, de su tamaño y morfología; del volumen de poros, de su forma y de la naturaleza de los fluidos que rellenan estos poros[4]. Pequeñas variaciones pueden producir cambios significativos en las propiedades físicas de las rocas, modificando así su idoneidad. Estas variaciones de textura tienen lugar entre diferentes canteras que explotan un mismo material, por lo que las propiedades físicas deben ser evaluadas en cada una de las zonas extractivas[5].

MATERIAL Y MÉTODOS

La cantera de Travertino tipo Dorado Tepexi de la empresa Industrias del Travertino se encuentra ubicada en el municipio de San Juan Ixcaquixtla, Pue., localizado en la parte sur del estado a 108 km de la ciudad de Puebla. La figura 2, se muestra una fotografía de la cantera:

Figura 2. Fotografía de la cantera

Esta cantera está formada por 4 bancos de extracción, pero el banco que actualmente se está utilizando para el procesamiento de Travertino tipo Dorado Tepexi es el banco de inferior (figura 3):

Figura 3. Fotografía del banco inferior de la cantera

Como el banco de extracción inferior tiene dimensiones aproximadas de 60 metros de longitud, 10 metros de ancho y 2.5 metros de profundidad, y como el Travertino es un material heterogéneo y anisotrópico, el banco se divide en dos zonas con iguales dimensiones; para cada zona se toman muestras representativas para fabricar 24 probetas cúbicas de 50X50X50 mm, de tal forma que, las propiedades se obtendrán para cada zona del banco inferior. Las probetas fueron elaboradas en la empresa Industrias del Travertino (figura 4), que se ubica en la ciudad de Tepexi de Rodríguez, Pue.

Figura 4. Fotografía de la empresa

Para la fabricación de las probetas, primero se ponen las piedras que se extrajeron de la cantera en la Máquina Cortadora de Puente (figura 5) para obtener lingotes con espesores de 50mm:

Figura 5. Fotografía de la máquina cortadora de puente

Posteriormente, estos lingotes fueron puestos en la máquina cuadreadora (figura 6) para obtener las probetas cúbicas con dimensiones aproximadas de 50X50X50 mm:

Figura 6. Fotografía de la máquina cuadreadora

Al término del proceso de corte, las probetas cúbicas (figura 7) fueron seleccionadas de acuerdo a su color característico y dimensiones de 50X50X50mm con un error de ⊠0.5mm en cada una de sus dimensiones. De tal forma, para realizar las pruebas, se seleccionan 24 probetas para la zona 1 y 24 probetas para la zona 2.

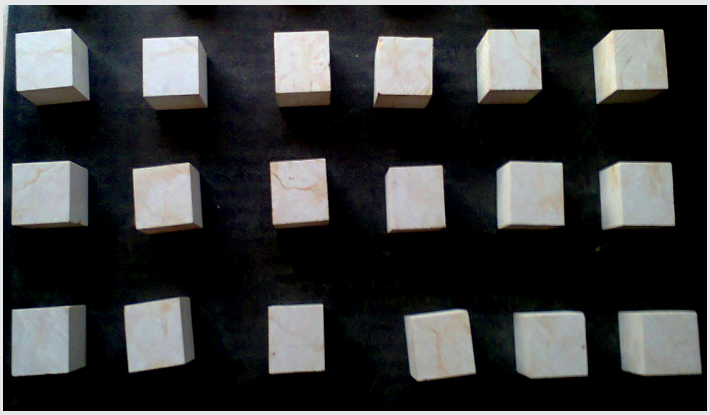


Figura 7. Fotografía de 24 probetas cúbicas

Las pruebas de absorción y densidad fueron realizadas en el Laboratorio de Alimentos perteneciente a la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA) y en el Laboratorio de Ciencias e Ingeniería de Materiales (LACIMA) perteneciente a la Unidad de Ingeniería Mecánica (UDIM), ambos unidades se encuentran en el Instituto Tecnológico de Veracruz. Para la prueba de absorción se aplica la norma ASTM C97/C97M-09, de tal forma que, para el secado de las probetas cúbicas de Travertino tipo Dorado Tepexi se utiliza una Secadora de Charolas de Piso marca BERTUZZI (figura 8) a una temperatura de 60ºC±2ºC:

Figura 8. Fotografía de las probetas dentro de horno

El pesado de la probetas secas se realizó con una báscula digital OHAUS modelo SCOUT PRO SP601 (figura 9); con base en la norma, las probetas debe pesarse en la hora 46, 47 y 48 para verificar si los pesos son constantes, como en esas tres horas los pesos no variaron, se obtuvo peso constante.

Figura 9. Fotografía del pesado de las probetas secas

Este proceso se realizó para las 48 probetas de las dos zonas, los resultados de los pesos de las probetas secas se dan en la tabla 1:

Tabla 1. Peso de probetas secas

Número de la Probeta	Peso de Probetas Secas (A) gramos	
	Zona 1	Zona 2
P11	320.2	317.8
P12	319.9	319.0
P13	320.6	315.7
P14	319.7	321.7
P15	327.5	319.2
P16	318.7	318.7
P21	319.3	322.2
P22	323.6	326.7
P23	315.4	321.2
P24	318.1	322.0
P25	325.1	319.6
P26	322.5	318.5
P31	321.0	319.3
P32	320.6	318.3
P33	316.4	324.0
P34	320.8	325.3
P35	314.4	325.4
P36	319.3	323.1
P41	319.6	326.7
P42	318.6	316.9
P43	319.8	319.9
P44	320.3	320.4
P45	318.7	319.0
P46	316.6	322.1

Posteriormente, las probetas fueron inmersas en agua destilada (figura 10) durante 48 horas a una temperatura de 22°C ± 2°C:

Figura 10. Fotografía de la inmersión de las probetas

Al término de la hora 48, se pesaron las probetas húmedas en la báscula digital (figura 11):

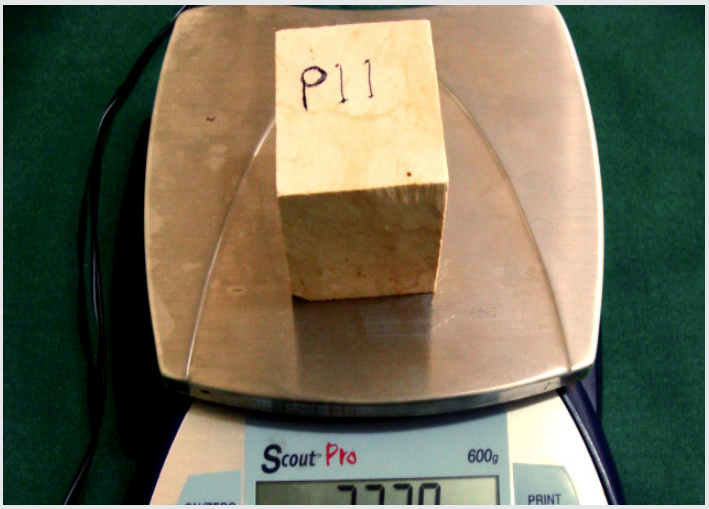


Figura 11. Fotografía del peso de las probetas saturadas

Este proceso se realizó para las dos zonas, los resultados de los pesos de las probetas húmedas se dan en la tabla 2:

Tabla 2. Peso de probetas húmedas

Número de la Probeta	Peso de Probetas Húmedas (B) gramos	
	Zona 1	Zona 2
P11	322.9	320.3
P12	322.5	322.6
P13	323.8	319.1
P14	323.3	324.8
P15	330.6	322.4
P16	321.4	321.3
P21	322.1	325.0
P22	326.2	329.4
P23	319.0	324.4
P24	321.4	325.1
P25	328.1	322.0
P26	325.8	322.4
P31	323.8	322.7
P32	323.9	320.9
P33	319.3	326.5
P34	323.1	328.0
P35	316.6	328.0
P36	321.9	326.1
P41	322.7	329.1
P42	322.3	319.6
P43	322.9	322.1
P44	322.9	323.3
P45	321.5	321.9
P46	320.0	324.7

Para la prueba de densidad, se pone la probeta húmeda dentro de una canastilla conectada a la báscula digital (figura 12):

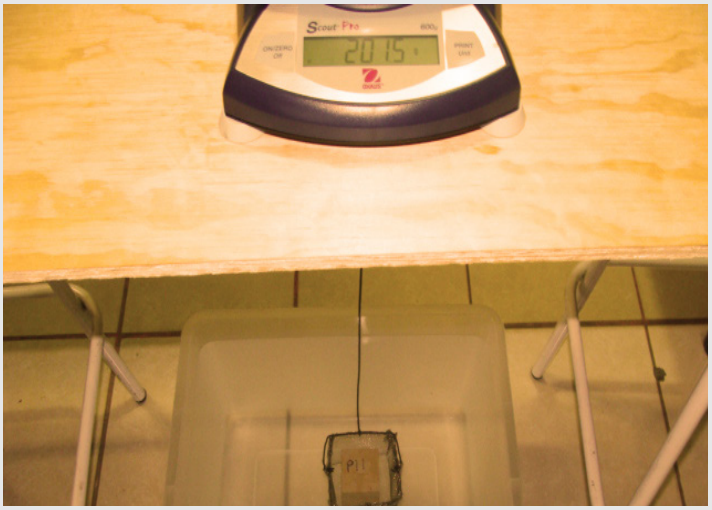


Figura 12. Fotografía de la probeta suspendida

Este proceso se realizó con las 48 probetas de las dos zonas, los resultados de los pesos se dan en la tabla 3:

Tabla 3. Peso de probetas sumergidas

Número de la Probeta	Peso de Probetas Sumergidas (C) gramos	
	Zona 1	Zona 2
P11	201.5	199.9
P12	201.2	199.8
P13	200.7	197.8
P14	199.9	201.5
P15	205.6	200.3
P16	200.4	200.5
P21	200.8	202.2
P22	203.4	205.3
P23	197.7	201.4
P24	199.2	202.0
P25	204.0	201.2
P26	202.3	199.2
P31	201.5	200.3
P32	201.0	200.3
P33	199.0	203.8
P34	201.8	204.6
P35	197.9	204.6
P36	201.0	203.0
P41	200.4	205.4
P42	199.5	199.4
P43	200.4	201.3
P44	201.4	201.5
P45	200.4	200.7
P46	198.6	202.4

La especificación de cualquier piedra dimensionable debe basarse en consideraciones de ubicación, diseño e ingeniería específicas para el uso previsto.

La Norma ASTM C1527-09 Standard Specification for Travertine Dimension Stone abarca las características del material, requerimientos físicos y muestras apropiadas para la selección del travertino para construcción general y propósitos estructurales[7].

En la tabla 4, se dan las propiedades requeridas del Travertino para considerarlo apropiado para los diversos usos:

Tabla 4. Propiedades

Propiedad	Interiores	Exteriores
Densidad mínima (kg/m^3)	2305	2305
Absorción de Agua máxima (%)	2.5	2.5
Resistencia a la Flexión mínima (MPa)	4.8	6.9
Módulo de Ruptura mínima (MPa)	4.8	6.9
Resistencia a la Compresión mínima (MPa)	34.5	52
Resistencia a la Abración mínima (Ha)	10	10

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En cada zona, la Norma ASTM C97/C97M-09 Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone, menciona que con el peso de la probeta seca ( ) y el peso de la probeta húmeda ( ), se determina el porcentaje de absorción de agua ( ) para cada probeta[8], mediante la Ec. (1):

$$A_A = \frac{B - A}{A} \times 100 \qquad \text{Ec. (1)}$$

La tabla 5, muestra los resultados obtenidos de las dos zonas:

De la tabla 5 se observa que la zona 1 tiene un promedio de 0.93% y que la zona 2 tiene un promedio de 0.90%, ambas zonas con una desviación estándar de 0.13%.

Tabla 5. Porcentaje de Absorción de Agua

Número de la Probeta	Porcentaje de Absorción de Agua (A_a)	
	Zona 1	Zona 2
P11	0.84	0.79
P12	0.81	1.13
P13	1.00	1.08
P14	1.13	0.96
P15	0.95	1.00
P16	0.85	0.82
P21	0.88	0.87
P22	0.80	0.83
P23	1.14	1.00
P24	1.04	0.96
P25	0.92	0.75
P26	1.02	1.22
P31	0.87	1.06
P32	1.03	0.82
P33	0.92	0.77
P34	0.72	0.83
P35	0.70	0.80
P36	0.81	0.93
P41	0.97	0.73
P42	1.16	0.85
P43	0.97	0.69
P44	0.81	0.91
P45	0.88	0.91
P46	1.07	0.81
Promedio	**0.93**	**0.90**
Desv. Estándar	**0.13**	**0.13**

Ahora, se tiene que realizar un análisis de varianza de un factor para determinar si no existe diferencia significativa entre las dos zonas; la tabla 6, muestra los resultados del análisis de varianza del porcentaje de absorción de agua realizado:

Tabla 6. Análisis de Varianza de Absorción de Agua

Origen de las variaciones	Suma de cuad..	Grado de libert.	Prom de los cuad.	F	Prob	Valor crítico de F
Entre grupo	0.01	1	0.01	0.72	0.40	4.05
Dentro de los grupos	0.79	46	0.02			
Total	0.80	47				

Como F<Fcrítico no existe diferencia significativa entre las dos zonas, por lo que el Porcentaje de Absorción de Agua se determina a partir del promedio de todas las mediciones obtenidas; de esta forma, el Porcentaje de Absorción de Agua es de 0.91% con una desviación estándar de 0.13%.

También, para determinar la Densidad en cada zona, la Norma ASTM C97/C97M-09 Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone menciona que con el peso de la probeta seca ( ), el peso de la probeta húmeda ( ) y el peso de la probeta sumergida ( ) se determina la densidad de cada probeta[8], a partir de la Ec. (2):

Ec. (2)

La tabla 7 muestra los resultados obtenidos de las dos

$$\rho = \frac{A}{B-C} \times 1000 \qquad \text{Ec. (2)}$$

zonas:

De la tabla 7 se observa que la zona 1 tiene un prome-

Tabla 7. Densidad

Número de la Probeta	Densidad (ρ) kg/m^3	
	Zona 1	Zona 2
P11	2638	2640
P12	2637	2598
P13	2604	2603
P14	2591	2609
P15	2620	2614
P16	2634	2638
P21	2632	2624
P22	2635	2633
P23	2600	2611
P24	2603	2616
P25	2620	2646
P26	2611	2585
P31	2625	2609
P32	2609	2639
P33	2630	2641
P34	2645	2636
P35	2649	2637
P36	2641	2625
P41	2613	2641
P42	2594	2636
P43	2611	2648
P44	2636	2631
P45	2632	2632
P46	2608	2634
Promedio	**2622**	**2626**
Desv. Estándar	**17**	**17**

dio de 2622 kg/m3 y que la zona 2 tiene un promedio de 2626 kg/m3, ambas zonas con una desviación estándar de 17 kg/m3.

Ahora, se tiene que realizar un análisis de varianza de un factor para determinar si no existe diferencia significativa entre las dos zonas; la tabla 8, muestra los resultados del análisis de varianza de la densidad realizado:

Tabla 8. Análisis de Varianza de Densidad

Origen de las variaciones	Suma de cuad..	Grado de libert.	Prom de los cuad.	F	Prob	Valor crítico de F
Entre grupo	243	1	243	0.87	0.36	4.05
Dentro de los grupos	12872	46	280			
Total	13115	47				

Como F<Fcrítico no existe diferencia significativa entre las dos zonas, por lo que la Densidad se determina a partir del promedio de todas las mediciones obtenidas; de esta forma, la Densidad es de 2624 kg/m3 con una desviación estándar de 17 kg/m3.

La tabla 9, muestra la comparación de los resultados obtenidos en las pruebas de absorción y densidad, con respecto a los establecidos por la norma ASTM C1527-09:

Tabla 9. Resultados comparativos

Propiedad	Parámetros Establecidos por la Norma	Resultados Obtenidos
Densidad	2305 kg/m^3 (mínima)	2624 kg/m^3
Absorción de Agua	2.5 % (máxima)	0.91 %

De tal forma que se con base en la tabla 9, se verifica y se concluye que en las dos propiedades estudiadas, la Roca Caliza Travertino tipo Dorado Tepexi extraído del banco inferior de la cantera, cumple con las especificaciones de la norma ASTM C1527-09; por lo que, este material tiene la calidad requerida para ser usado en la elaboración de productos para interiores y en exteriores tales como cubiertas y muebles para baño, peldaños de escalera y pisos. Esto a su vez, le permitirá a la empresa demostrar la calidad de su material para incursionar en nuevos mercados tanto nacionales como internacionales.

REFERENCIAS

[1] Navarrete, M.; Martínez, W.; Alonso, E.; Lara, C.; Bedolla, A.; Chávez, H.; Delgado, D. y Arteaga, J.C. (2013). Caracterización de propiedades físico-mecánicas de rocas ígneas utilizadas en obras de infraestructura. Revista ALCONPAT. Vol. 3, No. 2, pags 113-14.

[2] Marble Institute of America. (2011). Glossary of Stone Industry Terms. USA: Autor.

[3] Buj, O. y Gisbert, J. (2010). Caracterización tecnológica y adecuación de uso de dos litoarenitas explotadas en el pirineo aragones (España). Global Stone Congress.

[4] Benavente, D.; Bernabéu, A. M. y Cañaveras, J. C. (2004). Estudio de propiedades físicas de la roca. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 12, No. 1, pags 62-68. ISSN: 1132-9157.

[5] Urosevic, M.; Pardo, E. S.; Ruíz-Agudo, E. y Cardell, C. (2011). Evaluación de las propiedades físicas de dos rocas carbonáticas usadas como material de construcción actual e histórico en Andalucía Oriental, España. Materiales de Construcción, Vol. 61, No. 301, pags 93-114. ISSN: 0454-2746.

[6] Marble Institute of America. (2007). Travertine. USA: Autor.

[7] American Society for Testing Materials. (2009). ASTM C1527-09 Standard Specification for Travertine Dimension Stone. USA: Autor.

[8] American Society for Testing Materials (2009). ASTM C97/C97M-09 Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone. USA: Autor.

Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Alternativas para ahorrar energía eléctrica, en compresores de amoníaco, basados en la temporalidad de un proceso agroindustrial

Resumen: En México el gran consumidor de energía eléctrica para los sectores comercio e industria (según la secretaria de energía), está representado por las cámaras frías, ya que para hacer descender la temperatura hasta los niveles de congelación, es necesario utilizar compresores de amoniaco (generalmente, pero no únicamente), que son equipos que demandan mucha potencia energética. Por lo que disminuir los consumos en Kilowatts-hora (kWh) y los costos por facturación es un objetivo prioritario para las empresas, preferentemente sin la necesidad de hacer una inversión adicional. Una opción factible es realizando un simple ajuste de la operación de los compresores de amoniaco, usando como base la temporalidad de los procesos productivos y las tarifas dispuestas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). En el presente estudio se proponen diferentes opciones de ahorro energético, que permitan a las empresas que utilizan compresores de amoniaco, para procesos de refrigeración y congelación, incrementar los márgenes de utilidad, o mantener la competitividad y efectividad de sus procesos.

Palabras clave: Ahorro de energía eléctrica, Diagnostico energético, Eficiencia energética, FIDE, Temporalidad de procesos productivos.

Colaboración
Marco Antonio Zárate, Sandra M. Suárez García, David Lugo Chávez,
Instituto Tecnológico Superior de Centla

Abstract: In México, the biggest consumer of electric energy in the commercial and industrial sector (according to Secretary of Energy), is represented by the cold stores since these equipments need ammonia compressors (usually but not only) to reduce the temperature to low levels and their electric energy consumption is very high. Therefore is very important for the organizations and companies reduce the consumption in Kilowatts-hour(kWh) with the minimal investment. A feasible choice is to apply an adjustment in the ammonia compressors operation using as a base the temporality of the production processes and the prices ordered by the Federal Commission of Electricity (CFE). This study proposes different ways to save energy allowing the companies that use ammonia compressors for refrigeration and freezing processes, increasing profit margins, or maintain the competitivity and effectivity of the processes.

Keywords: Electric Energy Conservation, Energetic Audit, Energetic Efficiency, FIDE, Productive Processes Temporality.

INTRODUCCIÓN

Para enfrentar los problemas de abasto energético, algunos gobiernos coinciden en establecer dos estrategias principalmente, la primera está orientada al desarrollo, implementación y aprovechamiento de energías renovables como: la solar, eólica, biomasa, entre otras. La segunda está vinculada a fortalecer la cultura del uso eficiente de la energía, a través de la disminución del consumo, sin afectar los estilos de vida a los que el ser humano está acostumbrado [1-3].

Es en el contexto de la cultura de uso eficiente de la energía, que el estudio: "alternativas para ahorrar energía eléctrica, en compresores de amoníaco, basados en la temporalidad de un proceso agroindustrial". Pretende contribuir como una estrategia alternativa de fácil implementación, para apoyar en la reducción de costos de las empresas que utilizan esta tecnología, en sus sistemas de enfriamiento o congelación.

Las cámaras de congelación, usualmente están sobre dimensionadas en su capacidad de enfriamiento o congelación de los productos que conservan, sobre todo cuando su operatividad está expuesta a la temporalidad de los ciclos productivos; por lo que al analizar su comportamiento a través del tiempo, y el estado o especificación de dichos productos de congelación, es posible plantear diversas alternativas que permitan reducir el consumo de energía eléctrica, sustentando las propuestas en memorias de cálculo que describan los posibles ahorros, pero también planteen los posibles riesgos y su forma de control.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materiales

Los materiales que serán utilizados para la investigación son reportados en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales utilizados en el proyecto.

Materiales	Cantidades
Multímetro de Gancho.	1 pieza
Laptop.	1 pieza
Recibos de electricidad de los dos años anteriores al 2015.	2 años
Programas de Producción.	2 años
Termograficadores.	2 piezas

Autoría Propia

Métodos

De acuerdo con algunos autores [4], "El método experimental es un proceso sistemático y una aproximación científica a la investigación, en la cual el investigador manipula una o más variables y controla y mide cualquier cambio en otras variables".

Basado en la definición anterior, se pueden plasmar las siguientes variables a medir, controlar y manipular:

- Kilowatts hora (kWh).
- Costos de facturación por consumo eléctrico ($).
- Disminución de bióxido de carbono (CO^2).
- Volúmenes de producción por mes.

La metodología empleada consistió principalmente en recopilar la información de consumo de energía que se tuvo durante los años de interés a partir del 2013 al 2014, las cuales proporcionaron una noción de los niveles energéticos requeridos para llevar a cabo los procesos productivos estudiados.

Posteriormente fue necesario un recuento de las especificaciones, características y criterios de operación de los compresores de amoniaco utilizados en los procesos agroindustriales, de tal modo que se pudiera anticipar una tendencia de los datos históricos relacionándolo con los niveles de consumo y costos facturados.

Esa comparativa nos permitió eventualmente conformar una serie propuestas que derivaran en un ahorro energético en el campo de aplicación, las cuales son presentadas en este trabajo.

Antecedentes

Para la realización de este estudio, fue necesario considerar los planes de producción de los años 2013 y 2014, ver gráfica 1, así como los consumos de energía eléctrica de los mismos periodos (2013 y 2014) dados en kWh y las características de los compresores de amoniaco.

Plan de Producción: Cabe señalar que los planes de producción han sido diseñados para aprovechar la temporalidad mostrada por la fruta, que en este caso es piña (temporada de octubre a junio). La cual presenta el arranque de la cosecha para industria en el mes de octubre, y continúan incrementándose los volúmenes de compra de fruta fresca y procesamiento para congelación, conforme avanza la maduración natural, que es de marzo a mayo. Por lo que es en este último mes que se tiene normalmente el pináculo de la producción y congelamiento –así como los mejores precios de compra-, en los próximos meses la disponibilidad de la fruta es escasa y con esto, el incremento de precios hace poco rentable el procesamiento, por lo que se detiene la operación.

Consumos de Energía Eléctrica: El consumo de energía eléctrica fue considerado para los periodos del 2013 y 2014, y está dada en Kilo watts hora (kWh), esta información está plasmada en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen histórico del consumo de energía y los costos implicados.

PLANTA AGROINDUSTRIAL		
CONCEPTO	UNIDADES	TOTAL
Consumo 2013	kWh	3,776,484
Consumo 2014	kWh	4,372,068
$ Costo 2013 *	pesos	5,956,256
$ Costo 2014 *	pesos	6,978,573

* Estos costos no consideran los impuestos.

Autoría Propia

Características de Consumo de los Compresores de Amoniaco: La potencia (en HP) de cada uno de los tres compresores de amoniaco, que operan en la planta de forma continua durante las 24 hrs del día, así como los KWh de consumo se ilustran en la tabla 3. Las tablas 4 y 5 muestran las diversas tarifas y los horarios de estas, según la Comisión Federal de Electricidad [5]

Tabla 3. Consumo de los compresores de amoniaco y costo por KWh.

Compresores de Amoniaco	Consumo KWh	Costo/Hora Base	Costo/Hora Intermedia	Costo/Hora Pico
Por lo que el motor de 250 HP consume:	186	$183.60	$220.65	$372.48
El Motor de 100 HP consume:	74.5	$73.54	$88.38	$149.19
El motor de 75 HP consume:	55.875	$55.15	$66.28	$111.90

Autoría Propia

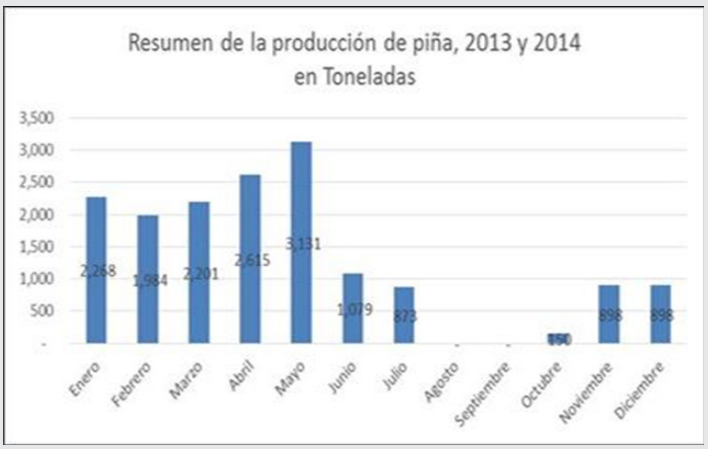
Tabla 4. Costo tarifario del KWh, según CFE

Costos de KWh en Nov de 2014		
Base:	0.9871	$/KW
Intermedio:	1.1863	$/KW
Pico:	2.0026	$/KW

Cuadro tomado de CFE

Tabla 5. Horarios establecidos por la CFE.

HORARIO DE INVIERNO CFE			
Dias	Base	Intermedio	Pico
Lun a Vie	0:00 a 6:00	06:00 a 18:00 22:00 a 24:00	18:00 a 22:00
Sábado	0:00 a 8:00	08:00 a 19:00 21:00 a 24:00	19:00 a 21:00
Domingo y Festivo	00:00 a 18:00	18:00 a 24:00	



Gráfica 1. Tendencia de la producción de piña.
Autoría propia.

en el mes de mayo –que es cuando tiene su maduración natural-, mostrando una disminución drástica a partir del mes de junio, y finalmente parando su procesamiento a finales de julio.

Este comportamiento de la temporalidad de la fruta, es lo que permite aprovechar los meses con bajo volumen – junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre – de producción e inventario, para realizar la propuesta de parar los compresores de amoniaco en intervalos de tiempo que serán definidos a través de las memorias de cálculo que serán elaboradas, y evaluados a través de termograficadores para constatar las condiciones de temperatura (-26°C) de la cámara de congelación.

Tabla 6; Memoria de cálculo, opción de ahorro de energía 1

Parando 24 horas, de sábado a domingo de 22:00 horas sábado a 22:00 domingo				4 fines de semana por mes, por 7 meses
	SAB (INT)	DOM (BASE)	DOM (INT)	
CAPACIDAD	22:00 a 24:00	0:00 A 18:00	18:00 A 22:00	
250 HP	$441	$3,305	$441	
100 HP	$177	$1,324	$177	
75 HP	$133	$993	$133	
Total por fin de semana---------->			$7,122.55	$199,431

Autoría Propia

RESULTADOS

La gráfica 1, muestra la tendencia de la temporalidad del proceso productivo de la piña, basado en la disponibilidad que ofrece la temporada, por lo que el procesamiento de esta fruta se inicia alrededor del mes de octubre con un volumen muy bajo, que es cubierto por un solo turno de producción, y continua incrementándose al final e inicio de año, hasta alcanzar el máximo rendimiento y menor costo de compra de fruta fresca,

Cabe señalar que los clientes solicitan el producto terminado en cubetas de 20 kilogramos (Kg) congelado en bloques a -18° C, por lo que es muy importante mantener esta característica de calidad, que garantiza la inocuidad de este alimento.

Con la información de las tablas; 3, 4 y 5, así como el intervalo de tiempo –junio a diciembre- limitado por la temporada baja (7 meses), se realizó la memoria de cálculo de la tabla 6. En la que se consi-

Tabla 7. Memoria de cálculo, opción de ahorro de energía 2.

Parando de 22:00 horas a 4:00			30 días por 7 meses
	INT	BASE	
CAP	22:00 a 24:00	0:00 A 4:00	
250 HP	$441.30	$734.40	
100 HP	$176.76	$294.16	
75HP	$132.57	$220.62	
Total por día---------->		$1,999.81	$419,959

Autoría Propia

deró parar 24 horas los compresores de amoniaco, lo cual generaría un ahorro de $7,122 pesos por fin de semana, si se consideran 4 semanas por mes y se multiplica por el número de meses de temporada baja (7), se tendría un ahorro de estimado de $199,431 pesos al año.

En la tabla 7 se considera parar los compresores de amoniaco durante 6 hrs., que van de las 22:00 hrs. a las 4:00 am., diariamente durante el periodo de temporada baja que va de junio a diciembre. Con lo que se tendría un ahorro estimado de $419,959 pesos al año.

Estos dos escenarios de ahorro económico permitirán realizar un comparativo sobre el impacto estimado que tendrían en el consumo energético de la compañía Agroindustrial.

Comparando el consumo real (kWh) de la empresa agroindustrial durante el año 2013 (3,776,484 kWh), y los dos escenarios de ahorro que podrían aplicarse, se estima un ahorro total por año para cada plan de:

Estimación de ahorro 1; se estima un ahorro de 212,604 kWh, que equivaldrían a un 6 % menos del consumo respecto al año 2013.

Estimación de ahorro 2; presentaría un ahorro estimado de 398,633 kWh, que representarían un 10.6 % de disminución respecto al mismo año 2013.

Comparando el gasto real total del año 2013 ($ 5,956,256) por consumo de energía eléctrica (en pesos) de la planta agroindustrial, contra los dos escenarios de ahorro, se tendrían los siguientes estimados.

Estimación de ahorro 1; Se calcula un ahorro económico de $199,431 pesos, que representan un 3.35 % respecto al periodo 2013.

Estimación de ahorro 2; Se estima un ahorro de $419,959 pesos, que representan el 7.05 % comparado contra el año 2013.

CONCLUSIONES

Como se puede apreciar, es notable la disminución de los consumos de energía eléctrica en kWh y en costos, que es posible alcanzar aprovechando la temporalidad de los procesos productivos, siempre y cuando no se ponga en riesgo la seguridad e inocuidad de los alimentos. Para lo cual se tendrá que realizar un monitoreo sistemático a través de los termograficadores, que permita tener información precisa de la temperatura al interior de la cámara de congelación y en el producto mismo.

Con la información de los termograficadores, se podrá mantener el control sobre el punto crítico de temperatura en el producto que no puede ser rebasado, para este caso es de -18 °C en el producto. Lo que permitirá tomar decisiones en caso de ser necesario y reajustar cualquiera de las dos propuestas de ahorro.

De acuerdo a los intervalos de tiempo que se dejaran fuera de operación los compresores de amoniaco, se recomienda considerar el plan de ahorro número 2, ya que el periodo de paro es menor (solo 6 hrs.) con lo que se garantiza que la elevación de la temperatura en la cámara de congelación –considerando también el bajo volumen de producción e inventario-, será poco significativo.

REFERENCIAS

[1] Secretaria de Energía. (28 de Abril de 2014). DECRETO por el que se aprueba el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018. Diario Oficial de la Federación, Quinta Sección Vespertina.

[2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). Micro, Pequeña,Mediana y Gran Empresa, Estratificación de los Establecimientos. Censos Económicos, México. Recuperado el 2014.

[3] J. Ambriz, J. Villalva y H. Homero, Metodología e instrumentación de diagnósticos energéticos para plantas industriales, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. Informe final a CONACyT México, abril de 1992.

[4] Morales Hernández, C. (2006). Guía para Elaborar Tesis. México: CMH.

[5] Publicación CFE www.cfe.gob.mx/tarifas.

Red inalámbrica de sensores inteligentes aplicada al monitoreo de variables físicas en procesos industriales

Resumen: El monitoreo continuo de los parámetros físicos en los procesos industriales con el fin de controlar la productividad sigue siendo un problema abierto en cuanto a la integración de los sistemas de supervisión de procesos. Los sensores tradicionales han dado paso a los sensores inteligentes, capaces de integrase sin necesidad de cables con las redes de datos de una manera rápida y transparente, gracias al uso de estándares abiertos ampliamente difundidos como lo es el protocolo de comunicación wirelessHart [12].

En este artículo se expone un sistema basado en redes de sensores inteligentes para facilitar la monitorización de parámetros en nivel y temperatura en silos de almacenamiento de leche, que evite los errores de medición y tener una mayor certeza en los inventarios, resaltando que la temperatura es una variable critica en el proceso productivo. Así mismo, se discute como se integrará a un sistema de supervisión remota (por Ethernet) de las condiciones operativas del proceso en tiempo real, incluyendo alarmas, estados y variables de proceso.

Palabras clave: Nivel, temperatura, Ethernet, supervisión remota, WirelessHART, variables de proceso, sensor inteligente.

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

Abstract: Continuous monitoring of the physical parameters in industrial processes in order to control the productivity remains an open question as to the integration of process monitoring systems. Traditional sensors have been replaced by smart , able to wirelessly integrate with data networks in a fast and transparent manner , through the use of open standards is widespread as communication protocol WirelessHART sensors.

This article based on smart sensor networks to facilitate the monitoring level and temperature parameters in milk storage silos to avoid measurement errors and have greater certainty in the inventory system is proposed, and also measuring since temperature is a critical variable in this product. Likewise, it discusses how a remote monitoring system will be integrated (for Ethernet) operating conditions of the process in real time, including alarms, states and process variables.

Keywords: Level, temperature, Ethernet, remote monitoring, WirelessHART, process variables, intelligent sensor.

INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más importantes en las industrias modernas es el monitoreo y control de las variables asociadas a sus procesos de producción. En vista que las computadoras son herramientas capaces de almacenar, procesar y presentar información en forma atractiva y confiable, la tendencia en las industrias modernas es asociar sus procesos automatizados a programas que posean un ambiente en el cual el usuario pueda tener acceso para monitorear y modificar los distintos elementos que conforman su sistema de control [1].

Con la implementación de este proyecto se pretende automatizar el proceso, evitando que el operador tome mediciones periódicas de forma manual (4 veces al día), de la temperatura y el nivel de ciertos silos con almacenamiento de leche. Al implementar la tecnología se pretende evitar los errores de medición, ya que la empresa no puede permitir cambios en las propiedades de la leche, ni errores en los inventarios ya que hay discrepancias en las mediciones actuales.Finalmente, dejar estable-

cido que los sistemas SCADA son una aplicación para la integración de los procesos industriales, que ofrecen diversas expectativas en eficacia y optimización de los procesos industriales. Por ello, el nivel de automatización que se implementó con la red de sensores inteligentes intercomunicados con el protocolo WirelessHART es uno de los más altos que hoy en día se puede encontrar en la industria mexicana.

El presente trabajo inicia con la identificación del área y el problema a resolver, después con una descripción de la tecnología WirelessHART resaltando su efectividad en la automatización de procesos industriales, presenta una descripción de los elementos básicos que integran el sistema de sensores HART y la red de intercomunicación creada. Las actividades realizadas en campo fueron las siguientes: instalación de los sensores y equipo de comunicación wirelessHart, cableado y alimentación de los sistemas, calibración y parametrización del equipo (sensores, adaptadores, transmisores), mapeo de las variables de proceso en el Gateway (puerta de enlace), programación y monitoreo HMI/SCADA, pruebas. Finalmente se emiten resultados y conclusiones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Transportadora de Alimentos S.A. de C.V. es una empresa al servicio de sus clientes bajo una misión de planeación estratégica de logística y trabajo en equipo. Su principal enfoque es abastecer de leche a los socios del grupo con los más altos estándares de calidad en la leche cruda y niveles de servicio mediante una dirección de proceso de calidad total y optimización de costos. Por lo que se mantiene a la vanguardia en la adopción de tecnología al automatizar su proceso de distribución.

Descripción del Área de Procesos

El proceso se inicia una vez que se recolecta la leche en los establos, posteriormente se tiene cuatro carriles de descarga, una vez que se recibe la leche pasa por una cortina de enfriamiento, la temperatura es un factor crítico en el control de calidad del producto, no obstante, no deja de tener importancia la certeza en los inventarios de las cantidades de leche que se almacena.

Al contar con un estricto sistema de preservación y enfriamiento de la leche la empresa se dio a la tarea de buscar soluciones para disminuir los riesgos a cambios no controlados de la temperatura y reducir el riesgo de obtener cambios en las propiedades de la leche, además de la reducción de incidencias dentro del área por el estrecho lugar para realizar las medidas de temperatura y nivel. Dicha tarea nos fue encomendada al departamento de investigación y desarrollo del Instituto Tecnológico de Lerdo.

En la figura 1 se muestran los silos de almacenamiento y enfriamiento del producto, con una capacidad aproximada de 190,000 litros cada uno.

Figura 1. Silos de almacenamiento y enfriado de leche

En la figura 2 se muestra los carriles de captación del producto proveniente de los establos. La empresa requiere para su óptima operación, el tener conocimiento en tiempo real de la disponibilidad de almacenamiento en cualquier silo para descargar las pipas, así como certeza de la cantidad de litros almacenados, para sus inventarios.

Figura 2. Carriles de descarga de pipas.

Topología de la Red WirelessHART

En una red WirelessHART, cada estación (dispositivo de campo) forma una red, sirviendo simultáneamente como una fuente de señal y un repetidor. Entonces el transmisor original envía un mensaje a su vecino más cercano, el cual comunica la información hacia otros dispositivos hasta que el mensaje alcanza la estación base y su destinatario.

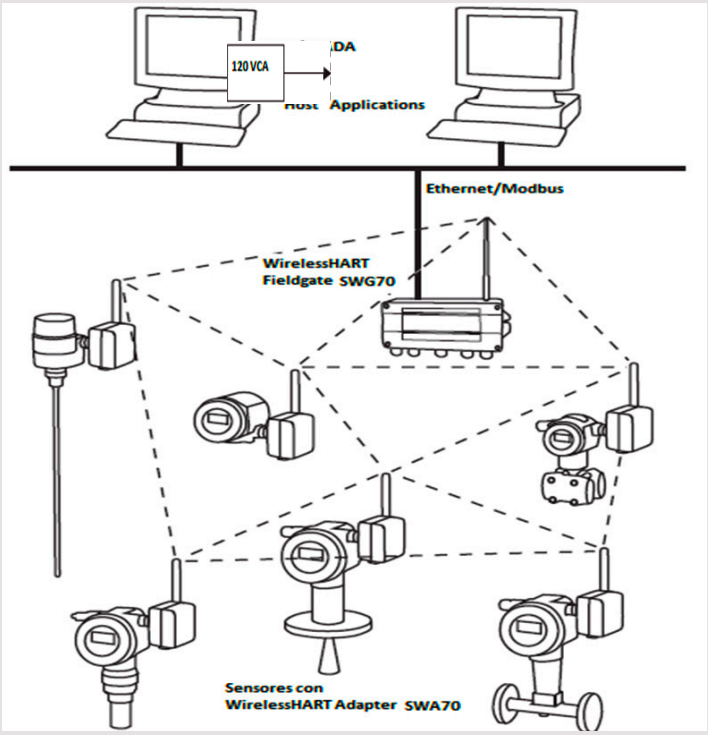


Figura 3. Topología de Red WirelessHART

La red WirelessHART incluye tres elementos principales:

• Dispositivos inalámbricos de campo: Estos son integrados al equipo de la planta o de proceso. Este instrumento podría ser un dispositivo WirelessHART nativo o un dispositivo existente compatible con HART con un adaptador Wireless-HART conectado al mismo.

• Gateway o Interface: Permite la comunicación entre los dispositivos inalámbricos de campo y de unidades centrales conectadas a una red troncal de alta velocidad u otras redes de comunicaciones existentes en la planta.

• Un administrador de red: Integrado en el Gateway, éste es el responsable de configurar la red, la programación de las comunicaciones entre dispositivos, gestión de rutas de mensajes y monitoreo del bienestar de la red.

La red utiliza radios compatibles IEEE 802.15.4 que operan en la banda de radio industrial, científica y médica de 2,4 GHz. Las radios emplean tecnología de espectro de difusión de secuencia directa y salto de canal para la seguridad y fiabilidad de la comunicación, así como comunicaciones TDMA sincronizadas, controladas por latencia entre los dispositivos en la red.

Gestión de la Red

En su papel como administrador de la red, el Fieldgate SWG70 organiza la comunicación inalámbrica entre los dispositivos de campo WirelessHART.

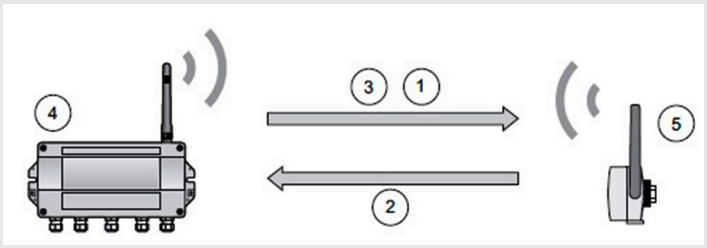


Figura 4. Gestión de la red

Paso 1: Llamado a los dispositivos a unirse a la red (advertising).

Paso 2: Petición de incorporación (join request).

Paso 3: Autorización, sesión y claves de red, Programación y enrutamiento. (authorization, session & network keys, scheduling and routing).

Paso 4: WirelessHART gateway (fieldgate SWG70)

Paso 5: WirelessHART device o adapter.

Después de que el Fieldgate ha puesto en marcha la red, los dispositivos pueden unirse. Para ello, envía primero un llamado a los dispositivos para unirse a la red. Entonces, el dispositivo envía una petición de incorporación o anunciar su deseo de unirse a la red. Si el dispositivo de campo WirelessHART puede identificarse a sí mismo con el mismo ID de red (network ID 12345) y la clave de unión (join key 12345678) como se almacena en el WirelessHART Fieldgate, entonces el dispositivo de campo está autorizado a unirse a la red. De lo contrario, el dispositivo de campo será rechazado.

En el siguiente paso, la puerta de enlace o Fieldgate WirelessHART envía sesión y las claves de red, así como la programación y la información de enrutamiento para el dispositivo de campo:

- Número e identidad de los dispositivos de campo WirelessHART vecinos.
- Cuando enviar mensajes y qué canales utilizar.
- Cuando repetir mensajes para otros dispositivos de campo WirelessHART.
- La ruta de comunicación óptima para los mensajes, así como rutas de comunicación alternativos en caso de fallo.

Comunicación HART-IP

HART-IP permite que el protocolo HART funcione sobre cualquier conexión basada en IP, proporcionando datos HART a la velocidad de Ethernet. HART-IP admite la gestión de dispositivos inteligentes para la instrumentación de procesos [11].

La conexión Ethernet del Fieldgate SWG70 permite la comunicación con una computadora a través del servidor web integrado o vía FieldCare (software de

configuración versión gratuita). Antes de iniciar, se comprueba lo siguiente:
- Protocolo de Internet TCP / IP instalado en la computadora y activo
- Derechos de administrador para el equipo y la red
- Cualquier servidor proxy para el navegador de Internet desactivado.
- El firewalls permite la comunicación en el puerto 502 y/o 5094
- Fieldgate SWG70 se entrega con la dirección IP predeterminada: 192.168.1.1

Con el fin de que el equipo host se pueda comunicar con el servidor Fieldgate, se comprueba:
- Que el equipo puede llegar al Fieldgate vía puerto 502.
- Para la puesta en marcha inicial, se establece la dirección de la computadora 192.168.1.200 o similar.

En el navegador de Internet Explorer, se introduce la dirección de Fieldgate SWG70: 192.168.1.1.

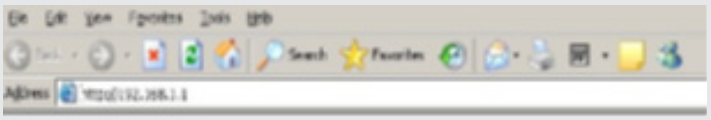


Figura 5. Internet browser con la dirección IP

Posteriormente se acepta el certificado de sitio en el cuadro de diálogo que aparece en seguida.

Adaptador WirelessHART

El adaptador WirelessHART permite el acceso inalámbrico a los dispositivos de campo conectados en los puntos de medición, es decir a los sensores inteligentes.

WirelessHART se basa en el protocolo HART que es un estándar abierto e inter-operativo. Eso facilita su integración en cualquier infraestructura de bus de campo existente [4].

La conexión del adaptador con los dispositivos de campo de medición de las variables de proceso se realiza con la configuración multipunto como se muestra en la siguiente figura, debido a que un solo adaptador recibe las señales HART de los dispositivos de medición de nivel y temperatura, asignando una dirección 1 para temperatura y dirección 2 para el dispositivo que mide nivel.

El adaptador puede recibir y alimentar un máximo de cuatro dispositivos [3].

Los adaptadores se alimentan con 120 VCA, y los sensores con 24 VCD.

Protocolo de Comunicación HART en Sistemas de Instrumentación Inteligentes.

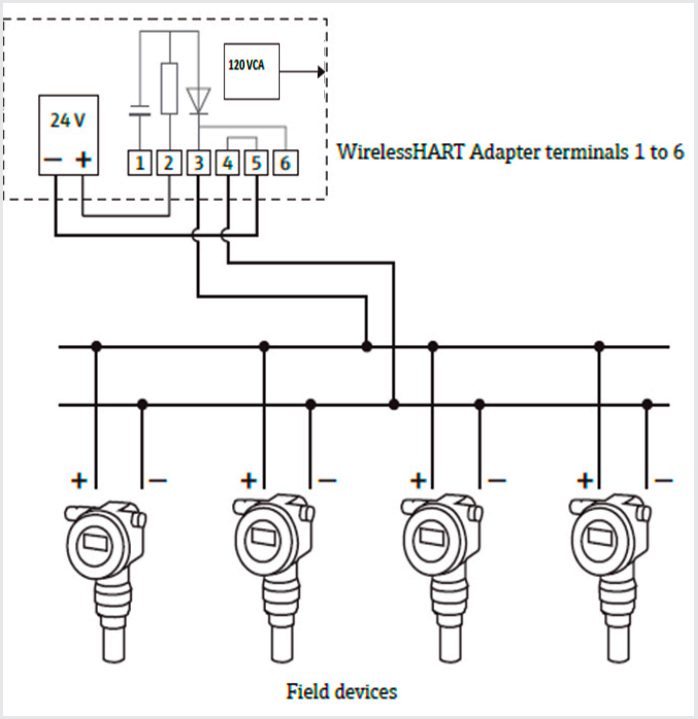


Figura 6. Conexión multipunto de los dispositivos de campo

El protocolo de comunicación HART es mundialmente reconocido como un protocolo estándar de la industria para comunicación de los instrumentos de campo inteligentes 4-20 mA, basados en microprocesador. El uso de esta tecnología está creciendo rápidamente, y hoy en día prácticamente todos los principales fabricantes del mundo de instrumentación ofrecen productos con comunicación HART [7][8].

El Protocolo HART permite la comunicación digital bidireccional en instrumentos de campo inteligentes sin interferir en la señal analógica de 4-20mA. Tanto la señal analógica de 4-20mA como la señal digital de comunicación HART, pueden ser transmitidas simultáneamente en el mismo par de hilos. La variable primaria es la información de la señal de control que puede ser transmitida por la señal de 4 - 20 mA, mientras que las mediciones adicionales, parámetros de proceso, configuración del instrumento, calibración y las informaciones de diagnóstico están disponibles en el mismo par de hilos y al mismo tiempo. A diferencia de otras tecnologías de comunicación digitales "abiertas" para instrumentación de procesos, el protocolo HART es compatible con los sistemas existentes [9].

El Protocolo HART usa el estándar Bell 202, Modulación por cambios de Frecuencia (FSK) para superponer las señales de comunicación digital a la señal de 4-20mA [7]. Puesto que la señal digital FSK es simétrica en relación al cero, no existe nivel DC asociado a la señal y por lo tanto este no interfiere en la señal de 4-20mA. Una lógica "1" es representada por una frecuencia de 1,200Hz y la lógica "0" es representada

por una frecuencia de 2,200Hz, como es mostrado en la figura 7.

Figura 7. HART usa la tecnología FSK para codificar la información digital de comunicación sobre la señal de corriente de 4 a 20 mA [7]

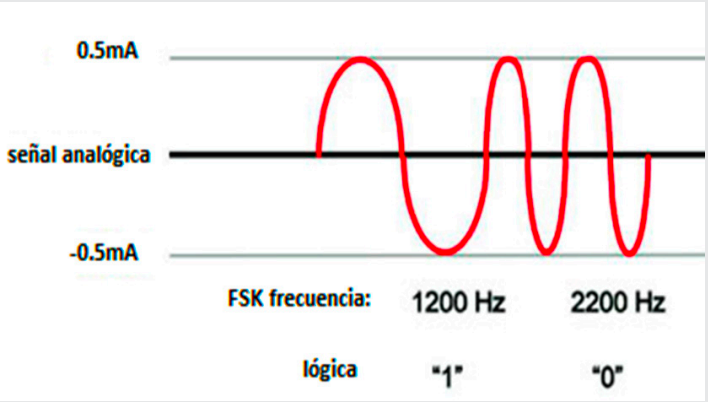


Figura 7. HART usa la tecnología FSK para codificar la información digital de comunicación sobre la señal de corriente de 4 a 20 mA [7]

Mapeo Modbus de las variables de proceso en la puerta de enlace (Fieldgate)

La Configuración Modbus determina cómo es la información Modbus a transmitir por el Fieldgate SWG70 y donde la información se encuentra. El mapeo de las direcciones de las variables de proceso puede efectuarse en forma manual o automática [5].

El registro de entrada (Input Register) permite el mapeo Modbus del Fieldgate SWG70 y los dispositivos HART conectados.

Como el Fieldgate SWG70 soporta registros extendidos, los valores se asignan normalmente a los registros de entrada (input register) con las direcciones de referencia 30001 a 36536, pero para algunos sistemas Modbus la asignación se debe hacer a los registro de retención (holding registers) con las direcciones de referencia 40001 a 46536. Las direcciones de referencia se obtienen sumando el número de registro a 30000 o 40000, respectivamente. En los dispositivos HART utilizados, las direcciones se asignan a los registros de entrada (input register) iniciando con un mapeo semiautomático seleccionando únicamente la variable primaria (pv) la cual es la variable de proceso en este caso temperatura o nivel, las variables secundarias nos dan la temperatura del dispositivo, la terciaria intensidad da la señal del "segundo mejor" vecino [5].

Se introduce un valor de desplazamiento en el campo Inicio Registro. Si hay la intención de controlar los valores Fieldgate SWG70, se introduce 13 con el fin de dejar espacio para los valores Fieldgate. La parametrización anterior mencionada se ejecuta en el navegador de Internet Explorer.

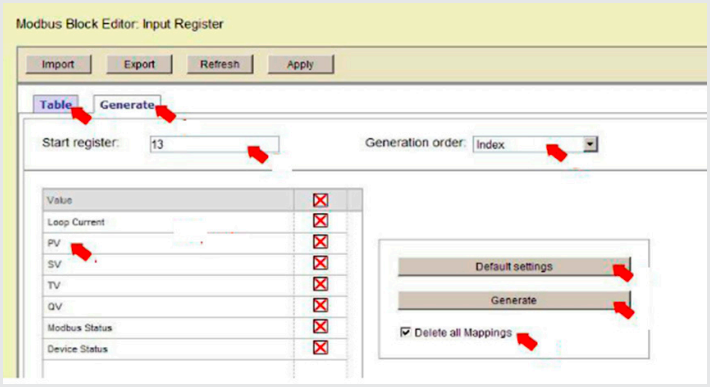


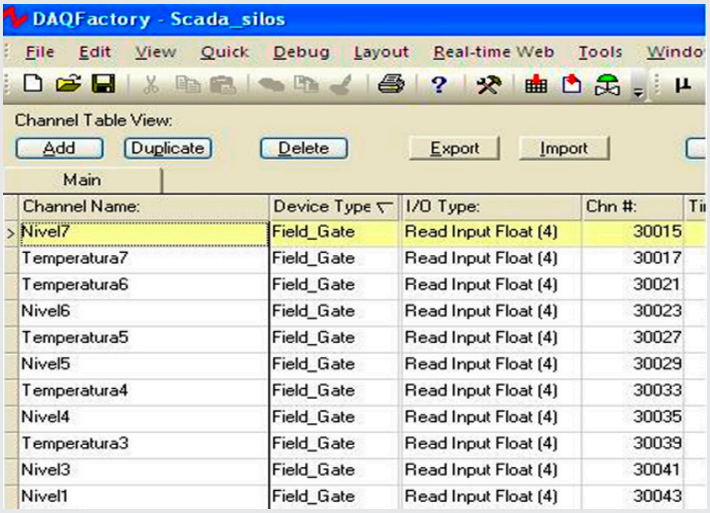
Figura 8. Generación de tabla de asignación de Registro de Entrada de manera manual

El orden en el que los dispositivos se asignan a los registros Modbus puede ser:
- Índice: De acuerdo con el número de índice en la lista de instrumentos.
- Alfabético: En orden alfabético según la etiqueta del instrumento.

Programación del SCADA encargado de la adquisición de datos.

Se programa un sistema SCADA mediante la utilización del software Daqfactory, a través de esta herramienta se logra visualizar por medio de gráficos los niveles de leche en los silos de almacenamiento, así como la temperatura; también permite la adquisición remota de datos mediante la configuración del protocolo de comunicación Modbus TCP/IP que establece una conexión directa a través del Fieldgate SWG70, así mismo permite también visualizar y analizar los datos en tiempo real y además obtener alarmas con opción de notificación indicando el estado del proceso y así obtener una mejor supervisión del mismo [6]

Se muestra la ventana del editor de variables donde se define el nombre de variable, el tipo de dato y la dirección de registro que lee el sistema SCADA.



Channel Name:	Device Type	I/O Type:	Chn #:
Nivel7	Field_Gate	Read Input Float (4)	30015
Temperatura7	Field_Gate	Read Input Float (4)	30017
Temperatura6	Field_Gate	Read Input Float (4)	30021
Nivel6	Field_Gate	Read Input Float (4)	30023
Temperatura5	Field_Gate	Read Input Float (4)	30027
Nivel5	Field_Gate	Read Input Float (4)	30029
Temperatura4	Field_Gate	Read Input Float (4)	30033
Nivel4	Field_Gate	Read Input Float (4)	30035
Temperatura3	Field_Gate	Read Input Float (4)	30039
Nivel3	Field_Gate	Read Input Float (4)	30041
Nivel1	Field_Gate	Read Input Float (4)	30043

Figura 9. Direcciones de las variables a leer por el SCADA

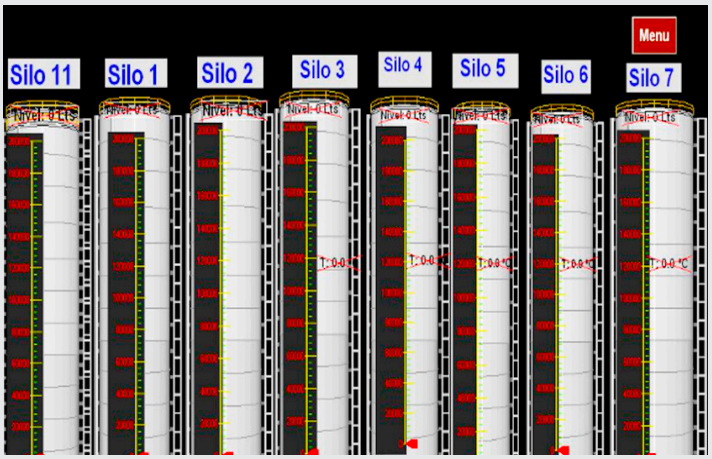


Figura 10. Interfaz gráfica para monitoreo

Figura 11. Silos con adaptadores instalados.

Figura 12. Ubicación de los sensores de nivel y temperatura en uno de los silos de almacenamiento.

Figura 13 Gateway y gabinete de alimentación

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El proceso se automatizó con la más moderna tecnología a través de una red de sensores inteligentes de nivel y temperatura, eliminando los riesgos de variaciones en las lecturas de nivel y temperatura que se tenían debido a las mediciones analógicas y manuales, lo que ocasionaba que muchas veces no coincidían los inventarios de producto en proceso.

Además, se tomó amplio control en la medición de la temperatura ya que se realizaba 4 veces durante el día y entre cada periodo existía el riesgo de variaciones de temperatura, lo que ocasionaba que el personal no se diera cuenta hasta tiempo después de suceder la eventualidad. También la confiabilidad de las lecturas se incrementa, ya que anteriormente las auditorías de calidad se realizaban de manera manual con un termómetro de mercurio.

Se utilizan sensores WirelessHART con tecnología de punta, los cuales están ubicados de manera estratégica para evitar interferencias en el área de proceso así como accidentes del personal, ya que se eliminan los recorridos de toma de lecturas, ya que el proceso es vigilado en tiempo real en forma remota en una cabina de control donde se monitorea constantemente el proceso, tanto temperatura y nivel. Esto facilita al operador observar los cambios y tomar acciones si es necesario, así como revisar el historial de datos y generar informes de calidad y producción al instante.

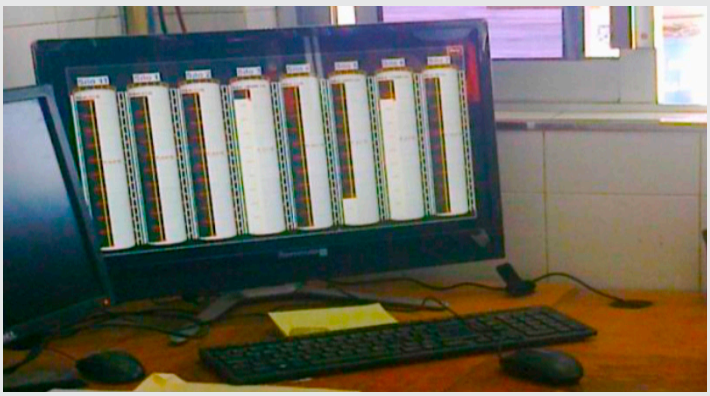


Figura 14. Cabina de control y monitoreo

El aspecto a destacar como resultado de la realización del presente proyecto, es la posibilidad del intercambio de información entre los distintos sectores del proceso, así como la visualización y configuración de datos en forma remota. El mejoramiento a través de este sistema también ha permitido una mayor seguridad en la transmisión de la información en la planta industrial.

Asimismo al mejorar la robustez en la transmisión de la información en la planta, obtenemos redes de comunicación que son y seguirán siendo la carretera de información por donde transitan comandos, status y mensajes, entre otros. Las últimas tendencias en las redes de comunicación industrial demuestran la necesidad del uso de protocolos abiertos en los procesos productivos, así como la implementación de sistemas de redes de comunicación seguros y robustos a nivel de software y hardware en la planta. Además, se requiere utilizar dispositivos más inteligentes e integrables a través de Ethernet u otros protocolos abiertos, destacando el rol que posee la gestión de la información en los procesos productivos.

REFERENCIAS

[1] Aquilino, R.P (2007). "Sistemas SCADA", Notas de diseño, Normativa, Seguridad y comunicaciones industriales 2nd ed. Barcelona España: Marcombo, Ediciones Técnicas.

[2] Endress + Hauser México. (1999). Endress + Hauser México. Disponible en: http://www.mx.endress.com/es/Grupo-Endress-Hauser/26471/SC-Mexico

[3] Endress + Hauser People For Process Automation. Operating Instructions WiressHART Adapter SWA70 Smart wireless module with power supply for field devices.

[4] Endress + Hauser People for Process Automation. (2012). Technical Information Deltapilot M FMB50/51/52/53. Switzerland: Instrument International AG.

[5] Endress + Hauser S.A de C.V . Operating Instruction WirelessHART FieldGate SWG70 Intellingent WirelessHART gateway with Ethernet and RS-485 interfaces.

[6] Mrs.K.S.Indrani, Kareemoon.Shaik. An Real Time IWSN Based SCADA Network for Industrial Automation. International Journal of Innovative Research in Electronics and Communications (IJIREC) Volume 1, Issue 4, July 2014, PP 7-11 ISSN 2349-4042.

[7] WirelessHART standard, HART Communication Foundation. . www.hartcomm.org

[8] Jianping Song; Song Han; Mok, A.K.; Deji Chen; Lucas, M.; Nixon, M.. WirelessHART: Applying Wireless Technology in RealTime Industrial Process Control. IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium, 2008, 377-386

[9] WirelessHART™: Real-Time Mesh Network for Industrial Automation (1st ed.), Springer, 2010. Chen, Deji, Nixon, Mark, Mok, Aloysius.

[10] Saifullah A. Real-Time Scheduling for WirelessHART Networks. Real-Time Systems Symposium (RTSS), 2010 IEEE

[11] P. Ferrari, A. Flammini, S. Rinaldi y E. Sisinni, «Performance Assessment of a WirelessHART network in a real-world testbed» Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2012 IEEE International, 2012.

[12] S. Savazzi, S. Guardiano y U. Spagnolinil, Wireless Critical Process Control in oil and gas refinery plants, Industrial Technology (ICIT), 2012 IEEE International Conference

Tierra,
Medio Ambiente
y Energía
Ingeniantes
Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Prototipo para la detección de fallas comunes en el sistema de refrigeración

Colaboración
Lenin Jacobo Rosas Ortiz, German López Andrade, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

Resumen: El problema se presenta básicamente dentro de los hogares o negocios donde cuentan con algún sistema de refrigeración para mantener los alimentos frescos y en buen estado, en este caso hablamos de un refrigerador. El refrigerador en si puede presentar un gran sistema de fallas que como resultado dejan una gran pérdida de energía eléctrica refleja en la economía de los consumidores. Algunas de las fallas pueden ser que las luces no funcionan causado por que el cable eléctrico esta desconectado, esta flojo el foco o se haya quemado. Hay agua en la bandeja recolectora de agua esto porque el refrigerador se está descongelando, está más húmedo que lo normal, el agua en la bandeja recolectora de está desbordando. En fin estos son algunos de los ejemplos de las fallas que puede presentar algún refrigerador, pero lo que a nosotros nos interesa saber o deseamos investigar son las fallas que suceden en el sistema de refrigeración, las cuales son muy diferentes a las mencionadas anteriormente. Por lo que se diseñó un prototipo que pueda mostrar las fallas comunes en un sistema de refrigeración.

Palabras clave: diseño, hogares, fallas comunes, prototipo, Sistema de Refrigeración.

Abstract: The problem basically occurs within homes or businesses where they have a cooling system to keep food fresh and in good condition, in this case we speak of a refrigerator. The cooler itself can present serious system failures as a result leave a great loss of power reflected in the consumer economy. Some of the faults may be that the lights work not caused by the power cord is disconnected, the focus is loose or has been burned. Water in the drip pan of water this because the refrigerator is defrosting is wetter than normal, the water in the drip tray is overflowing. Well these are some of the examples of failures that may have a refrigerator, but what interests us know or want to investigate are the faults that occur in the cooling system, which are very different from those mentioned above. As a prototype which can show common faults in a refrigeration system was designed.

Keywords: design, homes, common faults, prototype refrigeration system.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación, prototipo para la detección de fallas comunes en el sistema de refrigeración, se tomara como punto inicial, de que en cualquier sistema mecánico de refrigeración, la capacidad del compresor debe ser tal que el vapor producido en el evaporador sea sacado a la misma velocidad que el mismo es generado por la acción de ebullición del líquido refrigerante (Dossat, 2004). La refrigeración es una técnica que se ha desarrollado con el transcurso del tiempo y el avance de la civilización; esta surgió como resultado de las necesidades que la misma sociedad presentaba y presenta a medida que avanza la tecnología y la invención en diferentes campos, contribuyendo a elevar el nivel de vida de las personas.

La base sobre la que se fabrican nuevas sustancias y materiales la suministra la ciencia, siendo un tema muy interesante la selección de los refrigerantes, por dos razones principales: en primer lugar, los parámetros

de operación que alcanza cada uno de ellos, esto es: presión y temperatura de evaporación y condensación y en segundo lugar la contribución a la destrucción de la capa de Ozono logrando aumentar el calentamiento global. Sin embargo, la radiación térmica es la forma de transferencia de calor que se presente entre dos cuerpos separados como resultado de la llamada radiación electromagnética, a la que también a veces se le conoce como movimiento ondulatoria(Pita, 2003), es por ello que se tiene que tomar en cuenta lo positivo y negativo en la presente investigación.

Las aplicaciones de la refrigeración son muy numerosas, siendo una de las más comunes la conservación de alimentos, acondicionamiento ambiental, enfriamiento de equipos y últimamente en los desarrollos tecnológicos de avanzada en el área de los ordenadores. En el sistema de refrigeración, se presenta un subsistema mecánico y un subsistema electrónico, donde hay sensores generadores que ofrecen una tensión o una corriente cuya magnitud, frecuencia e impedancia de salida determinan las características requeridas en la etapa de acondicionamiento (Pallás, 2012). Para el análisis total de las fallas mecánicas, eléctricas y electrónicas se diseñó un prototipo con características específicas para el realizar el estudio.

La diversidad de equipos empleados para refrigeración y acondicionamiento de aire es muy grande, y su funcionamiento se ajusta, en términos generales, a ciertos procesos termodinámicos tales como: evaporación, compresión, condensación y expansión. Para probar la comprensión con que trabaja el compresor, se corta el tubo de alta presión que alimenta al condensador y se deja salir libremente al exterior del refrigerante que puede tener aún el sistema de refrigeración (Hernández, 2004).Cada sistema tiene sus características particulares. Cada tipo de compresor opera según distintos mecanismos de compresión (alternativos, rotativos, helicoidales, entre otros). En cualquier proceso de refrigeración, las sustancias empleadas para absolver calor o agente de enfriamiento se llama refrigerante (Dossat, 2004).

Hernández, en 1988 señala que cada dispositivo de control está diseñado para mantener algún parámetro de funcionamiento de un equipo entre determinados límites, principalmente: temperaturas, presiones, acumulación de hielo, entre otros fenómenos que se desea controlar. La desumidificación es necesaria muy a menudo en procesos de aire acondicionado o en procesos industriales.

Las fugas de refrigerantes en estos sistemas producen una mancha de aceite en el lugar en que se encuentran, por lo que relativamente son fáciles de localizar (Hernández, 2004). Algunos sistemas logran eliminar el uso de compresores valiéndose de procesos de absorción, pero a su vez requieren de fuentes externas directa e indirecta, como por ejemplo: energía eléctrica, gas natural, vapor de agua o calor residual. Así pues, la selección de sistemas de Refrigeración, dependen en gran medida de cuanta carga térmica se desea extraer, del tipo de instalación que se requiere y del costo tanto inicial como de mantenimiento. Donde se presentan elementos económicos como los tubos de cobre generalmente se emplean en las tuberías de plomería, calefacción y refrigeración, los tubos de acero y de hierro forjado se utilizan en tuberías de gas y a menudo para calefacción por agua caliente (Whitman, 2010).

MATERIAL Y MÉTODOS

El prototipo para el estudio se subdivide, del cual a continuación se presentan las partes que lo integran y el funcionamiento que realiza cada una de dentro del sistema de refrigeración.

Pulsador de contacto sostenido cabezal tipo hongo (mushroom-head buttonwithturnreset).

Es un elemento de seguridad, su función es parar de emergencia interrumpiendo el circuito de control, actúa abriendo o cerrando sus contactos al momento de oprimirse, manteniendo los contactos fijos (enclavados), para desclavarlos y volver los contactos a su posición original existen tres tipos:

a) De medio giro a la derecha (turnreset), también conocido como desbloqueo por rotación.
b) Desenclave al jalar hacia el frente (push-pull block), opera por presión-tracción.
c) Desenclave por llave, utilizado para activar la maquina después de corregir la falla o darle mantenimiento, el operario conserva la llave evitando accidentes.

Los diámetros de la sombrilla del cabezal seta disponibles en el mercado son de 40 mm y 60 mm.

Ilustración 1. Pulsador de contacto

Interruptor de presión (Presostato).
Dispositivo de control eléctrico con contactos N.C. que permite mantener constante la presión de un fluido en un circuito, la operación de los contactos se efectúa a una presión determinada de un líquido o gas; el más común es accionado por diafragma elastomérico, se emplean para controlar directamente el arranque y paro de motores monofásicos y trifásicos.

El nuevo ajuste cambia los puntos de funcionamiento alto y bajo, pero siempre deberá estar ajustado en el punto de funcionamiento bajo, el ajuste dela tuerca (A) aumenta girándola en sentido de las manecillas del reloj.

Ilustración 2. Interruptor de presión

Lámpara piloto
Elemento luminoso utilizado para llamar la atención del personal que maneja el proceso, indicándole una condición de operación, interrupción por paro o falla en el circuito de la máquina, su función es estar encendida (1) o apagada (0), está compuesta por el cabezal piloto, pieza de sujeción, foco de filamento, neón o LED y base porta lámpara, la tabla 1.5 muestra en ambas normas que representa cada color. La figura exhibe la configuración externa y simbologia del dispositivo.

Tabla 1. Indicativos de los colores en lámparas

Color de Señalización	Norma NEMA	Norma IEC
Rojo (R)	Arranque de un ciclo o maniobra	Parada general del ciclo o maniobra
Verde (V)	Parada general del ciclo o maniobra.	Arranque de un ciclo o maniobra
Amarillo (A)	Fallo por sobrecarga mecánica o eléctrica	Fallo por sobrecarga mecánica o eléctrica
Azul (Az)	Arranque de un ciclo diferente al principal	Arranque de un ciclo diferente al principal
Blanco (B)	Circuitos Eléctricos bajo tensión normal de servicio	Circuitos eléctricos bajo tensión normal de servicio

Compresor
Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo aumentando su presión energía cinética impulsándola a fluir.

Ilustración 3. Compresor

Condensador
Un condensador es un cambiador de calor latente que convierte el vapor (en estado gaseoso) en vapor en estado líquido, también conocido como fase de transición.

Las condiciones en el interior del condensador son de saturación, es decir, está a la presión de saturación correspondiente a la temperatura de condensación del vapor. Esta presión es siempre inferior a la atmosférica, es decir, se puede hablar de vacío.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES
Se detectaron las siguientes 4 fallas comunes que se presentan en los equipos de refrigeración, donde se adaptó el prototipo para que mostrara como trabajan los equipos en caso de presentarse algunas de las fallas.

Falla 1. Operación defectuosa del equipo.
Falla por taponamiento parcial (uso inadecuado de capilar).
a) Abrir válvula no. v1-v2-v5.
b) Cerrar válvula no. v3-v4.
c) Objetivo falta de escarcha miento en los evaporadores.
d) Las presiones se bajan y la unidad para por baja presión esto se indica al encender foco rojo no 3.
e) Apagar la unidad accionando el interruptor no, 1.
f) Abrir la válvula no 4, se estabilizaran las presiones y pulsar el boton del interruptor de alta y baja presión del lado de baja presión.

Falla 2. Falla por taponamiento total.
a) Abrir válvula no. v1-v5.
b) Cerrar válvula no. v2-v3-v4.
c) Objetivo falta total de escarcha miento, las presiones se irán a vacio y la unidad se parara encendiéndose foco rojo #2 baja presión.
d) Apagar la unidad accionar el interruptor no. 1.
e) Abrir la válvula no. 4, se estabilizaran las pre siones.

Falla 3. Falla por falta de compresión.
a) Abrir válvula no. v1-v5-v4.
b) Cerrar válvula no. v2-v3.
c) Objetivo no habrá diferencias de presiones y nada de escarcha.
d) Apagar la unidad accionando el interruptor no. 1. off.

Falla 4. Falla por taponamiento en la línea de descarga o filtro deshidratador tapado.
a) Abrir válvula no. v2-v3-v4-v5.
b) Cerrar válvula no. 1.
c) Seguir las indicaciones del punto 5.1
d) Objetivo: la presión del lado del con densador subirá de inmediato, la unidad se protegerá por alta presión *se parara*encendiéndose foco rojo de alta presión.
e) Apagar la unidad accionar el interruptor no 1 off.
f) Abrir la válvula no 1. El equipo simulará tapo namiento en el evaporador la presión se irá a vacío y se parara por baja presión.
g) Abrir válvula 1 y 3.
h) Cerrar válvulas 2,4 y 5.

Además se explican algunas medidas de seguridad para operar el equipo
El mantenimiento preventivo debe efectuarse al menos una vez al año, observando inicialmente el funcionamiento, midiendo consumo y anotando todas las condiciones indeseable o impropias; posteriormente se debe desconectar y sacar el equipo de su alojamiento y efectuar limpieza o cambio del filtro de polvo del evaporador, limpieza del evaporador y condensador, limpieza general de todo el equipo, inspección visual de los componentes del sistema, reposición de tornillos, abrazaderas y sujetadores; al completarse el proceso de inspección y montarlo en su sitio se debe verificar el consumo eléctrico y la presencia de sonidos extraños.

Las tuberías que conectan condensador y evaporador deben estar bien sujetas con bridas y anclajes rígidos que impidan toda vibración. El aislamiento de la tubería de líquido debe estar en buen estado para que no haya posibilidad de que se produzca vaporización en el trayecto hasta la válvula de expansión. Emplear un detector de fugas para inspeccionar todo el trayecto.

La válvula de expansión se ubica normalmente aquí y se debe verificar que su funcionamiento esté en el rango correcto para el sobrecalentamiento que produzca un óptimo aprovechamiento de la capacidad del evaporador y al mismo tiempo garantice que bajo ninguna condición se produzca retorno de líquido al compresor. Comprobar que no existan manchas de humedad de aceite en ninguna sección de tubería ni en el panal del evaporador. Es recomendable inspeccionar empleando un detector electrónico de fugas o una fuente de luz UV, si el equipo ha sido previamente cargado con una sustancia compatible, aprobada por el fabricante del equipo y el compresor, que reacciona con luminiscencia fosforescente en presencia de iluminación en esa longitud de onda.

Verificar que las tuberías que transportan refrigerante no presenten manchas aceitosas. Corrija situaciones de riesgo. Las manchas de aceite en tuberías de refrigerante son evidencias seguras de fugas, que deben ser corregidas. Observe la condición del refrigerante a través del visor en la línea de líquido para determinar su alcalinidad o acidez y que no haya habido pérdida de refrigerante.

Limpiar las aletas disipadoras de calor con la frecuencia requerida según la calidad del aire ambiental. Es preferible hacerlo utilizando un detergente jabonoso y vapor de agua a presión para eliminar la grasa que pueda habérsele adherido. Existen productos químicos con componentes ácidos, que limpian más rápidamente; sin embargo, se debe tener la precaución de eliminar totalmente mediante un meticuloso enjuague cualquier residuo del producto de los intersticios de las aletas al terminar el lavado. De no hacerse un enjuague satisfactorio, este residuo ataca el aluminio, opacando primero su superficie y reduciendo con el tiempo su resistencia mecánica, como consecuencia de lo cual se desintegrará al aplicársele agua a presión en las sucesivas limpiezas, reduciendo el área de intercambio de calor y bajando la capacidad del condensador.

Como resultado principal se tiene el prototipo terminado, como se muestra en la siguiente ilustración 4, el cual ya fueron explicados cada uno de sus elementos, obteniendo un total de $25,200.00 para su elaboración de materia prima.

Ilustración 4, Prototipo final

Se muestra también el diagrama eléctrico del prototipo:

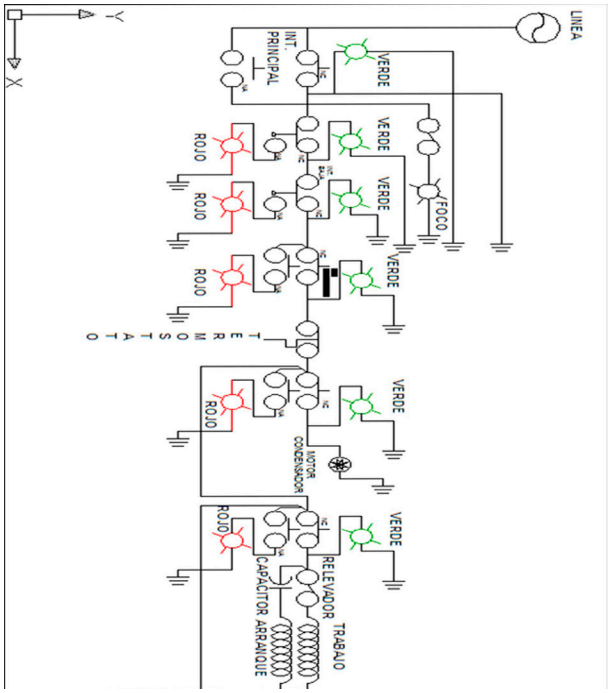


Ilustración 5, Diagrama de conexión

Además se muestra el diagrama de conexión de los elementos:

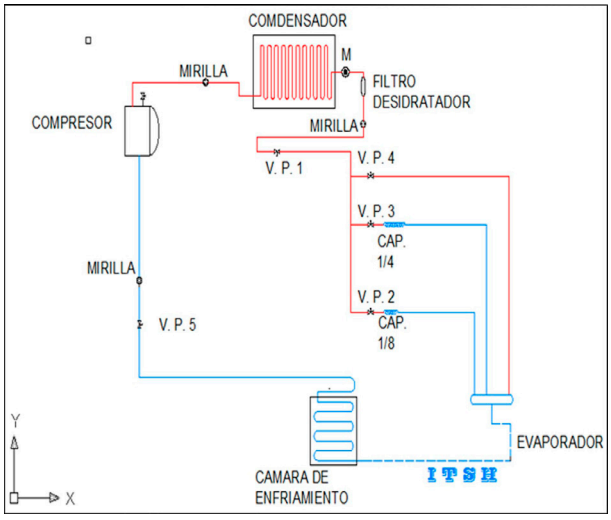


Ilustración 6, Diagrama de conexión

Se logran hacer prácticas para detectar las fallas comunes en el sistema de refrigeración:

Indicadores de operación

a) Energizar la unidad, interruptor general (conectarla), la unidad tiene presión esto se indica con los focos piloto2 y 3 que se encuentran encendidos.

b) Accionar el interruptor (botón no.2), termostato cerrado se enciende foco verde no.4.

c) Accionar el interruptor (botón no. 3), el cual hace encender el motor de conden sador se enciende el foco verde no. 5.

d) Accionar el interruptor (botón no. 4), el cual manda corriente al relevador de esta do sólido del compresor y se encien de el foco verde no. 6.

e) Accionar el interruptor (botón no. 5), el cual pasa el neutro a la protección térmica del compresor, el cual hace que encienda la unidad y se enciende foco verde no.7.

Estas indicaciones se utilizaran para el arranque de la unidad, en las diferen tes pruebas de operación y fallas del mismo.

REFERENCIAS

[1] Dossat Roy J; Principios De Refrigeración, Vigésima Quinta Reimpresión, Compañía Editorial, Continental, México, 2004.

[2] Hernández Goribar Eduardo, Fundamentos De Aire Acondicionado Y Refrigeración, Octava Reimpresión, Editorial Limusa, México, 1988.

[3] Hernández Valadez José, Manual De Refrigeración Doméstica, 2a Edición Editorial Trillas, 2004.

[4] Pallás Areny Ramon; Sensores Y Acondicionadores De Señal, 4a Edición, Editorial Alfaomega, 2012.

[5] Pita Edward G., Acondicionamiento De Aire, Principios Y Sistemas, Octava Reimpresión, Compañía Editorial, México, 2003.

[6] Whitman William C., Johnson William M, Tomczyk John A, Silberstein Eugene, Tecnológica De Refrigeración Y Aire Acondicionado, Tomo I, 6a Edición, Editorial Cengage Learning, México, 2010.

Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Rescate de tintes vegetales en la zona maya de Quintana Roo, México

Resumen: Hace más de 100 años, los procesos tradicionales de extracción y uso de tintes vegetales desaparecieron de la región central del estado de Quintana Roo. Nadie sabía dónde había quedado ese conocimiento. El proyecto "Rescate de Tintes Vegetales en la Zona Maya de Quintana Roo" tiene como objetivo revivir esta actividad antigua en el área maya, mediante el uso de hierbas, árboles, frutas y cortezas de la región con el fin de obtener colorantes naturales. Otro objetivo es estandarizar el proceso y que los productos obtenidos sean únicos e irrepetibles. La información existente sobre el uso de plantas de la región para la obtención de colorantes se organizó en la primera parte del proyecto; sin embargo, la mayor parte de esa información era incompleta. De este modo, se determinaron, seleccionaron y clasificaron en el laboratorio las especies tropicales de las que se pueden extraer estos tintes vegetales. Además, se comprobó que el material más comúnmente utilizado en la región es el algodón.

Palabras clave: Extracción, maya, rescate, tintes, tradición, tropical, vegetales.

Colaboración
Carolina Montalvo Espinoza; Arturo Bayona Miramontes; Francisco Julián de J. López Martínez, Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto

Abstract: More than 100 years ago, the traditional processes of extraction and use of vegetable dyes disappeared from the Mayan region from the State of Quintana Roo. Nobody knew where this knowledge was left. The project "Rescue vegetable dyes in the Mayan area of Quintana Roo" aims to revive this ancient activity in the Mayan area, by using herbs, trees, fruits and barks of the region in order to get natural dyes; another aim is to standardize the process and that the products obtained are unique and unrepeatable. The existing information about the use of plants from the region for the obtaining of dyes was organized in the first part of the project; however, most of that information was incomplete. Thus, the tropical species from which these vegetable dyes may be extracted were determined, selected and classified in the laboratory. Also, it was determined that the most commonly used material in the region is the cotton.

Keywords: Dyes, Extraction, maya, rescue, vegetable, tradition, tropical.

INTRODUCCIÓN

Desde épocas muy antiguas, el uso de sustancias naturales para la producción de tintes de colores ha traspasado todas las esferas del mundo mesoamericano. Al paso de los siglos, aún sobreviven pinturas rupestres de distintas civilizaciones, como Olmeca, Mayas, Aztecas, Teotihuacanos, etc. También se puede observar en innumerables obras artísticas como la diversidad de pinturas murales, vasijas dicromas y policromas, figurillas y fragmentos textiles que claramente evidencian el uso de pinturas y tintes en objetos ceremoniales y en vestimentas de personajes de la élite. Pero queda un vacío importante de información, y es el que corresponde al uso en la vida cotidiana prehispánica, tanto de la élite como de la gente común [5].

Los procesos de teñido artesanal con tintes vegetales se relacionan con la forma de ser y sentir de los Pueblos Americanos desde épocas prehispánicas; sin embargo, es también un conocimiento y una práctica que se va perdiendo de forma paulatina, ya que la calidad y la productividad son factores determinantes en el mercado actual, aspectos muchas veces disminuidos o ignorados por los artesanos.

La actividad social ha sido vista con frecuencia, desde la economía, como un campo secundario ajeno a la vía central por la que debe tratarse de hacer avanzar el crecimiento económico. Ha sido con frecuencia tratada de hecho como un área que insume recursos que no genera retornos sobre la inversión, funcionales económicamente, que es de difícil medición, y cuya gerencia es de dudosa calidad. [6].

Se ha considerado en este proyecto el rescate de la información sobre las fuentes de tinte y de las técnicas tradicionales convenientes para obtener la mejor la calidad de los productos, ya que al perfeccionarla a través del proceso que debe considerar el respeto al medio ambiente, así se puede lograr una mayor ventaja competitiva de los dichos productos en los mercados modernos.

Al aplicar políticas y prácticas medioambientales responsables, las empresas mejoran la productividad y dan ejemplo a los demás. Se alienta a las empresas a pronunciarse en favor de la responsabilidad medioambiental dentro de su red de contactos comerciales. [3]

Al resolver este primer aspecto, la productividad ocupa el segundo lugar importante en las empresas, para incursionar con éxito en la comercialización.

Mejorar el perfil de la población de un País es un fin en sí mismo, como resaltaba Sen. Al mismo tiempo, constituye una vía fundamental para alcanzar productividad, progreso tecnológico y competitividad en los escenarios económicos de fin de siglo. En ellos el papel del capital humano en la producción es decisivo. [6]

Este proyecto propone el punto de partida para que el usuario tenga una referencia de cómo iniciarse en la práctica del teñido artesanal con tintes vegetales, que puede ser toda una ciencia en manos de personas interesadas, dedicadas, que buscan la oportunidad de establecer una empresa productiva, rentable y, al mismo tiempo, respetuosa con el medio ambiente.

Aunque la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) es inherente a la empresa, recientemente se ha convertido en una nueva forma de gestión y de hacer negocios, en la cual la empresa se ocupa de que sus operaciones sean sustentables en lo económico, lo social y lo ambiental, reconociendo los intereses de los distintos grupos con los que se relaciona y buscando la preservación del medio ambiente y la sustentabilidad de las generaciones futuras. [3]

Se muestran de una manera sencilla las técnicas para aplicar esta metodología, reduciendo las explicaciones al mínimo; presentando ejemplos y casos con resultados reales, pretendiendo demostrar que es posible fortalecer a las empresas comunitarias con los conceptos fundamentales de la competitividad, indispensable si se quiere acceder a los mercados modernos.

Se propone así a grupos de artesanas de comunidades el rescate de una tecnología milenaria que permita a los pobladores locales afianzar su identidad cultural, así como la posibilidad de que estos grupos y sus familias mejoren su calidad de vida con la generación de fuentes de empleo, en armonía con la naturaleza.

El capital social y la cultura han comenzado a instalarse en el centro del debate sobre el desarrollo, no como acciones complementarias a un modelo de alto vigor que se perfecciona un poco más con ellos. Todo el modelo está sufriendo severas dificultades pos sus distancias con los hechos, y las críticas procedentes de diversos orígenes se encaminan de un modo u otro a "recuperar la realidad" con miras a producir en definitiva, políticas con mejores chances respecto a las metas finales. [6]

Este trabajo de rescate ha sido un esfuerzo conjunto, financiado entre lo años 2009 al 2014 por el Programa COMPACT del Fondo para el Medio Ambiente Mundial implementado por el PNUD (años 2009, 2012); el Global Environmental Facility (GEF) (año 2014), el Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo (años 2009 al 2015), Econciencia A.C. (años 2009 al 2015), el Programa de Conservación Para el Desarrollo Sostenible de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka`an (PROCODES) (años 2009, 2010, 2012, 2013, 2015) y personas interesadas en la reconquista del teñido artesanal, específicamente grupos productivos artesanales formalmente conformados como por ejemplo; "Bordemos juntas el mundo", grupos comunitarios y artesanas independientes, todo con el objeto de retomar la práctica de estos métodos tradicionales, que deben persistir como un legado ancestral en la zona maya de Quintana Roo.

También existen evidencias del interés que tuvieron los españoles sobre técnicas de tintorería indígenas, y el registro detallado que hicieron de ellas. Desafortunadamente, en algunas partes de Mesoamérica existe un vacío de información sobre el tema. [4]

MATERIAL Y MÉTODOS

Existen formas efectivas de teñir con productos colorantes y fibras sintéticas en el mercado, productos que al producirse en masa pueden alcanzar precios unitarios muy bajos, es obvio que los mercados que estos productos han consolidado son enormes y difícilmente se pretende desplazarlos con un producto cuya técnica y tecnología de producción es difícil de modificar de forma sustancial, como sería necesario para competir en producción y precio; sin embargo existe una tendencia natural de las personas por buscar este tipo de productos y pagar precios razonablemente justos, de acuerdo al esfuerzo que conlleva realizarlos.

A partir de la introducción de elementos de origen orgánico al mercado, en Guatemala se han creado varios proyectos de desarrollo comunitario en los que se han tratado de reintroducir varias técnicas de cultivo, elaboración de herramientas y textiles que combinen prácticas de origen ancestral. A través de varios estudios integrales, estos proyectos pretenden recuperar los conocimientos y antiguas prácticas para contribuir de alguna manera con el fortalecimiento de la identidad de los pueblos indígenas, además de reducir los niveles de contaminación en las comunidades mediante métodos de producción manufacturera poco invasivos. Muchos de los productos de exportación que son elaborados por grupos comunitarios, generalmente se encuentran en las tiendas de comercio justo. [4]

En la primera fase del proyecto se definieron las fuentes vegetales y los procesos de extracción de tintes, figura 1, trabajando de la mano con grupos productivos de mujeres indígenas de la región, proveer de técnicas y procedimientos. En México grupos de artesanos en Oaxaca y Chiapas con fuentes de tinte de origen vegetal y animal tiñen y comercializan con éxito prendas de lana, figura 2.

Figura 1. Selección de las plantas fuente de tintes (colorantes naturales)

Las demandas de estos clientes, tanto inmediatos como potenciales son, en primer lugar la autenticidad del producto así como la originalidad y calidad del mismo, objetivo principal de este proyecto y de la capacitación en el proceso a los grupos artesanales participantes. Utilizar de forma eficiente los tintes naturales extraídos de plantas (que son parte del medio donde viven y trabajan los grupos de artesanos), para teñir sus hilos y telas, en lugar de "importar" hilados o tintes de otras regiones, es un negocio bien pagado por lo atractivo que resulta el arte que este proceso involucra.

Los tejidos teñidos con tintes naturales han encontrado un importante espacio en el mercado destinado el sector turístico. Los tintes naturales no se emplean para ningún tejido de uso local, sino se reservan completamente ara la elaboración de textiles destinados a visitantes nacionales y extranjeros. Entre los productos más populares se encuentran morrales, bolsas, hamacas, chalinas y bufandas. Además, grupos como Lema´(Cooperativa de mujeres tz´utujiles que se dedican a esta labor) se encuentran en constante innovación de nuevas líneas de producción [1]

Aprovechar esta tendencia positiva de la demanda de productos artesanales de buena calidad permitirá a estos grupos optimizar sus recursos, mejorar sus capacidades, incrementar sus habilidades y conocimientos, mejorar su calidad de vida y, al mismo tiempo, rescatar una actividad que se pierde, aumentando el compromiso con la naturaleza que les rodea.

Figura 2. Acercamiento e intercambio de experiencias con grupos productores de Oaxaca y Chiapas

Procesos de Teñido de Telas

Las telas se fabrican y tiñen desde tiempos ancestrWales en todas las culturas, el vestido y los accesorios de tela en las civilizaciones son a veces comunes, pero en otras muy distintivos.

fuentes de tintes son sumamente variadas: minerales, vegetales y animales; las fibras a las que se adhieren también tienen semejanzas y variantes.

Los materiales colorantes fueron muy variados. Los colores más comunes fueron los rojos, azules, amarillos y verdes. Estos tintes se pueden encontrar en todas las partes del vegetal (dependiendo de la especie), en las raíces, tallos, flores, semillas, etc. Difícilmente se obtienen los colorantes de manera directa de la naturaleza, es decir que por lo general es necesario mezclarlos o combinarlos con otros, y muchas veces tomando en cuenta varios principios inmediatos de los vegetales [4]

El proyecto está enfocado hacia el teñido de manta e hilos de algodón y yute, el proceso completamente artesanal figura 3. Y una explicación de los pasos del proceso seleccionado y una descripción de este proceso con sus variantes.

Lavado de la tela

La limpieza o lavado se realiza para retirar el polvo, gomas u otros contaminantes de la tela, que pueden impedir la adecuada interacción del colorante con la fibra, por eso siempre se recomienda. Se trabaja con agua limpia y jabón o detergente, no es necesario secar inmediatamente; se puede continuar con el mordentado.

Figura. 3. Extracción del tinte

El mordentado

Tiene como finalidad "estabilizar" y neutralizar cargas estáticas de la fibra para que interactúe con el colorante del tinte, permitiendo a este "acercarse", conglomerarse; así, se aglutina y adhiere a la fibra logrando uniformidad y "permanencia" del color. Para lo anterior, generalmente se utiliza un producto que llamamos "mordente", que es una solución ligeramente ácida o alcalina y su función como dijimos es preparar la fibra para permitir al coloide del tinte integrarse a ella e interactuar de manera efectiva para teñirla.

La obtención del tinte

Se realiza hirviendo determinadas cantidades de las partes de las Plantas tintóreas (fuente de colorante) como pueden ser hojas, tallos, frutos o cortezas. La energía calorífica permite al coloide que contienen las plantas desprenderse, ya que al mismo tiempo acelera o "degrada" el material de soporte del coloide que es naturalmente susceptible a descomponerse. Es muy importante retirar todo los sobrantes de hojas, tallos y demás restos vegetales, para que el tinte obtenido sea uniforme.

Teñido

Consiste en poner en contacto la tela con el tinte. Se debe recordar que la tela debe estar ya procesada y con el pre-tratamiento de mordentado. El calor del proceso es en este caso, la energía que generalmente ayuda al colorante a adherirse a la tela, poniendo mucho cuidado el otro factor que es el tiempo. Entre los resultados de la práctica experimental se determinó que en algunos (muy pocos) procesos no se requiere calor, tan solo una buena concentración del tinte y tiempo de contacto como es el caso del "palo de tinte".

El enjuague (lavado final)

Tiene como objeto remover el exceso de tinte, es decir el colorante que no ha interactuado con la tela por el efecto natural de saturación en la fibra y para remover o "quitar" olores que puedan generarse. Se recomienda no exprimir demasiado la tela y pasar al siguiente paso.

El secado

Deberá hacerse de preferencia al exterior pero a la sombra, los rayos solares pueden afectar seriamente el proceso de adherencia del colorante, que se reafirma al secar la tela lentamente por acción preferentemente del aire.

Figura. 4. Secado a la sombra

El empaquetado de los lienzos

Esta actividad debe acompañarse de una minuciosa revisión de la firmeza y uniformidad del color y tono deseado. Aunque no es lo deseable, se puede repetir el proceso desde el mordentado si no se obtuvo un resultado satisfactorio y se desea mejorarlo.

Lo cualitativo y lo cuantitativo

Como se ha mencionado existen dos formas de calcular o evaluar el proceso:

Evaluación Cualitativa:

Se realiza de forma práctica fundamentalmente con los sentidos; los criterios, indicadores y valores de referencias utilizados, tienen mucho que ver con la experiencia. La capacidad de evaluar correctamente de esta forma dependerá definitivamente del aprendizaje obtenido en la práctica continua de los procesos relacionados con el teñido; por otro lado, no debemos perder de vista que la percepción se puede ver afectada por el nivel de iluminación, la memoria, la concentración del individuo y hasta de su estado de ánimo, razón por la que siempre debe considerarse como referencia o punto de partida, un cálculo o aproximación cuantitativo, especialmente si se realiza alguna variante en los volúmenes de producción o la calidad de las materias primas; situación que es muy recurrente en la práctica de teñido artesanal.

Otra observación importante es que siempre y en muchos eventos empresariales se complementan los cálculos cualitativos y cuantitativos.

Evaluación Cuantitativa
Se refiere al hecho de utilizar mediciones precisas y algoritmos o fórmulas matemáticas para determinar la magnitud de la acción a ejercer sobre el proceso. Los cálculos de peso, áreas y volúmenes, así como las razones y proporciones lineales serán las de mayor utilidad. El trabajar apoyándose en este tipo de cálculos, organizando los resultados y analizándolos, es como se logra el conocimiento experto que acelera decisiones correctas sobre la práctica.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El proyecto se ha ido consolidando durante los últimos 3 años. En la primera fase como se ha mencionado se definieron las fuentes vegetales y los procesos de extracción de tintes, trabajando de la mano con grupos productivos de mujeres indígenas de la región, Tabla 1. Actualmente se está incursionando en la segunda fase para formar una cooperativa con participantes de diferentes comunidades de la Zona Maya, donde podrán comercializar sus productos. Se pretende la creación de una línea elaborada en telas de algodón y lino, la confección de diseños específicos y exclusivos como prendas de vestir y blancos, entre otros.

A lo largo del proceso se han diseñado y confeccionado algunas prendas de vestir y productos de muy buena calidad como resultado del trabajado de investigación, pruebas y capacitación realizado, los productos obtenidos se comercializaron en su totalidad; el mercado ha recibido estos productos como algo novedoso, único, de modelos y diseños irrepetibles, esto por los colores, originalidad y textura de las telas, pero aún no son suficientes para crear una línea, se requiere mayor cantidad y variedad, pero sobretodo incrementar la productividad.

Los resultados obtenidos hasta hoy solo se podrán potenciar si se desarrolla una estrategia concreta como la que se propone en las siguientes etapas de este proyecto, con la finalidad de mejorar la rentabilidad de los esfuerzos de los grupos de mujeres indígenas, asegurar un programa de capacitación continua para asegurar la calidad y competitividad de los productos generados; contar con las máquinas y equipos necesarios para lograr transferir la tecnología y con ello una mayor capacidad productiva, siempre respetando el medio ambiente; considerando desarrollar competencias distintas pero relacionadas a las que ya tienen los grupos y personas participantes.

El proyecto, además de generar fuentes de empleo estimulando habilidades y competencias en la población local, resulta una extraordinaria oportunidad de reintroducir un conocimiento ancestral que había desaparecido y que ha estado unido a la idiosincrasia de estos pueblos a través del tiempo, de la historia, quizá esta sea su mayor aportación.

Se cuenta con un gran mercado potencial y una marca que respalda los productos, se ha tenido un avance paulatino para consolidar los procesos; las evaluaciones sobre el proyecto son muy favorables tanto a nivel local, nacional (CDI, CONANP, PROCODES) e internacional (PNUD, GEF). Además de las mujeres de comunidades rurales, también participan estudiantes de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto, se cuenta con un equipo multidisciplinario de investigadores desarrollando el proyecto y es apoyado por una institución académica de prestigio, lo que nos acerca más a un plan exitoso.

Ejemplo de Lavado (descrudado):
Manta de algodón; 16 piezas; Peso total de la tela, 2.4 kilos, Jabón industrial 2%; 48 gramos, Agua limpia; 60 litros

1. Calentar 60 litros de agua
2. Hacer una dilución con el jabón (48 grs.) en los 60 litros de agua limpia
3. Sumergir completamente la tela
4. Remover durante 20 minutos
5. Sacar y exprimir; No es necesario secar

Ejemplo de mordentado de algodón:
1 kg. De algodón, 250 gr. Alumbre de potasio (25%),
60 gr. de Carbonato de Sodio (6%)

1. Se pesan en seco las telas, hilos o prendas a teñir registrándolo en un formato sencillo.
2. Calcular la cantidad de Alumbre de potasio. Esto se hace multiplicando el peso del algodón por el 25 por ciento y en seguida se procede a pesar en la báscula dicha cantidad.
3. En una Olla grande de aluminio (40 Lts.) se pone a calentar agua.
4. Por separado se diluye en agua caliente el alumbre de Potasio, previamente pesado.
5. Agregar el alumbre diluido en la olla grande y removemos.
6. Sumergir las telas o hilos en la solución y remover para que la absorción sea uniforme.
7. Aumentar la temperatura y dejar al fuego por una hora, removiendo constantemente.
8. Al término de una hora, retirar del fuego y dejar en reposo hasta el día siguiente.
9. Al día siguiente, sacar las telas o hilos, escurrir y enjuagar con agua limpia para quitar los residuos del alumbre. Así tenemos el material listo para sumergir en los tintes.

Ejemplo de extracción de colorante en Tinte:
2 kg de planta tintórea (o más).
25 litros de agua

1. Se enjuagan las partes de la planta para quitar tierra o polvo
2. Se descarta el material que no sea necesario
3. En una olla de aluminio con capacidad de 25 litros, se vierte agua limpia, de preferencia de lluvia (sin cloro), colocando material vegetal suficiente de acuerdo a la cantidad de fibra que se desea teñir (ejemplo: 2kg de planta por 1 Kg. de tela de algodón).

4. Se calienta a punto de hervir.
5. Se obtiene el colorante

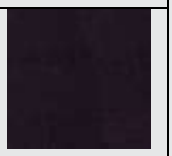
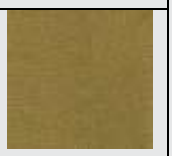
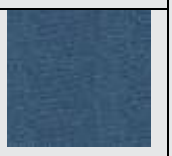
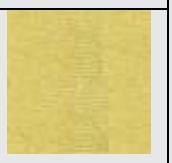
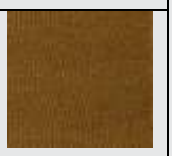
Ejemplo de Teñido en Tinte:
1 kg. Hilos de algodón.
25 Litros de tinte.

1. En un una olla de aluminio (25 litros) se vierte el tinte extraído, se calienta a punto de hervir y se sumerge el material a teñir (1 kg., de tela o hilos de algodón), removiendo lentamente para equilibrar la absorción del tinte.
2. Se deja hervir a fuego lento por una hora, removiendo por momentos.
3. Al término de este tiempo, se apaga el fuego y se deja reposar hasta que enfríe para proceder a enjuagar.
4. Si queremos fortalecer el color obtenido, es necesario preparar otra vez el paso del mordentado y después se repite el proceso de teñido. También se puede agregar hierro para cambiar de tonalidades.

Ejemplo de enjuague y secado
Jabón (0.5 a 1%)
Agua limpia suficiente

1. Se procede a sacar la fibra de la solución tintórea, dejando enfriar, luego se procede a lavar con agua limpia diluida con jabón (0.5 a 1%). Se enjuaga varias veces hasta que el agua resulte limpia y clara.
2. Al final del lavado, se coloca para escurrir y secar bajo sombra. La fibra teñida con un tinte natural es más sensible a la luz solar cuando está húmeda, cuando se haya secado se podrá exponer a la luz solar.

Tabla 1. Pruebas realizadas en manta de algodón

No	MORDIENTE	TINTE	MUESTRA
1	Alumbre de Potasio.	Aserrín de Zapote (*Manilkara zapota)*	
2	Alumbre de Potasio.	Aserrín de Dzalam (*Lysiloma latisiliqua*)	
3	Alumbre de Potasio.	Aserrín de Dzalam y Aserrín de Zapote	
4	Alumbre de Potasio.	Palo de tinte (*Haematoxylon campechianum)*	
5	Alumbre de Potasio.	Hoja fresca de Almendro (*Terminalia catappa*)	
6	Alumbre de Potasio.	Cáscara de Nance Fresco (*Byrsonima crassifolia*	
7	Alumbre de Potasio.	Corazón de Palo de Tinte	
8	Alumbre de Potasio. Sulfato Hierro	Ramas y flores frescas de Altaniza (*Parthenium hysterophorus)*	
9	Alumbre de Potasio.	Ramas de zapote	
10	Alumbre de Potasio.	Cebolla morada (*Allium cepa*)	
11	Alumbre de Potasio.	Semillas de Achiote (*Bixia orellana*)	

REFERENCIAS

[1] Arroyo L. Tintes naturales mexicanos: su aplicación en el algodón y henequén. 2002. Escuela Nacional de Artes Plásticas. México D. F.

[2] Cabrera E., Sousa S. M., Téllez V. O. Imágenes de la Flora Quintanarroense. 1982. CIQRO. Quintana Roo, México

[3] Cajiga C. J. F. El concepto de responsabilidad social empresarial. CEMEFI 2002

[4] Guirola, C., Herrera S. Tintes naturales; su uso en Mesoamérica desde la época prehispánica. Asociación Flaar Mesoamérica, 2010

[5] Ivic de Monterroso M. Berger de White M. El arte sale de las casas: los tintes naturales de San Juan la Laguna, Sololá; Ciencia y técnica maya (pp 101-103). Fundación Solar. Guatemala.

[6] Kliksberg B. Capital social y cultura, Claves olvidadas del desarrollo. Banco Interamericano de Desarrollo INTAL, Argentina 2000

Cambio de uso de suelo por los invernaderos en el municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco México: un análisis multitemporal

RESUMEN: El análisis multitemporal de imágenes satelitales permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, evaluando la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio. El objetivo de este estudio es evaluar el cambio de uso del suelo provocado por los invernaderos en el periodo 2000-2015 en el municipio de Zapotlán el Grande Jalisco, México, a través de imágenes satelitales LANDSAT, a fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje. El análisis del cambio de uso de suelo fue derivado de la clasificación supervisada de cuatro imágenes obtenidas por el Satélite Landsat TM con una resolución espacial de 30 metros tomadas en los años 2000, 2005, 2010 y 2015. Los resultados mostrados nos ayudan a evaluar la cantidad de hectáreas que se han convertido en invernaderos. Los invernaderos van ejerciendo presión sobre el suelo, transformando zonas de vocación agrícola de temporal a cultivos de precisión con rendimientos cada vez menores a medida que los suelos pierden su fertilidad original.

Palabras claves: Análisis multitemporal, Imágenes Landsat, Invernaderos, Uso de suelo, Zapotlán el Grande.

Colaboración
Fátima Ezzahra Housni, Alejandro Macías Macías, Claudia Rocío Magaña González, Centro Universitario Del Sur; Humberto Bracamontes Del Toro, Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán; Abdessamad Najine, Facultad de ciencias y tecnologías de Beni Mellal. Marruecos

ABSTRACT: The multi-temporal analysis of satellite images allow to detect changes between different reporting dates, assess the evolution of the natural environment or the impact of human action on the environment. The aim of this study is to evaluate the land use change caused by greenhouse in the period 2000-2015 in the town of Zapotlán el Grande Jalisco, Mexico, through Landsat satellite images, to determine the state of fragmentation landscape. The analysis of change in land use was derived from the supervised classification of four images from the Landsat TM satellite with a spatial resolution of 30 meters taken in 2000, 2005, 2010 and 2015. The results shown help us to evaluate the number of hectares that have become greenhouses. The greenhouses are putting pressure on the ground, transforming agricultural potential areas of temporary precision crop yields shrinking as soils lose their original fertility.

Keywords: Multitemporal analysis, Landsat images, Greenhouses, Land use, Zapotlán el Grande.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en México ha evolucionado a lo largo de la historia, también lo han hecho las técnicas rudimentarias usadas desde la época prehispánica hasta el moderno tecnificando los sistemas de producción agrícola actuales. Esta evolución fue más notable con la llegada de la revolución verde, a mediados del siglo XX, quien trajo consigo un salto cualitativo en la tecnificación de la agricultura como base de la agricultura industrial o de mercado. Este tipo de agricultura presenta como único objetivo maximizar los rendimientos de los cultivos, sin prestar atención a la conservación de los recursos naturales (suelo, agua, atmósfera, biodiversidad) sobre los que se sustenta. Sin embargo, una agricultura tan intensa ha traído por consecuencia serios problemas medioambientales como la contaminación de suelos, de mantos freáticos, erosión y salinización de suelos; hasta una reducción de la biodiversidad [1].

Diferentes autores consideran que la población humana se apropia de entre el 20 y el 40% de la productividad primaria neta terrestre del planeta, asimismo que el tamaño de la población y sus patrones de consumo tie-

nen una influencia directa en la transformación de los ecosistemas lo que representa un gran desafío para la humanidad [2]. El uso de suelo es tan importante para alimentación y supervivencia y al mismo tiempo su deterioro representa un problema para la durabilidad de esta alimentación, por ello es de suma importancia desarrollar esquemas de manejo sustentable [3].

En los últimos años, la problemática del cambio de uso del suelo en México y particularmente del municipio de Zapotlán el Grande está relacionada con el hecho de que una gran superficie de terrenos que se dedicaban a la agricultura temporal fue abierta y dedicada a la agricultura protegida, invernaderos u horticultura, casa sombra o acolchados plásticos con rendimientos cada vez menores a medida que los suelos pierden su fertilidad original [4].

Esta nueva tendencia que se ha dado al uso de suelo, es considerada como una alternativa para cubrir la demanda de alimentos para consumo nacional y para la exportación.

En este sentido, el avance tecnológico permite que la información satelital se convierta en una alternativa apropiada para atender las exigencias medioambientales, ya que, bajo ciertas restricciones, es posible adquirir información de la cobertura del suelo de años anteriores, lo que permitiría conocer los procesos que determinan la situación actual de uso de la tierra [5]. Este completo conocimiento del medio y el posterior diseño de técnicas agrícolas adecuadas es posible gracias al desarrollo de distintas técnicas geomáticas como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la geoestadística, y, por supuesto, la percepción remota.

La percepción remota surge como un conjunto de técnicas que pueden, de forma eficiente, identificar y cartografiar cultivos y sistemas agrarios a lo largo de grandes superficies [6][7]. Estas técnicas pueden abaratar los costos y reducir el tiempo de trabajo obteniendo mejor precisión en el conocimiento del uso del suelo que las visitas a campo de un limitado número de parcelas. En este caso, la precisión del mapa temático obtenido es extremadamente importante porque este mapa puede ser usado como herramienta administrativa de control y seguimiento para tomar la decisión de Conceder /No Conceder la prestación del cultivo.

Las aplicaciones de la percepción remota en el ámbito agrario son inmensas y así se ha constatado en los numerosos trabajos e investigaciones que se han desarrollado desde su origen hasta la actualidad. La teledetección es una herramienta muy válida para la clasificación de usos de suelo y entre sus aplicaciones están la monitorización y el control de cultivos [8][9], la elaboración de mapas de las características del suelo [10][11], el estudio del estado fitosanitario de los cultivos [12][13], el seguimiento y predicción de cosechas [14] [15], y la evaluación de cambios en el paisaje agrario [16][17]. En nuestro caso, centraremos nuestro estudio en esta última aplicación.

El objetivo de este estudio es evaluar el cambio de uso del suelo provocado por la agricultura protegida (invernaderos) en el periodo 2000-2015 en el municipio de Zapotlán el Grande Jalisco, México, a través de imágenes satelitales LANDSAT, a fin de analizar el cambio en el paisaje agrícola y poder tener la posibilidad de evaluar las modificaciones en un ecosistema y sus efectos ambientales.

Los efectos ambientales por el cambio de un ecosistema, lleva a un cambio de modo de vida, movimientos demográficos, transformaciones de las condiciones sociales y económicas, innovaciones tecnológicas de muy variado signo y alcance. Todo contribuye, con el transcurrir del tiempo, y sigue contribuyendo todavía, a modificar la gama de los alimentos, los modos de prepararlos y las maneras de consumirlos, así como las razones por lo que se hace lo uno o lo otro, pero sobre todo puede llevar a afectar la seguridad alimentaria de una población [18].

MATERIAL Y MÉTODOS

El enfoque metodológico aplicado aquí se basa en técnicas de análisis espacial para determinar los cambios de cobertura y uso de suelo. El análisis del cambio de uso de suelo es a nivel general de la extensión de los invernaderos así como los cambios que se han dado entre los años 2000 y 2015. La metodología utilizada es similar a la aplicada por Oliva et al. (2009) [3].

El área de estudio es el municipio de Zapotlán el Grande, uno de los municipios más importantes en la producción de horticultura, un municipio pequeño, con poco más de quinientos kilómetros cuadrados de superficie, situado al sur de Jalisco, en la región occidente de México y según el censo de población y vivienda de 2010, el municipio tiene 100,534 habitantes de los cuales 97,750 habitantes se localizan en la cabecera municipal Ciudad Guzmán, convirtiéndose en el más importante centro urbano de la región [19].

Para delimitación de la zona de estudio se utilizó un polígono con datos vectoriales de INEGI considerando los limites municipales [20].

El mapeo de cobertura y uso de suelo se realizó mediante el algoritmo de agrupamiento estadístico de clasificación supervisada, un procedimiento digital aplicado a las imágenes de satélite recomendado para el análisis espacial cuando hay un conocimiento previo del área de estudio y también porque permite la selección de las clases y subclases acorde a la necesidad del tipo de análisis y el objetivo La clasificación supervisada es uno de los tipos de clasificación más

utilizada en campo de percepción remota e implica la selección de unas zonas de entrenamiento por parte del usuario que posteriormente son utilizadas para clasificar toda la escena [21].

Para elaborar los mapas de cobertura y uso de suelo se obtuvieron cuatro imágenes de satélites *Landsat TM y ETM* (2000, 2005, 2010 y 2015) del sitio web http://earthexplorer.usgs.gov/. Se verificó que las imágenes de satélite estuvieran adecuadamente georeferenciadas. Después se usó el *plugin de semi-automatic clasification* desarrollado por el italiano Congedo para el programa Quantum GIS (Qgis) un Sistema de Información Geográfico libre para la calibración de las imágenes de cada año, es decir convertir los niveles digitales de la imagen a unidades de reflectividad, cuanto mayor sea el valor de porcentaje de radiación ésta está siendo reflejada por la cubierta. Después pasamos a definir las longitudes de onda de cada banda de entrada del satélite *Landsat 8* correspondiente al 2015 y Landsat 7 a las imágenes de 2000, 2005 y 2010.

El área de estudio corresponde al polígono de Zapotlán el Grande, se sobrepuso sobre cada una de las imágenes y se realizó un recorte del área en cada una de las bandas de las imágenes 2000, 2005, 2010 y 2015, usando el sistema de coordenadas UTM, zona 13, con *Datum WGS84* y una resolución de 30 m por pixel. El recorte de las bandas con el polígono nos generó un área específica de estudio transformada en formato raster.

Utilizando *el SCP: ROI creation*, creamos un shapefile que nos sirvió como almacenamiento de las áreas de entrenamiento. Para nuestra clasificación se utilizaron 6 clases: vegetación arbórea, bosque ripario, cultivos temporales, suelo, cuerpos de agua e invernaderos (tabla1).

Tabla1. Tipos de cobertura del suelo y su descripción empleadas en la clasificación supervisada de las imágenes de satélite.

Identificador (MC ID)	Cobertura	Descripción
1	Vegetación arbórea	Se refiere al bosque y la vegetación secundaria arbórea con diferentes alturas
2	Bosque ripario	Incluye los tipos de vegetación asociado a cuerpos de agua.
3	Cultivos temporales	Áreas de pastura del ganado bovino. Esta cobertura se refiere a las zonas de agricultura de temporal
4	Suelo	Se refiere a suelo desnudo, rocoso y sin vegetación
5	Invernaderos	Los cultivos agrícolas de riego que representan una cubierta de plástico o vidrio
6	Agua	Cuerpos de agua permanentes

La clase de asentamiento humano que se refiere a zonas habitacionales no se ha tomado en cuenta en el análisis de cambios, dado que la firma espectral de las casas habitaciones y su material de construcción son similares a la de los invernaderos, por lo tanto se ha realizado un recorte de la zona urbana para evitar una confusión a la hora de la clasificación.

Después de crear todas las clases y verificar la separabilidad entre las clases, con el algoritmo de *Spectrun Angle Mapping en la classification algorithm* podemos clasificar todas la imágenes de manera supervisada y con Accuray podemos calcular la matriz de confusión de la clasificación. Una vez terminada la clasificación, tomando en cuenta la frecuencia y la distribución espacial de los tipos de cambio de suelo entre los años 2000 y 2015, se realizaron salidas de campo al municipio de Zapotlán el Grande para validar los distribución espacial actual de los invernaderos.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El mapa de distribución de los diferentes tipos de vegetación en el municipio de Zapotlán el Grande del año 2000, demuestra que la clase de vegetación arbórea, bosque ripario, cultizzvos temporales y suelo ocupan toda la superficie de la área de estudio. A pesar que en la figura 1 no se alcanza a ver la superficie de los invernaderos, se ha encontrado varios fragmentos de 5 hectáreas que representan el 5% del total de 9979 hectáreas dedicadas a la agrícola en la zona.

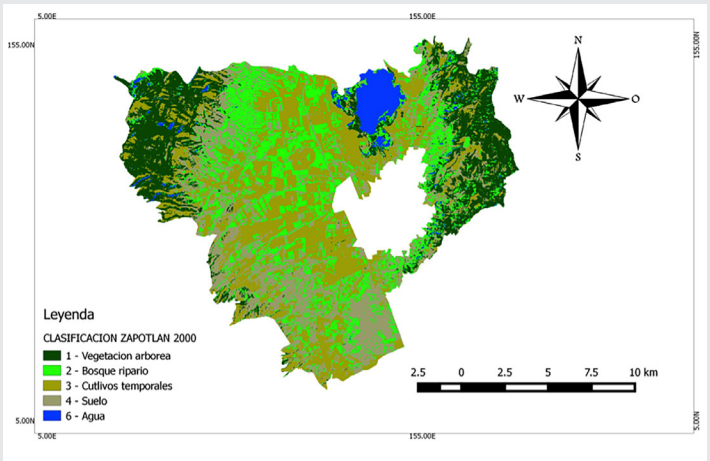


Figura 1. Mapa de cobertura y uso de suelo del municipio de Zapotlán el Grande año 2000.

En el mapa de distribución espacial del año 2005 (figura 2), encontramos que la superficie de los invernaderos ha ocupado algunos de los cultivos temporales con un aumento de 1.9% en comparación con el año 2000.

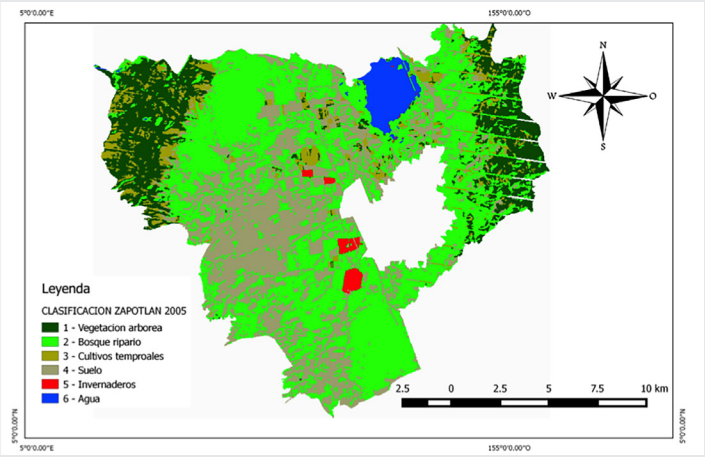


Figura 2. Mapa de cobertura y uso de suelo del municipio de Zapotlán el Grande año 2005.

2010 por su parte demuestra que los invernaderos ocupan una superficie de 350 hectáreas de los 9979 hectáreas, es decir el 3,5% del total (figura 3).

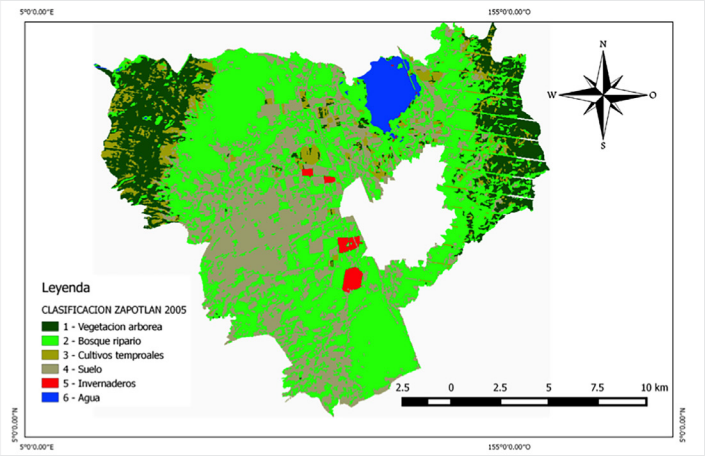


Figura 3. Mapa de cobertura y uso de suelo del municipio de Zapotlán el Grande año 2010.

Sin embargo, el cambio más importante se puede apreciar muy bien en el mapa de distribución del año 2015, es cuando los invernaderos ocupan una superficie significativa de 1250 hectáreas a costa de los cultivos temporales. Esta superficie representa el 12.5 % de la superficie total agrícola del municipio (figura 4).

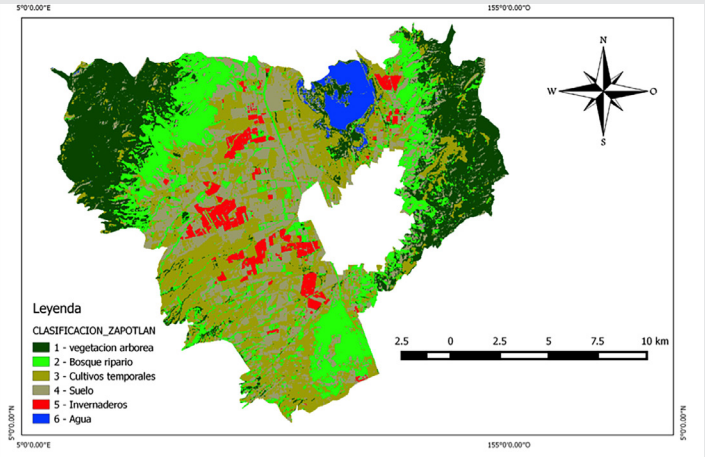


Figura 4. Mapa de cobertura y uso de suelo del municipio de Zapotlán el Grande año 2015.

En la figura 5 se representa de manera gráfica la tendencia en el aumento de la superficie de los invernaderos en hectáreas entre los años 2000 y 2015. Se puede apreciar muy bien que este tipo de cultivo ha manifiesta un gran ascenso a partir del año 2010.

Figura 5: Superficie ocupada por invernaderos por año (2000-2015)

Cabe señalar que en este trabajo, nos interesa solamente analizar el cambio en el paisaje agrícola y poder tener la posibilidad de evaluar las modificaciones en un ecosistema. Para la interpretación de las imágenes, la delimitación de ciertos tipos de cobertura puede ser difícil y subjetiva.

De la misma manera, los errores temáticos pueden resultar de una clasificación errónea de las imágenes. Sin embargo, estos errores no cobrarían importancia en el presente estudio dado que la evolución de cambio de las hectáreas con invernaderos se puede observar de manera muy significativa independiente de los errores de la distribución en los mapas.

A partir de los resultados obtenidos, el cambio de cobertura y uso del suelo entre los años 2000 y 2015 representa un aumento en la extensión de la agricultura protegida o invernaderos. Estos cambios tienen una mayor extensión en la áreas que eran para agricultura temporal aún cuando, en términos absolutos, las cifras pueden estar subvaluadas o sobrevaloradas. La extensión de dichos cambios puede conllevar a problemas ambientales severos que a su vez podrán afectar la alimentación y por supuesto la seguridad alimentaria de la población del Municipio de Zapotlán el Grande.

REFERENCIAS

[1] García-Olmedo, F. (1998). La tercera revolución verde. Temas de debate, Editorial Debate: Madrid.

[2] Vitousek, P., Mooney, M., Lubchenco, J. & Melillo j. (1997). Human Domination of Earth's ecosystems. Science. 277, 494-499.

[3] Oliva, V. E., López, B. L. Caballero, N. J. y Martínez, A. M. A. (2010). Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. Investigaciones Geográficas, 72, 23-38.

[4] Serrano, E. (2002). Contribución al conocimiento del Mexico forestal. Revista de información y análisis, 22, 9-14.

[5] García-Torres, L., López Granados, F., Peña Barragán, J. M., Jurado Expósito, M.,García-Ferrer, A. & Sánchez-de la Orden, M. (2004). Seguimiento administrativo de medidas agroambientales por teledetección. Agricultura, 866, 706 711.

[6] Peña-Barragán, J.M., López-Granados, F., Jurado-Expósito, M. & García-Torres, L. (2010). Sunflower yield related to multi-temporal aerial photography, land elevation and weed infestation. Precision Agriculture, 11, 568-585.

[7] South, S., Qi, J. & Lusch, D.P. (2004). Optimal classification methods for mapping agricultural tillage practices. Remote Sensing of Environment, 91, 90-97.

[8] Li, S., Li, M., Ding, Y. & Zhao, R. (2010). Variable rate fertilization based on spectral index and remote sensing. En A. M. Larar, H. Chung, y M. Suzuki, (Eds.) Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Remote Sensing Technology, Techniques, and Applications III: Vol. 7857, The International Society for Optical Engineering (pp. 785719-785719), Incheon, Republic of Korea: Proceedings of SPIE.

[9] López Granados, F., Gómez Casero, M.T., Peña Barragán, J.M., Jurado Expósito, M. & García Torres, L. (2010). Classifying irrigated crops as affected by phenological stage using discriminant analysis and neural networks. Journal of the American Society for Horticultural Science, 135, 465,473.

[10] Leon, C.T., Shaw, D.R., Cox, M.S., Abshire, M.J., Ward, B. & Wardlaw III, M.C. (2003). Utility of remote sensing in predicting crop and soil characteristics. Precision Agriculture, 4,359-384.

[11] López-Granados, F., Jurado-Expósito, M., Peña-Barragán, J. M. & García-Torres, L. (2005). Using geostatistical and remote sensing approaches for mapping soil properties. European Journal of Agronomy ,23, 279-289.

[12] Feng, L., Wu, W., Chen, X., Tian, L., Cai, X. & Su, G. (2010). Diseases and insect pests area monitoring for winter wheat based on HJCCD imagery. Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 26, 213-219.

[13] Jing, X., Huang, W., Ju, C. & Xu, X. (2010). Remote sensing monitoring severity level of cotton verticillium wilt based on partial least squares regressive analysis. Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 26, 229-235.

[14] Chaudhari, K.N., Tripathy, R. & Patel, N. K. (2010). Spatial wheat yield prediction using crop simulation model GIS remote sensing and ground observed data. Journal of agrometeorology, 12(2),174-180.

[15] Huang, Y., Zhu, Y., Wang, H., Yao, X., Cao, W., Hannaway, D. B. & Tian, Y. (2014). Predicting winter wheat growth based on integrating remote sensing and crop growth modeling techniques. Shengtai Xuebao/ Acta Ecologica Sinica, 31(4), 1073-1084.

[16] Ducrot, D., Masse, A., Ceschia,L. E., Marais-Sicre, C. & Krystof, D. (2010). A methodology for the detection of land covers changes: Application to the Toulouse southwestern region. En L. Bruzzone (Ed.). Image and Signal Processing for Remote Sensing XVI: Vol. 7830. (pp 7830), Toulouse: France.

[17] Pôças, I., Cunha, M. & Pereira, L.S. (2011). Remote sensing based indicators of changes in a mountain rural landscape of Northeast Portugal. Applied Geography, 31, 871-880.

[18] Contreras, J. & García, M. (2005) Alimentación y Cultura, perspectivas antropológicas. Ediciones Ariel: España.

[19] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Censo de población y vivienda. Versión en línea http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/

[20] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). Capas vectoriales de infraestructura de conjunto vectorial. Carta Topográfica 1:50 000 (ed. 2015). México.

[21] Chuvieco, E. & Huete, A.(2010). Fundamentals of Satellite Remote Sensing. CRC Press. Taylor and Francis Group: EE.UU.

Tierra,
Medio Ambiente
y Energía
Ingeniantes
Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Enriquecimiento proteínico óptimo determinado sensorialmente, a costos y tecnología equivalentes en totopo Istmeño

Colaboración
Jesús Eduardo León Tarín, Instituto Tecnológico del Istmo

Resumen: *Se determinó la cantidad óptima de adición de proteína al producto alimenticio totopo tradicional de la región utilizando sorgo blanco, sin alterar perceptiblemente las propiedades organolépticas ni los costos y con tecnología muy similar del producto original. Se entrenó un panel de catadores local con la técnica del QDA para realizar las evaluaciones sensoriales de las muestras con cantidades crecientes de adición de sorgo. Se encontró que adicionando un 30 % de sorgo blanco al totopo tradicional, incrementamos un 11.7% el contenido proteínico del mismo, pasando de 9.7% aproximadamente hasta 10.84%. A los niveles de consumo regional estimado, estaremos incrementando un 7 a 8% el aporte proteico diario de la población Istmeña, sin cambiar hábito alimenticio o costo alguno, y con tecnología similar al alcance de las productoras.*

Palabras clave: Maíz, Nutrición, QDA, sorgo, totopo

Abstract: It was determined the ideal quantity of protein addition to totopo, a food product traditional of the region. The procedure was achieved by reusing white sorghum. Which did not alter costs not sensorial properties and continued using similar technology that the product. A local panel of tasters was trained according to QDA skills to perform the sensory evaluations of the samples while increasing the amount of sorghum addition. It was found that adding 30% of white sorghum to the traditional totopo causes an increase of 11.7 % of protein content. The latter meant a change from 9.7% approximately up to 10.84%. At the levels of the estimated regional consumption, there will be a rise of 7 to 8% of the daily protein consumption among the local population. This benefit is met without changing nutritional habits and costs while using similar technology that is within reach of the producers.

Keywords: Corn, Nutrition, QDA, Sorghum, Totopo

INTRODUCCIÓN

La expresión tecnológica y cultural, por antonomasia, del consumo de maíz nixtamalizado en el Istmo de Tehuantepec, lo constituye la elaboración y consumo de totopo elaborada a base de maíz zapalote chico y a veces de híbridos comerciales.

Su elaboración significa en la región la única oportunidad de empleo para alrededor de 4000 amas de casa, con un ingreso diario muy cercano al salario mínimo y con una alta compatibilidad con las tareas cotidianas del hogar, difícil de encontrar en las escasas o nulas opciones de empleo para ellas.

Se ha estimado un peso aproximado de 65 gr por unidad con 240 calorías por totopo y con un contenido proteico de 6.3 gr por cada uno [1]. Ateniéndonos a la estimación del consumo que la SARH reportó hace unos años, este producto aporta 1440 calorías y 36 gr de proteína a la dieta diaria por habitante Istmeño [2]. Aprovechando su amplia base social y aceptación, en

este se planteó el desarrollo de un producto denominado "*Totopo forti*" que sin incrementar su precio, ni alterar perceptiblemente sus propiedades sensoriales que pudieran afectar su aceptación, tenga un incremento en la cantidad de proteína que como su nombre lo indica es lo primero que debemos consumir para estar saludables, sobre todo las nuevas generaciones, y sobre todo, los sectores de más escasos recursos, como lo ha reportado el INNSZ que ha catalogado esta región Oaxaqueña como de índice de riesgo nutricional alto: el 40% de la población; 11% en riesgo muy alto y 15% en riesgo nutricional extremadamente alto [3], lo cual es muy grave, pero por ser cotidiano, ya nadie parece percibirlo.

Como no se pretende alterar sus propiedades organolépticas; como no se pretende modificar sensiblemente su elaboración al agregar sorgo blanco por ser su nixtamalización de la misma manera y compatible; como los costos del sorgo blanco y el maíz son los mismos, entonces la factibilidad de adopción de este producto entre las productoras es muy alta y se espera una adopción al menos a nivel experimental en las poblaciones a las que se dé a conocer.

OBJETIVO

Encontrar la dosis óptima de adición de proteína, aportada por el sorgo blanco, que sensorialmente sea imperceptible para un panel de catadores Istmeños y que no altere ni los costos, ni la tecnología utilizada en su elaboración.

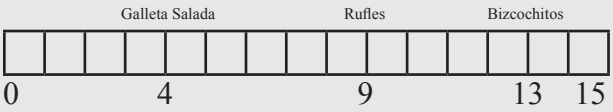
PERSPECTIVA TEÓRICA

El Índice de Riesgo Nutricional es un indicador del estado nutricional de una población o una región elaborado por especialistas del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, involucra 14 variables, agrupadas en tres bloques: estadísticas vitales (indicadores de mortalidad); sociales (de pobreza y marginación); y antropométricas (déficit de talla). Identifica los núcleos sociales en máxima prioridad de atención y establece cinco categorías: riesgo nutricional bajo, moderado, alto, muy alto y extremo (las tres últimas se consideran graves) [3]. Ellos encontraron que el 40% la población Istmeña estaba en riesgo nutricional alto; 11% en muy alto y 15% en riesgo extremo. Siendo el totopo el producto alimenticio tradicional más aceptado en la región, consideramos que es el vehículo más adecuado para proponer un aporte proteico a la población Istmeña.

El QDA o Quantitative Descriptive Analysis [4], [5], [6], [7], [8] es una técnica en la que individuos entrenados, identifican y cuantifican, las propiedades sensoriales de un producto. Esta técnica tiene características como estas:

Un grupo de jueces genera y acuerda en sesión abierta los términos que definen al producto de estudio, y en sesión privada asignan un valor a cada descriptor. Se usan escalas de intensidad no estructurada para cada descriptor, por ejemplo:

Tabla 1 Ejemplo de Escala para el descriptor Crujiente.



Se apoya en análisis estadísticos como ANOVA y Gauge R&R para cuantificar y observar evoluciones y variaciones. Las escalas utilizan materiales de referencia propuestos por los jueces para facilitar el acuerdo en las percepciones. Los jueces son de 6 a 10. En las primeras sesiones se define la descripción del producto [9]. Luego se genera la hoja de respuestas en los términos acordados. Los referentes siempre están presentes. Las marcas de la escala se traducen a calificaciones que son procesadas estadísticamente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para detectar este producto, se siguieron los siguientes pasos:

1. Conseguir la fuente de enriquecimiento (sorgo blanco) de productores locales a precios equivalentes al propio grano de maíz.
2. Nixtamalizar maíz y sorgo en condiciones tradicionales iguales.
3. Preparar la masa en proporciones crecientes de sorgo adicionado desde 0 hasta 100%.
4. Elaborar los totopos en condiciones tradicionales locales similares.
5. Entrenar un panel de catación para definir el totopo a través de las variables:
6. Olor a maíz fresco, olor a pinole, dureza, crujiente, fracturabilidad y color. Hasta que perciban más o menos homogéneas estas propiedades en totopo. Midiendo la evolución con el gauge R&R [10] para verificar visualmente el avance de los jueces en su desempeño.
7. Hacer la prueba con los totopos de las diferentes mezclas. Haciendo un análisis two way ANOVA para cada variable y por juez discriminando con las pruebas múltiples de tukey y HSU, para seleccionar las mezclas adecuadas.
8. Revisar las diferencias entre tratamientos por descriptores para determinar a partir de que adición se percibe organolépticamente diferente totopo, para seleccionar el tratamiento máximo permitido por los sentidos de los panelistas.

Caracterizar la mezcla seleccionada, constituyéndose en el denominado Totopo Forti que se estaba buscando.

Se obtuvo el desempeño de los jueces por cada descriptor y por sesión. A manera de ejemplo se muestra el desempeño para el descriptor Dureza en diferentes etapas, en las siguientes figuras de la 1 a la 4:

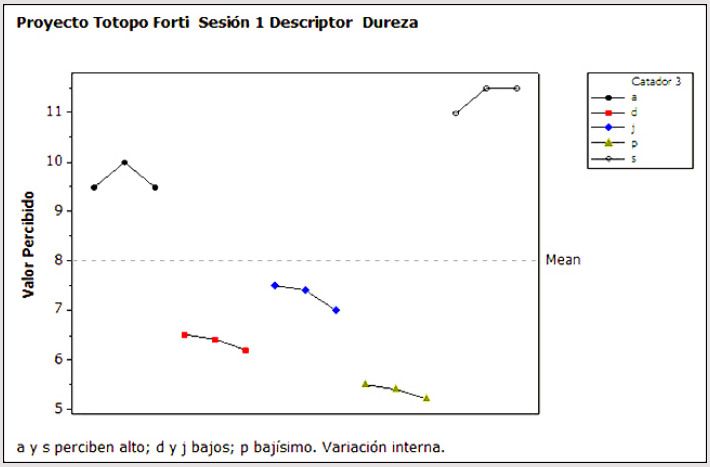


Fig. 1. Ensayo 1 Descriptor Dureza

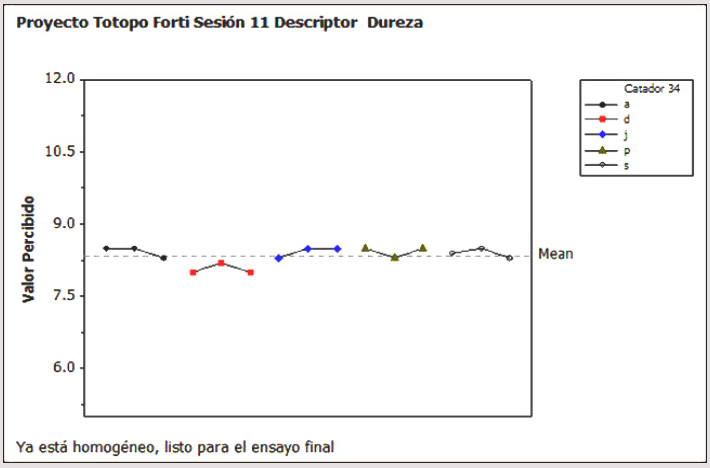


Fig 4. Ensayo 11 Descriptor Dureza

El Gauge R & R del desempeño de jueces por descriptores en el panel por sesión fue el que se muestra en estas cuatro siguientes figuras de la 5 a la 8.

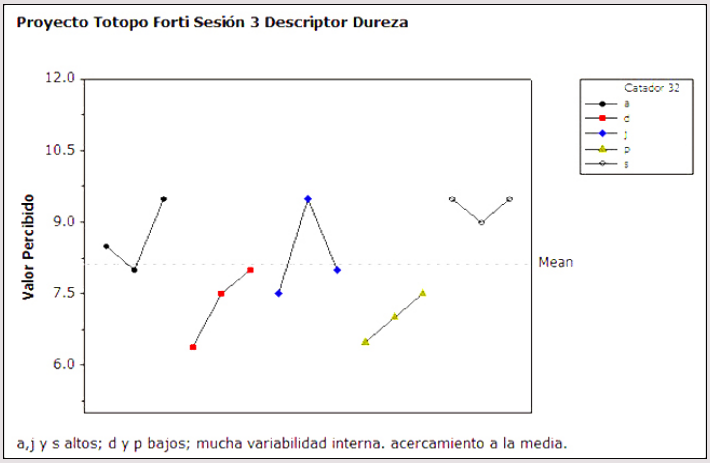


Fig. 2. Ensayo 3 Descriptor Dureza

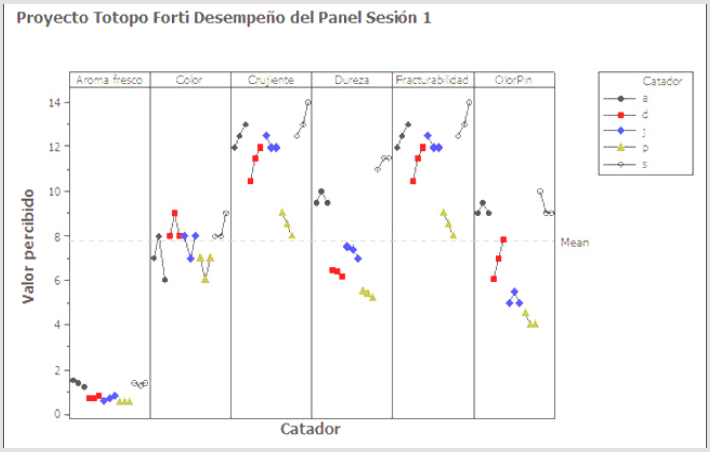


Fig. 5. Ensayo 1 Desempeño de jueces

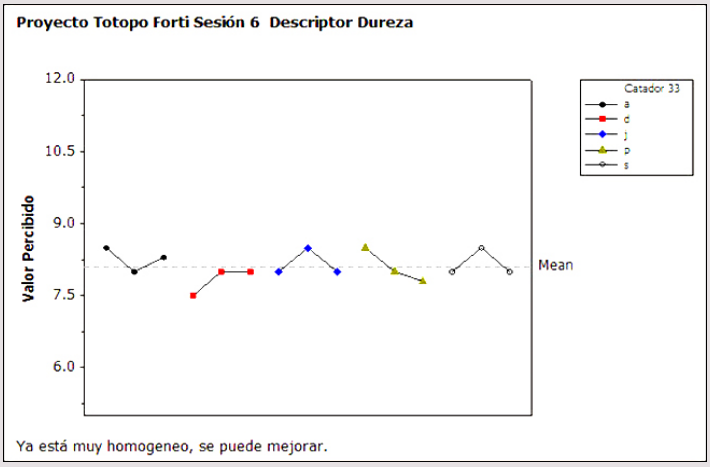


Fig 3. Ensayo 6 Descriptor Dureza

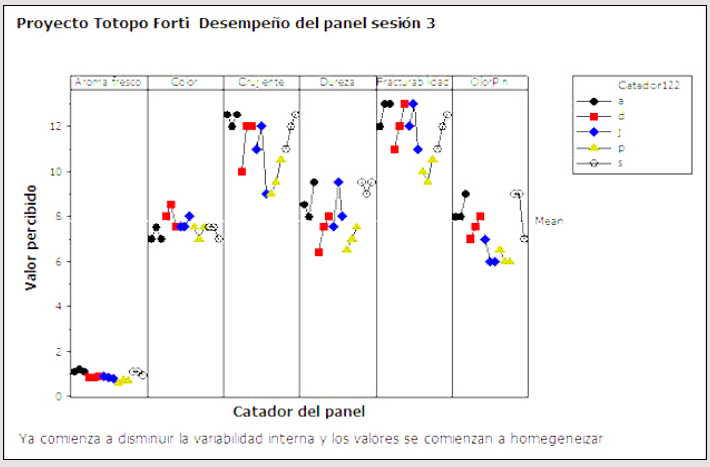


Fig. 6. Ensayo 3 Desempeño de jueces

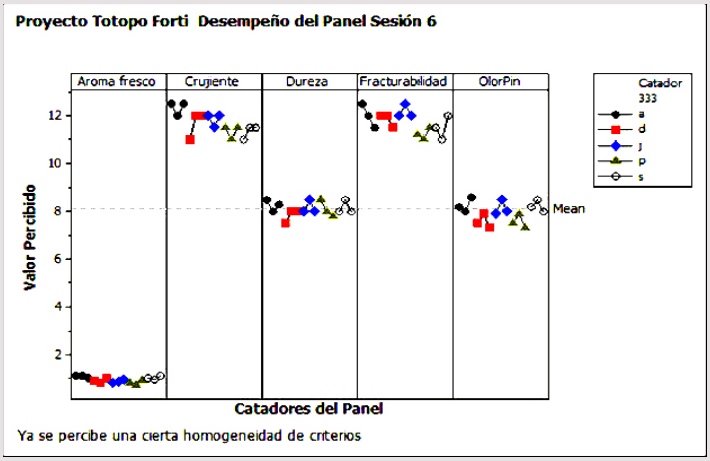


Fig. 7. Ensayo 6 Desempeño de jueces

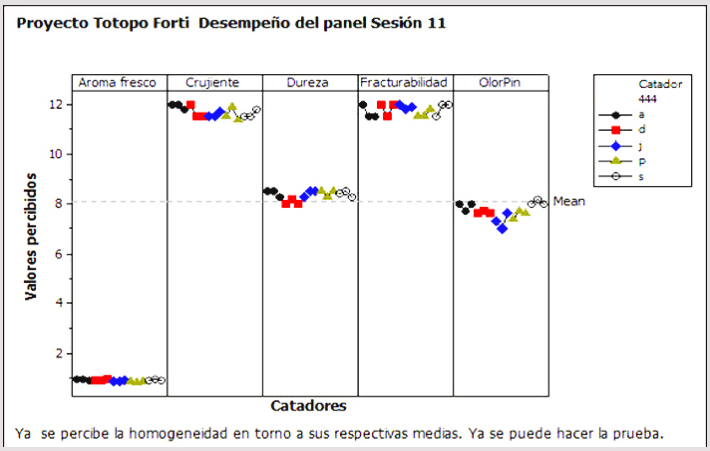


Fig. 8. Ensayo 11 Desempeño de jueces

Donde se puede apreciar de manera visual como la homogeneización de criterios de percepción en torno a los valores en los descriptores se van "suavizando" en torno a sus respectivas medias por efecto del ejercicio, la interacción, la negociación y el entrenamiento de los sentidos de los jueces para percibir las propiedades organolépticas del totopo. Esta es la etapa más crítica y difícil del proyecto, la más tardada y la más costosa. Una vez tenido el panel entrenado, se hacen las pruebas de catación sobre los totopos en donde se han aplicado los tratamientos de cantidades crecientes de Sorgo Blanco y por ende de adición de proteína.

RESULTADOS

Estas son las propiedades del totopo forti seleccionado, Tabla No. 2:

Tabla 2, Características de ambos totopos.

Que a la vista se perciben equivalentes, Fig 9:

Tabla 2, Características de ambos totopos

Característica	**Totopo Forti**	**Totopo Normal**
Peso	≈ 65 Gr.	≈ 65 Gr.
Diámetro	≈22.59 Cm.	≈ 22.59 Cm.
Proteína	**10.84 %**	9.7%
Color	8.86 Unidades	6.80 Unidades
Olor a Maíz fresco	0.66 Unidades	0.80 Unidades
Olor a Pinole	5.40 Unidades	7.62 Unidades
Dureza	8.83 Unidades	7.80 Unidades
Crujiente	9.76 Unidades	11.76 Unidades
Fracturabilidad	11.63 Unidades	10.77 Unidades
Contenido Energético	240 Calorías	240 Calorías
Humedad	5 a 6%	5-6%
Sorgo Blanco añadido	30%	0 %

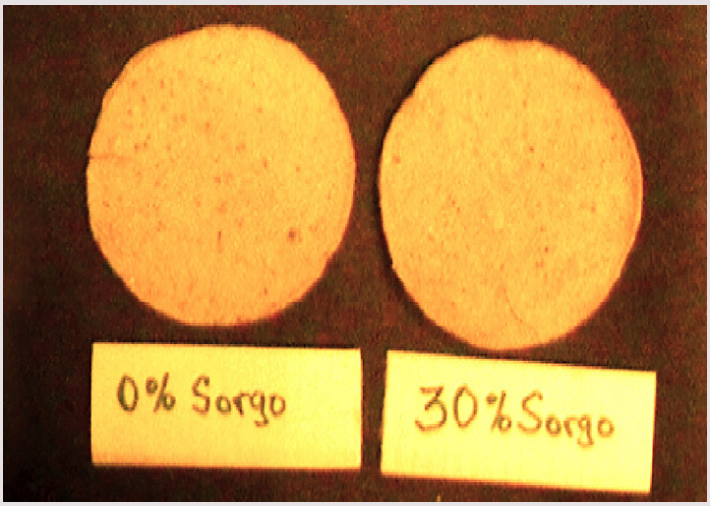


Fig. 9 Apariencia del totopo natural y el Forti

Los resultados de estas pruebas se muestran a continuación, seguidos de sus respectivos análisis estadísticos (two way ANOVA) para elucidar que percepciones son estadísticamente iguales y cuales son diferentes Fig. 10 a 15.

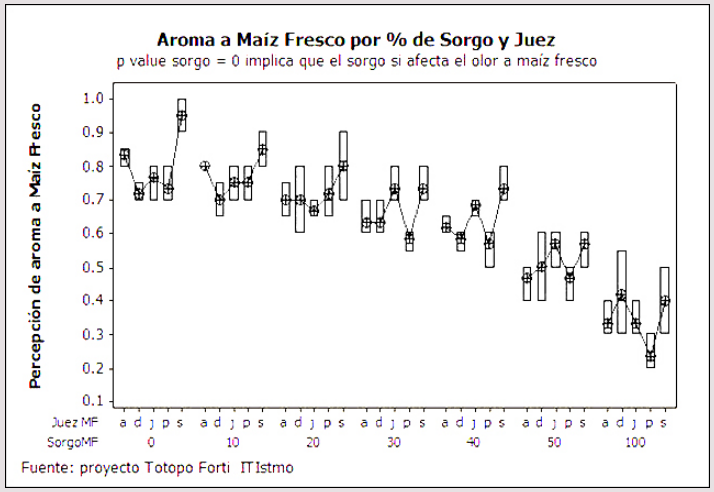


Fig 10. Aroma a Maíz en fn. de Sorgo y Juez

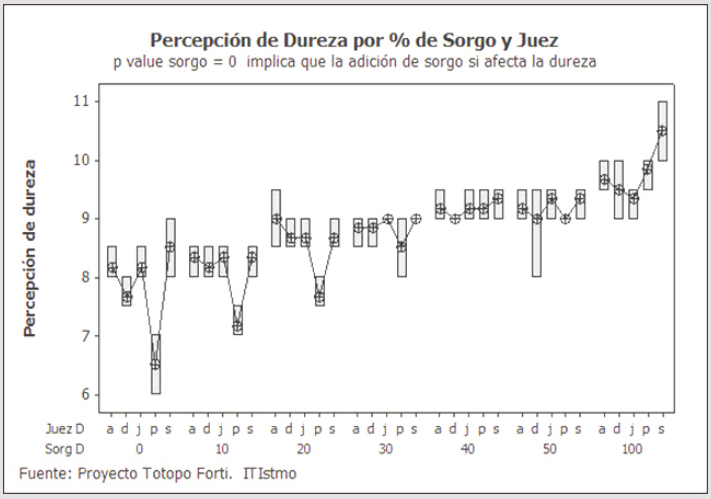


Fig. 13 Dureza en Fn. De Sorgo y Juez

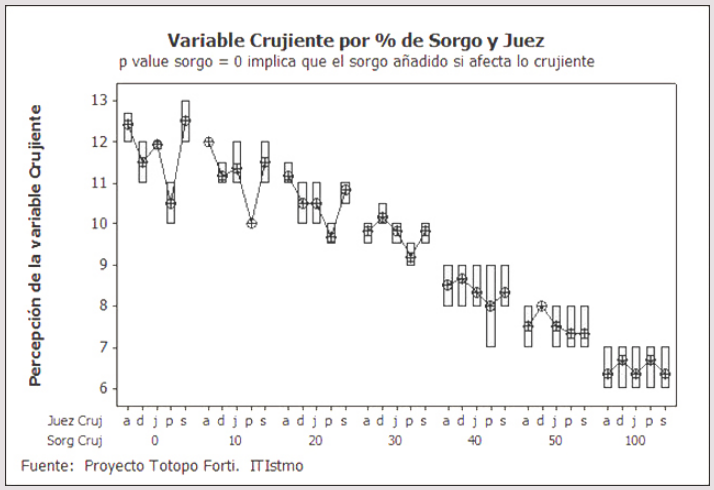


Fig. 11 Crujiente en Fn. De Sorgo y Juez

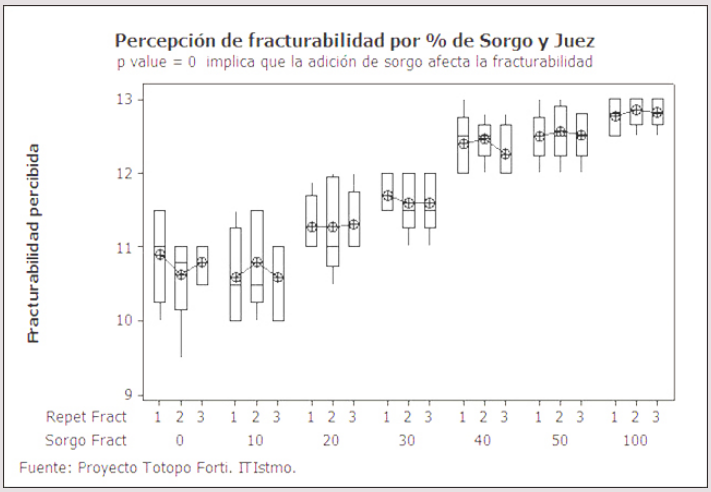


Fig. 14 Fracturabilidad en fn. De Sorgo y Juez

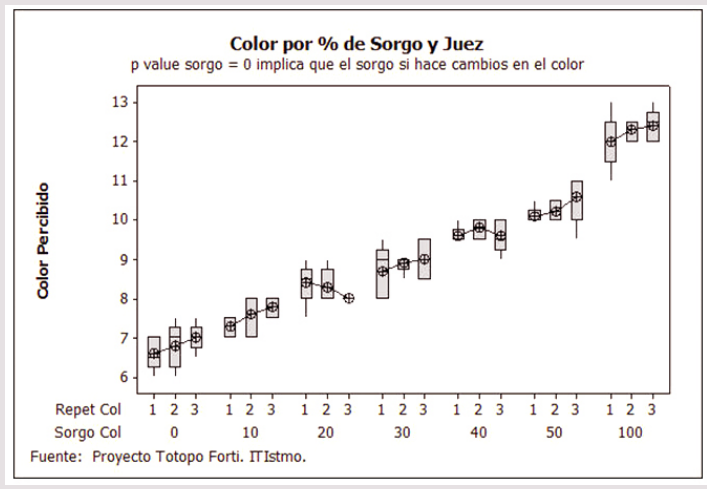


Fig. 12 Color en fn. De Sorgo y Juez

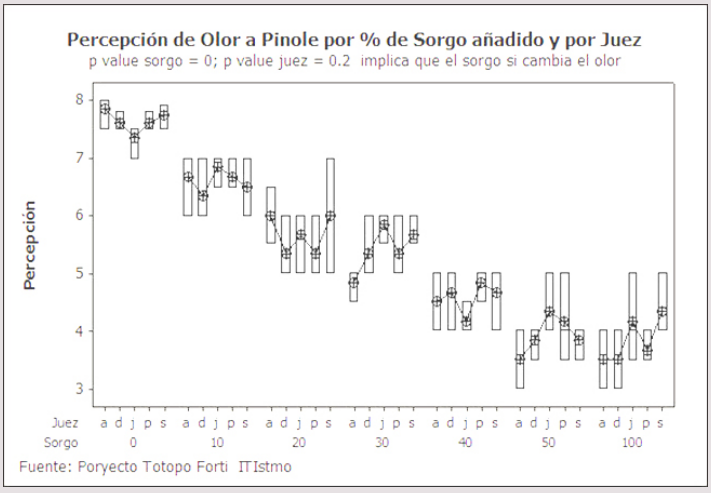


Fig. 15 Olor a pinole en fn de Sorgo y Juez

En la Fig. 16 se observa el incremento lineal calculado de Proteína en función de la adición de sorgo.

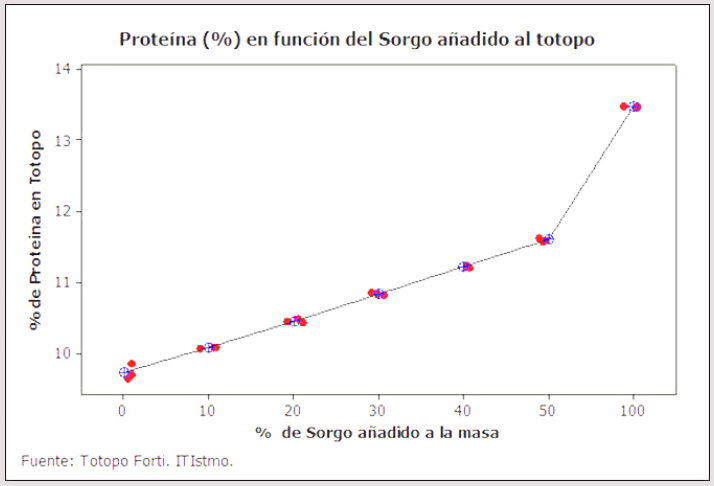


Fig. 16 % Proteína en Fn del Sorgo añadido

Los respectivos ANOVAS para cada Descriptor y por juez, así como las pruebas múltiples de Tukey para la elucidación respectiva fueron obtenidos e interpretados.

Se graficaron los resultados de los ANOVAS y las pruebas múltiples de Tukey para ver que tratamientos estaban ligados en cada descriptor. Las uniones en rojo indican igualdad de percepción, el color blanco indica diferencia entre tratamientos. El camino verde entre los tratamientos 30% y 40% nos indica claramente una percepción diferente a partir de 40%. Por eso se seleccionó el tratamiento de 30% como el máximo de adición de sorgo (léase proteína) sin alterar sensiblemente las características originales o sea que 30% tiene muchas ligas rojas con 0%, 10% y 30%; después del puente verde, tienen muchas conexiones 40%, 50% y 100%. Esto nos indica que el totopo debajo de 30% es diferente al totopo arriba de 40% por eso postulo que 30% es el nivel máximo de adición sin que existan diferencias sensoriales perceptibles estadísticamente.

Tabla 3. Diferencias Estadísticas por tratamiento a=0.05

	Tratamientos					
Descriptor	0	10%	20%	30%	40%	50%	100%
Olor Pinole							
Crujiente							
Maíz Fresco							
Color							
Fracturabilidad							
Dureza							

Diferentes en todos los descriptores

CONCLUSIONES

El tratamiento consistente en adicionar 30% de sorgo en la elaboración de totopo, conduce a un producto que sensorialmente no se percibe desagradable como si ocurre con los tratamientos arriba de 40% y que sin embargo, tiene proteína adicionada y se elabora de la misma manera que el original y cuesta lo mismo.

RECOMENDACIONES

- Hacer pruebas demostrativas degustativas a las productoras, para ir invitándolas a su elaboración cotidiana.
- A los planificadores municipales invitar a los productores que produzcan un poco de sorgo blanco simultáneo al sorgo tradicional forrajero para tener materia prima para el proyecto.
- Repetir la experiencia con apoyo de laboratorio de análisis bromatológicos certificado.

EVIDENCIA GRÁFICA

Fig 16 La familia de productoras

Fig. 17 La vivienda de las productoras

Fig. 18 El Horno o comezcal

Fig 21 La molienda del grano

Fig 19 Lavado del grano ya cocido

Fig. 22 Acondicionado de la masa

Fig. 20 Sorgo cocido y lavado

Fig. 23 Masa obscura = sorgo; blanca= maíz

Fig. 24 Elaboración de totopos en maquina

Fig. 27 Totopo con referentes para la catación sensoria

Fig. 25 Colocación en el horno

Fig. 28 Negociación y captura de percepciones

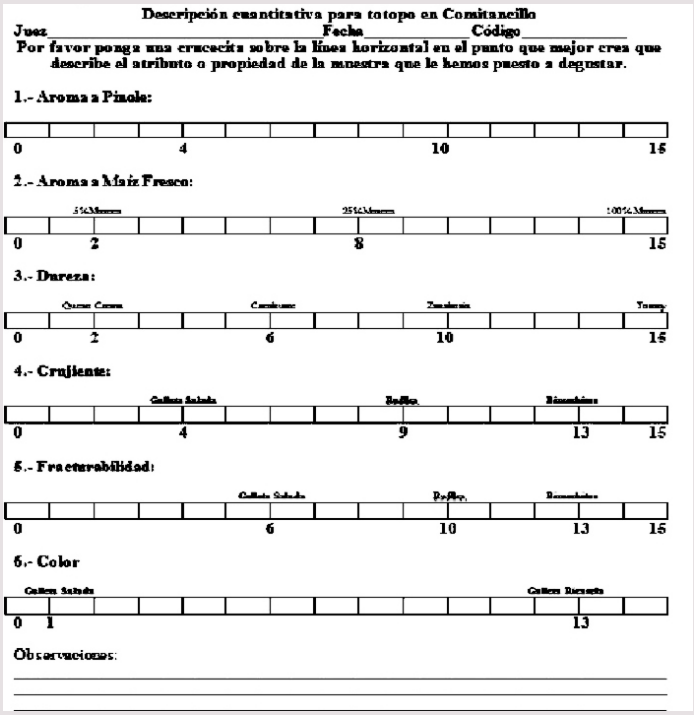
Fig. 26 Catación de los jueces

Fig 29 Panelistas catando totopo

Tabla 4. Definición de descriptores, referencias usadas y valores asignados.

Descriptor seleccionado	Definición referencias y valores usados en este desarrollo para el Quantitative Descriptive Análisis
Aroma a pinole	Olor característico resultante del tostado de los granos de maíz. Maíz zapalote chico de Comitancillo se tostó sobre un comal a 150°C por 7 Min. para molerlo en molino rústico (MT). Se utilizó como inerte aromático sal molida y pura 100% MT=15; 25% MT=10; 5%MT=4
Olor a Maíz Fresco	Olor característico de la harina de Maíz nixtamalizado (MASECA). Inerte sal molida comercial. 100% MASECA=15; 25%MASECA = 8; 5%MASECA =2
Dureza	Fuerza requerida para comprimir el totopo entre las muelas. Queso crema en cubos de 0.5" por lado (Philadelfia de Craft) = 2 Cacahuate entero sabritas = 6; Zanahoria fresca y cruda rebanadas de 0.5" de espesor= 10; Dulce tommy de montes: 15
Crujiente	Intensidad sonora que se percibe al masticarlo. Biscochitos de Gamesa = 13; Ruffles de Sabritas = 9; Galleta salada Gamesa = 4
Fracturabilidad	Fuerza con que un totopo se rompe, se desmorona o se hace pedazos. Biscochitos de Gamesa= 13; Ruffles de Sabritas = 10; Galleta salada de Gamesa= 6
Color	Color que se percibe en el centro del totopo. Galleta salada de Gamesa= 1; Galleta Ricanela= 13

Tabla 5 Hoja de anotaciones para el QDA


Descripción cuantitativa para totopo en Comitancillo

Juez _____ Fecha _____ Código _____

Por favor ponga una crucecita sobre la línea horizontal en el punto que mejor crea que describe el atributo o propiedad de la muestra que le hemos puesto a degustar.

1.- Aroma a Pinole:

0 4 10 15

2.- Aroma a Maíz Fresco:

5%Maseca 25%Maseca 100%Maseca

0 2 8 15

3.- Dureza:

Queso Crema Cacahuate Zanahoria Tommy

0 2 6 10 15

4.- Crujiente:

Galleta Salada Ruffles Biscochitos

0 4 9 13 15

5.- Fracturabilidad:

Galleta Salada Ruffles Biscochitos

0 6 10 13 15

6.- Color

Galleta Salada Galleta Ricanela

0 1 13

Observaciones:

_____

_____

_____

REFERENCIAS

[1] León, T. J. E. "Caracterización del totopo de la S.S.S. Tona Taati del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca" Tesis de Ingeniería Agroindustrial U.A.Ch. Chapingo, México, Mayo, 1994.

[2] Quezada, S. "Documento para la conformación de la sociedad Gueta Guana" Subgerencia de Organización. Depto. De Desarrollo Rural IV del Istmo de Tehuantepec, 1988.

[3] (2011) El mapa del hambre en México. [Online]. Available: http://www.jornada.unam.mx/2005/06/26/mas-daniela.html

[4] Stone, H. y Sidel, J. L. Sensory Evaluation Practices, 2ª ed., Academic Press Inc., 1993.

[5] Pedrero, F. D. L . y Pangborn, R. M. Evaluación sensorial de los alimentos. Metodos Analíticos. Alhambra, Mexico, 1989.

[6] Gillete, M. "Applications of descriptive analysis" Journal of Food Protection, vol. 47, No. 5: pp. 403–409, 1984.

[7] Stone, H. (2010). Quantitative Descriptive Analysis (QDA®) [Online]. Available: http://www.sensorysociety.org/ssp/wiki/Quantitative_Descriptive_Analysis/

[8] Gácula, M. C. Jr. (1997) Descriptive Sensory Analysis in Practice. [Online]. Available: http://books.google.com.mx/books?id=Q88tNpsVx0AC&pg=PA63&dq=-Cereal+Foods+World+25%2810%29&hl=es&sa=X&ei=epZBT5LRIqq22gWX0-GWCA&ved=0CGIQ6AEwCQ#v=onepage&q=Cereal%20Foods%20World%2025%2810%29&f=false

[9] Civille, G. V. y Lawless, H. T. "The importance of language in describing perceptions" Journal of Sensory Studies, vol. 1, pp. 203–205, 1986.

[10] Grima, C. et al. (2004). Estadística con MINITAB . Pearson, Prentice Hall. España.

Bioquímica y Biológicos

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Proceso para la elaboración de un biofertilizante a base de Sargassum

Resumen: La innovación consiste en estandarizar un proceso para la obtención sustentable de un Biofertilizante. El proceso se caracteriza por llevar a cabo una fermentación acelerada utilizando el alga Sargassum como materia prima, sobre la cual actúa un consorcio microbiano presente en suelos húmicos de la región que descomponen al alga mediante el uso del concentrado de microorganismos, la lombriz roja californiana y a una temperatura controlada menor a 50 °C., que serán los elementos que estarán a cargo de agilizar el proceso de fermentación.

Para la obtención del Biofertilizante se pasa por seis etapas: enjuague del alga marina, triturado del alga marina, mezcla de ingredientes, obtención de la composta, obtención de la lombricomposta, recuperación de los organismos micrófagos. Del proceso mencionado se obtiene un producto constituido por una mezcla de algas marinas y humus rico en microorganismos que contribuyen a la regeneración de los suelos agrícolas y que puede aplicarse directamente, a través del sistema de riego o por aspersión para fertilización foliar, contiene un porcentaje de humedad que favorece la presencia de microorganismos y una granulometría en particular que resulta de su proceso de obtención, la cual facilita su asimilación por parte de los cultivos agrícolas.

Palabras clave: Biofertilizante, consorcio, fermentación, mircroorganismo, sustentable.

Colaboración
María Elena Cuxim Suaste; Reyna Verónica Balam Cen,
Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo

Abstract: The innovation is to standardize a process for the sustainable development of a biofertilizer. The process is characterised by doing a fermentation, using the Sargassum seaweed as Raw materials, on which it is a present microbial consortium in soils humicos of the region that decomposes the algae by the use of focused of microorganisms, the californiana red worm and a less controlled temperature than 50 °C, will be in charge of shortening the process of fermentation.

For the obtain biofertilizer it goes through six stages: wash of Sargassum seaweed, just shredded of seaweed, a mixture of ingredients, procurement of your compost, obtain the lombricompost, reclamation of the microfagos bodies, the process mentioned you get a product comprising a mixture of seaweed and high humus in microorganisms that are to the regeneration of soils of agriculture and can be applied directly through the irrigation system or aspersion for fertilization foliar contains a percentage of moisture that promotes the presence of microorganisms and a granulometria, in particular, that it is of the procurement process, which facilitates its assimilation by the cultivation of agriculture.

Keywords: Biofertilizer, consortium, fermentation, microorganisms, sustainable.

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta de "innovación" (IMPI, 2014), se refiere a la producción de un "Biofertilizante" (El Mundo, 2010), constituido

por: un porcentaje entre 70 y 80% de "algas marinas" (Canales, 1999), principalmente de la especie "Sargassum natans" (Morales, 2013), que en recientes fechas ha representado un serio problema para el sector turístico de Quintana Roo por presentarse en grandes cantidades en las playas expulsadas del mar y que no presentan condiciones de descomposición, por lo que puede ser aprovechada para fines de aprovechamiento; de igual manera se incorporaría un porcentaje de entre 30 y 20% de humus, extraído de las áreas selváticas del estado de Quintana Roo, el cual es rico en "microorganismos" (Mauz, 2006), benéficos para los cultivos agrícolas, principalmente: nódulos de bacterias nitrificantes, levaduras y hongos microscópicos.

Para el logro de lo anterior se propone poner en práctica dos procesos; El primero corresponde a la degradación "(compostaje y lombricompostaje)" (Brunatto, 1980), que favorecen la disponibilidad de los nutrientes que conforman este producto, el cual es de color oscuro, lo que evidencia la presencia de minerales y materia orgánica que favorecen la nutrición vegetal y la regeneración del suelo agrícola (Thompson, L.M. y F.R.T. 1988). En las pruebas realizadas a la fecha se cuenta con un porcentaje de humedad de entre 70 y 80% y una granulometría de entre 5 y 14 mm como característica que resulta de su proceso de obtención. Por otro lado en los análisis previos realizados, se han detectado los siguientes porcentajes de macronutrientes: Nitrógeno hasta un 4.18%, Fósforo hasta un 2.7%, Potasio hasta un 1.6%.

OBJETIVO

El objetivo de esta innovación consiste en estandarizar un proceso innovador para la fermentación del "alga marina Sargassum natans" (López, 1999), para la obtención de un biofertilizante, empleando un "consorcio microbiano" (Prescott, 2008), de humus nativo y la "lombriz roja californiana (Eisenia foetida)" (CEILOM, 1984), a una temperatura controlada, que en conjunto agilizan el proceso para obtención del biofertilizante de forma sustentable.

METODOLOGÍA

A continuación se describe el proceso que se llevó a cabo para la elaboración de un biofertilizante a base de Sargassum:

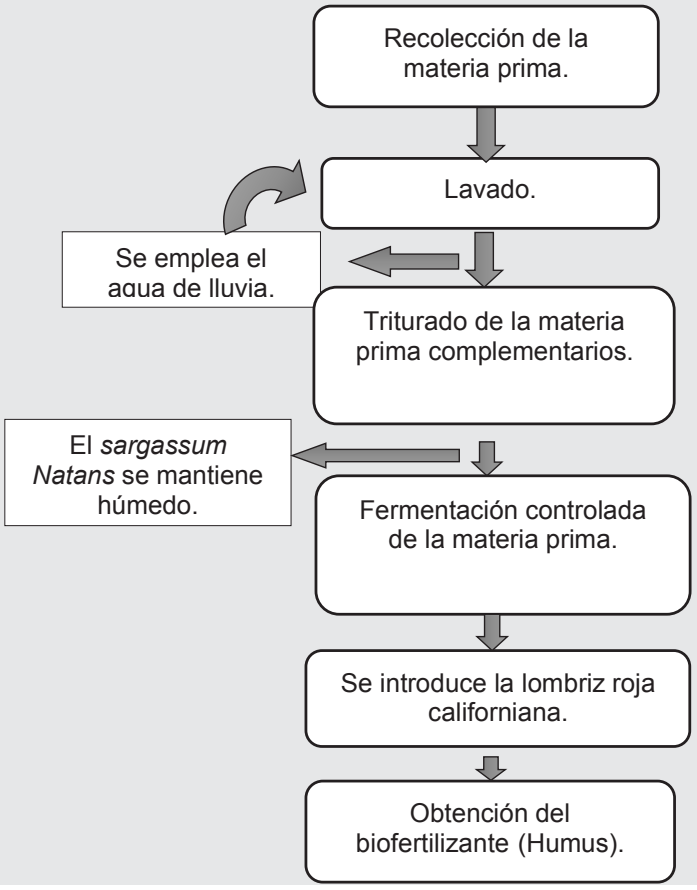
a) Enjuagar el alga marina fresca preferentemente de la especie Sargassum natans por aspersión preferentemente con agua de lluvia para eliminar el exceso de sales (el agua de lluvia con un bajo contenido de sales eliminará el exceso de las que se presentan en el alga Sargassum natans. Además de la presión de enjuague, el "proceso de ósmosis" (Lombricultura Moderna, 1984), en el que las sales pasan de un lugar de mayor concentración a uno de menor concentración, contribuyen con ésta disminución de sales).

b) Mezclar el alga marina preferentemente de la especie Sargassum natans con el "humus preferentemente de las selvas del Estado de Quintana Roo" (UNORCA, 2007), con un porcentaje de entre 5 y 50% de humedad, con presencia de colonias de "microorganismos de los grupos de las bacterias, hongos y actinomicetos" (Prescott, 2008), en un porcentaje que va del 10 al 50%. También contiene un porcentaje que va del 50 al 100% de carbono de origen vegetal.

c) Descomponer el "alga marina preferentemente de la especie del Sargassum natans" (Mis Remedios, 2014), de forma acelerada en un periodo de 15 a 25 días, durante el cual la mezcla se revuelve dos veces al día durante la primera semana y solamente una vez al día en los días siguientes hasta que el producto alcance la maduración. Durante este proceso se cuida que la temperatura generada por la "fermentación" (Restrepo, 1996), no rebase los 70°C.

d) Inocular en la descomposición organismos "micrófagos invertebrados" (Ferruzzi, 2001), preferentemente la lombriz roja californiana (Eisenia foetida), que se alimentan del producto hasta dejarlo con el tamaño de granulo que permite una mejor absorción por parte de los "cultivos agrícolas" (Giaconi, & Escaff, 1993). En la figura 1, se presenta un diagrama del proceso para la elaboración de un Biofertilizante a base de Sargassum.

Figura 1 Proceso para la elaboración de un Biofertilizante a base de Sargassum.



Es asimismo objeto de la invención un "Biofertilizante" (Contin, 2011), que comprende: un porcentaje de entre 50 y 80% de "algas marinas" (Reyes, 1993), preferentemente de la especie Sargassum natans mezcladas con un porcentaje de entre 50 y 20% de humus de selva rico en microorganismos que interactúan entre sí dándole un color oscuro, que evidencia la presencia de minerales y materia orgánica que favorece la "nutrición vegetal" (Lesur, 2006). Cuenta con un porcentaje de humedad de entre 30 y 50% y una granulometría de entre 5 y 14 mm como característica que resulta de su proceso de obtención. En la figura 2, se muestra el Biofertilizante bionatans y en la figura 3, se muestra la presentación del producto.

Figura 2 Biofertilizante Bionatans.

Figura 2 Biofertilizante Bionatans.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

• La obtención del Biofertilizante bionatans a base de Sargassum.

• Aplicando el Biofertilizante Bionatans a los cultivos agrícolas, se reduce de manera significativa el uso de "fertilizantes sintéticos" (Finck, 1998), y el costo de "producción agrícola" (INEGI, 2007).

• Se incrementa la calidad de los "cultivos" (INEGI, 2007), manteniendo la humedad del suelo y ofreciendo una mayor disponibilidad de nutrientes.

• Se mantienen las playas libres de contaminación visual.

• Oportunidad de negocio a nivel nacional para el acolchado, insumo útil para el diseño de paisajes y jardinería, lixiviado, aginato, etc.

REFERENCIAS

Brunatto, F. (1980). Lombricultura: La crianza de lombrices domesticadas-Chile.

Canales López, B. (1999). Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Terra Latinoamericana, julio/septiembre, año/vol. 17, Núm. 003.

CEILOM LTDA. (1984). Centro de Investigación y Desarrollo de Lombricultura, Chile.

Contin, A. (2011). Investigación de los suelos. Editorial Trillas.

Ferruzzi, C. (2001). Manual de lombricultura.

Finck, A. (1998). Fertilizantes y fertilización. España: REVERTÉ.

Giaconi, Vicente M. & Escaff, Moises G. (1993). Cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria, Colección Nueva Técnica, Chile.

Lesur, L. (2006). Manual de fertilización y productividad del suelo agrícola: una guía paso a paso. México: Trillas.

Lombricultura Moderna, (1984). Note pratiche di Lombricoltura, Revista Nº4 Aprile.

López, B.C. (1999). El uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, chile, papa y tomatillo. In: I Simposio Nacional: Técnicas modernas de producción de tomate, papa y otras Solanaceas. De Octubre 29 a 1 de Noviembre del 2001. El Saltillo Coahuila.

Mauz, Franz Peter. (2006). Microorganismos Efectivos. La solución ideal para el medio ambiente. Traducción Marie Luise Schicht. RBA libros Barcelona.

Thompson, L.M, F.R.T. (1988). Los suelos y su fertilidad. Edición: cuarta. España: REVERTÉ.

Prescott, L. (2008). Microbiología. Edición: cuarta.

Restrepo, J. (1996). Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de Agricultores de Centroamérica y Brasil. OIT, PSST-AcyP; CEDECE.

Reyes Ríos, Dora María. (1993). Efecto de Algas Marinas y Ácidos Húmicos en un suelo Arcilloso y otro Arenoso. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México.

El Mundo, (2010). Biofertilizante de última generación. Consultado el día 12 de marzo de 2014.http://www.elmundo.es/elmundo/2010/01/05/baleares/1262678485.html.

Morales Juan José, (2013). El sargassum como materia prima. Consultado el 12 de marzo de 2014. http://marcianitosverdes.haaan.com/2013/05/el-sargazo-como-materia-prima-2/.

INEGI, (2007). Campeche. Quintana Roo. Yucatán. Tabulados de resultados definitivos. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Consultado el 29 de marzo de 2014, www.inegi.org.mx.

INEGI, (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Consultado el 12 de abril de 2014, www.inegi.gob.mx.

IMPI, (2014). Consultado el 09 de abril de 2014, www.impi.gob.mx.

Mis Remedios, (2014). Sargazo vesiculoso. Consultado el 12 de marzo de 2014, http://misremedios.com/sustancias/sargazo-vesiculoso-fucus-vesiculosus/.

UNORCA CN QUINTANA ROO, (2007). Consultado el día 12 de marzo de 2014, http://unorcaqroo.blogspot.mx/2007/09/unorca-union-nacional-de-organizaciones.html.

Estabilización fisicoquímica en sedimentos y residuos mineros contaminados con hidrocarburos

Resumen: Las pruebas de optimización en residuos mineros contaminados con hidrocarburos utilizando la tecnología de estabilización fisicoquímica, es unas de las técnicas de remediación de suelos, consiste en la combinación de agregados para la estabilización permitiendo encapsular a los contaminantes.

Se implementó la técnica de Estabilización en sedimentos contaminados con petróleo crudo y azufre provenientes de unidades mineras, permitiendo la inmovilización de los contaminantes, reducir los niveles de lixiviados y el nivel de concentración de toxicidad de acuerdo a lo establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003.

La metodología desarrollada, se basa en la determinación de los análisis fisicoquímicos, Grados ° API, pH, Toxicidad aguda, Pruebas de lixiviados en el extracto PECT, con la finalidad de comparar los límites máximos permisibles según la normatividad aplicable en criterios de remediación de suelos contaminados con hidrocarburos (u otros contaminantes).

La estabilización se evaluó con diferentes agregados (CaO, TD y Cemento Cemex extra®) en diferentes concentraciones (Cao al 5% TD al 1.3%, Cemento 5.3%, 3.2% y 6.4%). Considerando el suelo tratado con cemento al 3.2% el mejor, de acuerdo a su factibilidad técnica, ambiental y económica, confirmando que la estabilización es una tecnología factible para para el tratamiento de suelos y sedimentos contaminados con desechos aceitosos.

Palabras clave: Estabilización, hidrocarburos, residuos mineros, remediación, encapsulación, sedimentos.

Colaboración
Mayra Genezareth Contreras Pérez; Gustavo Valencia Valencia, Instituto Tecnológico Superior de Centla; Verónica Isidro Domínguez Rodríguez, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Sandra Manuela Suárez García, Instituto Tecnológico Superior de Centla.

Abstract: Optimization tests mining waste contaminated with hydrocarbons utilizing the physicochemical stabilization technology is one of the soil remediation techniques, it is a combination of aggregates allowing stabilization encapsulate contaminants.

Stabilization technique was implemented in contaminated with crude oil and sulfur mining units from sediments, allowing immobilization of pollutants, reduce leachate levels and the concentration level of toxicity as established in NOM-138-SEMARNAT / SS-2003.

Develop methodology is based on the determination of the physicochemical analysis, Degrees ° API, pH, acute toxicity tests, PECT leachate extract, the objective is compare the maximum permissible limits under applicable regulations on soil remediation criteria contaminated with hydrocarbons (or other contaminants).

Finally, the stabilization was evaluated with different aggregates (CaO, TD and Cemex Cement Extra®) in different concentrations (5% TD Cao to 1.3% Cement 5.3%, 3.2% and 6.4%). Considering the soil treated with cement to 3.2% the better, according to its technical, environmental and economic feasibility, confirming that stabilization is a feasible treatment for soils and sediments contaminated with oily waste technology.

Keywords: Stabilization, hydrocarbons, mining waste, remediation, encapsulating sediments.

INTRODUCCIÓN

La NOM-021-SEMARNAT-2000 define al suelo como una colección de cuerpos naturales formados por sólidos (minerales y orgánicos), líquidos y gases, sobre la superficie de los terrenos.

En la actualidad a nivel internacional, nacional y estatal, unos de los principales problemas ambientales es la contaminación de suelos con Hidrocarburos, impacto que se deriva desde el inicio de la actividad petrolera. Cabe mencionar que México es uno de los primeros países en la producción del petróleo, teniendo

una gama amplia en diferentes regiones y estados de la república. La contaminación de suelos en nuestro estado de Tabasco provienen principalmente de los derrames de hidrocarburos derivados del petróleo, por desbordamiento de las presas y por la rotura de oleoductos, este último caso aumenta debido a la corrosión de los ductos y a la dispersión a través de los escurrimientos superficiales de agua. Porta y colaboradores (1999) señalan que el suelo es considerado un recurso natural no renovable por lo difícil y costoso de renovar

En México existen diversas áreas impactadas con hidrocarburos, tal es el caso del pasivo ambiental de las unidades mineras que la industria petrolera mexicana empezó a endulzar el gas natural producido, mediante un proceso que elimina el ácido sulfhídrico (H2S) del gas y mejora su calidad. Un subproducto de este endulzamiento es el azufre (S) que sirve como materia prima en varios procesos industriales.

Cuando los desechos tóxicos son vertidos a un cuerpo de agua, dichos compuestos se particionan entre la fase acuosa y la fase particulada, siendo éstas formadoras de sedimentos a lo largo del tiempo (Rand et al., 1995; Walker et al., 2006). De esta manera los sedimentos se comportan como aceptores finales de contaminantes pudiendo actuar como fuentes secundarias de contaminación (Burton, 2002). Los contaminantes asociados a los sedimentos pueden ser resuspendidos de forma natural, por procesos físicos o biológicos (bioturbación), o por la actividad humana, tal como frecuentemente ocurre en la actividad de dragado (USEPA, 1998; Sprovieri et al., 2007).

Es de importancia entonces buscar técnicas de remediación, extracción o contención de contaminantes en suelos y sedimentos. Estas tecnologías involucran una gran variedad de procesos como: evaporación y floculación entre otros. Van Deuren y colaboradores (1997) señala que algunos de estos procesos pueden emplearse para el tratamiento de suelos por ejemplo: oxidación/reducción (transformación), lavado de suelos (separación) y solidificación/extracción (inmovilización).

El objetivo de este trabajo es implementar la técnica de estabilización en sedimentos contaminados con petróleo crudo y azufre provenientes de unidades mineras mediante la obtención de mezclas que permitan la inmovilización de los contaminantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado es proveniente de unidades mineras principalmente del estado de Veracruz. La Unidad Minera Texistepec (UMT), es un sitio que en el pasado albergaba un complejo industrial dedicado a las actividades de extracción de azufre y petróleo, pero a través del tiempo se convertiría en un importante pasivo ambiental debido a los grandes volúmenes de sedimentos contaminados con hidrocarburos y aguas acidificadas, estos procesos originaron una rápida acumulación de residuos aceitosos y acidificados lo cual demandaba acciones enfocadas a resolver el problema de su tratamiento y disposición (Adams,1999; Guzmán, 2005) .

La metodología (Fig. 1) consiste en caracterizar el residuo contaminado mediante el nivel de concentración de hidrocarburos totales de petróleo, y la determinación de los Grados API, aplicar los diferentes tipos de mezclas y proporciones de agregados como tierra de diatomea, cemento y cal en prueba de estabilización al hidrocarburo, evaluar la calidad de la técnica Estabilización mediante la prueba de lixiviados midiendo hidrocarburos totales así como su toxicidad en el extracto PECT y pH y determinar la toxicidad aguda en lombrices californianas (Eisenia fétida) en laboratorio.

Medición de grados API en sedimentos: se basó en el método del hidrómetro convencional, de dilución de extrapolación de técnicas para la densidad API o grados (°API), que está directamente relacionado con el peso específico.

Análisis de pH: se determinó de acuerdo al método AS-02 establecido en la NOM-021-SEMARNAT-2000. Para la medición del pH se realizó pesando 10 gramos del material contaminados con sedimentos en un matraz Erlenmeyer de 250ml, vertiendo 200 ml del agua desionizada; se dejó en agitación por 30 min, después del tiempo determinado se dejó reposar durante 1 hora y posteriormente se tomó lectura.

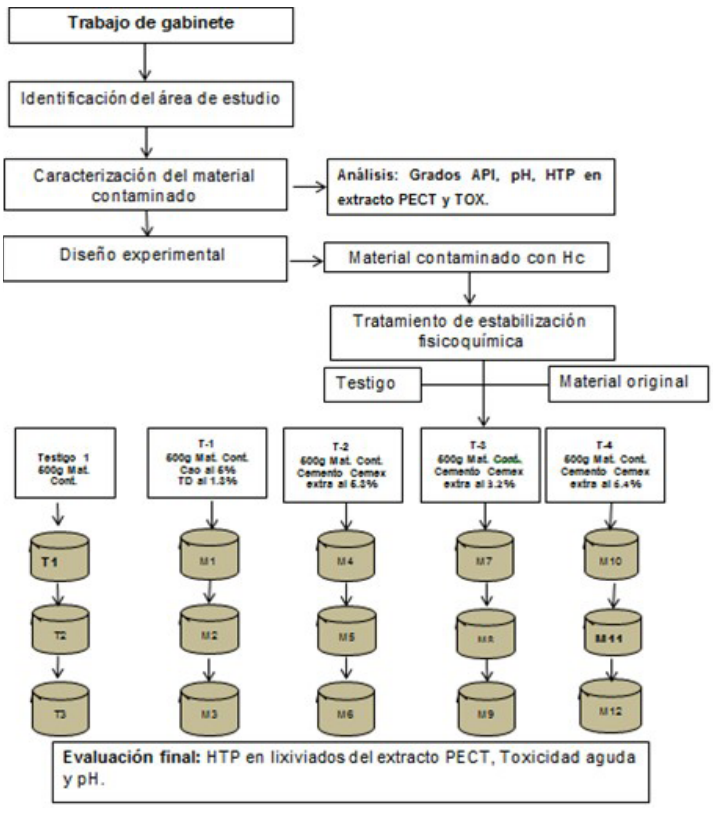


Figura 1. Metodología desarrollada

Determinación del extracto PECT: según lo establecido en la NOM-053-SEMARNAT 1993, se pesaron 10 gr del material estabilizado para la determinar extracto PECT en las diferentes muestras. Se añadió 5.7 ml de ácido acético a 500 ml de agua destilada o desmineralizada; se vertió 64ml de NaOH 1N y se afor a un litro. Cuando la solución se prepara en forma correcta, el pH de este reactivo es de 4.98 ± 0.05.

Análisis de toxicidad en material contaminado: Para el análisis del material contaminado se preparó (i) solución reconstituyente (solución que ya viene incorporada con la bacteria comercial); (ii) solución diluyente al 2% de NaCl: preparación de la solución de cloruro de sodio al 2% en 100 ml de agua destilada, (iii) solución osmótica al 22% de NaCl: se preparó una solución de cloruro de sodio al 22% en 100 ml de agua destilada y por ultimo (iv) solución de Fenol.

Una vez preparada las soluciones para el análisis de Microtox se pesaron 10g del material contaminado y 10g de material estabilizado; posteriormente se añadieron 100ml de agua desionizada a los 10g de cada muestra en un matraz Erlenmeyer que se dejó en agitación por 24 horas. Se vierte la solución de la muestra en una jeringa colocándole un microfiltro con dimensiones de 25mm y 0.22□m respectivamente, hasta obtener una cantidad de 25ml aproximadamente del material contaminado y estabilizado. Posteriormente se depositó en los tubos Falco, para el análisis de Microtox.

Diseño experimental: Se diseñaron 15 moldes con una profundidad de 2 cm cada uno, con diferentes agregados en concentraciones diferentes, mediante un diseño de factor completamente aleatorizado. El tratamiento consistió en el proceso de estabilización el cual se desarrollaron 4 tratamientos y una prueba testigo, cada uno con diferentes proporciones de Cao, tierra diatomea y cemento como. Las proporciones de CaO son 4%; TD son 1.3%; cemento son 5.3 3.2 6.4% y 0% (testigo); los tratamiento en cada experimento se realizaron aleatoriamente.

Homogenización y aplicación: La composición del material contaminado corresponde a 60% de hidrocarburo y 40% de sedimento. Posterior al pesado y agregado de cal, cemento y tierra diatomea, se pesaron 500 gr de hidrocarburos para su tratamiento con los agregados, y se mezclaron en un recipiente (aluminio) hasta obtener su homogeneidad y posteriormente se depositó en los moldes y proporcionar sus respectivos tratamientos. Los moldes se dejaron curar durante 28 días para posteriormente realizarle las pruebas finales Extracto PET mediante una escala laboratorio. Al final el material estabilizado se consistió en un bloque sólido compacto. Este procedimiento se repitió para cada tratamiento por triplicado.
Determinación de toxicidad aguda: Los organismos de prueba son bacterias marinas bioluminiscentes (Photobacterium phosphoreum, reclasificada como Vibro fischerii) que producen una luz que está intrínsicamente ligada a la dinámica total del metabolismo de la célula. Bajo la NOM-112-SCFI-1995. Para la determinación del análisis de toxicidad aguda se identificaron 21 lombrices rojas californianas con un peso entre 400mlg a 450mlg. Las lombrices seleccionadas se depositaron en un recipiente de vidrio con papel filtro impregnado con el material contaminado y tratado respectivamente durante 3 horas.

Posteriormente se procedió a pesar 22.9mlg de suelo para preparar la solución de 1:1 del solvente tetracloroetileno, en donde se depositó 1ml de la solución en cada frasco de vidrio.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Medición de grados api en el hidrocarburo y sedimentos: de acuerdo al Instituto Mexicano del Petróleo a un nivel mundial de hidrocarburos líquidos, el petróleo se clasifica de acuerdo con su densidad API (parámetro internacional del Instituto Americano del Petróleo) como se muestra en la tabla 1.

Se realizaron las comparaciones entre el porcentaje de aceite y el porcentaje del Hidrocarburo, para saber el grado de densidad y el tipo de fracción de hidrocarburo los cuales señalan que es un hidrocarburo extra pesado. El resultado obtenido de los ° API se realizó mediante paquetería de office (Excel 2013) representados en gráficos, los cuales señalan que es un hidrocarburo extra pesado Se realizaron las comparaciones entre el porcentaje de aceite y el porcentaje del Hidrocarburo, para saber el grado de densidad y el tipo de fracción de hidrocarburo

Tabla 1. Grados API

Aceite crudo	Dencidad (g/cm3)	Dencidad grados API
Extrapesado	>1.0	10.0
Pesado	1.0 – 0.92	10.0 - 22.3
Mediano	0.92 - 0.87	22.3 – 31.1
Ligero	0.87 - 0.83	31.1 - 39
Superligero	<0.83	>39

Potencial de hidrógeno (pH): Comparando el resultado final de los análisis del pH la muestra contaminada (inicial) y de los 4 tratamientos de la muestra tratada (final), se determina que el pH inicial de la muestra S/T es de 7.3 y el pH final de las muestras tratadas están en un rango promedio entre 7.6 y 8.0 como se observa en la tabla 2. Lo que indica que los tratamientos T1 y T3 no tienen mucha variación al comprarlo con la muestra contaminada lo que hace más fácil para su remediación como se señala en la gráfico 1.

La línea punteada del gráfico muestra el dato de referencia según lo establecido en la NOM-021-SE-

MARNAT-2000 y se observa una variación significativa de 7 +2

Tabla 2. pH inicial y final de los tratamientos

Muestras	pH inicial	pH final	Clasificación de la NOM-021-SEMARNAT-2000
MAT CONT.	7.3	7.3	Neutro
TESTIGO	7.2	7.3	Neutro
T-1	8.9	9.0	Fuertemente alcalino
T-2	8.8	8.8	Fuertemente alcalino
T-3	7.9	8.0	Medianamente alcalino
T-4	7.6	7.6	Medianamente alcalino

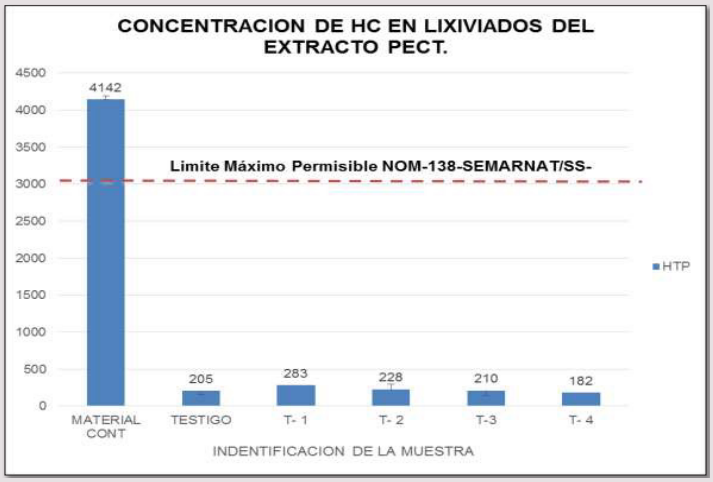
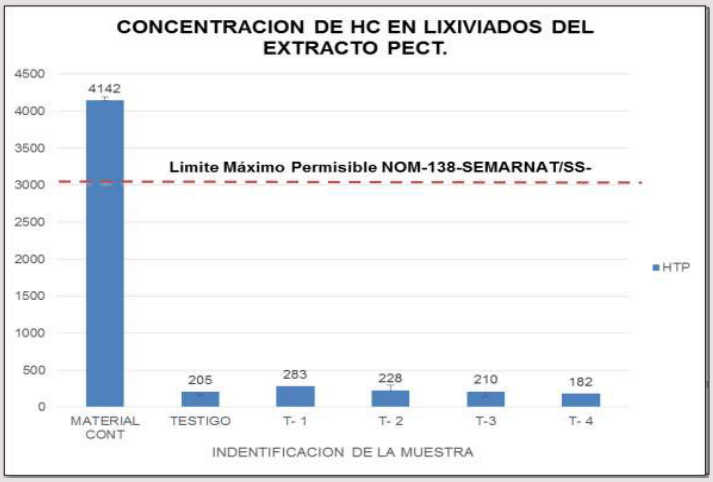


Gráfico 1. pH de los tratamientos de agregados

Hidrocarburos presentes en lixiviado del material estabilizado: Se observa en la gráfico 2 que los hidrocarburos en el lixiviado del material contaminado excede hasta por 1400 ppm lo establecido en la Norma oficial Mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993 (línea punteada en rojo); mientras que agregando la máxima cantidad de reactivo (4% CaO y 1.3% TD,5.3%,3.2%,6.4%CEM) no excede los límites máximos permisibles.

Análisis de toxicidad: Este análisis se realizó con la metodología de la norma NMX-AA-112-1995-SCFI, (Microtox) modificado por Kanga (1998). Para determinar el nivel de toxicidad se empleó la escala de toxicidad realizada por Cornelio (2001) como se señala en la tabla 3. El material contaminado y testigo se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles que señala la normatividad; de la misma forma para los los tratamientos T-1 que contienen 5% de CaO y 1.3 % de TD; tratamiento T-2 con 5.3% de Cemento Extra®; tratamiento T-3 con 3.2 de cemento



Gráfica 2. Concentración de Hc en el extracto PECT.

Extra® y el tratamiento T-4 que contiene 6.4% de Cemento Extra® fue de un rango de 1- 2.4 UT, lo cual no es toxico y no representa ningún daño ambiental (Gráfico 3).

Determinación de toxicidad aguda eisenia fétida: los resultados obtenidos en el periodo de exposición aguda de lombrices con el contaminante se pudo observar que el comportamiento de las lombrices no resulto toxico, durante los primeros dos días no presentaron cambios físicos en la coloración, sus movimientos no presentaron alteraciones o estrés, este mismo comportamiento se observó durante las primeras 48 horas y en todas las concentraciones con sus respectivas réplicas.

Tabla 3. Niveles de Toxicidad

Nivel	**Concentración efectiva 50 (CE50) ppm**	**Unidades de toxicidad (x 10-6 ppm)**
No tóxico/casi nulo	>95,000	<10.52
Indeterminado	84,700-95,000	10.52-11.80
Ligeramente tóxico	58,900-84,700	11.80-16.97
Tóxico	36,000-58,900	16.97-27.77
Muy tóxico	<36,000	>27.77

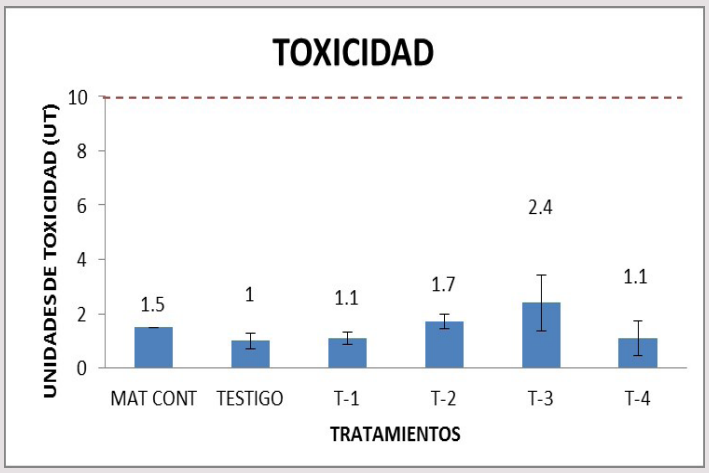


Gráfico 3. Resultado de Toxicidad.

CONCLUSIONES

Para el petróleo crudo extra pesado y fracciones pesadas de petróleo refinado (que no son fluidas a temperatura ambiente), la gravedad API se determina normalmente utilizando equipo especializado -Gay-Lussac picnómetro (método ASTM D369-84, revisado 2002). Por tal motivo se hace mención de la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, la cual establece los límites máximos permisibles para hidrocarburos, sus especificaciones, caracterización y remediación.

En este trabajo realizado y comparando los resultados con el método de termo-hidrómetro ASTM D6822-02 (revisada en 2008) se obtuvo un hidrocarburo extrapesado y en la determinación de HC en lixiviados en el extracto PECT, los tratamientos 3 y 4 se encuentran en un rango de 183 y 210 ppm, cumpliendo con los límites máximos permisibles de la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003.

Para el análisis del Potencial de Hidrómetro (pH) se determinó de acuerdo al método AS-02 establecido en la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los parámetros analizados finales relacionados con el pH aumentan de acuerdo a las diferentes concentraciones de agregados durante el tratamiento debido a la reacción puzolánica que forma la cal incrementándose a un potencial de Hidrógeno alcalino sin llegar a ser corrosivo.

Para la determinación de los criterios de toxicidad en este trabajo se tomó como referencia el equipo de microtox que es aplicables para sedimentos y suelos, por lo tanto se considera un suelo no toxico según las especificaciones de la Norma Mexicana NMX-AA-112-1995-SCFI; los tratamientos resultaron por debajo de estos niveles, declarándose como no tóxicos.

Schifano y colaboradores (2005), evaluaron la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo usando una mezcla de cal viva, encontrando que mezclando suelos con cal viva se disminuye significativamente la concentración y lixiviación de hidrocarburos del petróleo en suelos.

En la determinación de los criterios de toxicidad en la presa de agua de mina, Texistepec Veracruz se considera un suelo no toxico cuando se alcanza un nivel umbral < (7.43 UT) según las especificaciones de la Norma Mexicana NMX-AA-112-1995-SCFI; los tratamientos resultaron por debajo de estos niveles, declarándose como no tóxicos.

En el bioensayo de toxicidad con lombriz californianas los resultados obtenidos fueron que el material contaminado y tratado no resultaron toxico; debido a que los contaminantes se volatilizaron.

REFERENCIAS

Norma

[1] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2003). Norma Oficial Mexicana NOM-138 SEMARNAT/SS-2003. Que establece los Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y las Especificaciones para su Caracterización y Remediación.

[2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2000). Norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.

Capítulo de un libro

[3] Porta C., Jaime. López A., Marta y Roquero D., Carlos. (1999). Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 2da Edición. Edit. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, 849p.

Artículos de Revistas Científicas

[4] Rand, G. M., Wells, P. G. & McCarty, L. S. (1995). Introduction to Aquatic Toxicology. In: Rand, G. M. (eds) "Fundamental of aquatic Toxicology". Taylor and Francis, Washinton, DC.

[5] Burton, G.A., (2002). Sediment Quality Criteria in Use Around the World. Limnology.

[6] USEPA (Environmental Protection Agency). (1998). Contaminated sediment management strategy. EPA 823-R-98-001. Office of Water, Washington, DC.

[7] Sprovieri, M., Feo, M.L, Prevedello, L., Manta, D.S., Sammartino, S., Tamburrino, S. & Marsella, E. (2007). Heavy metals, polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Polychlorinated Biphenyls in Surface Sediments of The Naples harbour (southern Italy).

[8] Van Deuren, J., Z. Wang, Z. y J. Ledbetter (1997). Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide. 3ra Ed. Technology Innovation Office, EPA. http://www.epa.gov/tio/remed.htm.

[9] Adams, R.H; Domínguez, R.V I.; García, H.L. (1999). Potencial de la Biorremediación de Suelo y Agua Impactados por Petróleo en el Trópico Mexicano. Terra Latinoamericana, abril-junio, 159-174.

Tesis

[10] Guzmán O. Francisco J. (2005) Prueba de Factibilidad a Escala Laboratorio para la Remediación del Suelo Contaminado con Hidrocarburos de la Presa Agua de Mina de la Unidad Minera Texistepec, Veracruz (Tesis de Licenciatura), Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 14-15 pp.

Norma
[11] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 1993). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-053-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. [12] Norma Mexicana NMX-AA-112-1995-SCFI Análisis de agua y sedimentos – evaluación de toxicidad aguda con photobacterium phosphoreum-método de prueba

Tesis.
[13] Kanga L., K. 1998. Evaluación de Técnicas para el Manejo de Humedad en Celdas de Biorremediación para la Restauración de Sitios Irnpactados por Hidrocarburos en el Sureste de México. Tesis de Lic. en Ecol., Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

[14] Cornelio G., Y. de J. 2001. Evaluación preliminar de toxicidad por plaguicidas (Mancozeb) en aguas y sedimentos en zonas plataneras del río Teapa; Tabasco, México. Tesis de licenciatura. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 103 p.

Método de prueba
[15] American Society for Testing and Materials International. (2002). ASTM D369-84(2002) Standard test method for specific gravity of creosote fractions and residue. Pennsylvania: West Conshohocken

[16] American Society for Testing and Materials International. (2008). ASTM D6822-02(2008) Standard test method for density, relative density, and API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by thermohydrometer method. Pennsylvania: West Conshohocken.

Artículo de Revista Científica
[17] Schifano, V., MacLeod, C. L., Dudeney, A. W. Dudeney, R. (2005). Remediation of Soils Contaminated With Petroleum Hydrocarbons Using Quicklime Mixing. In: Stabilization/solidification Treatment and Remediation. Taylor and Francis Group Plc. Londres.

Juego serio para entrenamiento de pilotos de helicópteros

Colaboración
Adriana Tovar Arriaga; Miriam Díaz Rodríguez; Edgardo Javier Campos Navarro; Carlos Fabián González Sánchez, Instituto Tecnológico Superior de Zapopan

Resumen: En este trabajo se propone el diseño e implementación de un juego serio para automatizar el proceso de enseñanza-aprendizaje durante el entrenamiento de pilotos de helicóptero evitando el uso de simuladores especializados, los cuales son difíciles de adquirir debido a su elevando costo. Utilizando el conocimiento y metodologías desarrolladas por parte de los instructores, se desarrolló un simulador de entrenamiento en el ambiente de programación Unity3D con el formato y requerimientos de un juego serio. Los resultados fueron validados en sesiones avaladas por instructores oficiales de la Fuerza Aérea Mexicana.

Palabras clave: Juegos serios, entrenamiento, piloto, simuladores de helicópteros.

Abstract: Summary: In this paper is proposed the design and implementation of a serious game to automate the process of teaching and learning for training helicopter pilots avoiding the use of specialized simulators, which are difficult to acquire because of its expensive cost. Using knowledge and methodologies developed by the instructors, a training simulator was developed in the programming environment Unity3D with the format and requirements of a serious game. The results were validated in meetings supported by official instructors of the Mexican Air Force.

Keywords: Serious games , training , pilot, helicopter simulators.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha incrementado el uso de juegos serios como herramientas educativas y de entrenamiento en diferentes actividades. En el área militar, es común el uso de este tipo de sistemas desde hace algunos años, sin embargo, a pesar de los avances e investigación que se han hecho, el costo de los mismos sigue siendo elevado. Para solventar la problemática que implica adquirir este tipo de sistemas, muchos grupos internacionales, como la Fuerza Aérea Mexicana, utilizan procedimientos y metodologías de enseñanza que han sido diseñados para el entrenamiento sin utilizar simuladores o equipos especializados. En base a estos conocimientos desarrollados, las metodologías planteadas y los procedimientos diseñados, se propone el desarrollo de un entrenador de pilotos de helicópteros utilizando las características y formato de un juego serio. Mediante este sistema es posible realizar simulacros de diferentes situaciones y condiciones de vuelo, donde las capacidades y habilidades del alumno serán puestas a prueba, con el fin de generar estadísticas de desempeño para su posterior análisis por parte del instructor retroalimentando y mejorando el proceso de aprendizaje del alumno. Este simulador de entrenamiento fue diseñado y desarrollado en Unity3D [10] como una plataforma de acceso web. Para validar el uso y los resultados del sistema propuesto, se realizaron diferentes pruebas de donde se obtuvo retroalimentación por parte de instructores de pilotos obteniendo resultados satisfactorios utilizando juegos serios como parte del proceso de entrenamiento de los pilotos.

Actualmente, los pilotos de helicópteros de la fuerza aérea Mexicana realizan sus sesiones de entrenamiento en una cabina que cuenta con un panel de etiquetas y figuras que representan los instrumentos de vuelo y controles de la aeronave. El desarrollo de la sesión de entrenamiento se realiza en la presencia del instructor, quien le describe al alumno el escenario y una situación de vuelo determinada, usualmente de emergencia. El alumno contesta de manera verbal las acciones a tomar, para resolver la problemática planteada. Posteriormente el instructor registra el desempeño del alumno en su expediente personal.

El aprendizaje esperado del entrenamiento es que el piloto reconozca la ubicación de instrumentos de vuelo, los controles de la aeronave y resuelva los retos asignados.

En general este trabajo automatiza este proceso de enseñanza-aprendizaje para facilitar la realización de las sesiones y que los alumnos ganen experiencia en este simulador. La solución propuesta es crear un juego serio enfocado al aprendiz. En la primera sección se presentan los conceptos de juegos serios y se da una revisión del estado del arte, en la segunda se describe el diseño y la implementación, finalmente se presentan los resultados y conclusiones del trabajo.

1. JUEGOS SERIOS Y SIMULADORES DE ENTRENAMIENTO.

Actualmente existen diversos programas que automatizan procesos de entrenamiento o enseñanza a través de los llamados juegos serios.
Los juegos serios son aquellos juegos que se usan para educar, entrenar e informar [1]. El creciente interés en el uso de juegos serios y simulaciones como soporte en el aprendizaje esta evidenciado en la literatura y en proyectos de investigación recientes, para mayor información refiérase a [2].

Los juegos serios son considerados una manera prometedora para apoyar las actividades de aprendizaje mediante el soporte de tecnologías multimedia y motivaciones cognitivas inherentes en los juegos [3].

El uso de juegos para fines serios no es una idea nueva. Los militares han usado juegos para entrenar habilidades estratégicas desde hace tiempo. A estos juegos les llaman "juegos de guerra" [4]. Existen juegos de este tipo lanzados al mercado, por ejemplo, el juego America's Army [5].

En la literatura de juegos serios para entrenamiento se encuenta EVA [4], este juego es usado para entrenamiento de evacuaciones en casos de incendio, al usuario se le presenta un situación de riesgo para la cual tienen que encontrar un ruta de evacuación y así llegar a un lugar seguro, en el juego se le presentan diversas situaciones, por ejemplo, estar acompañado de una persona en silla de ruedas, esto representa una dificultad ya que la ruta buscada debe adaptarse a las necesidades de su acompañante. Durante el juego se toman métricas del desempeño para que al término, al usuario se le presente una evaluación de su desempeño junto con retroalimentación para mejorar su toma de decisiones en un futuro.

En [6] se presenta un juego serio para el entrenamiento de procedimientos de emergencias médicas enfocado al personal de enfermería. El juego le presenta al usuario una lista de opciones válidas ante un procedimientos médicos de emergencia y el usuario tiene que elegir que tarea realizar, en este la retroalimentación se da con la evolución del paciente en la simulación.

En [7] se muestra un juego serio para el entrenamiento de suturas en cirugía laparoscópica, se enfoca en el modelado del entorno físico y en la definición de un conjunto de parámetros usados para evaluar el nivel de habilidades desarrolladas por los alumnos. Utiliza un par de dispositivos hápticos con el fin de simular la manipulación de instrumentos quirúrgicos.

Existen una gran cantidad y diversidad de campos en los que se han utilizado los juegos serios. Se asigna el nombre de juego serio a simuladores cuyo objetivo principal es la educación, antes que el entretenimiento. En los juegos serios se deja en segundo plano la diversión [1], [8]. Algunas de las ventajas que presentan los juegos serios son: ayudan a construir habilidades o conocimientos, permiten una práctica segura, motivan al reto, incrementa la tolerancia a la frustración ya que se puede intentar cuantas veces se desee, ayudan a disminuir los errores en la realidad pero si se tienen errores en el juego no existen consecuencias lamentables, participación activa, el instructor se convierte más en guía que en maestro.

En [9] se presentan consideraciones para el diseño de juegos serios. Una de las características deseables en el diseño de un juego serio para entrenamiento es poder monitorear el progreso del alumno, este se considera un activo invaluable. Otra de las características deseables es la plataforma sobre la cual puede utilizarse el juego ya que otorga accesibilidad al usuario.
En este trabajo se creó un juego serio para entrenar pilotos llamado Cabina Mockup Virtual (CMUV). En una interfaz web se simula la sesión de entrenamiento mediante la representación virtual de la instrumentación del helicóptero, la cual se detalla en la siguiente sección.

2. JUEGO SERIO. CABINA MOCKUP VIRTUAL.

Este juego permite realizar simulacros de determinados escenarios, donde al alumno se le asignan una serie de retos. El sistema guarda estadísticas del

desempeño del alumno, que el instructor podrá analizar en cualquier momento para mejorar su toma de decisiones en el reforzamiento del aprendizaje de los alumnos. Este juego serio simula los instrumentos del helicóptero en pantalla y le presenta al alumno un escenario a resolver, este escenario es diseñado por el instructor y tiene la información necesaria para dar una evaluación al término del intento. El alumno interactúa con el escenario hasta lograr una solución la cual es guardada para que pueda ser reproducida posteriormente por el instructor y este hacer un análisis profundo y detectar errores en la toma de decisiones de los alumnos. En la figura 1 podemos observar la virtualización de la cabina, que cuenta con instrumentación activa basado en la documentación recibida por la Fuerza Aérea Mexicana (FAM).

El juego CMUV estas desarrollado en Unity3D [10], esta es una plataforma que ha sido usada exitosamente para desarrollo de video juegos con gráficos atractivos, en particular se utilizó para este el género de video juego en primera persona. Además permite la publicación del juego en diversas plataformas, para el caso de este juego se eligió la Web. Y como Unity3D se ejecuta en un navegador web, ser utilizó Node.js[11], Sails JS [12] y MongoDB[13].

El almacenamiento de los datos en este proyecto está dividido en dos secciones, uno es la administración del sistema y la otra es el almacenamiento de las simulaciones de los usuarios en sus sesiones de entrenamiento.

Para la administración general se almaceno en una base de datos relacional (el motor de base de datos es PosgreSQL se guarda la información de los usuarios y los datos generales de las simulaciones)

Por la naturaleza de los datos para almacenar en detalle los escenarios en las distintas sesiones, se usó MongoDB como motor de base de datos No SQL orientado a documentos. MongoDB guarda cada registro como un objeto único lo cual nos permite variar la estructura en cada uno de los registros, así solo se almacena lo necesario de manera independiente.

El juego cuenta con los siguientes módulos:

1. Administrar usuarios. Existen 2 tipos, instructores y alumnos.
2. Administración de escenarios (sesiones de entrenamiento). El instructor puede crear nuevas sesiones o modificar sesiones existentes. La evaluación se realiza al reproducir la sesión realizada por el alumno. En la figura 3 y 4 se muestran las pantallas en las cuales el instructor puede configurar los escenarios, inicializar los instrumentos y proveer la solución del escenario para llevarlo a un término exitoso.
3. Resolver escenarios. Se muestra este módulo en la figura 8.
4. Estadísticas. El alumno puede consultar sus estadísticas y el instructor tiene acceso a las estadísticas de todos los alumnos, esta funcionalidad se muestra en la figura 7.
5. Autentificación de usuarios.
6. Emulación de panel de interruptores de un helicóptero.

Figura 1. Cabina virtual de instrumentación.

Figura 2. Interfaz de administración de instructor.

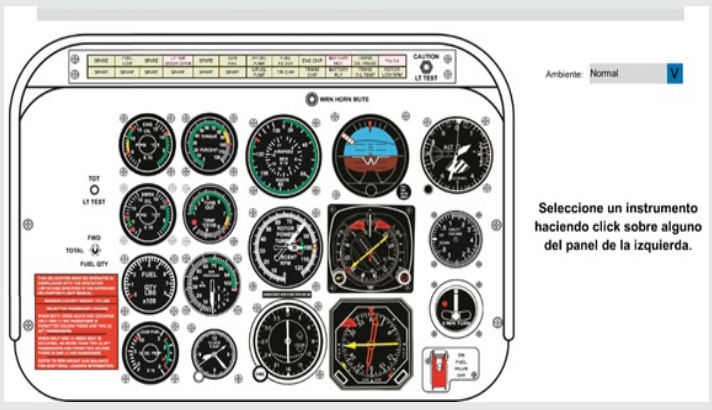


Figura 3. Configuración de escenario.

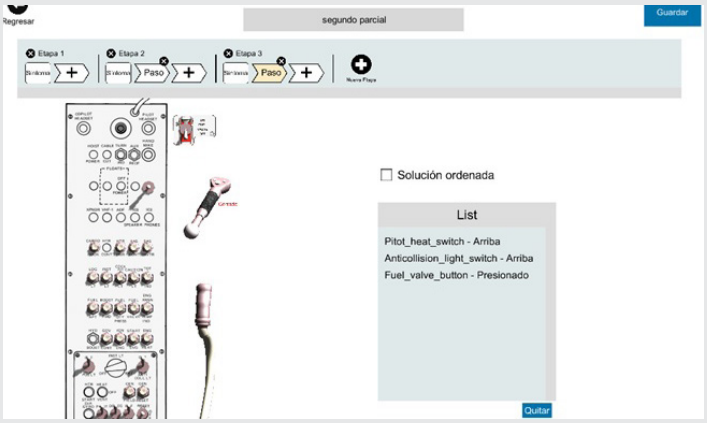


Figura 4. Configuración de solución de escenario.

La configuración de escenarios se estructura de la siguiente manera:

Un escenario contiene una o varias etapas. Una etapa se compone de un síntoma y cero o varios pasos. El síntoma representa el comportamiento de la instrumentación, y dada esta interpretación tiene asociados los pasos que representan las acciones que se deben de tomar para atender el síntoma que se está presentando. Estas características las describe de manera gráfica la figura 5.

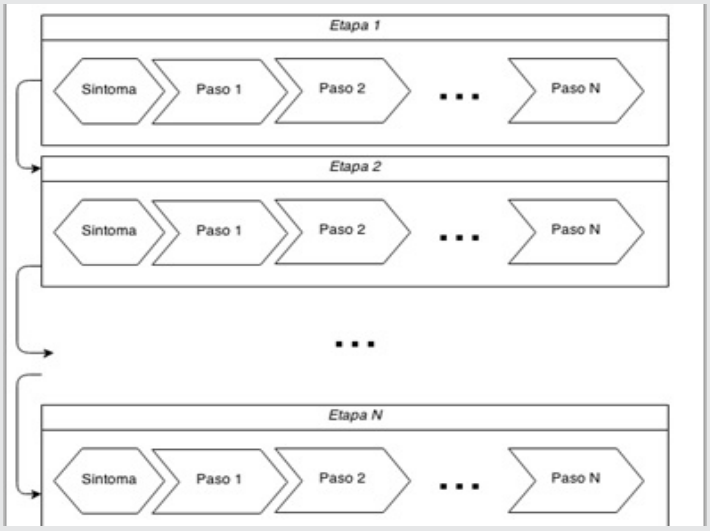


Figura 5. Configuración de escenario.

Cabe mencionar que los pasos a realizar para alcanzar la solución del escenario pueden ser de tipo secuencial o no secuencial. Las acciones secuenciales son aquellas que debe realizar el alumno en estricto orden, las no secuenciales, el alumno puede realizarlas sin importar el orden. Estas son definidas por el instructor en su interfaz de configuración que se muestra en la figura 4.

La figura 6 muestra la reproducción de la sesión ya grabada del alumno para la evaluación por parte del instructor.

Figura 6. Reproducción de la sesión grabada.

En la parte inferior de la pantalla en la figura 6 se incorporaron indicadores de color para facilitar la detección de eventos de interés durante la sesión.

Por último en la figura 7 se puede ver la pantalla de estadísticas por alumno.

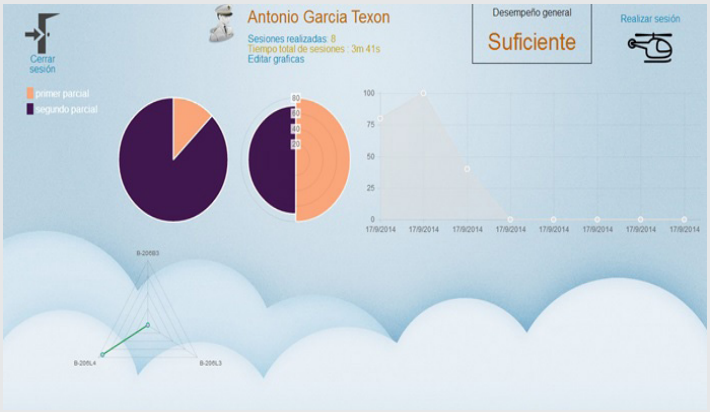


Figura 7. Interfaz de estadísticas de alumno.

Figura 8. Ejemplo de sesión de entrenamiento para alumnos.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se logró desarrollar el sistema de entrenamiento de pilotos el cual simula el proceso de entrenamiento actual, al desarrollarlo como un juego serio conserva las ventajas que provee este esquema, otra ventaja que se logró con este desarrollo fue el uso de tecnologías que permiten la portabilidad y escalabilidad del juego.

- Se pueden realizar sesiones desde la Web sin la necesidad de la presencia del instructor. Así el alumno puede acumular más horas de entrenamiento y por lo tanto mejorar en menos tiempo sus habilidades.
- El instructor puede configurar escenarios que pueden ser usados por varios alumnos, que pueden repetir de acuerdo a sus avances.
- Se tiene la grabación de la sesión del alumno que permite una retroalimentación a detalle por parte del instructor, con la cual se pueden diagnosticar problemas con los alumnos en el proceso de aprendizaje.
- El juego al ser accesible mediante internet permite que los instructores estén monitoreando a los alumnos a distancia.
- Los alumnos no tienen que esperar a tener sesiones de entrenamiento dependiendo de la disponibilidad del instructor.
- La instrumentación mostrada corresponde a un helicóptero real, con lo cual se proporciona un entrenamiento efectivo.

La validación del juego fue realizada por un escuadrón que pertenece a la FAM, con los cuales se tienen como trabajo futuro, incluir diversos modelos de helicópteros.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tte. A. B. Madrueño del Escuadrón III de la FAM, a T. Cortés Aguilar y L. Escobar del ITS Zapopan por su contribución a este proyecto.

REFERENCIAS

[1] Michael, D. y Chen, S. (2006). Serious Games. Games that educate, train and infoms. Canadá: Thonsom.

[2] S. I. de Freitas, "Using games and simulations for supporting learning," Learning, Media and Technology, vol. 31, no. 4, pp. 343-358, Dec.2006.

[3] V. Wendel, S Göbel, and R. Steinmetz. Seamless leaning in serious games how to improve seamless learning-content integration in serious games. Proc. 3rd Int. Conf. Computer Supported Educ. 2011. Vol.1 219-224.

[4] Silva, J. F.; Almeida J. E. (2013). A serious game for EVAcuation training. 2013 IEEE 2nd International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)

[5] The Official Game of the U.S. Army. http://www.americasarmy.com/

[6] Vidani, A.; Chittaro, L.; Carchietti, E.(2010) Assessing nurses' acceptance of a serious game for emergency medical services. 2nd International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-GAMES 2010

[7] Tommaso de Paolis, L. (2012) Serious Game for Laparascopic Suturing Training, 2012 Sixth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems.

[8] Marcano, B. (2008). Juegos Serios y entrenamiento en la sociedad digital. Revista Electrónica Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información. Vol. 9, n 3. Universidad de Salamanca.

[9] Wattanasoontorn, V. García, R.J., Sbert, M. (2014) Serious Games for e-Health Care. Springer Science+Business Media Singapore 2014.

[10] Unity is the ultimate game development platform. http://unity3d.com/es/

[11] Event-driven I/O server-side JavaScript environment based on V8. https://nodejs.org/

[12] Realtime MVC Framework for Node.js sailsjs.org/

[13] The next-generation database. https://www.mongodb.org/

Ciencias de la Computación

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Comparación de algoritmos dinámicos y voraces en la solución del problema de la devolución de cambio

Colaboración
Isaac Alberto Aldave Rojas, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán

Resumen: El problema de devolver el cambio óptimo (con el menor número de monedas) consiste en: Dado un sistema monetario de un país formado por monedas de valores v_1, v_2,..., v_n, el problema del cambio consiste en descomponer cualquier cantidad dada "M" en monedas de ese país utilizando el menor número posible de monedas, de tal manera que se optimice el proceso.

Normalmente este proceso es simple y se puede resolver con un algoritmo voraz, pero no todos los sistemas monetarios son iguales o algunas veces no se cuenta con monedas de cierta denominación, lo cual dificulta aún más el proceso.

Un ejemplo claro es cuando se tienen monedas de 1, 4 y 6 unidades y se requiere devolver 8 unidades; el algoritmo voraz propondría devolver una moneda de 6 y dos de 1, lo cual implicaría darle tres monedas, pero fácilmente podemos darnos cuenta de que dos monedas de 4 unidades es una mejor solución.

En este trabajo se presentan dos soluciones una utilizando un enfoque de algoritmos voraces y la otra con un enfoque de algoritmo dinámico y compararemos sus resultados al devolver cantidades desde 1 hasta 100, con monedas ficticias de 60, 40, 10, 6, 4, 1 unidades.

Palabras clave: Algoritmos dinámicos, Algoritmos voraces, Análisis de algoritmos, Comparación, Problema del cambio

Abstract: The problem of returning the optimal change (with the least number of coins) consists of: Given a monetary system of a country consists of currency values v_1, v_2, ..., vn, the problem of change is to break any given amount "M" in the currencies of the country using the fewest number of coins, so that the process is optimized.
Normally this process is simple and can be solved with a greedy algorithm, but not all monetary systems are equal or sometimes do not have coins of a certain denomination, which makes the process even more.

A clear example is when you have coins of 1, 4 and 6 units and 8 units are required to return; the greedy algorithm would propose returning a one coin of 6 and two coins of 1, implying give three coins, but we can easily realize that two coins of 4 units is a better solution.
In this work two solutions have a voracious approach using algorithms and the other with a focus on dynamic algorithm and compare its results to return amounts from 1-100, with fake coins 60, 40, 10, 6, 4, 1 units.

Keywords: Dynamic algorithms, Greedy algorithms, Algorithm analysis, Comparison, Problem of change.

INTRODUCCIÓN

Los algoritmos de planificación son de vital importancia en muchas áreas prácticas del conocimiento, ya que nos permiten prever la administración de un conjunto de recursos que por lo general son limitados o en su defecto su uso se encuentra restringido a algún tipo de norma que no se puede romper.

En las ciencias computacionales el estudio de este tipo de problemas ha dado lugar a diferentes interpretaciones algorítmicas para su solución tratando de optimizar los recursos computacionales primarios como son el tiempo de respuesta y la utilización de la memoria principal.

A continuación se realiza una breve descripción de las técnicas estudiadas haciendo hincapié en que no son las únicas formas de abordad este tipo de problemas.

1.1 Algoritmos Voraces

En el área de la Informática este tipo de Algoritmos se consideran una técnica de diseño general a pesar del hecho de que es aplicable únicamente a problemas de optimización. El enfoque voraz sugiere la construcción de una solución a través de una secuencia de pasos, donde en cada ampliación se obtiene una solución parcialmente construida obtenida hasta el momento, esto continua hasta que se alcanza una solución completa al problema.

En cada paso, y este es el punto central de esta técnica, la opción elegida debe ser:

- Factible, es decir, tiene que satisfacer las limitaciones del problema
- Localmente óptima, es decir, tiene que ser la mejor opción local entre todas las opciones viables disponibles en ese paso
- Irrevocable, es decir, una vez hecho, se no se puede cambiar en etapas posteriores del algoritmo

Estos requisitos explican el nombre de la técnica: en cada paso, sugiere un robo "codiciosos" de la mejor alternativa disponible en la esperanza de que una secuencia de opciones localmente óptimas producirá una solución óptima para todo el problema.

Como regla general, los algoritmos voraces son intuitivamente atractivos y simples. Dado un problema de optimización, por lo general es fácil de encontrar la manera de proceder de una manera voraz, posiblemente después de considerar algunas pequeñas instancias del problema. Lo que es generalmente es más difícil, es demostrar que un algoritmo voraz produce una solución óptima (cuando lo hace). Una de las formas más comunes de hacer esto es el uso de la inducción matemática, que muestra que una solución parcialmente construida obtenida por el algoritmo voraz en cada iteración se puede extender a una solución óptima al problema. [1]

Dado un conjunto finito de entradas C, un algoritmo voraz devuelve un conjunto S (seleccionados) tal que $S \subseteq C$ y que además cumple con las restricciones del problema inicial. A cada conjunto S que satisfaga las restricciones se le suele denominar prometedor, y si este además logra que la función objetivo se minimice o maximice (según corresponda). Diremos que S es una solución óptima.

Elementos de los que consta la técnica:

El conjunto C de candidatos, entradas del problema.

- Función solución. Comprueba, en cada paso, si el subconjunto actual de candidatos elegidos forma una solución (no importa si es ´ óptima o no lo es).
- Función de selección. Informa de todas las soluciones cuál es el elemento más prometedor para completar la solución. Este no puede haber sido escogido con anterioridad. Cada elemento es considerado una sola vez. Luego, puede ser rechazado o aceptado y pertenecerá a C \ S.
- Función de factibilidad. Informa si a partir de un conjunto se puede llegar a una solución. Lo aplicaremos al conjunto de seleccionados unido con el elemento más prometedor.
- Función objetivo. Es aquella que queremos maximizar o minimizar, el núcleo del problema. [3].

1.2. Programación Dinámica

La programación dinámica es una técnica de diseño de algoritmos con una historia bastante interesante. Fue inventada por el matemático Richard Bellman, en la década de 1950 como un método general para la optimización de los procesos de toma de varias etapas. Por lo tanto, la palabra "programación" en el nombre de esta técnica es sinónimo de "planificación" y no se refiere a la programación de computadoras.

La programación dinámica es una técnica para resolver problemas utilizando subproblemas, la programación dinámica sugiere la solución de cada uno de los subproblemas más pequeños sólo una vez y registrando los resultados en una tabla de la que a continuación se puede obtener la solución al problema original.

Si uno usa la versión bottom-up clásica de la programación dinámica o su variación up-bottom, el paso crucial en el diseño de un algoritmo sigue siendo el mismo: derivar una recurrencia relacionada al problema de las soluciones a sus subproblemas más pequeños.

A pesar de su aplicabilidad cuando se aplica a un problema en particular necesita ser comprobada, por supuesto, por lo general dicha comprobación no es la dificultad principal en el desarrollo de una programación basada en Algoritmos dinámicos. [2].

En general, se pueden resolver problemas con subestructuras óptimas siguiendo estos tres pasos:

- Dividir el problema en subproblemas más pequeños.
- Resolver estos problemas de manera óptima usando este proceso de tres pasos recursivamente.
- Usar estas soluciones óptimas para construir una solución óptima al problema original. [3]

Los subproblemas se resuelven a su vez dividiéndolos en subproblemas más pequeños hasta que se alcance el caso fácil, donde la solución al problema es trivial.

Decir que un problema tiene subproblemas superpuestos es decir que se usa un mismo subproblema para resolver diferentes problemas mayores. En una mala implementación puede acabar desperdiciando tiempo recalculando las soluciones óptimas a problemas que ya han sido resueltos anteriormente.

Esto se puede evitar guardando las soluciones que ya hemos calculado. Entonces, si necesitamos resolver el mismo problema más tarde, podemos obtener la solución de la lista de soluciones calculadas y reutilizarla.

Este acercamiento al problema se llama memoizacion (no confundir con memorización; en inglés es llamado memoization,). Si estamos seguros de que no volveremos a necesitar una solución en concreto, la podemos descartar para ahorrar espacio. En algunos casos, se pueden calcular las soluciones a problemas que de antemano sabemos que vamos a necesitar.

MATERIAL Y MÉTODOS

El Problema de la devolución del cambio.

Aunque este problema puede parecernos a nosotros trivial, el explicarle a un equipo de cómputo la forma en que debe devolver el cambio de una transacción (por ejemplo para una máquina expendedora) y que sea además con el menor número de monedas posible, con el fin de optimizar sus recursos, que por lo general son limitados, es importante, no solo para este problema en particular, sino también para aquellos que se basen en los mismo principios. Este problema se ocupa a menudo en los ámbitos académicos para mostrar como la elección de la técnica algorítmica a utilizar tiene influencia sobre el resultado final de una aplicación informática.

El enunciado general de este problema es el siguiente:

En un país X se tienen monedas con las siguientes denominaciones M1, M2,…, Mn dichas monedas pueden representar cualquier cantidad real. Cuando se realiza una transacción monetaria con una cantidad superior a lo pactado y se tiene que devolver el sobrante (cambio), se espera que dicho vuelto tenga la menor cantidad posible de monedas con el fin de que sean fácilmente contadas y transportadas. Sin importar la cantidad a devolver. Exprese una solución a dicho problema asumiendo en este primer ejemplo (caso de estudio) que la cantidad de monedas de cada denominación es ilimitada.

Una aplicación práctica a este problema son las máquinas expendedoras, las cuales deben devolver cambio en la mayoría de las transacciones que se realizan optimizando los recursos que posee ya que a diferencia del problema académico clásico, no existen en esta monedas ilimitadas de cada valor. Otra forma de utilizar estas implementaciones es la realización de aplicaciones que permitan evaluar que tan eficientemente un niño de educación básica comprende el uso de su sistema monetario cuando debe devolver cambio tras una transacción comercial, siguiendo la regla de menor cantidad de monedas, fortaleciendo tanto la realización de operaciones como el análisis del problema para dar su solución, y el reforzamiento positivo que debe dar la aplicación tanto cuando se acierta como cuando se comete algún error.

A continuación se presenta la descripción de la implementación voraz y dinámica a este problema.

Solución voraz

Es fácil implementar un algoritmo voraz para resolver este problema, que es el que sigue el proceso que usualmente utilizamos en nuestra vida diaria. Sin embargo, tal algoritmo va a depender del sistema monetario utilizado y por ello vamos a plantearnos dos situaciones para las cuales deseamos conocer si el algoritmo ávido encuentra siempre la solución óptima:

Suponiendo que cada moneda del sistema monetario del país vale al menos el doble que la moneda de valor inferior, que existe una moneda de valor unitario, y que disponemos de un número ilimitado de monedas de cada valor.

Suponiendo que el sistema monetario está compuesto por monedas de valores 1, p, p2, p3,..., pn, donde $p > 1$ y $n > 0$, y que también disponemos de un ´ número ilimitado de monedas de cada valor.

La mejor solución siguiendo la metodología de análisis y planteamiento del problema de forma voraz es definiendo los siguientes puntos:

- Conjunto de candidatos.- Conjunto de monedas
- Función de solución.- el valor total del conjunto de monedas elegidas es exactamente igual a la cantidad a pagar.
- Función objetivo.- minimizar el número de monedas utilizadas en la solución.

- Función de selección.- elegir la moneda de mayor valor posible tal que satisfaga las restricciones de factibilidad.

El algoritmo resultante de este proceso es de orden n con respecto al número de monedas.

Sin embargo este algoritmo depende del sistema monetario que se ocupa en cada país, pudiendo no dar el mejor resultado bajo ciertas características de dicho sistema. Por ejemplo {6, 4, 1} y {11, 5, 1}. En estos sistemas monetarios este algoritmo produciría resultados no óptimos.

Solución Dinámica

El algoritmo dinámico se basa en llenar una tabla C conformada por tantas filas como denominaciones de monedas hay, y las columnas serán las cantidades entre 1 y el valor a devolver, de esta manera se calcularan todas las formas posibles de devolver entre 1 y la cantidad requerida haciendo uso de las diferentes denominaciones que se tienen.

Por lo tanto devolver una cantidad estará relacionado con las denominaciones utilizadas y con la soluciones de devolver cantidades inferiores.

Donde el numero almacenado en C[i][j] será el número mínimo de monedas necesarias para devolver j unidades, haciendo uso de las primeras i denominaciones y T[i], es la i-ésima denominación, y se calcula de la forma que se observa en la figura 1.
La complejidad del algoritmo anterior es la complejidad de construir la tabla de tamaño i X j donde i es el número de monedas en el sistema y j el cambio a repartir.

$$C[i][j] = \begin{cases} \infty & \text{si } (i = 1) \text{ Y } (1 <= j <= T[i]) \\ 0 & \text{si } (j = 0) \\ 1 + C[i][j - t[i]] & \text{si } (i = 1) \text{ Y } (j >= T[i]) \\ C[i-1][j] & \text{si } (i > 1) \text{ Y } (j < T[i]) \\ \min(C[i-1][j],\ 1 + C[i][j - t[i]]) & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Figura 1. Cálculo de denominaciones

De esta tabla para devolver el cambio óptimo diciendo cuales son y en qué cantidad son las denominaciones de las monedas a devolver se debe hacer uso de un arreglo auxiliar del mismo tamaño que el arreglo de monedas y un recorrido de la matriz de C de la siguiente forma: i=número de monedas j=cambio a devolver Mientras j diferente de 0 haz: Si c[i,j]≥C[i-1,j] Mc[i]= Mc[i]+1; i=número de monedas aux=aux+Mc[i] j=cambio a devolver-aux en otro caso i=i-1 //cambio de moneda a la siguiente denominación mayor.

La metodología que se utiliza para verificar cuál de las dos implementaciones ofrece mejores soluciones fue la siguiente:

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Al realizar la ejecución de estos algoritmos por utilizando como herramienta Matlab ®. Con un sistema monetario ficticio {60, 40, 10, 6, 4, 1} se obtuvieron los siguientes resultados:

Ambos algoritmos se comportan de una forma aceptable, sin embargo el algoritmo voraz con este sistema monetario produjo resultados no óptimos, mientras que el algoritmo dinámico, siempre devolvió mejores soluciones.

El algoritmo dinámico es más barato en tiempo de ejecución que el algoritmo voraz para el cálculo de múltiples valores a devolver.
Este algoritmo en su implementación de forma general utiliza dos tablas una para el cálculo y una copia de esta para la búsqueda de las soluciones, lo que implica un gran requerimiento de memoria RAM, sin embargo con una pequeña modificación y calculando por métodos estadísticos cuál es el mayor cambio que puede devolver la máquina expendedora, es posible utilizar la misma tabla para ambas tareas. Devolviendo el tipo de las monedas a devolver y la cantidad de cada una de ellas.

La función de recorrido la cual tiene un orden de ejecución menor a n siendo n la cantidad a devolver. Este hecho compensa la cantidad de memoria que ocupa la tabla en el sistema.

Para este trabajo se realizaron las pruebas para la devolución con monedas de las siguientes cantidades en el rango de 1 hasta la cantidad 100 con un sistema monetario {60, 40, 10, 6, 4, 1}, los algoritmos se comportaron como se expresa en la gráfica 2:

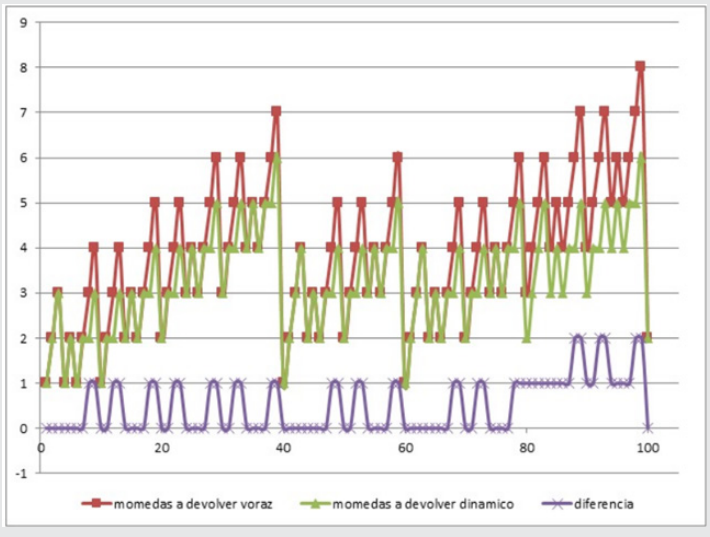


Figura 2 Número de monedas que entregan ambos algoritmos y la diferencia entre estas cantidades.

CONCLUSIONES

- En el caso del problema de la devolución del cambio, el algoritmo dinámico se comporta de forma óptima ya que no varía su eficiencia en relación directa con el sistema monetario, tal y como la hace el algoritmo voraz que para el caso del sistema monetario propuesto, fallo en dar el cambio de forma óptima en un 46%. Al cual al analizar su comportamiento se incrementara conforme aumente n.

- Con respecto a la utilización de la memoria el algoritmo dinámico consume un arreglo de ´ mXn posiciones más dos vectores de tamaño m como elementos principales de su funcionamiento, lo cual se compensa con su asertividad y con el hecho de que la misma tabla sirve para calcular cualquier cantidad en el rango calculado, con lo cual solo se realiza el procedimiento de llenado una sola vez a diferencia del voraz que rehace todos los cálculos en cada ocasión.

- Con respecto a otras implementaciones para la solución de este tipo de problemas tal como pueden ser los algoritmos genéticos por ejemplo, aunque los algoritmos genéticos reducen en gran medida la cantidad de cálculos a realizar para la solución de un problema de optimización, estos no garantizan encontrar la solución óptima y en muchas ocasiones ni siquiera encuentran una solución factible, al depender en su desarrollo de un alto componente probabilístico, que no está presente en las implementaciones de los algoritmos seleccionados.

REFERENCIAS

[1] Levitin, Anany. Introduction to the design & analysis of algorithms, 3rd ed. (2012) chapter 9.

[2] Levitin, Anany. Introduction to the design & analysis of algorithms, 3rd ed. (2012) chapter 8.

[3] Cormen, Thomas H. Introduction to Algorithms, Second Edition (2001).

Ciencias de la Computación

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Sistema inmerso de una matriz LED informativa controlado mediante dispositivos móviles

Colaboración
Jacobo Gómez Agis; José Francisco Martínez Lendech, Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo.

RESUMEN: Un sistema inmerso se define como una microcomputadora equipada de un número mínimo de puertos de E/S que puede operar en entornos distintos y realizar tareas de manera autónoma en tiempo real. Este tipo de sistemas ligados a la tecnología inalámbrica como el Bluetooth (solución económica y accesible para la interconexión de computadoras, y dispositivos móviles) pueden utilizarse para el desarrollo de sistemas capaces de programar y controlar matrices LED de forma inalámbrica a bajo costo. Las matrices LED son de amplio interés dado que representan una solución rápida y económica para publicidad, señalización vial, y medios informativos. Este artículo presenta el diseño y desarrollo de un sistema inmerso basado en un microcontrolador PIC18F4550 para la configuración y control de una matriz LED mediante una interfaz de datos RS232-Bluetooth.

Palabras clave: LED, matriz LED, sistema inmerso, microcontrolador, aplicación móvil, interfaz RS232-Bluetooth, CCS, App Inventor.

Abstract: An embedded system is defined as a microcomputer equipped with a minimal number of I/O ports that can operate in different environments and perform tasks autonomously in real time. This kind of systems linked to the wireless technology like Bluetooth (affordable and accessible for interconnecting computers solution, and mobile devices) can be used to develop systems able to program and control dot matrixes LED wirelessly at low cost. The dot matrixes LED are of broad interest because they represent a quick and economical solution for advertising, road signs, and media. This paper presents the design and development of an embedded system based on a PIC18F4550 microcontroller for the configuration and control of a dot matrix LED using a Bluetooth - RS232 interface data.

Keywords: LED, Dot matrix LED, embedded system, microcontroller, mobile application, RS232 - Bluetooth interface, CCS, App Inventor.

INTRODUCCIÓN

Tras la invención del LED blanco de elevado brillo, se han alcanzado niveles de rendimiento superiores a los pronosticados a inicios de los años 60 [2]. Esto representa una solución viable para numerosas aplicaciones de iluminación en general. Por ejemplo, los tableros indicadores y las pantallas de LED dispuestos en forma de matriz, que son convenientemente programados para desplegar mensajes o animaciones, las convierte en un recurso frecuentemente utilizado con fines publicitarios e informativos.

Las matrices de LED, debido a su gran versatilidad gozan de una popularidad en el ámbito comercial, por lo que aun hoy en día no existe un estándar que establezca sus características de operación como tamaño, color, resolución y programación. Sin embargo, para programar la mayoría de los sistemas comerciales de matrices LED se requiere de acceder directamente a ellas ya sea a través de una computadora, o de una terminal de datos y en otros casos, a través de dispositivos de almacenamiento externos para ser reconfiguradas. Las opciones antes mencionadas implican la realización de maniobras físicas en el lugar donde la matriz LED se encuentra ubicada.

Esto puede evitarse haciendo uso de tecnologías inalámbricas de corto alcance como el Bluetooth, que es una tecnología emergente espe-

cializada en la comunicación entre dispositivos fijos y móviles a distancias no más allá de 10m, permitiendo el intercambio de información inalámbrica de manera segura [5], [1]. Estas ventajas permiten el desarrollo de interfaces inalámbricas para dispositivos programables [8] [9] [10], así como el desarrollo de sistemas inmersos controlados mediante dispositivos móviles; lo que representa un avance sustancial para el control de aplicaciones electrónicas a distancia. El sistema inmerso se define como una microcomputadora equipada con un mínimo de componentes para operar en distintos entornos y realizar tareas de forma autónoma en tiempo real.

El objetivo de este artículo es de mostrar la aplicación de sistemas inmersos en la programación de matrices LED vía inalámbrica, el cual permite su programación en tiempo real manteniendo la funcionalidad del sistema sin requerir una conexión fija todo el tiempo con el dispositivo móvil. La información transmitida hacia el microcontrolador se almacena en la EEPROM evitando la perdida información. Además, se aprovechan los recursos que ofrecen los dispositivos móviles como teclado táctil, comunicación Bluetooth y reconocimiento de voz para la interfaz con el microcontrolador.

Este artículo consiste de una descripción de los diferentes componentes de la aplicación: la matriz de LED informativa, el protocolo Bluethooth, el sistema inmerso desarrollado y finalmente se presentan los resultados y las conclusiones de este trabajo.

MATRIZ LED INFORMATIVA

Una matriz LED es un dispositivo de visualización, que muestra datos o información, y se caracteriza por estar compuesto de diodos emisores de luz (LED) monocromáticos o poli-cromáticos. Cada LED forma un píxel y un conjunto de pixeles forman caracteres, textos, imágenes y vídeo como se muestra en la fig. 1. Su uso más frecuente es desplegar mensajes de tipo informativo, publicitario y señalizaciones viales en edificios, negocios, carreteras y avenidas.

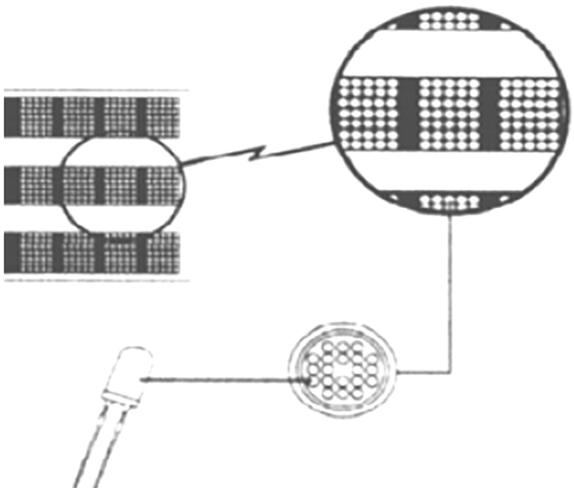


Figura 1. Matriz LED

PROTOCOLO BLUETOOTH

Bluetooth ofrece un protocolo de comunicaciones inalámbricas de bajo consumo de potencia que opera en la banda de 2,4 GHz. Su enlace es altamente confiable en comunicaciones digitales, ya que habilita mecanismos de detección de error, ofrece una inmunidad natural a la interferencia y habilita procesos de encriptación para garantizar comunicaciones confiables y seguras [5].

La pila de protocolo Bluetooth se encuentra constituida por varias capas que se organizan en: grupo de transporte, grupo de protocolos middleware y grupo de aplicación. La pila de protocolo Bluetooth realiza una transición de hardware a software similar al modelo OSI y cada una de sus capas tiene una función definida [5].

SISTEMA INMERSO BASADO EN MICROCONTROLADOR CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.

Un sistema inmerso basado en microcontrolador puede definirse como una microcomputadora controlada por software fiable y equipada con un mínimo de componentes (RAM, ROM, puertos de entrada/salida, sensores actuadores, etc.) para operar en distintos entornos y realizar tareas o funciones específicas de forma autónoma en tiempo real [7], [3].

Si a lo anterior se añade la capacidad de comunicarse con dispositivos móviles, lo convierte en una opción atractiva y económica para el control de aplicaciones electrónicas. Esta modificación puede explotarse en la instalación de pantallas a base de matrices LED, cuyos beneficios son la reducción del tiempo de programación, haciendo esta última más dinámica y eficiente al no requerir de una computadora y de maniobras físicas en el lugar donde la pantalla se encuentre instalada.

DESARROLLO DEL SISTEMA

El sistema inmerso descrito en este trabajo, permite a los usuarios controlar y reconfigurar en tiempo real una matriz LED informativa a una distancia máxima de 10m, utilizando como interfaz de control y programación cualquier dispositivo móvil Android Os a través del protocolo de comunicación Bluetooth.

La fig. 2 muestra el esquema básico de programación del sistema inmerso convencional a) y la del sistema inmerso con comunicación Bluetooth b), donde se puede observar que dispositivos móviles reemplazan la PC y se conectan a un microcontrolador mediante un módulo de comunicación Bluetooth, en vez de conectar físicamente la PC mediante comunicación USB, como se muestra en el esquema convencional.

A su vez el microcontrolador se comunica con el circuito decodificador para el despliegue de caracteres y animaciones de la matriz LED.

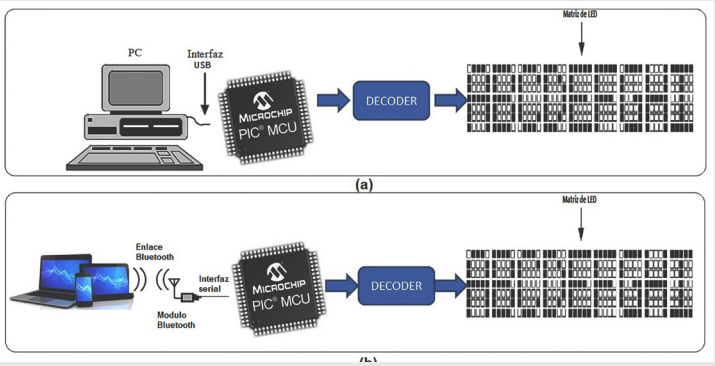


Figura 2. (a) Esquema convencional de programación de un sistema inmerso. (b) Esquema de programación de un sistema inmerso con comunicación Bluetooth

A. Hardware

Utilizando un microcontrolador PIC18F4550, circuitos decodificadores, un arreglo de LED blancos ultra-brillantes y un módulo de comunicación Bluetooth HC-06 se ha realizado el circuito de control del sistema inmerso y la matriz LED. El diseño de la matriz consiste de 8 módulos de 8 columnas y 8 renglones dando un total de 512 pixeles, donde cada punto está formado por 5 LED. Con lo anterior es posible desplegar caracteres alfanuméricos y animaciones en un total de 320 LED por modulo, y tiene la capacidad de extenderse hasta 16 módulos dando un total de 5120 LED simultáneamente.

El principio de funcionamiento del circuito de control está basado en el diagrama a bloques que se muestra en la fig. 3. Este sistema utiliza un microcontrolador para enviar datos directamente a las filas de la matriz y a un circuito decodificador que accede en cada uno de los módulos. El microcontrolador está interconectado con el módulo de comunicación Bluetooth para realizar la comunicación bidireccional con dispositivos móviles en todo momento.

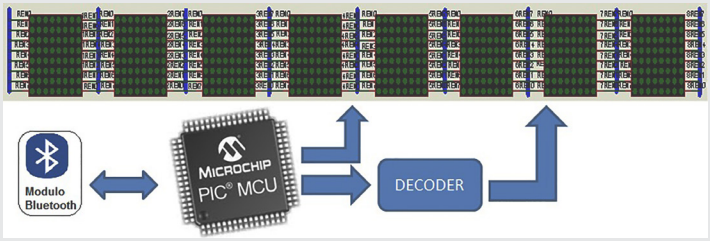


Figura 3. Diagrama a bloques del sistema inmerso de la matriz LED

B. Interfaz RS232-Bluetooth

Los microcontroladores poseen módulos internos de comunicación (UART, SPI, I2C, etc.) para establecer la comunicación de datos en forma serial con otros componentes o dispositivos [4]. En particular, la interfaz RS232-Bluetooth utiliza el módulo UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) con formato NRZ, y los siguientes parámetros: 9600 Baudios, 8 bits de datos, No paridad, y 1 bit de paro para la comunicación full-duplex y cuyos parámetros de configuración son los mismos con los que opera el módulo de comunicación Bluetooth HC-06 para establecer enlaces inalámbricos. De esta manera, el microcontrolador se comunica con el módulo HC-06 para él envió y recepción de datos utilizando el protocolo RS232. El módulo HC-06 se comunica con dispositivos móviles de manera bidireccional utilizando el protocolo de comunicación Bluetooth como se muestra en la fig. 4.

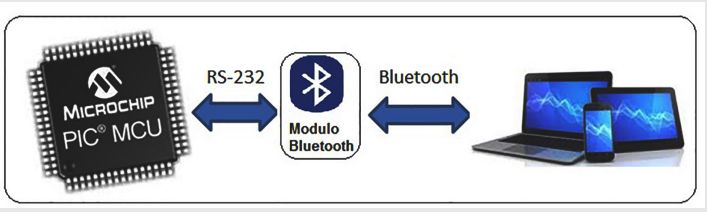


Figura 4. Interfaz RS232-Bluetooth

C. Software

Para el desarrollo del sistema inmerso se utilizó el IDE (integrated development environment) CCS C compiler, por su versatilidad, y por ser de distribución libre, lo cual permite reducir los costos de desarrollo. Dispone de una amplia librería de funciones predefinidas, comandos de procesado, además de numerosos controladores para dispositivos electrónicos [4]. En lo que concierne el desarrollo de la aplicación móvil de control, se utilizó App Inventor. App Inventor es una aplicación web que ofrece a los usuarios un entorno de desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles Android Os, a través de un módulo Web y un editor de bloques de funciones Open Blocks de Java [6].

RESULTADOS

Las pruebas realizadas a cada módulo de la matriz LED permitieron cuantificar los parámetros mostrados en la tabla I. La medición de iluminancia, eficacia, y potencia consumida se realizó en áreas confinadas y aisladas de iluminación externa con equipo de medición eléctrica. Respecto a la vida útil y grado de proyección de luz emitida por el módulo LED, hemos utilizado los datos de la hoja de especificaciones del fabricante. Para el uso de la aplicación desarrollada Bluetooth SMV Control, se utilizó dispositivos móviles que contaran con el sistema Android O.S. versión 4.0 y superiores. Finalmente se realizaron pruebas de funcionalidad en laboratorios, edificios, aulas didácticas, pasillos, espacios libres para uso público, así como también áreas transitadas bajo condiciones no controladas de iluminación, y conexiones externas Bluetooth de dispositivos móviles.

Tabla I. Resultados obtenidos por cada módulo de la matriz LED y sistema inmerso.

PARAMETROS	MODULO LED Y SISTEMA INMERSO
Voltaje de Operación	5VCD
Cantidad de LEDs	320
Distancia de visibilidad	Hasta 250m
Grados de proyección luz	120°
Potencia mín. consumida	2W
Potencia máx. consumida	60W
Iluminancia	1800 Luxes
Eficacia luminosa máxima	160 Lm/W
Vida útil	50000 horas
Dimensiones	70x70cm
Longitud Mensajes	256 caracteres
Modo de operación en display	Desplazamiento por carácter y por pixel

Mediante este sistema se realizó la comunicación entre dispositivos móviles y el PIC18F4550 implementando una interfaz RS232-Bluetooth. El módulo LED mostrado en la figura 5, es capaz de desplegar mensajes de hasta 256 caracteres, desplazándolos carácter por carácter o pixel por pixel. La distancia máxima programación mediante el dispositivo móvil fue de 10m.

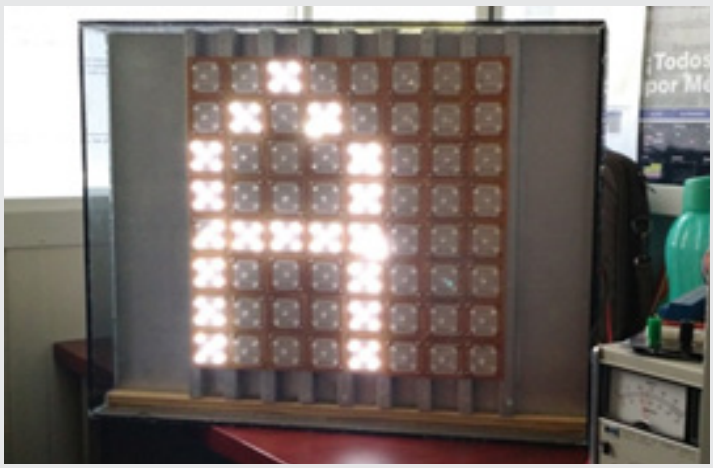


Figura 5. Módulo LED desarrollado

La aplicación móvil desarrollada -Bluetooth SMV Control- que se muestra en la figura 6 presenta al usuario un menú de opciones para interactuar con la aplicación en tiempo real a través de botones, controles de texto y reconocimiento de voz. Se puede realizar la búsqueda del circuito de control Bluetooth de la matriz y elegir diferentes acciones ya sea leer, activar, o reconfigurar mensajes en la matriz LED de manera dinámica sin requerir una PC conectada a la matriz para modificar el código fuente. La información es transmitida de manera inalámbrica desde el dispositivo móvil hacia el microcontrolador para ser procesada, almacenada y desplegada en la matriz LED por el circuito decodificador.

Figura 6. Aplicación Bluetooth SMV control desarrollada

CONCLUSIONES

La interfaz RS232-Bluetooth implementada, permite que los microcontroladores accedan y procesen información de diferentes recursos de los dispositivos móviles como GPS, acelerómetro, reconocimiento de voz, y otros, convirtiendo lo anterior en una opción atractiva y económica para el control de aplicaciones electrónicas en tiempo real.

El sistema inmerso desarrollado, en conjunto con la aplicación Bluetooth SMV control, permitió controlar una matriz LED informativa de manera inalámbrica usando dispositivos móviles Android OS. Los resultados obtenidos han confirmado su adecuado funcionamiento en condiciones reales de operación. La interfaz inalámbrica con dispositivos móviles, representa una opción eficiente, económica y de fácil operación que puede ser empleada en diversas aplicaciones electrónicas.

REFERENCIAS

[1] Axelson, J., (2007). Serial port complete. COM Ports, USB Virtual COM Ports, and Ports for Embedded Systems, (2nd Edition, pp. 11-15). Madison: Lakeview Research LLC.

[2] DenBaars, S.P., Nakamura, S., Speck, J.S, (2013). Gallium nitride based light emitting diodes (LEDs) for energy efficient lighting and displays. Electronics, Communications and Photonics Conference (SIECPC) IEEE, pp. 1-13, Saudi International.

[3] Galeano, G. (2009). Programación de sistemas embebidos en C, (Primera Edición, pp. 4-6). México: Alfaomega.

[4] García, E., (2008). Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC, (pp. 23, 167-212). México: Marcombo.

[5] Miller, B., Bisdikian, C. (2001). Bluetooth Revealed, (pp. 5-6, 39-49). United States: Prentice hall.

[6] MIT App Inventor, http://appinventor.mit.edu/explore/

[7] Wilmshurst, T. (2010). Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers, Principles and Applications (2nd edition, pp. 3-4). Great Britain: Newnes.

[8] Linares R. (2004). Implementación del protocolo Bluetooth para la conexión inalámbrica de dispositivos electrónicos programables. Scientia et Technica. Año X, No. 24, Mayo 2004. ISSN 0122-1701.

[9] Godoy, E.P., Scorzoni, F. (2011). Using serial bluetooth converters as a sensor link in networked control systems. Control and Automation (ICCA) IEEE, pp. 461-466, Santiago.

[10] Kanma, H., Wakabayashi, N., Kanazawa, R. (2003). Home appliance control system over Bluetooth with a cellular phone. Consumer Electronics, IEEE Transactions on Vol. 49, Issue 4, pp 1049 – 1053.

Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Control par-calculado para el cabeceo del helicóptero Quanser de 2 GDL

Colaboración
Enrique Gonzalez Galindo, Eusebio Bugarin, Ana Y. Aguilar Bustos
Instituto Tecnológico de Ensenada

Resumen: En este trabajo se presenta el modelado y control para el cabeceo del helicóptero Quanser de 2 grados de libertad, lo cual incluye una reformulación de sus parámetros y variables respecto a los marcados en el manual del propio helicóptero. Para la regulación de la posición angular del cabeceo de dicho sistema se implementa un controlador par-calculado, considerándose una relación estática entre el voltaje, empuje y par aplicados. Finalmente, se muestran comparaciones entre simulaciones y experimentos, en donde se logra apreciar bastante similitud en ambos resultados; validándose de esta manera la teoría propuesta.

Palabras clave: Vehículos Aéreos no Tripulados, Control de Robots, Sistemas No Lineales, Validación Experimental, Tiempo Real.

Abstract: In this paper it is presented the modeling and control for the pitching of the Quanser 2 DOF helicopter, including a reformulation of its parameters and variables respect to what is marked on the own helicopter's manual. For the regulation of the angular position of the pitching of this system it is implemented a computed-torque control, considering a static relationship between the voltage, thrust and torque applied. Finally, they are shown comparisons between experiments and simulations, where can be appreciated a great similarity between both results; validating in this way the proposed theory.

Keywords: UAVs, Robot Control, Nonlinear Systems, Experimental Validation, Real-Time.

INTRODUCCIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados (UAVs, Unmanned Autonomous Vehicles), también llamados drones [1], han despertado en estos últimos años un importante interés tanto en las actividades de investigación como en las industriales para ser usados en diversas tareas.

Existen varias aplicaciones para los drones, las cuales abarcan desde las civiles hasta las militares. Dentro de sus aplicaciones civiles tenemos la vigilancia del tráfico de carreteras, operaciones de búsqueda aérea y salvamento, recolección de información para la predicción meteorológica, vigilancia de bosques o detecciones de fuego, entre muchas otras más.

Los drones de múltiples rotores han atraído considerablemente la atención; siendo los más populares los de cuatro rotores (aunque también se han desarrollado de otras cantidades y de variadas configuraciones). Estos sistemas robóticos aéreos de múltiples rotores son capaces de flotar y tienen una buena capacidad de maniobra. Desde el punto de vista mecánico, pueden ser considerados más simples que los helicópteros convencionales porque no tienen el plato cíclico y no es necesario eliminar los pares giroscópicos creados por el propio giro de los motores. Por otra parte, los rotores desarrollan menos energía que el rotor principal equivalente a los helicópteros convencionales, por lo que pueden llegar a ser más seguros. De esta manera los drones se están utilizando en muchos laboratorios de investigación y se están volviendo atractivos para muchas aplicaciones que no requieren cargas útiles significativas [2].

Los drones de cuatro rotores han sido objeto de significantes estudios desde que ganaron la atención de investigadores en robótica alrededor del año 2000, habiendo numerosos artículos que se han escrito concernientes a su dinámica y descripción de métodos para su control de vuelo [3, 4].

Una manera útil para comenzar a comprender y a trabajar con los UAVs puede ser mediante el estudio de un simple sistema que involucre a una sola propela, como es el caso de un sistema péndulo impulsado con el empuje de una propela. Algunos trabajos relacionados podemos verlos en Farmanbordar et al. [5], Mohammadbagheri y Yaghoobi [6], Shamsulkamar [7], Srinivasulu et al. [8] y Rahimi et al. [9]; los cuales sólo presentan resultados en simulación. Ahora bien, en otros trabajos relacionados tenemos a Uyar et al. [10], Martinez et al. [11], Enikov y Campa [12] y Moreno et al. [13] en donde se presentan resultados simulados y experimentales. De los trabajos nombrados anteriormente solamente [9] y [12] utilizan control no lineal.

En este trabajo se lleva a cabo el modelado de un sistema pendular similar utilizando un grado de libertad (el cabeceo) del helicóptero Quanser de 2 grados de libertad (gdl) [14]. De acuerdo al análisis realizado se plantea una reformulación de sus parámetros y variables para finalmente proponer un controlador par-calculado para la posición angular del cabeceo; el cual es validado en forma experimental.

MODELADO DEL SISTEMA

En la Figura 1 se muestra el helicóptero empleado en este trabajo, en el cual sólo se analiza uno de sus grados de libertad (el cabeceo), considerándolo como un péndulo. Este péndulo es impulsado por una propela accionada por un motor de corriente directa, que al girar desarrolla una fuerza de empuje T (ver Figura 2) y debido a una distancia al eje de giro d se genera un par τ quien finalmente mueve al péndulo. Este movimiento puede ser medido por medio de un codificador óptico (encoder) ubicado en el eje de giro, dando una medición de su posición angular θ.

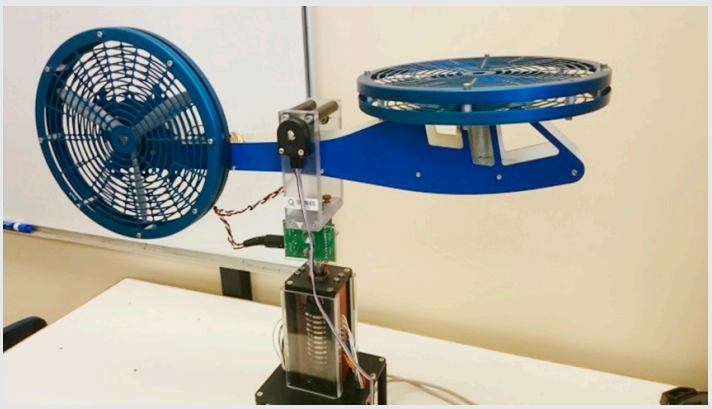


Figura 1. Helicóptero Quanser de 2 GDL.

El análisis del sistema fue realizado mediante las ecuaciones de movimiento de Newton-Euler, dando como resultado

$$I\theta - + mgIsen(\theta) = \tau \qquad (1)$$

donde I es el momento de inercia respecto al eje de giro, m es la masa del helicóptero, g es la aceleración de la gravedad, l es la distancia del eje de giro al centro de masas del helicóptero, τ es el par aplicado y por último θ, $\dot{\theta}$ y $\ddot{\theta}$ son la posición angular, la velocidad angular y la aceleración angular, respectivamente. Cabe mencionar que la fricción se desprecia debido a que su valor es muy pequeño por el tipo de rodamiento incluido en el eje de giro.

Observé de la Figura 2, que la perpendicular al eje de giro de la propela para el cabeceo que pasa por el eje de giro para el ángulo de cabeceo θ no cruza por el eje de giro de la propela de cola del helicóptero (contrario a lo que se argumenta en el propio manual [14]). También cabe destacar que el helicóptero cuenta con 3 posiciones para mover el eje de giro del cabeceo θ y que en ninguna de ellas ocurre el cruze mencionado. Lo anterior justifica el hecho de realizar una reformulación, respecto al manual [14], de las variables y parámetros en el modelo del helicóptero, encontrándose una localización, para el centro de masas de $[l,\gamma]=[0.01588\ m, 28.18°]$ para el helicóptero puesto en la posición más cercana a la propela del cabeceo respecto de las 3 posiciones para mover el eje de giro del cabeceo θ.

Caracterización motor/propela

El modelado de la dinámica de una propela con su motor es un procedimiento bastante complejo [10], debido principalmente a los efectos aerodinámicos no lineales causados por el propio giro de la propela. Para sobrellevar lo anterior y de acuerdo a como se hace comúnmente en la literatura, en este trabajo consideraremos una relación estática entre el voltaje aplicado al motor de 12 VCD para el cabeceo (o la velocidad angular de su propela) y el empuje generado.

Para encontrar dicha relación estática se realizó el experimento mostrado en la Figura 3. Es decir, para un voltaje particular aplicado se agregó un contrapeso tal que el helicóptero se mantuviera horizontal; entonces mediante un análisis estático de fuerzas y pares se encontró el empuje (con a1=0.194 [m] y a2=0.172 [m]) y con un tacómetro, su velocidad angular. De esta forma se completaron los datos de la Tabla 1.

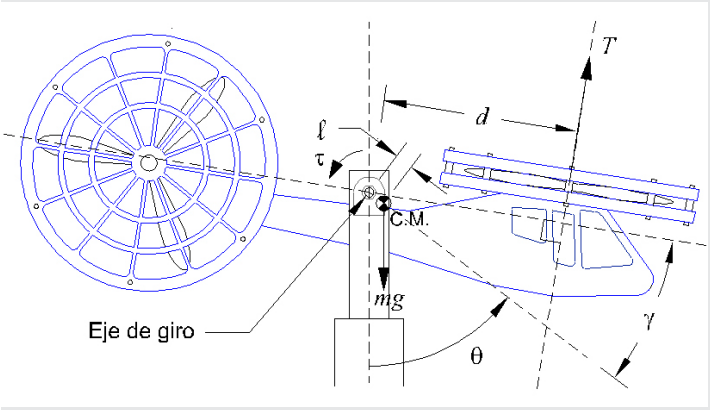


Figura 2. Esquema del Helicóptero.

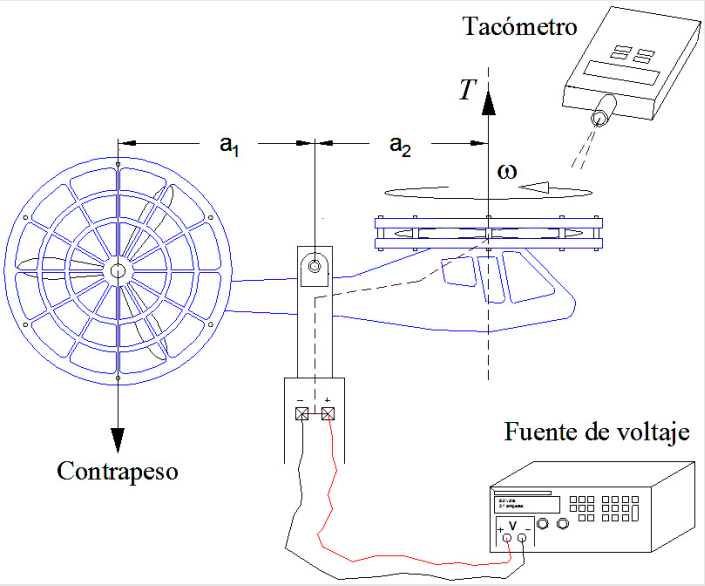


Figura 3. Esquema para la caracterización del motor/propela.

Tabla 1. Caracterización del motor/propela.

Voltaje v [V]	Velocidad angular ω [rad/s]	Empuje T [N]
1	48.7	0
2	100.6	0.00853
3	149.9	0.03707
4	193.4	0.10189
5	236.4	0.15818
6	282.7	0.25811
7	326.7	0.36549
8	368.8	0.48072
9	410.3	0.64351
10	453.4	0.81307
11	409.0	0.98331
12	521.8	1.14032

La Figura 4 muestra la relación entre la velocidad angular y el empuje de acuerdo a los datos de la Tabla 1. Con ajuste de curva obtenemos una aproximación a su relación mediante una función cuadrática; tal función se presenta a continuación:

$$T = 5.36\text{x}10^{-6}\omega^2 - 6.60\text{x}10^{-4}\omega + 1.38\text{x}10^{-2}.$$

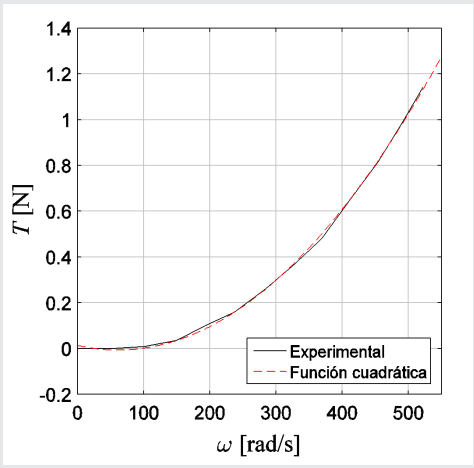


Figura 4. Velocidad angular contra empuje.

Para efectos de experimentación, en donde a partir de un par τ solicitado se calcula un empuje a aplicar ($T=\tau/d$) y a través de este un voltaje v también a aplicar, en la Figura 5 se muestra la relación entre el empuje y el voltaje, obteniendo de esta relación la siguiente función de quinto orden:

$$v = 71.52T^5 - 224.88T^4 + 262.50T^3 + \\ - 142.14T^2 + 42.94T + 0.98. \qquad (2)$$

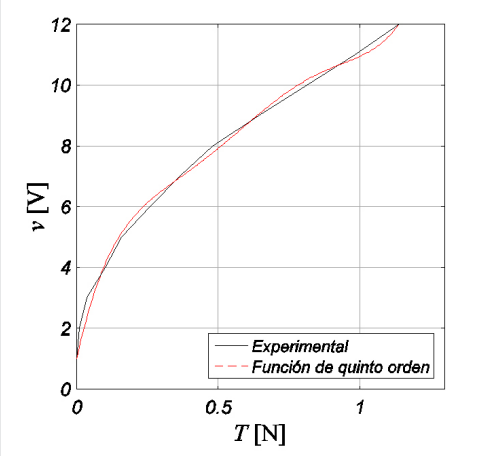


Figura 5. Empuje contra voltaje.

CONTROL

En este trabajo se propone resolver el problema de regulación para el sistema recién descrito. Para tal situación defínase al error como

$$e = \theta_d - \theta \qquad (3)$$

donde θ_d es la posición deseada.
De manera que el objetivo de control es

$$\lim_{t\to\infty} e(t) = 0.$$

Considérese el siguiente controlador par-calculado:

$$\tau = -2\zeta\omega_n \bar{I}\dot{\theta} + \omega_n^2 \bar{I}(\theta_d - \theta) + \bar{m}g\bar{\ell}\,\mathrm{sen}(\theta) \quad (4)$$

donde ζ, ω_n>0 son la relación de amortiguamiento y la frecuencia natural no amortiguada, respectivamente (ambas ganancias ajustadas por el usuario); $\bar{I}$ es el valor del momento de inercia estimado, $\bar{m}$ es la masa del helicóptero estimada y $\bar{I}$ es la distancia estimada desde el eje de giro al centro de masas.
Al igualar las ecuaciones del modelo del sistema (1) y la ley de control (4) podemos obtener la dinámica del error en lazo cerrado como

$$\ddot{e} + 2\zeta\omega_n \frac{\bar{I}}{I}\dot{e} + \omega_n^2 \frac{\bar{I}}{I} e + \\ + \frac{g}{I}\mathrm{sen}(\theta_d)\left(\bar{m}\bar{\ell} - m\ell\right) = 0.$$

Observe que si las estimaciones en los parámetros son las correctas, (5) queda

$$\ddot{e} + 2\zeta\omega_n\dot{e} + \omega_n^2 e = 0,$$

por lo que el objetivo de control es satisfecho. Ahora bien, si linealizamos (5) en e=0, tenemos

$$\ddot{e} + 2\zeta\omega_n \frac{\bar{I}}{I}\dot{e} + \omega_n^2 \frac{\bar{I}}{I} e + \\ + \frac{g}{I}\mathrm{sen}(\theta_d)\left(\bar{m}\bar{\ell} - m\ell\right) = 0.$$

La cual bajo el cambio de variables

$$x = \omega_n^2 \frac{\bar{I}}{I} e + \frac{g}{I}\mathrm{sen}(\theta_d)\left(\bar{m}\bar{\ell} - m\ell\right)$$

queda

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega_n \frac{\bar{I}}{I}\dot{x} + \omega_n^2 \frac{\bar{I}}{I} x = 0,$$

cumpliéndose que

$$\lim_{t\to\infty} x(t) = 0.$$

Lo cual implica que, al menos localmente,

$$\lim_{t\to\infty} e(t) = -\frac{g}{\bar{I}\omega_n^2}\mathrm{sen}(\theta_d)\left(\bar{m}\bar{\ell} - m\ell\right).$$

De esta manera, el objetivo de control se cumple (al menos localmente) si $m\bar{l} = ml$ o $\mathrm{sen}(\theta_d) = 0$; de otra forma se garantiza que el cabeceo llega al reposo pero con un error en estado estacionario

$$e_{ss} = -\frac{g}{\bar{I}\omega_n^2}\mathrm{sen}(\theta_d)\left(\bar{m}\bar{\ell} - m\ell\right). \quad (6)$$

Finalmente, nótese que una pobre estimación en l también impacta en la respuesta transitoria del sistema.

SIMULACIONES Y EXPERIMENTOS

En esta sección se presentan los resultados de simulación y experimentos de la teoría propuesta. Ambos resultados detallan la aplicación de la ley de control (4), la cual tiene como objetivo llevar al péndulo a una posición deseada y constante.

Para efectos de experimentación, la velocidad angular es calculada gracias a la utilización de un filtro pasa bajas de segundo orden, el cual tiene de entrada la lectura de la posición angular tomada por el codificador óptico (encoder). Tal función del filtro se presenta a continuación:

$$H(s) = \frac{1.579x10^4}{s^2 + 213.628\,s + 1.579x10^4}.$$

En la Tabla 2 se muestran los parámetros utilizados para llevar a cabo el control de posición tanto en la simulación como la experimentación (en la simulación los parámetros testados son iguales a los no testados).

Tabla 2. Parámetros del sistema.

Parámetros	Valor	Unidades
$\bar{I}$	0.02075	Kg m²
$\bar{m}$	1.12	Kg
g	9.81	m/s²
$\bar{\ell}$	0.01588	m
d	0.172	m

La Tabla 3 muestra los principales componentes que constituyen al helicóptero Quanser de 2 gdl.

Tabla 3. descripción del sistema.

Dispositivo	Descripción
Fuente de poder	UPM-2405, 120VCA, 5 A.
Motor CD	PITTMAN, Modelo 9234004-R1, 12VCD
Propela	Graupner 20/15
Software	PC con QuaRC-Simulink
Codificador óptico	4096 conteos por revolución
Tarjeta de adquisición de datos	Quanser Q4

Para tener un buen tiempo de respuesta se eligió un valor de frecuencia natural ω_n= 3.5 y para el amortiguamiento ζ= 0.8; elegido de esta manera con el fin de obtener un estado transitorio con una curva de respuesta subamortiguada.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el experimento con un periodo de muestreo estricto (tiempo real) de 1 [ms]. Tanto los resultados en simulación como los experimentales son puestos en la misma gráfica para su comparación y apreciación de sus similitudes.

En la Figura 6 se muestran dos curvas las cuales describen el comportamiento de la simulación y la experimentación al ser aplicado el control (4) para lograr una posición deseada de 40 grados, en ambas curvas se logra ver que el tiempo de establecimiento es de aproximadamente 1.5 segundos para la simulación y de 1.9 para la experimentación. La curva simulada llega a un error de cero en el estado estacionario, mientras que la experimental cuenta con un error alrededor de 0.25 grados, por lo que este error es muy aceptable.

La Figura 7 muestra la dinámica del error tanto en simulación como en experimentación. De igual manera que en la figura anterior se logra observar que la simulación tiene un menor amortiguamiento y alcanza la posición en un menor tiempo. Esta diferencia se debe principalmente a los efectos aerodinámicos ocasionados por el giro de la propela; así como también a los parámetros y dinámica no considerados dentro del modelo.

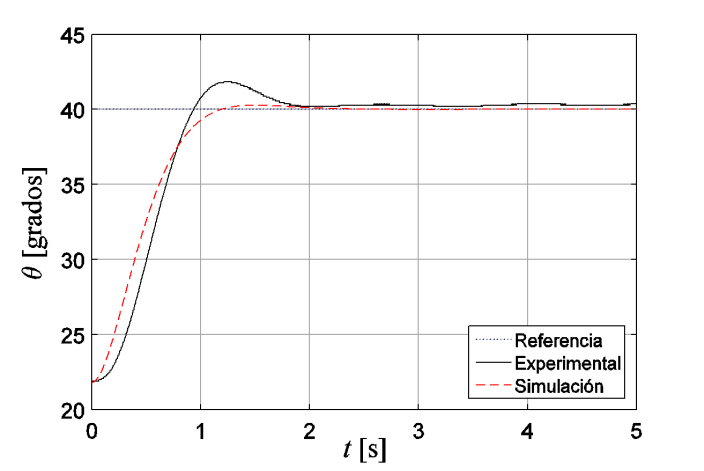


Figura 6. Respuesta del sistema.

Los valores del voltaje simulado y del experimental se grafican en la Figura 8; en la cual las curvas de ambos resultados muestran bastante similitud con una diferencia de 0.035 [V], con lo cual la diferencia de voltajes en el estado estacionario es prácticamente despreciable. Además se observa que no existe saturación de voltaje ya que la demanda de voltaje para este experimento se encuentra en un intervalo entre 7 y 10.5 [V]. Esta demanda cae dentro de las especificaciones de trabajo del motor de (_-^+)12 [V].

El último parámetro medido y comparado en este experimento es el empuje, esta comparación se detalla en la Figura 9. Y de igual manera se logra apreciar una diferencia muy pequeña entre ambas curvas.

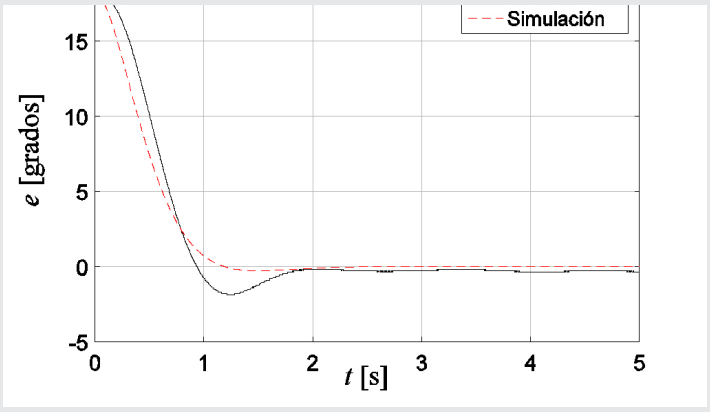


Figura 7. Curva del error.

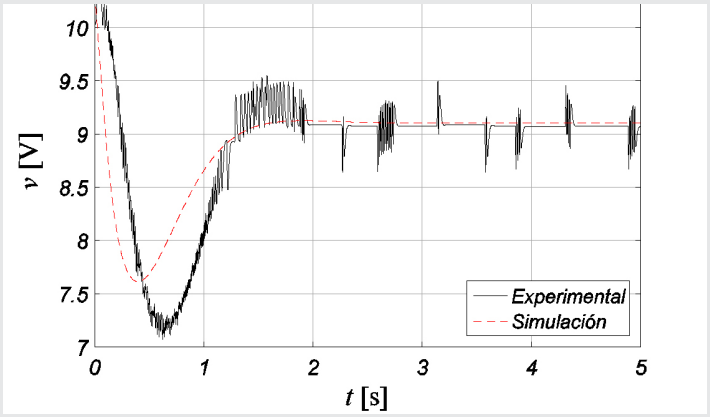


Figura 8. Voltaje aplicado.

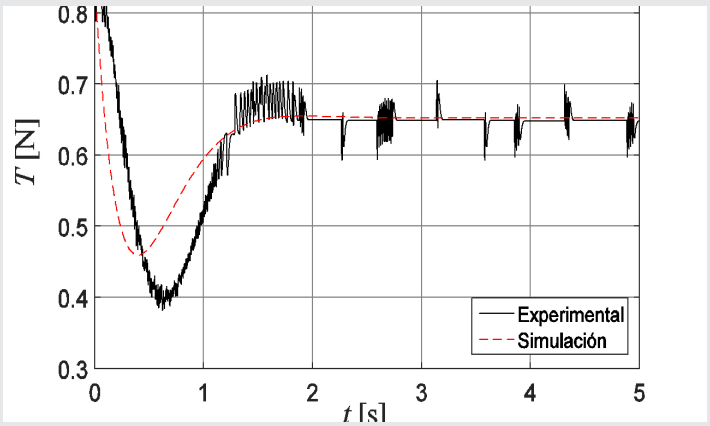


Figura 9. Empuje aplicado.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó el modelado y la regulación de la posición angular para un sistema péndulo compuesto por sólo un grado de libertad (el cabeceo) del helicóptero Quanser de 2 gdl, en donde fue necesaria una reformulación de sus parámetros y variables. Se encontró una ubicación del centro de masas diferente a la mencionada en el manual del helicóptero [14], dicha ubicación se localiza en [l,⍰]=[0.01588 m,28.18°].

Para resolver el problema de regulación de posición se diseñó e implementó un controlador Par-Calculado considerándose una relación estática entre el voltaje aplicado y el par o empuje generado. Finalmente, se presentan comparaciones entre simulaciones y experimentos, en donde se logra apreciar bastante similitud en ambos resultados; validándose de esta manera la teoría propuesta.

AGRADECIMIENTOS
Se agradece el apoyo financiero del Tecnológico Nacional de México, del Instituto Tecnológico de Ensenada, del PRODEP y del CONACYT (Proyecto 166654).

REFERENCIAS

[1] Castillo, P., García, P., Lozano, R., Albertos, P. (2007). Modelado y estabilización de un helicóptero con cuatro rotores. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial.

[2] García, L., Dzul, A., Lozano, R., Pégard, C. (2013). Quad Rotorcraft Control. Springer, London.
[3] Pounds, P., Mahony, R., Corke, P. (2010). Modelling and control of a large quadrotor robot. Control and engineering practice.

[4] Pounds, P., Mahony, R., Hynes, P., Roberts, J. (2002). Desing of a Four-Rotor Aerial Robot. Australasian Conference on Robotics and Automation.
[5] Farmanbordar, A., Zaeri, N., Rahimi, S. (2011). Stabilizing a Driven Pendulum using DLQR Control. Fifth Asia Modelling Symposium.

[6] Mohammadbagheri, A., Yaghoobi, M. (2011). A New Approach to Control A Driven Pendulum with PID Method. UKSim 13th International Conference on Modelling and Simulation.

[7] Shamsulkamar, S. (2008). Modeling and controller design for a compound pendulum. A thesis submitted in fulfillment of the requirements for award for the degree of bachelor of Electrical Engineering.

[8] Srinivasulu, S., Darshan, T., Nagendra, B. (2012). Design of Quadratic Dynamic Matrix Control for Driven Pendulum System. Internationel Journal of Electronics and communication Engineering, pp. 363-370.

[9] Reza, M., Ghasemi, R., Sanaei, D. (2013). Design Controller for a Class of Nonlinear Pendulum Dyanmical System. IAES International Journal of Artificial Intelligence, pp. 159-168.

[10] Uyar, E., Akdogan, T., Keskin, O., Mutlu, L. (2011). Position control of a Seesaw like Platform by Using a Thrust Propeller. The 12th IEEE International Workshop on Andvanced Motion Control.

[11] Martinez, R., Ruiz, F., Sanchez, A., Garcia, O. (2014). Dynamic Response of BLDC-Thruster for Small Scale Quadrotors under Aerodynamic Load Torque. IEEE.

[12] Enikov, E., Campa, G. (2012). Mechatronic Aeropendulum: Demostration of Linear and Nonlinear Feedback Control Principles With MATLAB/ Simulink Real-Time Windows Target. IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION.

[13] Moreno, F., Becerra, J., Yulianny, A., Alarcón, F. (2012). Desarrollo de un módulo didáctico para el control angular de un péndulo suspendido.

[14] Quanser: Position Control 2-DOF Helicopter. Reference Manual.

Desarrollo de interfaz táctil con sistema embebido electrónico para máquina de envasado semiautomática

Colaboración
Teth Azrael Cortés Aguilar, Instituto Tecnológico Superior de Zapopan; Tec. Fernando Morán Contreras, Fresenius Medical Care; Tec. Francisco Javier Zaragoza Pérez, Tequila Casa Cuervo, S.A. de C.V.

Resumen: Este proyecto consiste en el desarrollo de una interfaz humana-maquina mediante una pantalla táctil para un sistema de envasado semiautomático. Demostró ser robusto durante las pruebas, así como útil para las operaciones de envasado continuo y de ajuste de parámetros. Para una prueba de 200 ciclos continuos de envasado obtuvimos un error del 1%. Nuestra propuesta es una alternativa tecnológica para la automatización tradicional por PLC. La aplicación de sistemas embebidos en la automatización es conveniente por costo y flexibilidad para Pymes de la industria de bebidas que desean elevar su rendimiento mediante la automatización de sus procesos.

Palabras clave: Automatización, Interfaz, Industria de bebidas, Maquina envasadora, Pantalla táctil, Sistema embebido, Válvula de solenoide.

Abstract: This project involves the development of a human- machine interface using a touch screen for a semi-automatic filling system. It proved robust during testing as well as useful for continuous filling operations and parameter setting. For a test of 200 continuous cycles of filling we got an error of 1%. Our proposal is a technological alternative to traditional PLC automation. The application of embedded systems in automation is convenient in both cost and flexibility for SME in beverage industries that wish to improve their profits by automating processes.

Keywords: Automation, Beverage industry, Embedded Systems, Interface, Filling machine, Touch screen, Solenoid valve.

INTRODUCCIÓN

El uso de sistemas embebidos electrónicos en el control de envasado de líquidos reduce el costo de máquinas dosificadoras. La interfaz humano-máquina por pantalla táctil es conveniente y flexible para mostrar datos y fijar parámetros tanto para el trabajador como para el supervisor. Nuestra propuesta mejora la rentabilidad de las empresas facilitando la automatización de procesos para la industria Pyme de alimentos y bebidas.

La investigación realizada en los Estados Unidos por Ilyukhin, et. al. [8] señala que en años recientes la industria de la manufactura de alimentos ha experimentado un crecimiento impredecible llegado a ser una de las mayores fuerzas en la economía de ese país. Sin embargo algunas encuestas indican que la industria alimenticia tiene una lenta integración de tecnologías de automatización y las consideran para el futuro. Las grandes plantas manufactureras generalmente están mejor automatizadas pero no desean evoluciones tecnológicas inmediatas por los costos asociados. Por otro lado los proveedores de equipo y maquinaria poseen tecnología más avanzada en el campo de la automatización de procesos de alimentos pero esta ventaja es raramente aprovechada por la baja demanda de la industria estadounidense por nueva tecnología [8].

En contraste, en México la automatización de los procesos de producción es una opción viable para mejorar el rendimiento de las Pymes. En la actualidad, la mayoría de las Pymes evolucionan con rapidez, sobre todo porque son capaces de ofrecer a sus clientes productos personalizados y porque pueden competir en un mercado cada vez más exigente, lo que las obliga a mejorar constantemente sus sistemas de producción e invertir en tecnología para modificar sus sistemas de operación. Por lo tanto, las Pymes que tienen el hábito de administrar con eficacia sus operaciones generan mayor confianza en sus clientes al controlar, de forma más eficiente, los recursos vinculados con el proceso de producción, lo que permite a las empresas pensar en automatizar cualquier parte del proceso con la intención de obtener un mejor rendimiento [5].

En México una empresa Pyme tiene más probabilidad de ser rentable si apuesta primero por la automatización de sus procesos de producción [5].

Los sistemas de envasado automático es uno de los equipos principales en la maquinaria de la industria de alimentos; y con el crecimiento del sector de bebidas existe un incremento de la demanda de sistemas de envasado [10].

En la actualidad los productos de empresas Pyme requieren de procesos de envasado que frecuentemente cambian de un lote de producción a otro, y que necesitan de una dosificación exacta.

Algunos sistemas al alcance de las grandes empresas utilizan un panel de dosificación conectado a un controlador con interfaz PROFIBUS DP. Bajo condiciones normales de operación se logra una precisión de 0.2% para volúmenes desde 50 µL hasta 5000mL utilizando un medidor de caudal por coriolis entre el tanque y la válvula dosificadora para un proceso en línea recta [4]. Nuestra propuesta no incluye un medidor de caudal y la dosificación se controla por tiempo.

Otros sistemas incluyen un mecanismo de llenado de agua con un tanque presurizado para aplicar un flujo constante hacia la botella y el control del flujo lo realizan a través de una válvula de solenoide [2]. En la mayoría de los sistemas se menciona el uso de controladores lógicos programables PLC [13].

Con la intención de elevar la precisión en la dosificación, algunos autores [10] mencionan el uso de un sistema de inyección a base de un servomotor para el llenado en lugar de una válvula solenoide, sin embargo no reportan una comparación cuantitativa de la precisión contra la válvula de solenoide.

Por otro lado los sistemas embebidos están cambiando la automatización [7], porque permiten construir sistemas de control conectando pantallas, sensores y actuadores a bajo costo en comparación con el PLC y otros sistemas comerciales. Permitiendo alcanzar el impacto de la tecnología de pantallas táctil en la interfaz con el usuario [14], especialmente para las empresas Pyme que requieren de automatizar sus procesos de envasado con una inversión moderada.

En vez de una estación de trabajo con computadora y un monitor, muestra propuesta de una interfaz humano-maquina por pantalla táctil es conveniente y flexible para mostrar datos y fijar parámetros. El usuario puede cambiar información en la pantalla mediante una combinación de texto botones, gráficos e información digital [9].

El uso de monitor y mouse requiere de una superficie especial libre de suciedad y polvo. Algunos sistemas proponen como mejora el "track ball" en lugar del mouse [12], sin embargo ambas tecnologías en la actualidad son obsoletas. Los sistemas de pantalla táctil para PLC tienden a ser caros y presentan complicaciones de montaje por el tamaño de la ventana limitada a las especificaciones del fabricante, además la suciedad en la yema de los dedos puede afectar la pantalla.

Las investigaciones sobre el uso de pantallas táctiles sugieren que existe mucha variación en la marca de la yema de los dedos en lo que se refiere al área de contacto y forma, debido a las características morfológicas de las personas, a la presión ejercida y la orientación [1]. Cabe mencionar que estas desventajas conocidas de las pantallas táctiles fueron tomadas en cuenta en el diseño de nuestra propuesta de interfaz gráfica.

A partir de algunos estudios sobre el trabajador donde comparan diferentes habilidades cognitivas, procesamiento de información, capacidad de memoria y acciones necesarias para desarrollar diferentes tipos de automatización empleados en la toma de decisiones [11]. Inferimos que la tecnología de pantallas táctiles es la adecuada para una interfaz gráfica humano-máquina.

Los objetivos de nuestra propuesta son:
1. Demostrar que es posible automatizar una máquina de envasado con tecnología electrónica de sistemas embebidos de menor costo que los tradicionales dispositivos PLC. 2. Crear una interfaz gráfica humano-máquina mediante una pantalla táctil que muestre información relevante del proceso y permita el control de la dosificación por tiempo por apertura de una válvula de solenoide.

MATERIAL Y MÉTODOS

Después de realizar una búsqueda del estado de la técnica se encontró la patente DE05702384T1 que trata de un sistema de envasado por control de tiempo a través de una válvula dosificadora [15].

Nuestra propuesta, también realiza la dosificación por control de tiempo pero tiene como factor de innovación la interfaz humano-maquina por pantalla táctil, así como otros mecanismos que se integran al sistema.

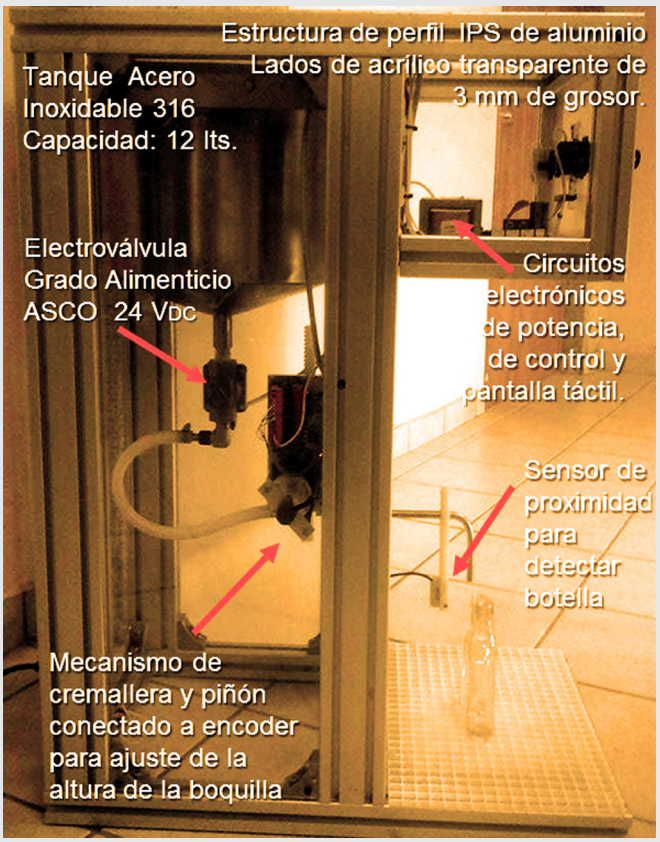


Figura 1. Máquina de envasado semiautomática

En comparación con máquinas que se comercializan actualmente, por ejemplo, el modelo Astepo PTAF del fabricante Alfa Laval [3].Nuestro diseño, figura 1, posee un tanque de acero inoxidable 304/316, grado alimenticio; enciende a 120 VAC en lugar de 220 VAC, tiene una capacidad máxima de 12 litros contra 10 litros, el control de dosificación se realiza por tiempo a través de un sistema embebido, en lugar del control por PLC y medidor de flujo magnético. Por otro lado, la precisión de la dosificación es aceptable y no se justifica el uso de un sistema de visión para la inspección de nivel en el proceso de envasado por técnicas de detección de borde como propone Doshi, et al. [6], en congruencia con la relación costo-beneficio que buscan las Pymes de México del sector de bebidas.

En la figura 2 se muestra el panel de control, que incluye la pantalla táctil, botón de paro de emergencia e interruptor para ajuste de parámetros. La máquina es operada por un trabajador en su ciclo de envasado continuo y el cambio de parámetros es un privilegio del supervisor que posee la llave del interruptor.

En el menú principal, pantalla 1 de la figura 3, se puede seleccionar LLENADO para el trabajador en ciclo de

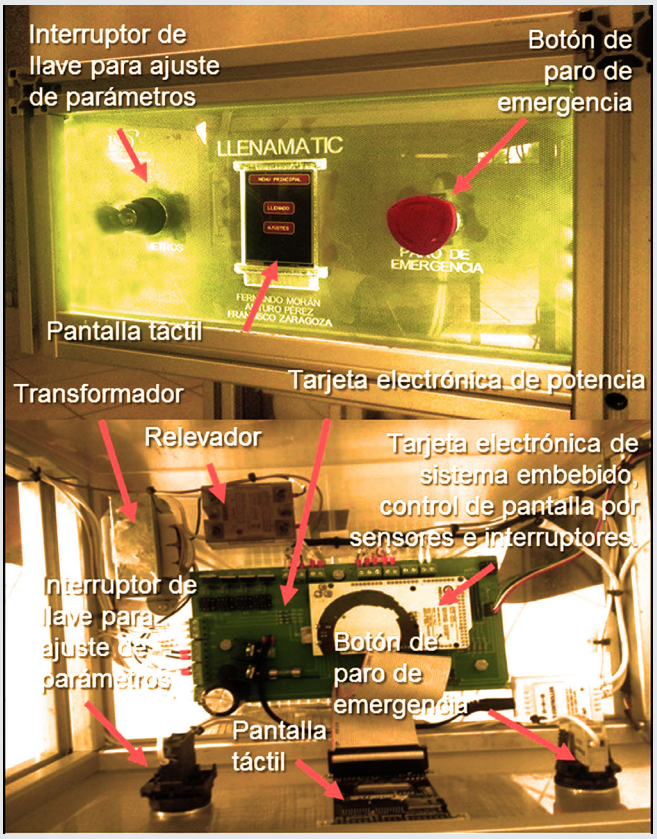


Figura 2. Vista del panel de control con pantalla táctil, circuitos electrónicos del sistema embebido y componentes de potencia.

envasado continuo y AJUSTES; esta opción se habilita únicamente cuando el supervisor cierra el interruptor de llave.

La pantalla 2 muestra la información para el trabajador en la operación de envasado: a) Formato de envasado seleccionado en mL, b) Grafica de barra que muestra el nivel de líquido en el tanque, la señal proviene de un sensor de ultrasonido localizado en la parte superior del tanque, c) Contador del número de botellas dosificadas por ciclo, d) Indicadores para presencia B y V para Botella y apertura de Válvula respectivamente, e) Botones para INICIO y PARO de ciclo, cambio de FORMATO, RESET del contador y botón para REGRESAR al menú principal. En la pantalla 4 y 8 el trabajador puede observar y seleccionar uno de tres posibles formatos de envasado en mL preestablecidos por el supervisor.

La figura 4, muestra las pantallas de ajuste para FORMATO, BOQUILLA y VÁLVULA. La pantalla 6 muestra

un botón grande, en color verde o rojo para abrir o cerrar respectivamente la válvula de solenoide, esta función se utiliza para purgar el sistema en operación de limpieza o cambio de producto.

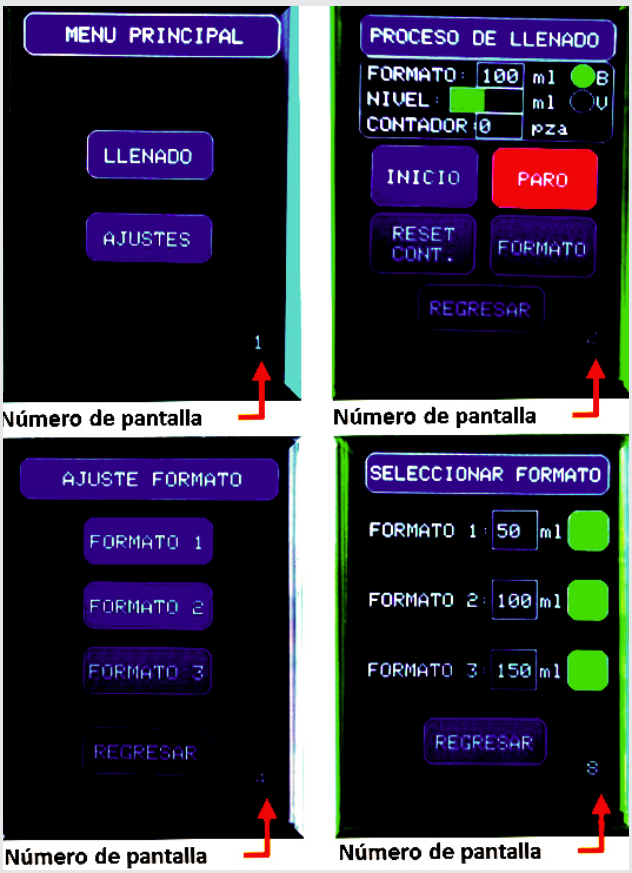


Figura 3. Imágenes de la pantalla táctil para el trabajador en ciclo de envasado continuo.

La pantalla 5 para ajuste de boquilla establece la posición del extremo del dosificador en función del formato y la altura de la botella. Finalmente en la pantalla 9 se ajusta el formato de envasado en mL correspondiente al tiempo de apertura de la válvula en ms; cuando se conoce el parámetro se ingresan 4 dígitos o se puede usar la función de AUTOSET que abre la válvula hasta que el supervisor observa que se alcanza el nivel deseado en la botella; inmediatamente se muestra el valor correspondiente en ms. Oprimiendo el botón GUARDAR se almacena el formato.

El programa para la interfaz humano-maquina consta de 2400 líneas de código, se programó en IDE para Arduino Mega, las librerías invocadas son: Adafruit_GFX.h para gráficos, Adafruit_ILI9341.h para hardware 2.8" TFT Touch Shield para Arduino con pantalla táctil resistiva, SPI.h para puerto de comunicación serial, SD.h para memoria SD, Wire.h para comunicación por I2C, TouchScreen.h para la pantalla táctil resistiva, Ultrasonic.h para el sensor de nivel ultrasónico, Stepper.h para el control del motor a pasos en el ajuste de altura de la boquilla, EEPROMex.h para extender la funcionalidad de la memoria EEPROM.

Figura 4. Imágenes de la pantalla táctil para ajuste de parámetros por el supervisor.

En la figura 5, se muestra el segmento de código para la función de llenado que abre la válvula de solenoide enviando una señal en alto (HIGH) o cerrando la válvula enviando una señal en bajo (LOW), La instrucción de retardo de 3000 ms otorga una tiempo de espera posterior a la señal de presencia de la botella. La variable contador se incrementa una unidad por cada botella llenada en el ciclo de envasado continuo.

```
//Llenado
void llenado() {
  int inicio_time, t_retardo;
  inicio_time = millis();
  Serial.println("Inicio de llenado");
  delay(3000);
  //Tiempo de confirmacion de botella presente
  digitalWrite(out_valvula, HIGH);
  tft.fillCircle(210, 80, 10, ILI9341_GREEN);
  //X,Y,R,color-Indicador valvula
  delay(tfs);
  digitalWrite(out_valvula, LOW);
  tft.fillCircle(210, 80, 10, cfondo);
  //X,Y,R,color-Indicador valvula
  contador = contador + 1;
  tft.setCursor(114, 100);//X, Y
  tft.setTextColor(ILI9341_WHITE);
  tft.setTextSize(2);
  tft.fillRect(112, 96, 42, 20, cfondo);
  // Recuadro nivel
  tft.print(contador);
  Serial.println("Fin de llenado");
```

Figura 5. Segmento del código para la función de proceso de Llenado.

Las instrucciones sobre el monitor serial, Serial.println("….."), se utilizaron para verificar la correspondencia de la ejecución de la instrucción con el hardware, durante la etapa de diseño y pruebas. Cabe mencionar que varias líneas de código del programa corresponden a la construcción de los elementos gráficos de la interfaz. Por ejemplo la instrucción tft.fillRect(112,96,42,20,cfondo); dibuja un rectángulo solido según las coordenadas y el color de la variable cfondo.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En las pruebas de funcionamiento la máquina de envasado ha estado en operación continua por 12 horas, durante 5 días sin interrupción, simulando una jornada laboral típica de 60 horas semanales. La operación en ciclo continuo de envasado consta de 3 etapas: 1) Ajuste de parámetros y limpieza del sistema al inicio de la operación. 2) Envasado continúo y recarga de producto en el tanque. 3) Limpieza del sistema al finalizar la jornada. Durante las pruebas no se presentaron fallas en los sistemas electrónicos y mecánicos, concluimos que nuestra propuesta es robusta.

Las pruebas en la máquina envasadora se han realizado con agua, jugo, tequila, y agua azucarada con saborizante concentrado. Cabe señalar que la maquina funcionó como se esperaba para los primeros tres productos, pero se presentó una falla al inicio de la jornada en el segundo día en el proceso de agua azucarada con concentrado. La mezcla contenía solidos indisolubles que se acumularon en el cuerpo de la válvula y fue necesario abrirla y realizar una limpieza manual. Concluimos que la limpieza en la jornada previa no se realizó exhaustivamente.

Las condiciones sanitarias a las cuales se realizan las operaciones de envasado, favorecen que la pantalla táctil se conserve aceptablemente limpia y no presente fallas, por otro lado, el tamaño y el color en el diseño gráfico de los botones evita equivocaciones del trabajador.

En las pruebas de envasado obtuvimos un error en la precisión del 1% para 200 ciclos continuos, sin embargo se tiene contemplado como trabajo futuro obtener más datos estadísticos a través de un estudio sobre la capacidad de proceso y comparar la precisión entre un tanque abierto contra un tanque presurizado.

La inversión para la construcción de la maquina envasadora fue de $18,000 pesos y se sugiere un precio de venta de $25,000 pesos. Lo que representa un precio de comercialización 10% menor comparado con máquinas dosificadoras automatizadas con PLC, sin pantalla táctil, sin sensores y mecanismos de ajuste de boquilla. Concluimos que la relación costo-beneficio de nuestra propuesta de maquina envasadora con interfaz humano-maquina con pantalla táctil es conveniente para Pymes de la industria de alimentos y bebidas.

NOMENCLATURA

EEPROM Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
IDE Integrated Development Environment
I^2C Inter-Integrated Circuit
PYME Pequeña y mediana empresa(s)
PLC Programmable Logic Controller
PROFIBUS - DP Process Field Bus Decentralized Peripherals
SD Secure Digital
SME Small and medium enterprises

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. H. Salgado Rodríguez, Ing. R. Gómez Lee, Ing. L. Escobar, I.S.C. A. Tovar Arriaga, A. Espinosa Gómez, A. Amaral Rocha del ITS Zapopan y a las empresas Fresenius Medical Care y Casa Cuervo por su contribución a este proyecto.

REFERENCIAS

[1] Abro A., Sulaiman S., Mahmood A, Khan M. (2015) Investigation of fingertip contact area and shape for precise target selection on multi-touch screen. Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication. Bali, Indonesia, Num. 32.

[2] Atar A. A., Misal V. A., Hajare U.D. (2013) Design of Automatic bottle Packing Machine. International Journal on theoretical and applied research in mechanical engineering, Vol. 2(2), pp. 2319-3182.

[3] Alfa Laval, (2015) Documento No. PF-T00367EN1010, Astepo PTAF system, Disponible: 9 Oct 2015, www.alfalaval.com.

[4] Caldwell D. G. (2013) Robotics and Automation in the Food Industry: Current and Future Technologies, 1 Ed. Woodhead Publishing Limited, p. 25.

[5] Castorena O. H. (2011). El impacto de los procesos productivos en el rendimiento de la pyme manufacturera de México: un estudio empírico. Universidad Autónoma de Aguascalientes. TEC Empresarial, Vol. 5(1).

[6] Doshi I., Dani G., Patel B., Chauhan V., Modi C. K., (2009) Machine vision bases liquid level inspection system using Laplacian of gaussian Edge detection Technique. College of Engineering & Technology, International Conference on Signals, Systems & Automation, India, pp. 35-40.

[7] Greenfield D., (2013). How Embedded Systems Are Changing Automation. AutomationWorld, Online: 8 oct 2015. http://www.automationworld.com/embedded-control/how-embedded-systems-are-changing-automation

[8] Ilyukhin S. A., Haley T. A., Singh R. K. (2001), A survey of automation practices in food industry. Food Control Journal, Elsevier Vol. 12(5), pp. 285-296.

[9] Liu, J. M., Wang J. H., Sun D. H. (2014) The Design and Application of Beverage Automatic Filling System. Applied Mechanics and Materials, Vol. 563, pp. 366-371.

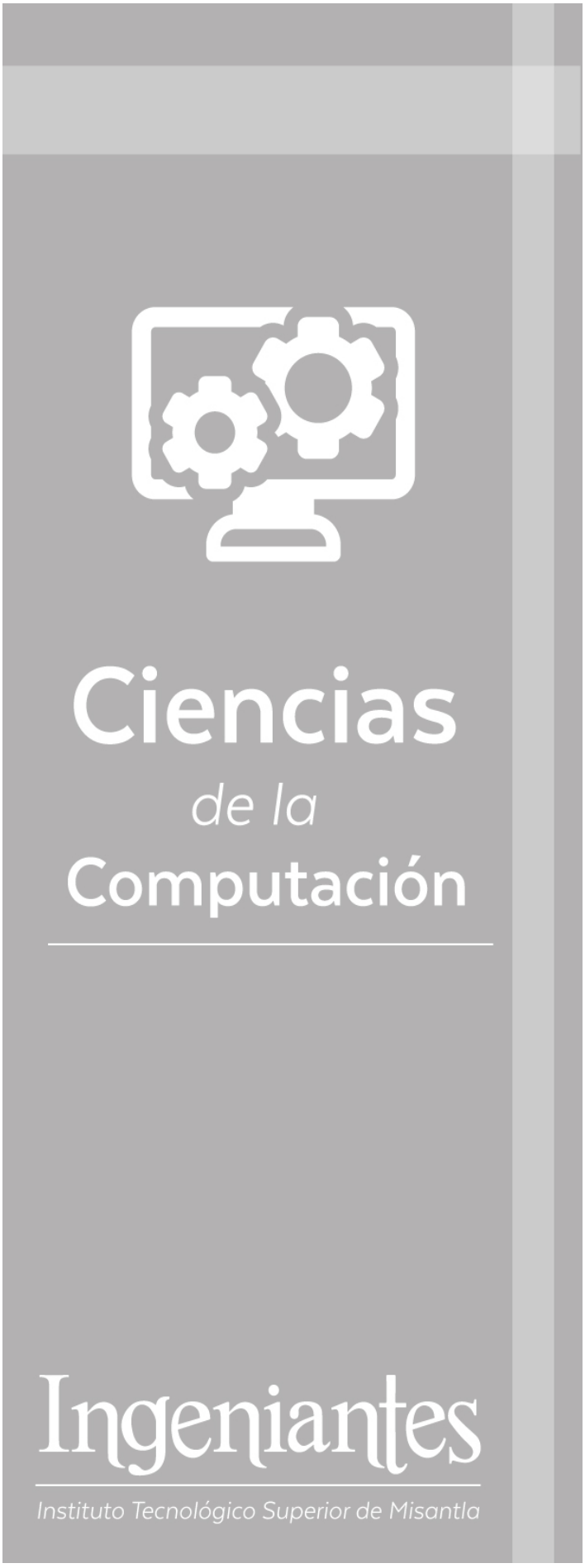
[10] Lu Y., Zeng, L., Zheng F., Kai, G. (2015) Analysis and Design of PLC-based Control System for Automatic Beverage Filling Machine. Advance Journal of Food Science and Technology, Vol. 7(1), pp. 28-31.

[11] Meike J., (2015) Expertise Development With Different Types of Automation: A Function of Different Cognitive Abilities. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. September 2015
[12] Moore C.A. (1991) Automation in the food Industry, 1 Ed., Springer, United States of America, pp. 96-119.

[13] Rohner P. (1996) Automation with Programmable Logic Controllers, 1 Ed. University of New Wales Press, Australia.

[14] Scott, A. J. (1998). The impact of touch screen technologies on the product interface. Tesis de Maestría, Queensland University of Technology.

[15] Stocchi G. "Filling machine with time-controlled dosing valves". DE Patents DE05702384T1, Feb. 10, 2004.



Sistema de control de temperatura por software para horno eléctrico

Colaboración
Luis Javier Mona Peña; Huitzilihuitl Saldaña Mora; Iván de Jesús Epifanio López, Instituto Tecnológico de Saltillo

Resumen: el uso de software como una herramienta para el control, monitoreo y automatización de procesos ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años. Actualmente el uso de los sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es generalizado tanto en el sector Industrial como en el Académico. El presente artículo se enfoca al uso del software LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) para realizar el control de temperatura de un horno eléctrico por medio del Algoritmo de control Proporcional Integral Derivativo (PID) además de moduladores de ancho de pulso (PWM) utilizando como plataforma de hardware un Controlador Automático Programable (PAC) tipo FieldPoint de la compañía National Instruments. Dicho sistema de control tiene como propósito el seguimiento de rampas de calentamiento generadas por el usuario por medio una Interfaz Hombre Máquina (HMI) para el manejo del equipo.

Palabras clave: HMI, LabVIEW, PAC, PID, PWM, SCADA

Abstract: The use of software as a tool for control, monitoring and process automation has grown exponentially in recent years. Currently the use of SCADA systems (Supervisory Control and Data Acquisition) is widespread both in Industry and the Academia. This article focuses on the use of the software LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) for temperature control of an electric oven through the Proportional Integral Derivative algorithm (PID) as well as Pulse Width Modulators (PWM), using as hardware platform a Programmable Automation Controller (PAC) FieldPoint from National Instruments Company. The monitoring system is intended to monitor heating ramps generated by the user via a Human Machine interface (HMI) for the equipment´s operation.

Keywords: HMI, LabVIEW, PAC, PID, PWM, SCADA

INTRODUCCIÓN

Las herramientas informáticas ofrecen múltiples ventajas al momento de implementar soluciones a problemas o retos, entre estas ventajas se encuentran la flexibilidad, escalamiento y encapsulamiento de las aplicaciones además de la cuestión económica. Estas ventajas se aprovechan en la solución aquí descrita al reemplazar un sistema de control de temperatura para un horno eléctrico que era obsoleto y rudimentario por otro adaptable y flexible modificando al mínimo sus componentes de hardware.

El control de temperatura requiere de un especial cuidado debido a la naturaleza del comportamiento exponencial de la misma. Un horno de convección eléctrico supone la irradiación de temperatura por medio de elementos resistivos los cuales al circular corriente entre sus terminales disipa una buena parte de dicha corriente en forma de calor.

El algoritmo de control es de suma importancia en la operación de cualquier sistema, en este caso sino se tiene un buen sistema de control no se pueden tener temperaturas estables en el rango deseado de temperatura máxima y mínima durante el tiempo requerido. Los controladores "Todo/Nada" son los sistemas de control más básicos [1]. Estos envían una señal de activación ("On", "Encendido") cuando la entrada de señal es menor que un nivel de referencia definido previamente y desactiva la señal de salida ("No", "Apagado" o "0") cuando la señal de entrada es mayor que la señal de referencia.

Son utilizados en termostatos de aire acondicionado. Estos activan el aire frío "On" cuando la temperatura es mayor que la de referencia y lo desactivan "Off" cuando la temperatura ya es menor (o igual) que la de referencia. La figura 1 ilustra la estrategia de control en diferentes modalidades: A (Ideal), B (zona muerta) y C (Histéresis).

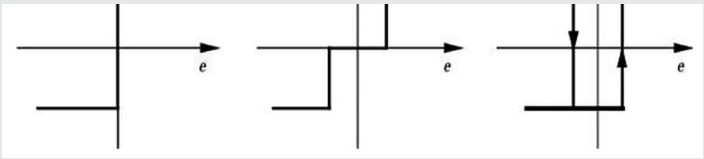


Figura 1. Características de controlador Encendido/Apagado.

Debido a las características propias del controlador Encendido/Apagado resultaría no viable para la generación de rampas de calentamiento debido a las oscilaciones que produce al cambiar la salida del actuador final entre cero y cien por ciento no permitiendo el ajuste fino necesario, generando inestabilidad, inexactitud y creando un desgaste del actuador disminuyendo significativamente su vida útil.

La estrategia de control Proporcional Integral Derivativa ofrece la solución idónea para resolver el reto [1]. Las ventajas de la estrategia PID sobre otras estrategias tales como el control Encendido/Apagado son notables cuando se pretende tener exactitud en las mediciones además de ofrecer mayor estabilidad. La descripción del algoritmo de control PID [3] se describe a continuación Ec(1):

$$u(t) = K_p\left[e(t) + \frac{1}{T_i}\int e(t)dt + T_d\frac{de(t)}{dt}\right] = P + I + D$$

Donde:

- Salida de control u(t): Es la magnitud de la acción de control que alimentará al actuador para la corrección del error.
- Acción proporcional (P): es la acción que produce una señal proporcional a la desviación de la salida del proceso respecto al punto de consigna.
- Acción integral (I): es la acción que produce una señal de control proporcional al tiempo que la salida del proceso ha sido diferente del punto de consigna.
- Acción derivativa (D): es la acción que produce una señal de control proporcional a la velocidad con que la salida del proceso está cambiando respecto del punto de consigna.
- Constante de tiempo integral (Ti): es el tiempo, generalmente expresado en minutos, que debe transcurrir para que la acción integral alcance (iguale o repita) a la acción proporcional.
- Constante de tiempo derivativa (Td): es el intervalo de tiempo, generalmente expresado en minutos, en el que la acción derivativa adelanta a la acción proporcional.

Cada acción de control tiene una respuesta característica:

1. La acción proporcional varía instantáneamente con el error y alcanza un valor estacionario cuando éste lo alcanza.
2. La acción integral tiene en cuenta la historia pasada del error y se anula cuando se hace cero.
3. La acción derivativa predice los cambios en el error y se anula cuando alcanza un valor estacionario.

El control original estaba dado por un control Encendido/Apagado o de dos posiciones, por lo que el control de temperatura a un Set Point especifico no era posible debido a la naturaleza misma del control de dos posiciones, donde la no linealidad, falta de estabilidad y de exactitud eran los problemas recurrentes.

Eso sin mencionar el exagerado desgaste de las lámparas y su continuo daño, ya que la inyección abrupta del 100% de la corriente genera un transitorio que sobrepasa las especificaciones del fabricante dañándolas continuamente.

La modulación por ancho de pulsos de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga [2].

$$D = \frac{\tau}{T}$$

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período. Expresado matemáticamente Ec(2):
Donde:

- D es el ciclo de trabajo (0 a 100%)
- τ es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)
- T es el período de la función

La figura 2 muestra el concepto de un Modulador de Ancho de Pulso.

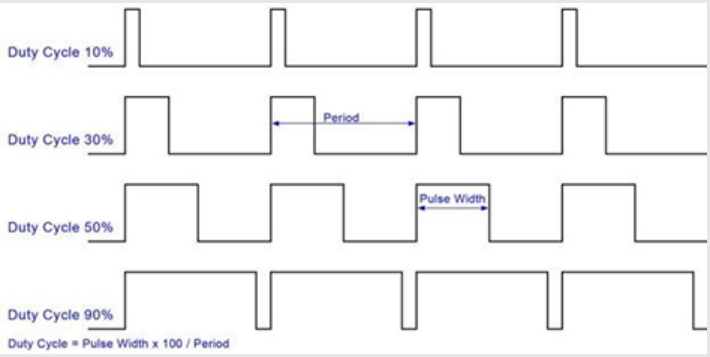


Figura 2. Concepto de Modulación de Ancho de Pulso.

Debido a que dicho horno no estaba originalmente diseñado para satisfacer curvas de calentamiento para el tratamiento térmico de materiales, donde la generación de patrones de calentamiento específicos para lograr el objetivo de la modificación de las propiedades de los mismos es primordial, se decidió implementar una estrategia que realmente controlara el horno de acuerdo a los parámetros deseados por los usuarios finales. Dichos objetivos particulares son los siguientes:

- Estrategia de control que permitiera curvas o rampas de calentamiento definidas por el usuario.
- Operable por medio de una HMI (Interfaz Hombre Maquina) residente en una computadora comercial.
- Actuadores Electrónicos para el manejo de la corriente de las lámparas.
- Sistema flexible a cambios de operación posteriores.
- Registro de la temperatura de las pruebas en una base de datos para su posterior consulta

MATERIAL Y MÉTODOS

El horno objeto de control es propiedad del CINVESTAV Campus Saltillo y se encuentra dentro de sus instalaciones en la Ciudad de Ramos Arizpe. Una descripción general del sistema eléctrico del horno donde se implementó el sistema de control expuesto en el siguiente artículo se detalla a continuación:

1. Cuatro lámparas de filamento resistivo de alta potencia (1200 watts) marca Phillips de tipo bulbo alimentadas con corriente alterna (127 VAC cada una).
2. Interruptor de control On/Off para la operación del mismo.
3. Cada lámpara está recubierta por una pared de Aluminio por lo que las cuatro paredes se cierran formando un prisma donde se concentra el calor irradiado por las cuatro lámparas.

Dentro de las estrategias de control disponibles se escogió el control Proporcional Integral Derivativo (PID) [1] debido a su probada eficacia para el control de temperatura.

Esto suponía implementar una estrategia de hardware para el control de la corriente que se inyectaría a cada una de las lámparas (control de fase trifásico por medio de PWM) [2], para de esta manera controlar la corriente circulante por las mismas dando como resultado un control de la temperatura concentrada en la cámara de calentamiento de aluminio del horno. La electrónica de Potencia seleccionada en el diseño del control de fase fue la Modulación de Ancho de Pulso (PWM) utilizando transistores bipolares de compuerta aislada IGBT´S. Dicha selección se realizó debido a las características que ambos dispositivos nos dan, y que son entre otras características: Control del 100% de corriente circulante por medio del PWM al IGBT y por lo tanto a la carga (lámparas), alto manejo de corriente del IGBT y velocidad de conmutación muy alta 20 KHz.

La idea era controlar la duración del ciclo del PWM de forma programática, es decir, por medio de software indicarle al módulo PWM en qué porcentaje modular el ancho del pulso, esto por medio de la salida de un control PID implementado en software para de esta manera tener el control de fase según lo indicara el algoritmo de control. El hardware especificado según requerimientos del horno fue el siguiente:

- Chasis Industrial tipo FieldPoint marca National Instruments de 4 ranuras.
- Módulo Ni-cFP-PWM-520 para tener funcionalidad PWM.
- Módulo de Adquisición de Temperatura Ni- FP-120-TC para la lectura y acondicionamiento de Termopares.

El software para realizar la aplicación y el control del hardware del chasis industrial fue LabVIEW 2014 de la compañía National Instruments, el cual es el software líder en el mercado para el desarrollo de sistemas de supervisión y control de datos (SCADA).

Dicho software cuenta con las herramientas para realizar adquisición de datos de todo tipo de variables físicas y la escritura/lectura de señales analógicas y digitales, además de que cuentas con algoritmos de control como el PID y control difuso, entre otros y la flexibilidad de ser orientado a objetos, eventos y comunicación ActiveX para el manejo de bases de datos en cualquier software o lenguaje que soporte los objetos ADO (ActiveX Data Objects) tales como Microsoft Access, SQL Server, Oracle, etc.

La implementación del proyecto se dividió en dos etapas: Desarrollo del tablero de control para el hardware y el Desarrollo del Software. Este articulo trata

específicamente sobre el desarrollo del Software ya que el hardware queda simplemente en un control de fase trifásico del cual se puede encontrar amplia información en diversas fuentes sobre Electrónica de Potencia.

Al ser el Compact Fielpoint un dispositivo de los llamados "Controladores Automáticos Programables" (PAC´s), es necesario configurarlo [3] y esto incluye las propiedades de conexión por medio de una red remota, en este caso solo se configura para que tanto la computadora donde se alojará la aplicación de software y el Compact FieldPoint compartan la misma máscara de subred y cada uno su respectiva dirección IP. Tal como se muestra en la figura 3.

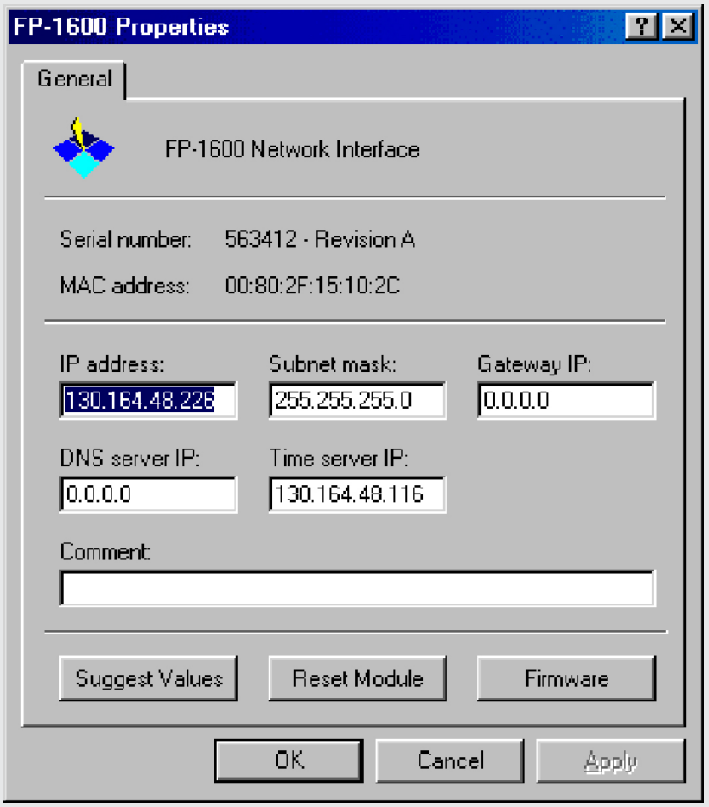


Figura 3. Configuración de propiedades de red del PAC

De la misma manera se configura los módulos de lectura análoga para el termopar y el de las salidas PWM.

Para la implementación del software se tomaron como base los requerimientos para asegurar la funcionalidad de la prueba del horno, por lo que esto suponía tener un apartado donde el usuario introdujera los datos de las curvas de calentamiento requeridas según el material a utilizar en el horno.

La siguiente interfaz Figura 4, tiene como propósito para el usuario que este defina los puntos de control y la duración de los tiempos de subida para la generación de la rampa y los tiempos de establecimiento que involucra el régimen estacionario del sistema.

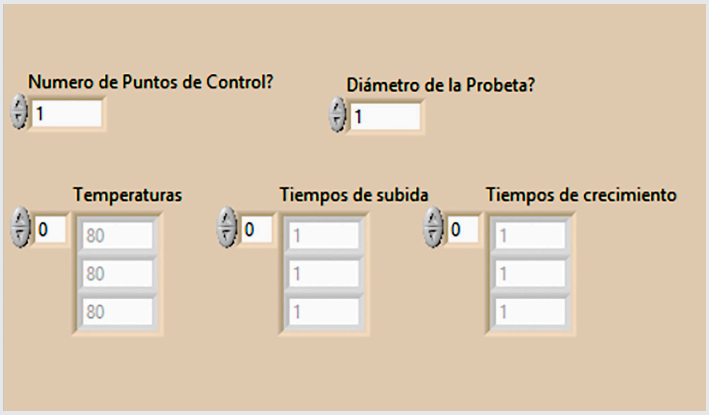


Figura 4. Datos en la interfaz de Set Up del sistema para la definición de curva de calentamiento.

Cada una de las columnas debe ser debidamente inicializada ya que son los valores que el software utiliza como datos de alimentación tanto al algoritmo de control PID como para la generación de la rampa de subida y del régimen estacionario, de tal forma que cada uno de los puntos de control debe de tener la forma que se muestra en la figura 5.

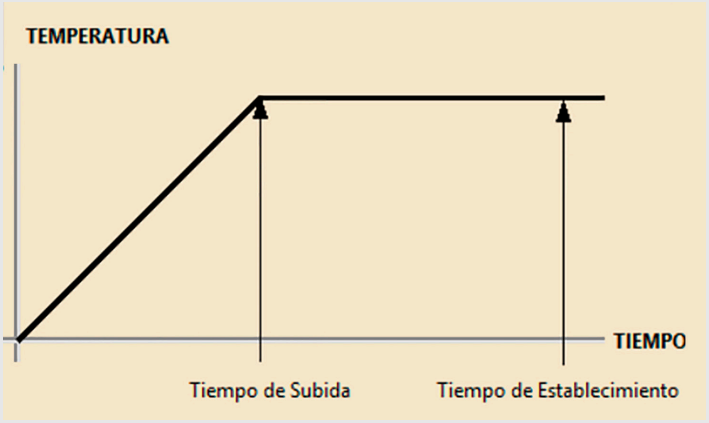


Figura 5. Esquema Típico de curva de calentamiento

Una vez que se han introducido los datos para la generación de los patrones de calentamiento, el sistema pasa automáticamente a la interfaz de ejecución de la prueba.

Dentro de dicha interfaz Figura 6, el usuario es capaz de observar el comportamiento progresivo de la prueba, que incluye la gráfica de monitoreo de temperatura así como el porcentaje de la modulación del ancho del pulso generada por el control PID, además de especificar el periodo en que se realizará el registro de temperaturas ya sea en un archivo ASCII o en la base de datos en Microsoft Access o SQL Server [4]. La temperatura máxima que el horno genera y que el sistema es capaz de controlar es de aproximadamente 1200°C.

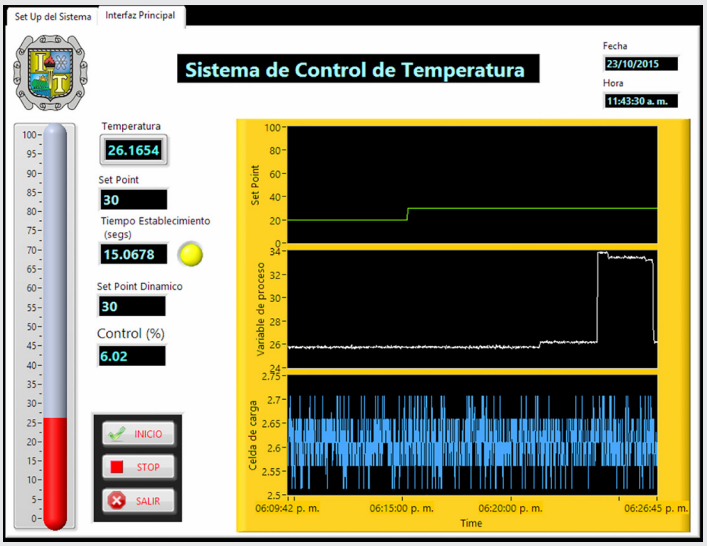


Figura 6. Interfaz de Ejecución de prueba.

No hay un límite en la cantidad de curvas de calentamiento que el sistema es capaz de realizar. La velocidad de actualización de lecturas de temperatura está limitada por el tiempo de adquisición de la señal del termopar, el cual es de periodos de un segundo.

Para la generación de la rampa [3][4] el sistema divide el Setpoint de dicha rampa en Setpoints intermedios más pequeños llamados Setpoints Dinámicos siendo la cantidad de divisiones el factor principal para la linealidad de la rampa, esto minimiza el sobreimpulso entre las diversas curvas de calentamiento. Una vez alcanzado el Setpoint de la curva llamado Setpoint Objetivo, el sistema utiliza un Timer para crear la región estacionaria siendo el valor que el usuario proporcionó en la interfaz de inicialización como Tiempo de Establecimiento el preset del mismo, una vez alcanzado el intervalo requerido por la curva, el sistema busca los datos de la siguiente curva de calentamiento. Este proceso es cíclico hasta que se alcanza la última curva de calentamiento o cuando el usuario interrumpe la prueba.

RESULTADOS

El Sistema es capaz de realizar el control del horno y por lo tanto de la temperatura en un sistema de lazo cerrado aplicando exitosamente un algoritmo PID en LabVIEW 2014, teniendo un error dentro de una tolerancia de 3 °C en toda la escala completa de 30°C a 1200°C debido al algoritmo de auto sintonización desarrollado. Esto ha dado como resultado que los usuarios del equipo puedan darle el uso deseado para las pruebas de materiales que tanto Maestros como alumnos del CINVESTAV Campus Saltillo realizan para el desarrollo de sus investigaciones, utilizando al horno como un sistema eficiente y confiable para el tratamiento térmico de los materiales.

Para el control PID que utiliza el sistema, se desarrolló un algoritmo de Auto-Sintonización, por lo que los valores de Ganancia Proporcional (Kp), Tiempo Integral (Ti) y Tiempo Derivativo (Td) no son constantes en la ejecución de la prueba sino que son dinámicos ya que dependiendo del valor de la referencia o setpoint estos se adecuarán de acuerdo a lo que la variable setpoint dinámico indique, esta variación es dentro del rango de 30°C a 1200°C lo que ofrecerá la correspondiente sintonización. Esto es necesario debido a que al poder existir múltiples curvas de calentamiento no se puede fijar una Sintonización universal para toda la prueba ya que debido a la naturaleza del control PID y en específico de la acción proporcional, esta tratará de eliminar el error lo más pronto posible y esto para la aplicación no resulta favorable ya que no permitiría el calentamiento y enfriamiento tipo rampa requerido. En la Figura 7 se muestra parte del algoritmo de auto-sintonización.

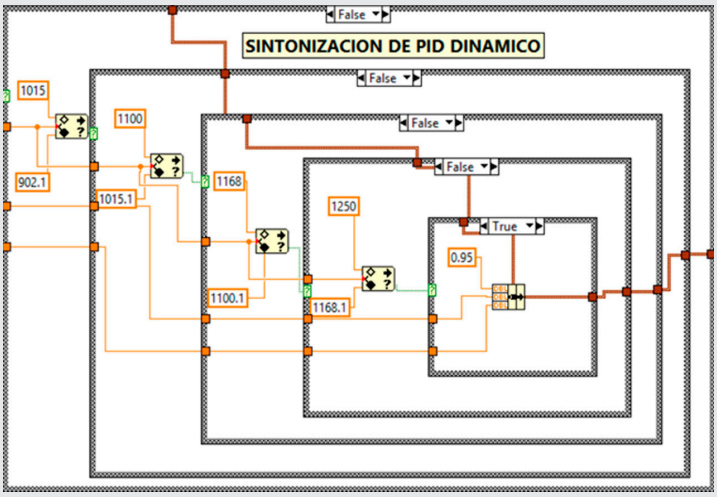


Figura 7. Algoritmo de Auto-sintonización.

La figura 8 muestra el algoritmo de control PID de LabVIEW para la aplicación del control en porcentaje a de 0 a 100 % del ciclo de modulación del PWM y por lo tanto el control de fase hacia las lámparas llegando a un máximo de potencia absorbida de 1200 watts por lámpara y 1200 °C de temperatura irradiada total.

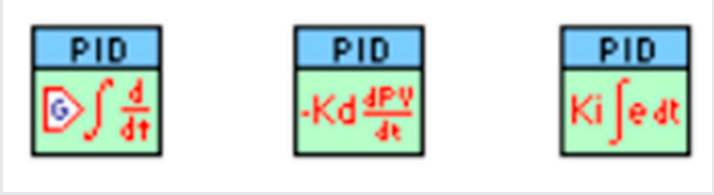


Figura 8. Algoritmo de control PID

CONCLUSIONES

La implementación de sistemas de control por software ofrece grandes ventajas contra los tradicionales controladores comerciales por hardware, siendo las principales la flexibilidad del uso del software, el escalamiento a futuras adecuaciones o modificaciones, el encapsulamiento, reusabilidad de código, además de fácil implementación de registradores de datos y de control vía remota del equipo.

No hay limitaciones en cuanto a la cantidad de algoritmos de control (PID, Difuso, etc) [5][6] que se pueden utilizar por software, siendo esta otra gran ventaja porque no se tienen que comprar múltiples controladores por hardware, simplemente se manda llamar nuevamente al código que realiza el algoritmo de control, pudiendo existir dentro de la misma aplicación: Adquisición de datos, registradores de datos, algoritmos de control, control de movimiento, sistemas de visión, protocolos de comunicación industrial, etc. Las ventajas que los sistemas SCADA han ido obteniendo con el paso del desarrollo de las tecnologías de información y de velocidad y eficiencia en la adquisición de señales análogas y digitales ha potenciado el uso de dichos sistemas, siendo una de las razones de su crecimiento tanto en centros educativos, investigación y todo tipo de industria como servicios, alimentos y de procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ogata Katsushiko, "Ingeniería de Control Moderna". Cuarta Edición, Editorial Pearson Education.

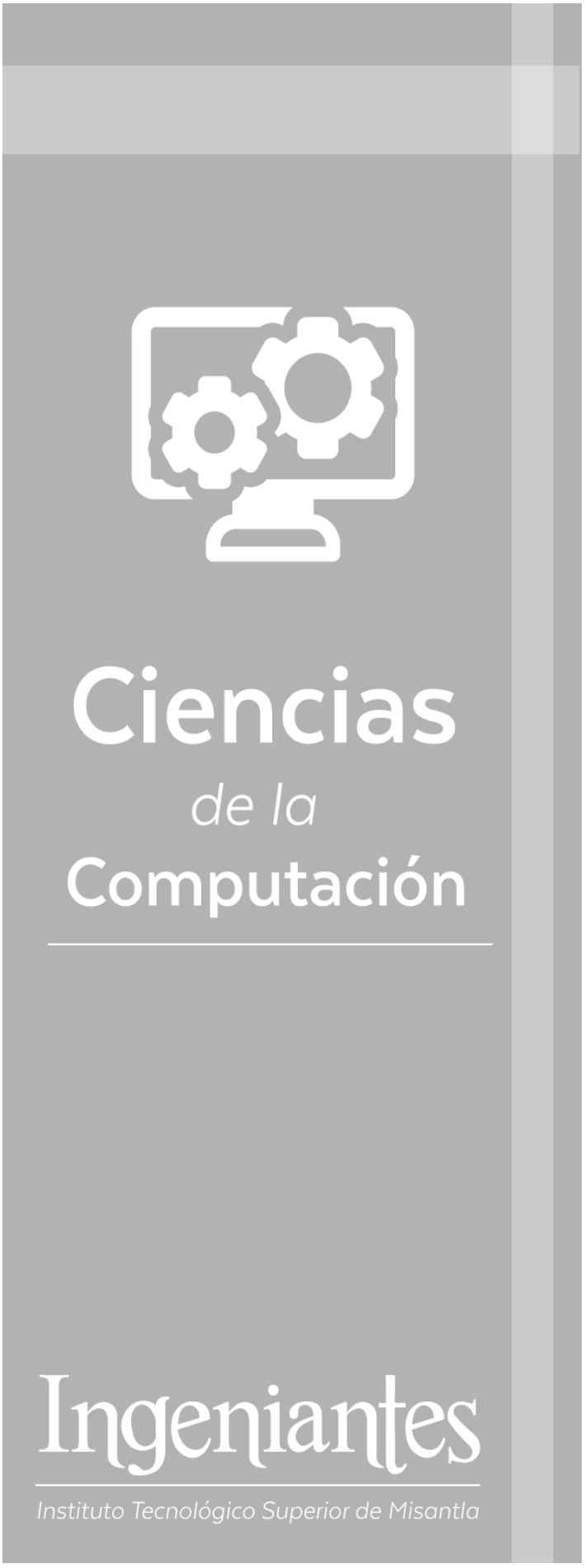
[2] H. Rashid Muhammad, "Electrónica de Potencia, Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones". Tercera Edición, Editorial Pearson Education

[3] National Instruments, "LabVIEW 2014 User Manual", February 2014 Edition

[4] Mona Peña, Luis Javier, "Introducción a la Instrumentación Virtual", manual de Curso, Instituto Tecnológico de Saltillo, 2009.

[5] Daniel J. López Amado, Diego García, Leonardo Davico, "Controlador Difuso Multivariable del Perfil de Temperatura de un Horno", XI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, 21 al 23 de septiembre de 2005. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires Argentina.

[6] Camargo Castro Andrés Felipe, Villamizar Rivera Edgardo Jesús. "Control de Temperatura de un Horno por medio de Lógica Difusa". Universidad Pontificia Bolivariana, 2008. Tesis de Ingeniería.



Monitoreo y control de pozos de agua a través de comunicación inalámbrica

Resumen: El presente proyecto se realizó en la ciudad de Jerez Zacatecas durante el primer semestre del 2015 y tiene como objetivo principal el diseñar e implementar un sistema capaz de monitorear y controlar el nivel de agua de los depósitos utilizados en el sistema de distribución de agua potable, el cual, controle de manera automática o manual la o las bombas ubicadas en los pozos del municipio, además de implementar el control automático de temperatura para protección de dichas bombas, todo esto, utilizando el protocolo de comunicación inalámbrica Zigbee®. Para llevar a cabo dicho proyecto la metodología fue el análisis y limitación del proyecto, requerimientos de materiales, software de programación y configuración, investigación del funcionamiento de los dispositivos, prácticas previas de comunicación, desarrollo de prototipo, pruebas de campo y acondicionamiento del lugar de instalación. Como resultado se logró desarrollar una interfaz gráfica, de modo que desde una computadora se pueda monitorear y controlar el nivel de agua del depósito y la temperatura a la cual está trabajando el sistema. En conclusión, tener un sistema que facilite la visualización y el control en tiempo real del sistema de distribución de agua potable resulta mucho más práctico y manejable que realizar el mismo trabajo de manera convencional (manual).

Palabras clave: Comunicación inalámbrica, interfaz, pozos de agua, sensor ultrasónico, Xbee.

Colaboración
Carrera García Oscar Gabriel; Landeros Bañuelos Juan Luis,
Instituto Tecnológico Superior de Jerez

Abstract: This project was conducted in the city of Zacatecas Jerez during the first half of 2015 and its main objective is to design and implement a system to monitor and control the water level in the tanks used in the system of water distribution, which, controlled automatically or manually or pump the wells located in the municipality, in addition to implement automatic temperature control for protection of these bombs, all this, using the wireless communication protocol Zigbee®. To carry out this project was the analysis methodology and project limitation, material requirements, configuration and programming software, research operation of the devices, prior communication practices, prototype development, field testing and conditioning instead of installation. As a result it was possible to develop a graphical user interface, so that from a computer can monitor and control the water level in the tank and the temperature at which the system is working. In conclusion, having a system that facilitates the visualization and real-time control system of water distribution is much more practical and manageable than doing the same work in a conventional manner (manual).

Keywords: Wireless communication, interface, water wells, ultrasonic sensor, Xbee.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas en el sistema de distribución de agua potable en el Municipio de Jerez Zacatecas (SIMAPAJ), es la falta de automatización y control de sus sistemas de monitoreo de bombeo de agua en sus pozos o tanques elevados, por lo que es necesario implementar un sistema que contribuya de forma eficaz a resolver este problema, ya que debido a esto, se dan cortes frecuentes en el suministro de agua potable para la población, ocasionando grandes estragos tanto para la dependencia como para los pobladores del Municipio.

En los sistemas de agua potable utilizados en la gran parte de los municipios del país, este problema es frecuente, no es exclusivo del municipio en mención, por lo que se tienen grandes expectativas en cuanto la aplicación de este proyecto en otras regiones del país, por lo que nuestro objetivo principal, es optimizar estos sistemas mediante el monitoreo y control utilizando tecnología inalámbrica y crear una red de control regional por municipio, estado y nación.

En el periodo de 1950 a 2005, la población del país se cuadruplicó, y paso de ser mayoritariamente rural (57.3% rural) a predominantemente urbana (76.5%). Como consecuencia del crecimiento de la población la disponibilidad del agua ha decrecido cuatro veces [8].

En el presente trabajo se presentan los generales sobre la situación que guarda el municipio y comunidades aledañas en cuanto al sistema de distribución municipal y los efectos que esto ocasiona; la importancia y los objetivos de diseñar e implementar un sistema de control del sistema de suministro de agua, así como también los materiales y métodos utilizados para lograr esta propuesta de solución y finalmente, los resultados obtenidos y las conclusiones de la investigación.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El sistema de agua de la ciudad de Jerez de García Salinas Zacatecas y de las comunidades aledañas, no cuentan con un método que permita monitorear y controlar de una manera más eficiente y sencilla el almacenamiento y distribución de agua potable, y dicha carencia ocasiona continuos cortes y desabasto en ciertas áreas y/o regiones, además de los costos elevados en mantenimiento de los sistemas hidráulicos. En resumen los problemas detectados son los siguientes:

- No existe un sistema moderno para determinar el nivel de agua de cada uno de los depósitos que el Sistema Municipal de Agua Potable utiliza para la distribución de agua potable.
- Se requiere determinar lo más exacto posible el nivel de agua de los depósitos.
- La ausencia de un control más efectivo aplicado a los pozos que se utilizan para suministrar agua a los depósitos cuando se requiera.
- La falta de un programa u aplicación para monitorear el estado de los depósitos de una manera fácilmente interpretable para el usuario y que permita un mejor control de estos.

IMPORTANCIA DEL PROBLEMA

Es de gran importancia mantener en óptimas condiciones dicho sistema ya que de lo contrario ocurren eventos desfavorables como lo son el desborde de agua en los contenedores, malfuncionamiento de equipo, desabastecimiento de agua por sequía o paro de motores, entre otros, tanto para la población como para la dependencia encargada de proveer agua potable.

OBJETIVOS

- Diseñar un control automático y manual que opere las bombas de los pozos.
- Diseñar una etapa de potencia manipulada con un microprocesador para el control manual.
- Obtención a través de medios inalámbricos, el nivel del agua de los tanques y pozos en tiempo real.
- Diseñar una interfaz de fácil uso que permita visualizar el nivel de los tanques y manipular manualmente las actividades requeridas por los pozos y bombas de manera inalámbrica y de forma segura.
- Comprobar su funcionamiento a larga distancia para el control de las diferentes variables.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la ciudad de Jerez Zacatecas comenzando en febrero de 2015 y concluyendo en julio del mismo año.

INTERVENCIONES

El procedimiento realizado en esta investigación fue el siguiente:

- Análisis y limitación del proyecto, requerimientos de materiales y software de configuración.
- Investigación del funcionamiento del software y los dispositivos empleados.
- Prácticas previas para la comunicación.
- Desarrollo de prototipo.
- Vinculación interfaz-prototipo.
- Pruebas de campo.
- Análisis y acondicionamiento para el lugar de aplicación.
- Pruebas y ajustes finales.

ELEMENTOS SELECCIONADOS

Después del análisis se optó por elegir los siguientes componentes para llevar a cabo el prototipo, por lo que se utilizaron los siguientes elementos:

- Módulos XBee S3b Pro de Digi® para la comunicación inalámbrica [3].
- Tarjeta XBee Shield para comunicar el XBee con el microcontrolador Arduino [2].
- Tarjeta Digi Explorer [3].
- Antenas para conexión RPSMA DE 2.4 GHz 5dBi.
- Sensor ultrasónico HC-SR04 para determinar la profundidad de los depósitos [7].
- Batería recargable para alimentar los circuitos.
- Celdas solares.
- Sensor digital de temperatura DS18B20 [6].
- Módulo PLC SR3 B101FU.
- Microcontrolador Arduino UNO [1].
- Software de programación Arduino [1].
- Software XCTU para la configuración de los módulos [4].
- Software Visual Basic para la realización de la interfaz.

RESULTADOS

Se realizó el prototipo considerando las variables a medir (nivel de líquido y temperatura). Figura 1.

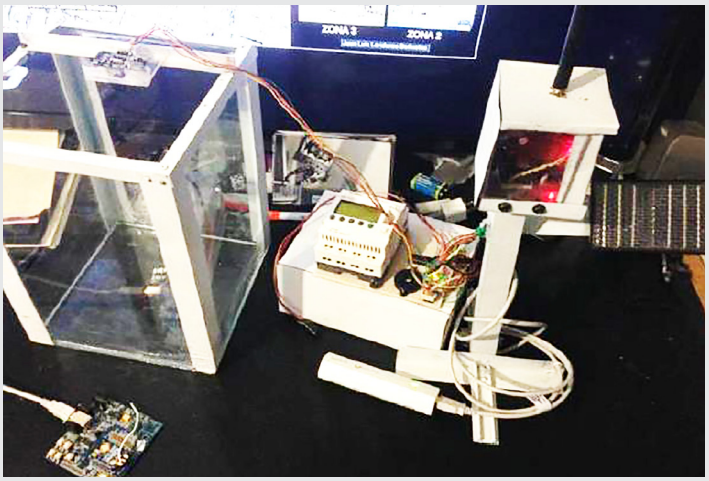


Figura 1.Prototipo de Sistema de monitoreo.

En las pruebas de campo, se midieron distancias, ubicaciones y obstáculos entre la ubicación de los pozos y la oficina de prueba que se localiza en Instituto Tecnológico Superior de Jerez, donde se encuentra el concentrador o receptor de los datos medidos. Figura 2.

Figura 2. Vista desde el Google Earth de la zona donde se realizó la prueba de comunicación, la línea amarilla indica la distancia entre el tanque elevado de la Alameda García Salinas y el ITSJ [5].

Además, se muestra la ubicación real de los pozos del municipio como se muestra en la figura 3.

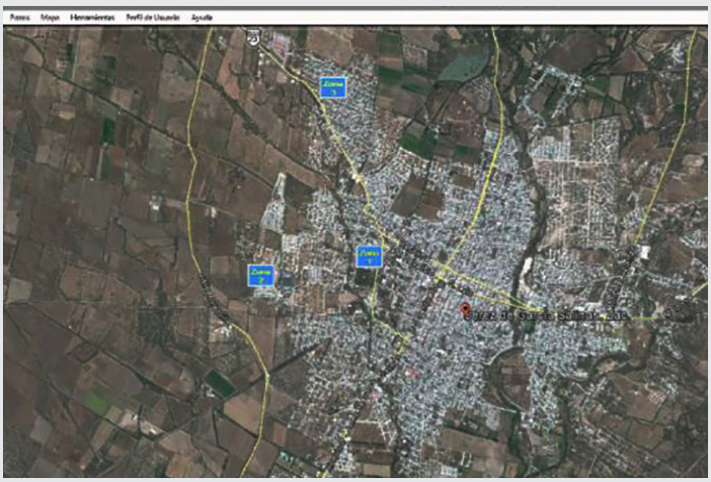


Figura 3. Ubicación de los pozos [5].

Así también, se diseñó la interfaz donde se muestra el nivel de los pozos en tiempo real, pudiendo observar el comportamiento individual o mostrar los niveles en varios pozos simultáneamente.

Las funciones y características de esta interfaz son las siguientes:

- Puesta en marcha y apagado.
- Control de las funciones manipulables del equipo.
- Manipulación de archivos y directorios.
- Herramientas de desarrollo de aplicaciones.
- Comunicación con otros sistemas.
- Información de estado.
- Configuración de la propia interfaz y entorno.
- Intercambio de datos entre aplicaciones.
- Control de acceso.
- Sistema de ayuda interactivo.

Para accesar al sistema, es necesario que se registren o den de alta por un administrador, el cual ingresará a los operadores autorizados para que hagan uso del sistema, dicho entorno solicita el nombre de usuario y contraseña, previamente cargado por un administrador. Figura 4

Figura 4. Pantalla de configuración de nueva cuenta de acceso.

Una vez que se ha dado de alta un nuevo usuario la pantalla para ingresar es como se muestra en la figura siguiente. Figura 5

Figura 5. Pantalla de ingreso de usuario.

Una vez ingresado al sistema, el usuario puede seleccionar cualquier pozo para su visualización y/o control, pudiendo observar el nivel de dicho pozo y la temperatura a la cual están trabajando las bombas, que con las especificaciones necesarias, se puede determinar si están trabajando bajo condiciones normales. Figuras 6 y 7.

Figura 6. Vista individual de un pozo (zona 1) [5].

Figura 7. Vista individual de un pozo (zona 2) [5].

La siguiente figura muestra el entorno de control para seis pozos de manera simultánea. Figura 8.

Figura 8. Interfaz de control de algunos pozos para el control de las bombas de distribución dentro del municipio de Jerez [5].

El control de las bombas se realiza mediante programación e interconexión de PLC, simplemente como interruptores de encendido apagado, y con sus correspondientes etapas de potencia. Dicho PLC y la conexión con el circuito receptor de control se muestra en la figura 9.

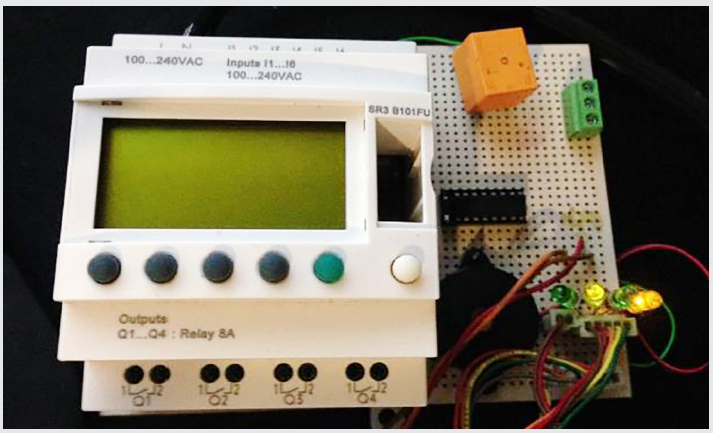


Figura 9. Conexión del Módulo PLC SR3 B101FU

CONCLUSIONES

La aplicación de este sistema de transferencia de datos tiene una gran funcionalidad ya que la comunicación entre los dispositivos se pudo sincronizar de forma adecuada, además de su bajo consumo de energía, manejo fácil de la interfaz, bajo costo de instalación, aunado a esto, ofrece un control bilateral eficiente y sofisticado al sistema de distribución de agua potable de la ciudad. Todo lo anterior para disminuir el desabasto de agua potable debido al mal manejo en la activación y/o desactivación de las bombas, ya que se hace manualmente y sin ningún control o registro sobre las mismas, por lo tanto, debido a errores o fallas humanas el sistema de distribución presenta frecuentes fallas.

Con los resultados obtenidos se espera lograr un avance tecnológico en cuanto a los métodos utilizados para controlar los sistemas de distribución de agua potable de cada municipio logrando una mayor eficiencia, exactitud, control y así mismo mostrar los datos exactos para un control estadístico confiable con el cual se pueda generar planes de ahorro ante sequías y planes de apoyo a localidades aledañas.

REFERENCIAS

Fuentes electrónicas

[1] Arduino. Manual de funciones de programación. http://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage. 17 de Noviembre del 2015.

[2] Arduino. Arduino-Xbee-Shield. http://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Guide/ArduinoXbeeShield. Última Consulta: 17 de Noviembre del 2015. Arduino. Arduino UNO. https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno. Última consulta: 17 de Noviembre del 2015.

[3] DIGI. DIGI International Inc. http://www.digi.com/lp/xbee/. Última consulta: 17 de Noviembre del 2015.

[4] http://www.digi.com/lp/xbee/

[5] https://www.google.com.mx/maps/place/ Jerez+de+García+Salinas,+Zac.

[6] Maxim Integrated. DS18B20. https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf. última Consulta: 17 de Noviembre del 2015.

[7] SENSORES. Sensor Ultrasónico. https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_ultras%C3%B3nico. Última Consulta: 17 de Noviembre del 2015.

Artículos de Revistas Científicas

[8] Alvarado M. Pedro, Arceo Olague José G. (Octubre 2013). Redes inalámbricas de sensores para el monitoreo de sistemas de agua potable. eek´, 7 y 8

Ciencias de la Computación

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Plataforma Moodle como elemento de apoyo didáctico en la impartición de clases a nivel licenciatura

Hugo Israel Sánchez Jiménez, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán

Resumen: La educación a nivel superior requiere de distintas estrategias para facilitar el aprendizaje significativo, necesario para resolver las problemáticas que enfrentara en su vida profesio-nal, la educación tradicional, suele ser la usada por la mayoría de los docentes, olvidando que los alumnos están inmersos en una sociedad cada vez más tecnificada. En esta línea es necesario utilizar herramientas pedagógicas de apoyo basadas en las tics, pero además que demuestren resultados óptimos en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

Con este fin se implementó un curso en línea, el cual tenía la intención de reafirmar los conocimientos adquiridos en clase, la plataforma utilizada fue moodle (esta fue muy bien recibida por los alumnos), la cual tiene una licencia GNU, este curso fue usado solo por un grupo como apoyo a lo visto en clase, otro grupo tomo clases con el mismo profesor y se utilizaron las mismas estrategias de enseñanza- aprendizaje, pero sin utilizar la plataforma, para evaluar los resultados, al final del semestre se presentó un examen escrito por parte de los dos grupos. Los alumnos del grupo que utilizaron la plataforma obtuvieron en pro-medio cinco décimas más altos.

Palabras clave
Moodle, constructivismo, aprendizaje significativo, plataforma educativa, apoyo didáctico, socio-constructivismo

Abstract:The college education requires different strategies to facilitate meaningful learning, neces-sary to solve the problems they face in their profesinal life, traditional education, is often the most used by teachers, forgetting that students are immersed in an increasingly technolo-gical society. In this line you need to use educational support tools based on tics, but also showing good results in the process of teaching - learning.

To this end an online course, which was intended to reaffirm the knowledge acquired in the classroom, the platform used was moodle (this was well received by students), which has a GNU license, this course was used just as a group to support at the classroom, another group took classes with the same teacher and the same teaching and learning strategies were used, but without using the platform to assess the results at the end of the semester examination filed written by the two groups. The students that used the platform group ob-tained higher average five tenths.

Keywords
Moodle, constructivism, meaningful learning, learning platform, teaching support, socio-constructivism

INTRODUCCIÓN

Las diversas tecnologías han avanzado a pasos agigantados y con la creación de la computadora a mediados del siglo pasado y la puesta en el mercado de la computadora personal (Altair 8800) en 1975, computadora de tercera generación (actualmente está la cuarta generación), así como el auge de la Web a partir de la década de los 90 ha propi-ciado el uso en la educación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Un ejemplo de estas tecnologías es la plataforma moodle que fue desarrollada por Martin Dougiamas en la Curtin University of Tecnology. La primera versión de esta plataforma lanzada fue la 1.0 el 20 de agosto de 2002, la última versión salió el 5 de mayo de 2011, esta es la 2.0.3 y ya se está trabajando en la versión 2.0.4. Moodle es un software libre que se distribuye bajo una licencia pública GNU, esto es que tiene derechos de autor por lo que puedes hacer uso de el sin modificar la licencia. La palabra Moodle es un acrónimo de Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Entorno de Aprendizaje Dinámico Orien-tado Objetos y Modular), pero también es un verbo que significa hacer las cosas cuando se te ocurre hacerlas (Moodle, 2010), actualmente hay muchas universidades que hacen uso de esta plataforma, por citar algunas, la UNAM, UNITEC, UPN, IPN, UNID, etc. moodle es un ambiente educativo virtual basado en el constructivismo social, actualmente este paradigma es muy utilizado en la educación. El constructivismo sostiene que el cono-cimiento se construye activamente al interactuar con el entorno y se refuerza si lo puede usar con éxito en el mismo. Por otra parte el constructivismo social, el cual tiene como principal exponente a Vygotsky, sostiene, además de la postura del constructivismo, que el conocimiento se construye en gran medida, al interaccionar con un grupo social el cual comparte significados compartidos, es decir, que el conocimiento se crea y transmite por medio un proceso social colaborativo.

Todo esto convierte a esta plataforma una herramienta que ayudará al alumno a profundi-zar en los temas, a autoevaluar el nivel de conocimiento, esto al analizar los resultados de sus cuestionarios, ya que estos después de cerrarse les arroja las calificaciones y mencio-na en que preguntas fallaron y cuál es la respuesta correcta, lo que permitirá que realicen una revisión de los temas; los foros de discusión, en los que tendrán que discutir alguna problemática real, se llevara a cabo la autoevaluación, ya que serán los alumnos los que retroalimentaran los conocimientos de sus compañeros y tareas tendrá la oportunidad de poner los conocimientos adquiridos en clase en una situación real. A los docentes le per-mitirá llevar un orden de los trabajos recibidos, sin tener que llenarse de papeles, podrá analizar el avance de los alumno, estableciendo diversas estrategias las cuales se podrán ir adaptando de acuerdo a las problemáticas que presenten los temas a los alumnos, por ejemplo si en el primer tema el grupo realiza el examen y la mayoría de los alumnos re-prueban, se lleva a cabo un repaso del tema y se adapta la estrategia utilizada en clase, por ejemplo, propiciar exposiciones por parte de los alumnos o bien discusiones, con ejem-plos acordes al contexto del grupo esto hará más objetivo su análisis; de igual forma le ayudara a ahorrar tiempo al momento de evaluar ya que la plataforma permite hacerlo de forma automática.

La Universidad Alher, en la cual se llevó a cabo este estudio, está incorporada a la UNAM, y en esta se usa como modelo educativo el constructivismo, por otro lado, los docentes no suelen utilizar herramientas tecnológicas, de tal forma, la plataforma no se propone para educación a distancia, tan solo es una herramienta de apoyo tecnológica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Constructivismo

En la actualidad este paradigma es el que fundamenta los modelos educativos en México, ha demostrado gran utilidad en el proceso enseñanza- aprendizaje, además de tener como virtud, propiciar un conocimiento duradero y significativo, capaz de llevar lo aprendido en el aula al contexto real. A continuación ahondaremos en este tema. Según el constructivismo el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción hecha a partir de sus esquemas previos y de la actividad que lleve a cabo el aprendiz, los autores iniciales de esta corriente fueron Jean Piaget y Lev Semenovich Vygotsky.

La concepción constructivista se basa en que la educación debe promover los procesos de crecimiento personal de los alumnos. Para el constructivismo la escuela debe promover tanto la socialización como la individualización para que el alumno sea capaz de construir una identidad personal, para este fin se considera al alumno como responsable del proceso para adquirir nuevos conocimientos y la función del docente es fomentar esta adquisición. El alumno es quien selecciona, organiza y transforma la información que recibe y la rela-ciona con información previa, por lo tanto el alumno lleva a cabo un cambio en sus es-quemas de conocimiento de tal forma que hay una reestructuración en estos, resultado de la participación en el proceso educativo.

El constructivismo propone que haya un aprendizaje significativo, término que intro-

ducido por Ausubel: "El aprendizaje significativo, a diferencia del memorístico, se conecta con el conocimiento previo de los alumnos. De ahí, los organizadores previos como materiales introductorios, genéricos e incluyentes del aprendizaje a ser desarrollado, sirven de puente al vacío, entre lo que el alumno ya conoce y lo que el alumno necesita conocer, antes de que él pueda aprender significativamente la tarea propuesta." (Santana, 2001). El método utilizado en el constructivismo es la denominada enseñanza indirecta, en esta se fomenta la actividad, la iniciativa y la curiosidad del aprendizaje a través de actividades intenciona-les, planificadas y sistemáticas con el fin de despertar una actividad mental constructiva.

Educación a distancia

Para poder entender lo que es educación a distancia primero debemos dar una definición, para Henri, F. (1985): "la formación a distancia es el producto de la organización de activi-dades y recursos pedagógicos de los que se sirve el estudiante, de forma autónoma y siguiendo sus propios deseos, sin que se le sea impuesto someterse a las constricciones espacio- temporales ni a las relaciones de autoridad de la formación tradicional." (Garcia L. A., 2001). Por lo tanto, la educación a distancia es aquella modalidad que fomenta la res-ponsabilidad y compromiso por parte del alumno, lo convierte en autodidacta, no lo obliga a un espacio físico ni a un periodo de tiempo estable, manteniendo las exigencias y la calidad de una modalidad presencial.

En esta modalidad existe una separación entre el profesor y el alumno, ya que no se com-parte el mismo espacio físico, para que exista la comunicación con los alumnos se deben utilizar medios técnicos como lo son el teléfono, correo, radio, televisión, video conferen-cias, internet, etc. El docente funge como un tutor, solo apoyando al alumno a diferencia de la modalidad presencial, donde el docente por lo general es quien establece los tiempos para llevar a cabo el aprendizaje, en la modalidad a distancia el alumno debe ser indepen-dientes, además, le da al alumno mayor flexibilidad. Con ayuda de las nuevas tecnologías se puede dar este tipo de educación de forma masiva, sin tener límites geográficos.

México es uno de los países pioneros en esta área, en 1947, el Instituto Federal De Capa-citación de Magisterio creo un programa de perfeccionamiento para sus docentes activos. En 1968 se crearon los Centros de Educación Básica de Adultos, en 1971 apareció la tele-secundaria. En 1972 la UNAM estableció el Sistema de Universidad Abierta (SUA), en 1973 la CEMPAE aplico un modelo de preparatoria abierta; 1974 el IPN inicio si Sistema Abierto de Enseñanza (SAE) y también el Colegio de Bachilleres inicia en 1976, actual-mente son muchas las Universidades que ofrecen esta modalidad.

Plataformas educativas

Existen numerosas instituciones que han explotado las bondades que ofrece el internet desarrollando plataformas educativas, además desde 1990 se ha ido abaratando el uso de este servicio, por lo que ha hecho que también proliferen estas. Por medio de estas plata-formas se integran todas las herramientas sincrónicas y asincrónicas necesarias para lle-var a cabo el proceso enseñanza- aprendizaje, por tal motivo estas son de gran utilidad. (Garcia L. A., 2001)

Plataforma moodle

Moodle es una aplicación web perteneciente a un sistema de gestión de aprendizaje (LMS), también llamados plataformas e-Learning. Los LMS son aplicaciones que se utilizan para crear y gestionar plataformas educativas. Las principales funciones del LMS son: ges-tionar usuarios, recursos, materiales y actividades, administrar el acceso, controlar y hacer seguimientos del proceso de aprendizaje, realizar evaluaciones, generar informes, gestio-nar servicios de comunicación como foros de discusión, video conferencias, etc. (Sánchez, 2009). Está basado en la pedagogía construccionista social "dicha filosofía afir-ma que el conocimiento se construye en la mente del estudiante en lugar de ser transmiti-do sin cambios a partir de los libros o enseñanzas y en el aprendizaje colaborativo" (Sánchez, 2009) ; su diseñador fue Martin Dougiams. En junio de 2009 contaba con más de 57.500 sitios registrados oficialmente y más de 700.000 usuarios registrados, y esta traducido a 75 idiomas.

La plataforma Moodle constara de foros de discusión, tareas, cuestionarios que tendrán límite de tiempo y algunos juegos, todo esto con la finalidad de propiciar el aprendizaje y por ende mejorar el aprovechamiento del alumno, también servirá de herramienta para llevar a cabo una mejor administración por parte de los docentes. La razón de utilizar Moodle radica no solo en el hecho de ser gratuito, sino en la facilidad que le da al usuario de utilizarlo, ya que no necesitan tener grandes conocimientos en informática para utilizarlo.

En el presente trabajo primero se analizó que tan factible seria trabajar con una plataforma educativa, por lo que se aplicó una encuesta a 10 alumnos y de los resultados obtenidos se concluye que todos los alumnos tienen acceso a un equipo de cómputo y que la plata-forma educativa es una opción viable para los alumnos, además les interesa esta forma de trabajo.
Se llevó a cabo una comparación de los resultados obtenidos en el examen final de la ma-teria de Modelos en Psicología clínica por un grupo que no uso la plataforma Moodle con uno que si la lleva. Cabe mencionar que la materia la impartió el mismo docente. Se traba-jara cada uno de los temas en clase y se realizarán actividades de apoyo y evaluaciones por cada tema en la plataforma Moodle con el fin de facilitar el aprendizaje. A continuación se muestran los contenidos de la materia:

Programa de la Asignatura: Modelos en Psicología Clínica				
Clave: 1103	**Semestre:** 1	**Campo de conocimiento:**		**Área de Formación:** General
Tradición: Dinámica				
Créditos: 6	**HORAS**		**HORAS POR SEMANA**	**TOTAL DE HORAS**
	Teorías 3	**Prácticas** 0	3	48
Tipo: Teórica	**Modalidad:** Seminario		**Carácter:** Obligatoria	**Semanas:** 16

Objetivo General de Aprendizaje:

Comprender el desarrollo y dinámica de la personalidad con base en las aproximaciones teóricas de la escuela psicoanalítica, conductista, humanista y sistémica, para entender el proceso salud-enfermedad, identificando los métodos de evaluación e intervención derivados de cada una de las posturas teóricas revisadas.

Objetivos Específicos:

1. Comparar los principios epistemológicos de cada aproximación teórica.
2. Explicar el proceso salud-enfermedad desde cada una de las teorías revisadas.
3. Identificar los métodos de evaluación e intervención de cada postura teórica.

Programa de la Asignatura: Modelos en Psicología Clínica				
Clave: 1103	**Semestre:** 1	**Campo de conocimiento:**		**Área de Formación:** General
Tradición: Dinámica				
Créditos: 6	**HORAS**		**HORAS POR SEMANA**	**TOTAL DE HORAS**
	Teorías 3	**Prácticas** 0	3	48
Tipo: Teórica	**Modalidad:** Seminario		**Carácter:** Obligatoria	**Semanas:** 16

Índice Temático

Se trabajó con alumnos de primer semestre que cursan la materia de Modelos en psicolo-gía clínica, solo hay un grupo por semestre, este consta de 11 alumnos y un grupo que llevo la materia un año atrás el cual tuvo 11 alumnos, por lo tanto la población total es de 22 alumnos, por lo tanto, la muestra es no probabilística, se trabajara con toda la población por ser grupos pequeños

El trabajo se realizó en una universidad pequeña de paga, Universidad Alher Aragón, ubi-cada en Ciudad Nezahualcóyotl, Edo. De México, la cual está incorporada a la UNAM, en esta universidad no se trabaja por competencias, el modelo educativo está basado en el constructivismo.

La información se recabara por medio de encuestas en la Universidad Alher y en la plata-forma. Para los resultados de aprovechamiento, se aplicará el mismo examen que a los alumnos del año pasado y se compararan los resultados.

También se analizaron los estilos de aprendizaje de los alumnos del grupo de investigación, a estos les agrada más el trabajo colaborativo, aunque el trabajo individual

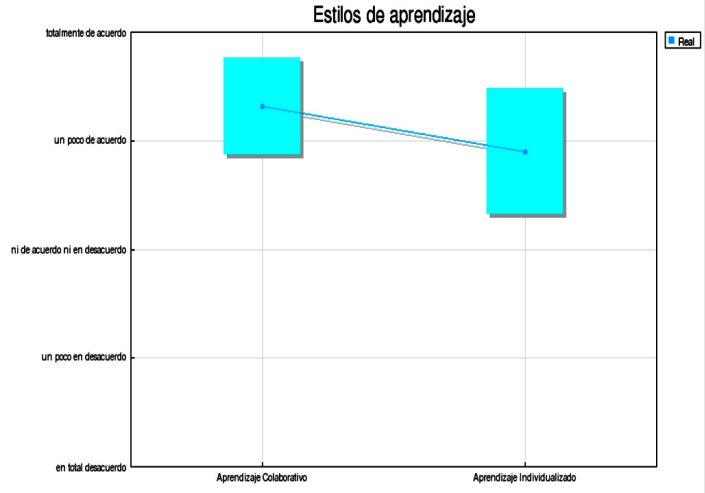


Gráfico 1 Estilos de aprendizaje (Moodle)

Nombre	Calificación/10	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Alumno 1	2.5	0	0	0	0	1.25	0	0	1.25
Alumno 2	1.25	0	0	0	0	0	0	0	1.25
Alumno 3	1.25	1.25	0	0	0	0	0	0	0
Alumno 4	3.75	1.25	0	0	0	1.25	0	0	1.25
Alumno 5	3.75	0	0	1.25	0	0	1.25	0	1.25
Alumno 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumno 7	2.5	1.25	0	0	0	0	0	1.25	0
Alumno 8	5	1.25	0	1.25	0	0	1.25	0	1.25
Alumno 9	2.5	1.25	0	0	0	1.25	0	0	0
Alumno 10	6.25	1.25	0	0	1.25	1.25	0	1.25	1.25
Alumno 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0

no les desagra-da, esta encuesta se aplicó dentro de la plataforma. A continuación se presenta una gráfica:

Alumnos Grupo sin plataforma	**Calif.**		**Alumnos grupo con plataforma**
Alumno 1	8.7	8.5	Alumno 1
Alumno 2	8.3	7.5	Alumno 2
Alumno 3	6.3	9.0	Alumno 3
Alumno 4	6.8	7.8	Alumno 4
Alumno 5	8.7	6.5	Alumno 5
Alumno 6	5.9	9.0	Alumno 6
Alumno 7	6.7	7.0	Alumno 7
Alumno 8	7.4	8.8	Alumno 8
Alumno 9	8.1	4.8	Alumno 9
Alumno 10	6.6	6.3	Alumno 10
Alumno 11	4.6	9.0	Alumno 11
Promedio	**7.1**	**7.6**	

Se realizó también un examen diagnóstico y los resultados obtenidos son los siguientes:

Implementación

La plataforma funciona de la siguiente manera:
El docente tiene que llevar a cabo el registro de cada uno de los alumnos asignándoles el usuario y contraseña, da la explicación de cómo se trabajara y cómo funciona la platafor-ma. El alumno podrá cambiar posteriormente su usuario y contraseña para mayor seguri-dad. Los temas corresponden en tiempos a lo visto en clase y tienen una semana más pa-ra acabar las actividades, estos temas están divididos en inicio, desarrollo y cierre y los alumnos tendrán que realizar las actividades en el orden en el que se presentan.

Al realizar las tareas deberán subir los archivos y esperar a que el docente de retroalimen-tación,

en los foros de discusión por lo menos tienen que hacer comentarios a dos inter-venciones de sus compañeros. Los juegos interactivos no tienen un límite de tiempo pero si cuentan en la calificación final de la plataforma. Los cuestionarios solo se podrán hacer una vez y tendrán límite de tiempo, los resultados obtenidos se podrán revisar hasta la fe-cha límite para realizarlo, existe un cuestionario de diagnóstico y uno final, son los únicos que no cuentan con límite de tiempo.

RESULTADOS

Para evaluar el aprovechamiento se comparó en un primer momento únicamente resulta-dos obtenidos en el examen final, mismos que quedan de la siguiente manera:

Alumnos Grupo sin plataforma	Calif.		Alumnos grupo con plataforma
Alumno 1	8.7	8.5	Alumno 1
Alumno 2	8.3	7.5	Alumno 2
Alumno 3	6.3	9.0	Alumno 3
Alumno 4	6.8	7.8	Alumno 4
Alumno 5	8.7	6.5	Alumno 5
Alumno 6	5.9	9.0	Alumno 6
Alumno 7	6.7	7.0	Alumno 7
Alumno 8	7.4	8.8	Alumno 8
Alumno 9	8.1	4.8	Alumno 9
Alumno 10	6.6	6.3	Alumno 10
Alumno 11	4.6	9.0	Alumno 11
Promedio	**7.1**	**7.6**	

El comparativo del promedio nos permite observar que la calificación final del grupo que utilizó la plataforma como herramienta de apoyo se incrementó cinco décimas con respec-to al grupo que no utilizó la plataforma. La materia fue impartida por el mismo profesor, las actividades en clase fueron las mismas, solo se implementó la plataforma como una he-rramienta de apoyo más. Como se mencionó antes, el estudio se realizó en la universidad Alher y por ser muy pequeña la muestra si es representativa para dicha población.

Conclusiones y recomendaciones

La presente investigación se debe tomar como un referente importante para proyectos e investigaciones futuras, mismas que cumplan con el rigor metodológico necesario para valorar la influencia de otros factores además del uso de la plataforma Moodle, para poder estar en la posibilidad de determinar si el incremento en los índices de aprovechamiento presentados se debieron efectivamente gracias al uso de esta herramienta tecnológica o debido a factores no considerados.

Es importante mencionar que el diseño de las estrategias y actividades propuestas de for-ma colaborativa derivadas del socio constructivismo, provocó un incremento en la moti-vación y permanencia de los estudiantes en todas las unidades de aprendizaje, reforzando la idea acerca de la naturaleza amigable de la plataforma Moodle como elemento de apo-yo didáctico.

REFERENCIAS

Barbera, E. (2006). Educación abierta y a distancia . Barcelona: UOC.

Barbera, E. (2008). Aprender e-learning . Barcelona: Paidos.

Berruecos Carranza, C. (2003). Integración de proyectos y diseño instruccional en los programas educativos en línea : manual de operación . Mexico: UNAM.

Carretero, M. (2009). Constructivismo y educación. Buenos Aires: Paidos.

Coll, C. (2007). El constructivismo en el aula. Barcelona: Grao.

Diaz Barriga, A. (2010). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo : una interpretación constructivista. México: McGraw- Hill.

Diaz, F. (2009). Aprender y enseñar con tic en educación superior : contribuciones del socioconstuctivismo . México: UNAM.

Garcia, L. A. (2001). La educación a distancia. Dela teoria a la practica. México: Ariel Educación.

Garcia, R. (2000). El conocimiento en construccion. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos. Barcelona: Gedisa.

Moodle. (25 de Noviembre de 2010). Recuperado el 28 de Mayo de 2011, de Moodle: http://docs.moodle.org/es/P%C3%A1gina_Principal.

Sánchez, I. J. (2009). Plataforma educativa Moodle. Administración y gestión. España: Alfaomega Grupo Editor.

Santana, A. T. (2001). El constructivismo en el proceso enseñanza - aprendizaje. México: Instituto Politecnico Nacional.

Zubiría, H. (2004). El constructivismo en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el siglo XXI . México: Plaza y Valdéz.

Ciencias de la Computación

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

HERMES "Arquitectura de inteligencia de negocios para la gestión del comercio electrónico"

Resumen: El presente proyecto exhibe una investigación con la cual se pretende resolver haciendo uso de las nuevas tecnologías, una problemática que repercute en las pequeñas y medianas empresas. Teniendo como caso de estudio las PyMEs participantes en el proyecto "E-Mail CLQ una Plataforma de Comercio Electrónico para las Pymes del Estado de Colima", su objetivo principal fue desarrollar 200 sitios web de comercio electrónico, ayudando a aumentar sus canales de comercialización para sus productos y/o servicios.

Se desarrolla una arquitectura con la cual se utilizaron los datos originados de las transacciones realizadas por las PyMEs en sus sitios de comercio electrónico, se utilizara la inteligencia de negocios para el procesamiento de los datos para analizar y hacer más eficiente la toma de decisiones. Se utilizara una metodología hibrida denominada Kimball-Cognos para su elaboración. Se realiza en un ambiente WEB utilizando Visual Studio C# con un Framework MVC 4.0 y el SQL SERVER 2012 como manejador de base datos.

El proyecto se denominó "HERMES" basado en la mitología griega, el cual es el dios mensajero y protector de los viajeros, ganaderos, jóvenes, comerciantes y del ingenio. Era empleado como heraldo especialmente cuando se requería de elocuencia para lograr el objetivo deseado.

Palabras clave: PyMEs, Colima, Comercio electrónico, Inteligencia de negocios, C#, SQL Server 1012, Web, kimball-Cognos, DataWarehouse, ETL, Tzoma de decisiones.

Colaboración
Luis Enrique Espinoza Saucedo; Rosa de Guadalupe Cano Anguiano; Ariel Lira Obando; Elena Martínez Durán, Instituto tecnológico de colima

Abstract: The present project describes an investigation which aims to solve by making use of new technologies, a problem that affects small and medium enterprises. Taking as a case study the SMEs (small and medium enterprises) participating in the project "E-Mall CLQ una Plataforma de Comercio Electrónico Electrónico para las PyMEs del Estado de Colima", its main objective was to develop 200 e-commerce websites, helping to increase its marketing channels to their products and / or services.

An architecture was developed in which is used data originated from transactions performed by the SMEs in their e-commerce websites, business intelligence is used for processing the data to analyze and streamline decision making. An hybrid methodology called Kimball-Cognos is used for processing. This projects is implemented in a web environment using Visual Studio C# with MVC Framework 4.0 and SQL Server 2012 as a database manager.

The project "HERMES" was called based on Greek mythology, which "HERMES" is the Messenger god and protector of travelers, farmers, youth, traders and wit. It was used as a herald especially when eloquence was required to achieve the desired objective.

Keywords: SMEs, Colima, E-commerce, business intelligence, C #, SQL Server 1012, Web, kimball-Cognos, Data Warehouse, ETL, decision-making.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayoría de empresas utilizan sistemas transaccionales para la administración de sus operaciones, los cuales diariamente van recolectando información originada por las actividades empresariales asociadas con el comercio electrónico.

El comercio electrónico, es el segmento de más rápido crecimiento en la economía mundial. Permite incluso al más pequeño negocio alcanzar una audiencia global con sus productos o servicios con un costo mínimo.

Hoy en día las PyMEs constituyen el 95% de totalidad de las empresas en México según los datos recabados del INEGI [2]. Este proyecto se desarrolla tomando como caso de estudio las empresas registradas en el proyecto "E-Mall CLQ una Plataforma de Comercio Electrónico para las Pymes del Estado de Colima".

La inteligencia de negocios o Business Intelligence es la habilidad de transformar los datos operacionales de una empresa en información, y después en conocimiento, lo cual conlleva a optimizar el proceso de toma de decisiones en los negocios, y es la clave para realizar operaciones competitivas y exitosas.

Sin importar el tamaño de cualquier empresa, la capacidad de recopilar, analizar y actuar sobre los datos es la clave del éxito, por lo cual el propósito de la tesis es diseñar un software, utilizando la inteligencia de negocios con el cual, se podrá ofrecer información de una manera sencilla y eficaz, permitiendo a los gerentes identificar y responder adecuadamente a los cambios constantes del mercado y necesidades de los clientes. Este articulo ofrece una nueva alternativa en apoyo a la toma de decisiones en las PyMES del estado de Colima.

CUERPO DEL ARTÍCULO

Descripción de la situación actual: según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México existen más de 4 millones de empresas de las cuales el 95% son Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs), de estás el 43% fracasan por la mala toma de decisiones en el área administrativa [2]. Del total de estos negocios, casi el 30 por ciento utiliza alguna tecnología de la información y comunicación, como PC e internet, según cifras de la Secretaría de Economía.

El uso de las nuevas tecnologías permite incluso al más pequeño negocio alcanzar una audiencia global con sus productos o servicios con un costo mínimo. Una de estas es el comercio electrónico el cual consiste en la compra/venta de productos o servicios a través de medios electrónicos, tales como Internet. Originalmente el término se aplicaba a la realización de transacciones mediante medios electrónicos tales como el Intercambio Electrónico de Datos (IED), sin embargo, con la masificación del Internet y la World Wide Web a mediados de los años 90 comenzó a referirse principalmente a la venta de bienes y servicios a través de Internet, usando como forma de pago medios electrónicos (Tarjetas de crédito/debito, Paypal, etc.). En México de las PyMES mexicanas que usan tecnologías de la información, el 73 % utiliza Internet, y de ese 73% que utiliza Internet, el 10% vende en línea. En Colima se desarrolló un proyecto llamado "E-Mall CLQ una Plataforma de Comercio Electrónico para las Pymes del Estado de Colima", en el cual su propósito es implementar y poner a disposición de 200 empresas Pymes del estado de Colima sitios Web de Comercio Electrónico para que utilicen el Internet como un canal para comercializar sus productos y/o servicios.

En la actualidad, los empresarios que se adentran en este sector tienen escasos conocimientos de cómo manejar los datos que se generan día con día, por lo cual la mayoría de las veces las empresas no pueden alcanzar el éxito pretendido debido a que no se crean las estrategias necesarias para ello, por lo cual según el INEGI [2] el 43% fracasan por la mala toma de decisiones.

Planteamiento del problema: Como se mencionó en el punto anterior la mayoría de las PyMES en nuestro estado tienen una competitividad muy limitada y un bajo crecimiento, debido a que los datos generados por las empresas que hacen uso de las estructuras de comercio electrónico se quedan solamente como un sistema transaccional, debido a que la mayoría de ellas no tienen los recursos necesarios para poder usar herramientas de inteligencia de negocios que les ayuden a transformar los datos generados en su empresa en información y conocimiento, con lo cual se mejoraría la toma de decisiones, ayudando a planificar, monitorizar y analizar, nuevas estrategias forjando una mejora en la competitividad de las empresas. Teniendo en cuenta los recursos con los que este tipo de empresas cuentan las vuelven inalcanzables a este tipo de herramientas.

Propuesta de solución: La solución al problema detectado en el planteamiento del problema a resolver consiste en generar un registro histórico de las transacciones, resultado del uso del comercio electrónico durante el periodo de duración del proyecto, esta información se tomara como base para aplicar las técnicas y herramientas de la inteligencia de negocios, en esta investigación se empleara el proceso de ETL para generar un DataWarehouse para la empresa, a través del DataWarehouse podemos extraer la información que le permite mejorar la competitividad de la empresa, para lo cual se usaran indicadores KPI´s (Key Performance Indicators por sus siglas en inglés).

Justificación: Por las razones mencionadas anteriormente en el punto 1.2 se propone una solución que consiste en la implementación de la inteligencia de negocios en la información generada a partir de los modelos transaccionales de una empresa.

Los principales beneficios que se obtendrán al desarrollar el proyecto HERMES: Arquitectura de Inteligencia de Negocios para la Gestión del Comercio Electrónico, es que las MIPYMES podrán utilizar las nuevas tecnologías como herramientas para la ayuda en la toma de decisiones.

A partir del desarrollo del proyecto "E-Mail CLQ una Plataforma de Comercio Electrónico para las Pymes del Estado de Colima". Surgió la inquietud de cómo mejorar el proyecto y ayudar a los empresarios a salir a mejorar sus estrategias tanto de marketing como de ventas. Con el uso de HERMES los empresarios podrán tomar decisiones a partir de los datos generados en su modelo transaccional y no con base a suposiciones, se proporcionara un análisis adecuado a la información generada en una empresa, la cual se podrá compartir y visualizar en tiempo real.

Objetivo general:

- Diseñar y desarrollar una plataforma web basada en inteligencia de negocios para el procesamiento de las bases de datos originadas por las actividades empresariales y las asociadas al comercio electrónico de las PyMEs, aplicando procesos de inteligencia de negocios para analizar y hacer más eficiente la toma de decisiones.

Objetivos específicos:

- Diseñar una plataforma que permita cargar datos provenientes de bases de datos transaccionales generadas por el uso del comercio electrónico desarrolladas en MySQL y SQL SERVER.
- Aplicar los procesos de ETL.
- Construir y gestionar DataWarehouse y DataMarts.
- Generar consultas, reportes, indicadores, análisis, tendencias y comparaciones, para su posterior análisis.
- Ayudar en el análisis y mejorar la toma de decisiones con el uso de la inteligencia de negocios.
- Alcances: Para todos los resultados que se brindaran en la plataforma, hay un rango de lo que se pretende hacer y lo que no dentro de éste. A continuación se hace referencia a las características que definen de estos alcances.
- Implementar una interfaz que permita emplear los procesos de ETL con algunos gestores de bases de datos, los cuales son: MySQL y SQL SERVER. Usando los formatos de las hojas de cálculo y archivos de texto compatibles.
- Aplicar limpieza de datos básica sable los almacenes que se construirán.
- Implementar un interfaz que permita construir y gestionar DataMarts.
- • Diseñar una interfaz que permita generar vistas en formatos compatibles con Excel Mining (.xls).
- Diseñar un interfaz que permita generar consultas, reportes, indicadores, análisis, tendencias y comparaciones.

Limitaciones: En este apartado se presentan los alcances que en un inicio definirán los límites que tendremos, aunque esto no significa que no sean ampliables en un futuro dependiendo del desarrollo de la plataforma.

- Los gestores de base de datos que son considerados en este proyecto solo serán MySQL y SQL SERVER.
- Para la limpieza de datos se aplicara solo cuando los campos tengan un valor nulo, estén duplicados, y otros detectados por el usuario.

El uso de las nuevas tecnologías en las PyMEs: Actualmente solo una cantidad mínima de las MIPYMES en México no lo gran tener acceso a la tecnología, lo cual logra ser un importante obstáculo para poder mejorar la productividad en su empresa. Otros de los grandes problemas son los altos costos de la tecnología, la transición de los procesos manuales a los automatizados y la personalización de la tecnología.

Cuando una empresa empieza a utilizar las nuevas tecnologías y logra adaptarse a estas, les puede ayudar a incrementar un 40% de las utilidades netas, así como también ayuda a su expansión.

Una de las grandes desventajas que tienen son sus altos costos, lo cual con lleva a que su uso sea casi inalcanzable para la mayoría de este tipo de empresas, por lo cual la mayoría de empresas recurren a software y tecnología estandarizada, lo cual, con lleva a no obtener los resultados óptimos.

Inteligencia de negocios: El término de inteligencia de negocios fue acuñado por la consultora Gartner Group a finales de la década de los 80 y lo describe como la capacidad de los integrantes de una empresa para acceder a la información residente en una base de datos y explorarla, de manera que el usuario pueda analizar esa información y desarrollar con ella teorías y conocimientos que serán básicos para la toma de determinadas decisiones críticas para el negocio. A continuación se mostrarán, algunos de los puntos más importantes encontrados sobre este tema.

Se pude definir como "El monitoreo continuo de las señales del entorno – sobre todo de aquellas que permitan anticipar una situación futura, ya sea para reaccionar o actuar propositivamente frente al medio – es ejercido por un conjunto de capacidades que la empresa debe poner en marcha, y que entenderemos como inteligencia empresarial" [1].

La inteligencia de negocios se basa en la transformación de la información que la empresa genera en su actividad diaria, en datos, los cuales posteriormente se transforman en conocimiento, con lo cual conlleva a optimizar el proceso de toma de decisiones estratégicas en los negocios, y es la clave para realizar operaciones competitivas y exitosas. A continuación en la Figura 1 se muestran algunos de los conceptos que se desarrollarán durante esta investigación.

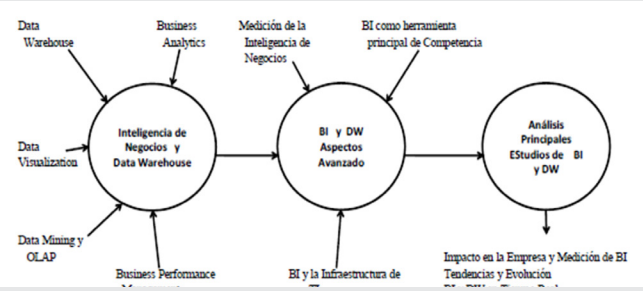


Fig. 1 Inteligencia de negocios y data warehouse.

MATERIAL Y MÉTODOS

Caso de estudio: Para el desarrollo del proyecto se tomora como base el proyecto "e-Mall CLQ una Plataforma de Comercio Electrónico para las Pymes del Estado de Colima", en el cual su objetivo principal fue desarrollar 200 sitios web de comercio electrónico, ayudando a aumentar sus canales de comercialización para sus productos y/o servicios. Se acordó en utilizar los datos generados de las transacciones realizadas en ellas. Sin embargo se pidió no tomar ningún dato que involucre información personal, ya sea sobre dueños empleados o clientes.

Arquitectura general: La arquitectura general de este proyecto se divide en cuatro áreas, las cuales se mencionarán y describirán brevemente a continuación:

- **Requerimientos y análisis:** En esta etapa se describen algunos requerimientos que se necesitan para el desarrollo de la arquitectura, se mencionan los requerimientos del entorno operativo, servidor de base de datos, servidor de aplicaciones, requerimientos del cliente, funcionales y no funcionales.
- **Extracción y selección, procesamiento de los datos:** Durante este proceso el usuario deberá seleccionar y extraer o exportar los datos contenidos en su base de datos transaccional, en un archivo de texto plano con alguna de las extensiones validas (.xls). En esta etapa se utiliza el proceso de ETL (extracción, transformación, limpieza y carga), con el cual se construyen los nuevos almacenes de datos y se cargan los datos exportados en el paso anterior. Posteriormente se trasladan a un Data Warehouse.
- **Construcción de escenarios de visualización:** Una vez concluido el procesamiento de datos, se empieza con la construcción de los escenarios de visualización, cada uno de ellos se determinara de acuerdo con el análisis de los datos, podrá ayudar a los usuarios finales el análisis de la información.
- Visualización de resultados: Durante esta etapa el usuario podrá visualizar diferentes tipos de reportes con los resultados del procesamiento de los datos. Los cuales podrá analizarlos de una manera más óptima y con base a ellos podrá mejorar su toma de decisiones

Tabla 1 Herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto.

ETAPA	HERRAMIENTA
Desarrollo de aplicaciones	Framework ASP, MVC 4.0, .NET
	NPOI
	HTML
	Framework de CSS Bootstrap
	JavaScript / JQuery
Entorno de desarrollo gráfico	Visual Estudio 2013
Construcción de DataWarehouse	SQL Server 2012
Gestores de bases de datos para extracción de datos	MySQL
	SQL Server 2008 en adelante
Generación de reportes	PDF
Desarrollo de la aplicación y servidor de aplicaciones (HOSTING)	Equipo portátil DELL XPS 15
	Equipo de escritorio DELL VOSTRO
Análisis	8 horas al día durante 2 meses (64 horas)
Desarrollo	8 horas al día durante 8 meses (256 horas)
Pruebas	8 horas al día durante 2 meses (64 horas)

Herramientas: Durante el desarrollo del proyecto se utilizaron diferentes herramientas, programas, aplicaciones, entornos de desarrollo y herramientas analíticas. En la tabla 1 se muestra una síntesis de las herramientas utilizadas.

Metodologia: Para el desarrollo de este proyecto se utilizara una metodología hibrida utilizando la metodología de Ralph Kimball un experto en la construcción de Data Warehouse, así como también la propuesta de COGNOS para soluciones de inteligencia de negocios. La cual constara de 9 etapas a desarrollar. A continuación en la Figura 2 se describirá cada una de ellas.

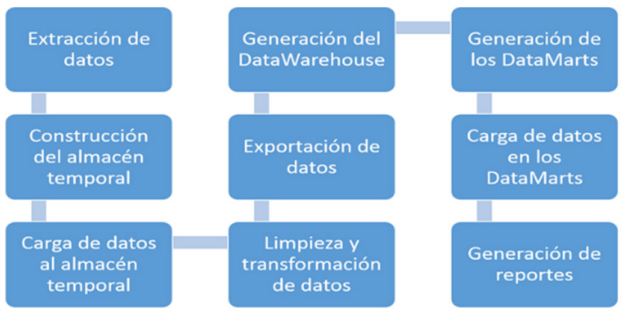


Fig 2. Etapas de la metodología Kimball-Cognos.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Requerimientos y análisis

A continuación se describen los requerimientos necesarios para el desarrollo de la arquitectura.

Entorno operativo: Para cada uno de los módulos se deberán considerar los siguientes requerimientos operativos: Requerimientos del servidor de bases de datos:

- **Sistema operativo:** Windows Server 2008 64 bits Service Pack 2.
- **Manejador BD:** SQL Server 2012. Lenguaje t-SQL. Versión en español.

Requerimientos del servidor de aplicativos:

- FTP con su respectivo usuario y contraseña.
- Sistema Operativo: Windows Server 2008.
- Lenguaje: C# con Razor.
- IDE: Microsoft Visual Studio 2012.3.
- OpenXMLSDKv2
- wget.
- Librerías: jQuery, Highcharts, Bootstrap 3.
- Framework: ASP, MVC 4.0, .NET.
- Manejador BD: SQL Server 2012. Lenguaje t-SQL. Versión en español.
- Usuario que tenga acceso al servidor, a la base de datos BD_HERMES (permiso de lectura y ejecución de procedimientos). También permiso para instalar procedimientos almacenados y vistas.
- Usuario que tenga acceso al servidor de aplicativos, de lectura/escritura, para instalar la base de datos BD_HERMES.

Requerimientos del Cliente:

PC con navegador Explorer 11+, Chrome, Firefox y conexión a internet.

Requerimientos Funcionales y no funcionales: A continuación, en la tabla 2 y 3 se muestran detalladamente cada uno de los requerimientos necesarios para este proyecto.

Tabla 2 Requerimientos Funcionales.

ID	Nombre	Descripción
RF1	Reportes	Se generarán reportes de acuerdo a determinados filtros o campos de consulta.
RF1.1	Reportes Exportar	Permitirá generar el reporte en PDF mostrando los principales campos del acto.
RF1.2	Reportes Gráficas	Podrá generar diferentes tipos de gráficas de acuerdo a campos específicos. Podrá descargar las gráficas en formato PDF.

Tabla 2 Requerimientos Funcionales.

ID	Nombre	Descripción
NF1	Compatibilidad de navegadores	El sistema debe ser visible en los navegadores IE11, Google Chrome y Mozilla Firefox.
NF2	Confiablidad	El sistema tendrá que estar en funcionamiento las 24 horas los 7 días de la semana.
NF3	Diseño de interfaz	El sistema presentará una interfaz de usuario sencilla para que sea de fácil manejo a los usuarios del sistema
NF4	Documentación	Se debe estructurar el código de una manera consistente y predecible.
NF5	Errores	El sistema deberá de contar con manejo de errores, los cuales deben ser en un lenguaje apropiado para la comprensión del ciudadano.
NF6	Responsivo	El sistema debe ser responsivo y adaptarse a diferentes tamaños de pantallas. Resolución mínima de 480 pixeles.

Análisis de base de datos: Los sitios de comercio electrónico que se toman del caso de estudio contiene 461 tablas desarrolladas en MySQL, de las cuales 59 se involucran durante el proceso de las transacciones, a continuación se muestra el esquema general de la base de datos.

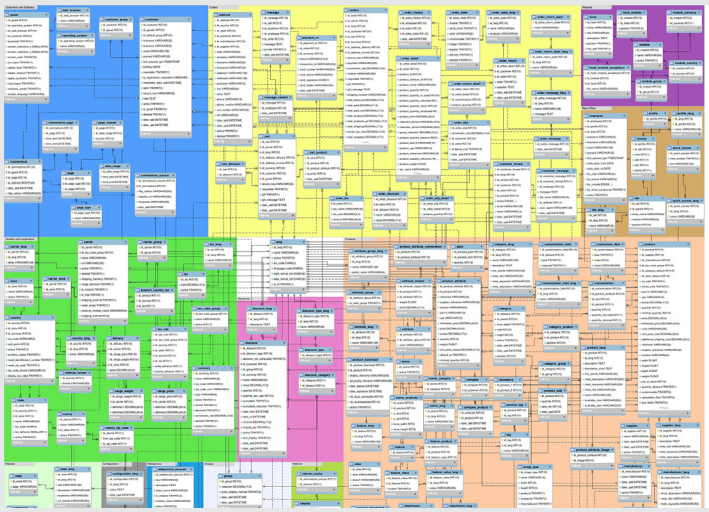


Fig. 3 Diagrama de base de datos del caso de estudio.

Tomando en cuenta que a petición del director del proyecto “e-mall CLQ”, el cual se toma como caso de estudio, no se podrá tomar ningún dato que involucre datos

personales ya sea, sobre los dueños, empleados o clientes. Teniendo en cuenta esto, se analizó detalladamente y se llegó a la conclusión de utilizar las siguientes tablas: Product, Stock_aviable, Carrier_lang, Orders, Manufacturer, Category_Product, Product_Lang, Order_state_Lang y Order_Detail, Shop, Order_history.

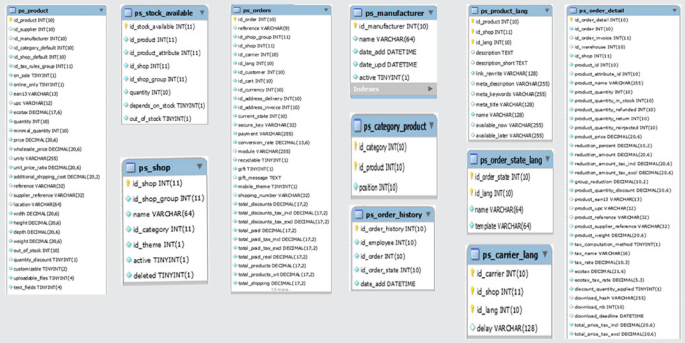


Fig. 4 Tablas involucradas para el desarrollo del proyecto.

Con las cuales se trabajó y depuro, teniendo en cuenta las necesidades de cada empresa, así como también se omitieron los campos que involucrarán datos personales, con lo cual se respeta la regla que de negocios, y como resultado se logró generar un DataWarehouse con las siguientes características.

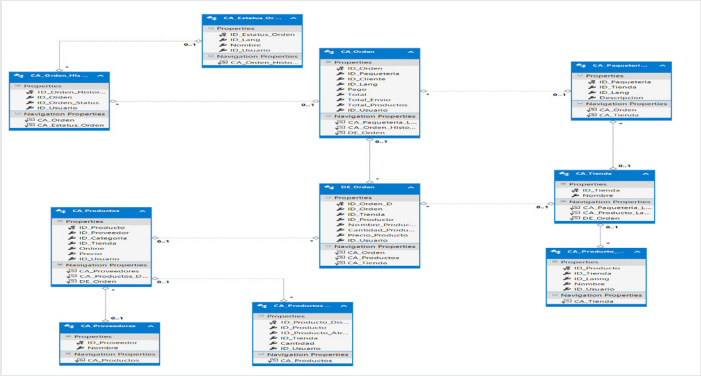


Fig. 5 Diagrama Principal del proyecto.

Extracción, selección y procesamiento de los datos: Durante esta esta etapa el usuario, tendrá que exportar los datos de las tablas antes mencionadas en archivos con extensión valida (xls o xlsx), en caso de que se exporten en extensión (csv) se tendría que cambiar de formato

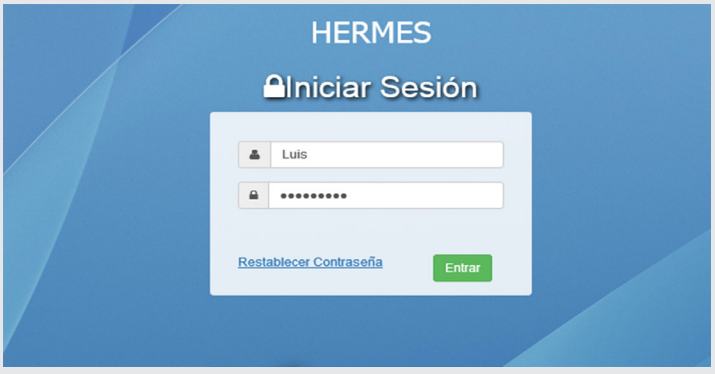


Fig. 6 Pantalla de inicio de sesión.

a uno de los antes mencionados. Una vez que se obtengan los archivos necesarios, se empezaría con el proceso extracción de datos para lo cual el usuario tendría que iniciar sesión en nuestra aplicación.

Al iniciar sesión, se pasa a la pantalla principal del proyecto, la cual se diseñó de una manera que fuera lo más sencilla e intuitiva para los usuarios finales, en la parte superior derecha tiene la opción de cerrar sesión, en el menú lateral se encuentran las opciones inicio, importar datos, estadísticas y Hermes. A continuación se muestra el resultado de la interfaz.

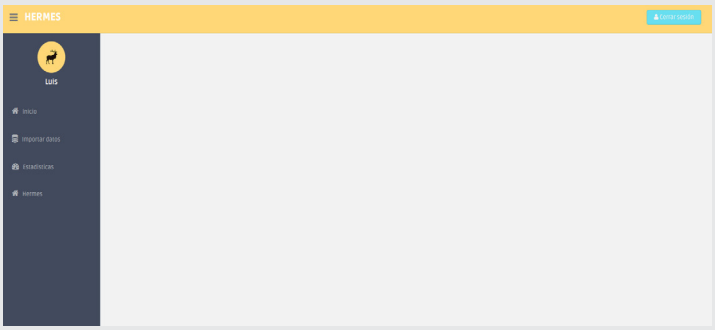


Tabla 2 Requerimientos Funcionales.

En la opción importar datos, empieza el proceso de ETL, en el cual se selecciona el archivo y se elige que tipo (de que tabla se exporto), y se la clic en la opción importar, con lo cual proceso a la extracción de los datos.

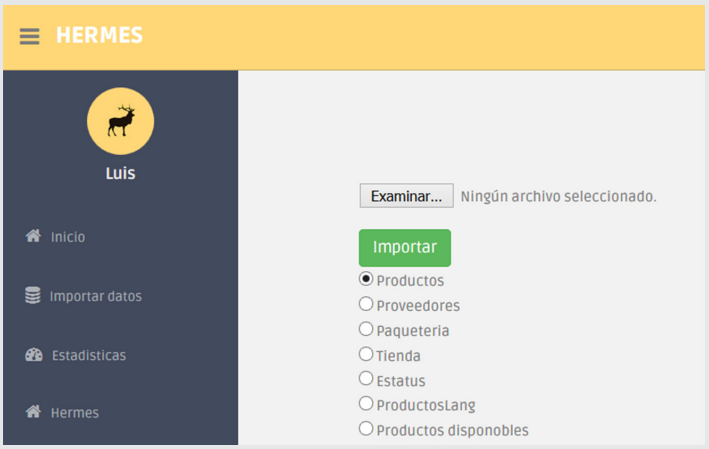
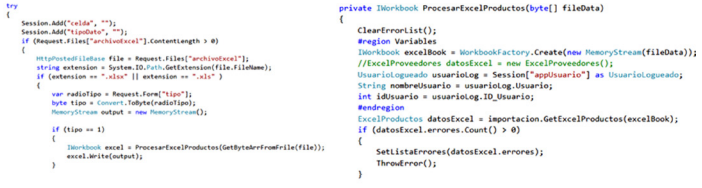


Fig. 8 Sección de importación de datos.

Para lograr este proceso se utiliza la herramienta NPOI for .Net la cual sirve para leer y manipular archivos de la herramienta Office, gracias a esta se logra extraer los datos del archivo de Excel, una vez que se logra este objetivo pasa a procesar los datos.



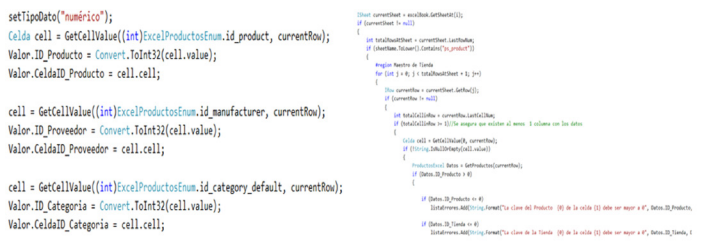
```
try
{
    Session.Add("celda", "");
    Session.Add("tipoDato", "");
    if (Request.Files["archivoExcel"].ContentLength > 0)
    {
        HttpPostedFileBase file = Request.Files["archivoExcel"];
        string extension = System.IO.Path.GetExtension(file.FileName);
        if (extension == ".xlsx" || extension == ".xls" )
        {
            var radioTipo = Request.Form["tipo"];
            byte tipo = Convert.ToByte(radioTipo);
            MemoryStream output = new MemoryStream();

            if (tipo == 1)
            {
                IWorkbook excel = ProcesarExcelProductos(GetByteArrFromFile(file));
                excel.Write(output);
            }
```

```
private IWorkbook ProcesarExcelProductos(byte[] fileData)
{
    ClearErrorList();
    #region Variables
    IWorkbook excelBook = WorkbookFactory.Create(new MemoryStream(fileData));
    //ExcelProveedores datosExcel = new ExcelProveedores();
    UsuarioLogueado usuarioLog = Session["appUsuario"] as UsuarioLogueado;
    String nombreUsuario = usuarioLog.Usuario;
    int idUsuario = usuarioLog.ID_Usuario;
    #endregion
    ExcelProductos datosExcel = importacion.GetExcelProductos(excelBook);
    if (datosExcel.errores.Count() > 0)
    {
        SetListaErrores(datosExcel.errores);
        ThrowError();
    }
```

Fig. 9 Secciones de código parte 1.

A continuación inicia la etapa de limpieza y transformación de los datos obtenidos anteriormente, se extraen solo los datos necesarios, se guardan en el modelo de manera temporal, para posteriormente limpiarlos e iniciar la etapa de validación.



```
setTipoDato("numérico");
Celda cell = GetCellValue((int)ExcelProductosEnum.id_product, currentRow);
Valor.ID_Producto = Convert.ToInt32(cell.value);
Valor.CeldaID_Producto = cell.cell;

cell = GetCellValue((int)ExcelProductosEnum.id_manufacturer, currentRow);
Valor.ID_Proveedor = Convert.ToInt32(cell.value);
Valor.CeldaID_Proveedor = cell.cell;

cell = GetCellValue((int)ExcelProductosEnum.id_category_default, currentRow);
Valor.ID_Categoria = Convert.ToInt32(cell.value);
Valor.CeldaID_Categoria = cell.cell;
```

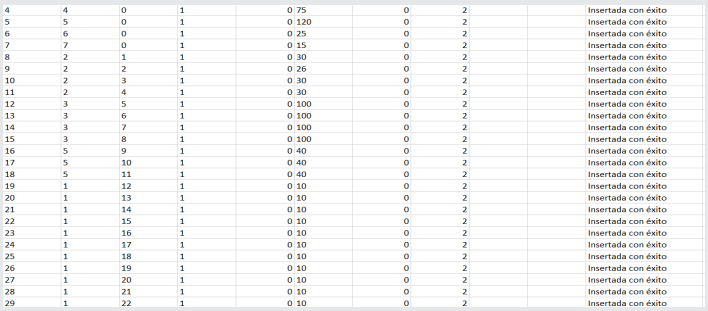
Fig. 10 Secciones de código parte 2.

Una vez completado el proceso de validación los datos obtenidos pasan a ser insertados en el datawarehouse.

```
ISheet sheet = excelBook.GetSheetAt(0);
IRow row = sheet.GetRow(0);
ICell celda1 = row.CreateCell(10, CellType.String);
//celda1.SetCellValue("Folio Contrarecibo");
int line = 0;
foreach (var item in datosExcel.Productos)
{
    //  int nextFolioContrarecibo = importacion.getNextIdContrarecibo(tipoCon
    importacion.insertarProductos(item.ID_Producto, item.ID_Proveedor, item.I
    row = sheet.GetRow(line);
```

Fig. 11 Secciones de código parte 3.

Si la inserción de los datos termina de manera exitosa, se registra en una celda del documento de Excel, la palabra “insertada con éxito”, si durante cualquier etapa del proceso llegara a ocurrir un error, se imprime un archivo pdf con la especificación del error, ya sea de datos faltantes, validaciones o algún otro tipo de error.



4	4	0	1	0	75	0	2	Insertada con éxito
5	5	0	1	0	120	0	2	Insertada con éxito
6	6	0	1	0	25	0	2	Insertada con éxito
7	7	0	1	0	15	0	2	Insertada con éxito
8	2	1	1	0	30	0	2	Insertada con éxito
9	2	2	1	0	26	0	2	Insertada con éxito
10	2	3	1	0	30	0	2	Insertada con éxito
11	2	4	1	0	30	0	2	Insertada con éxito
12	3	5	1	0	100	0	2	Insertada con éxito
13	3	6	1	0	100	0	2	Insertada con éxito
14	3	7	1	0	100	0	2	Insertada con éxito
15	3	8	1	0	100	0	2	Insertada con éxito
16	5	9	1	0	40	0	2	Insertada con éxito
17	5	10	1	0	40	0	2	Insertada con éxito
18	5	11	1	0	40	0	2	Insertada con éxito
19	1	12	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
20	1	13	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
21	1	14	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
22	1	15	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
23	1	16	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
24	1	17	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
25	1	18	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
26	1	19	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
27	1	20	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
28	1	21	1	0	10	0	2	Insertada con éxito
29	1	22	1	0	10	0	2	Insertada con éxito

Fig. 12 Archivo insertado con éxito.

Construcción de escenarios de visualización: Una vez concluido el procesamiento de datos, se empieza con la construcción de los escenarios de visualización, con el cual se analiza las diferentes manera de visualización que se pueden lograr con los datos obtenidos, en nuestro caso se utilizara la herramienta Morris.js y highcharts, con las cuales se generan gráficos de diferentes tipos, lo cual logra una mejor interacción con el usuario, desarrollándolos de manera simple e intuitiva.

Visualización de resultados: En esta etapa se ayudara al usuario a interpretar los resultados generados, con lo cual se generan diferentes tipos de reportes. Lo cual ayudara al usuario a optimizar la toma de decisiones, de una manera más eficiente. A continuación se muestran algunos ejemplos.

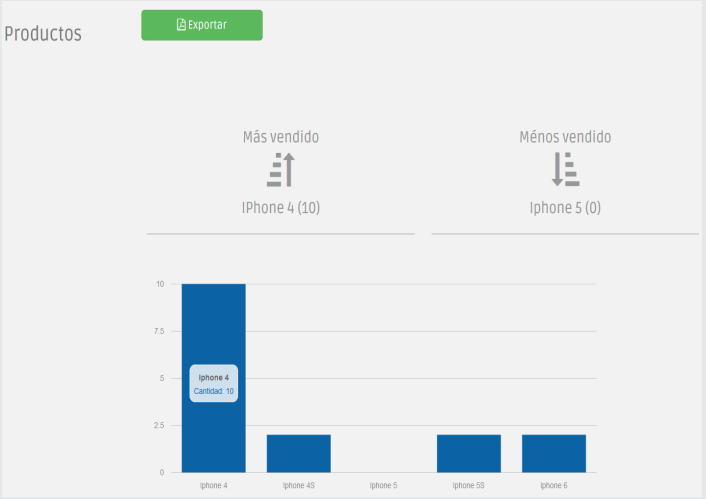


Fig. 13 Información visualizada desde el proyecto.

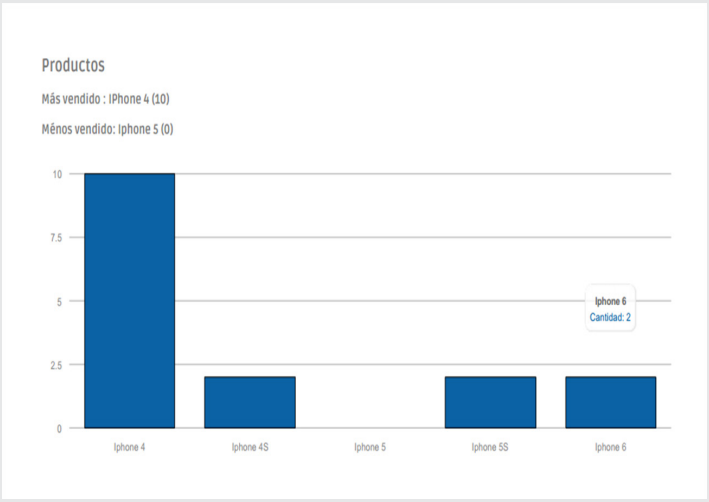


Fig. 14 Información visualizada después de ser exportada en PDF.

Conclusiones: Con base a lo antes presentado, se puede concluir que se lograron los principales objetivos del proyecto, ya que se desarrolló una plataforma web la cual logró aplicar las técnicas de ETL, para el procesamiento de los datos originados por las transacciones de las empresas que pertenecen al caso de estudio. La implementación de nuevos procesos de tecnologías como lo es el proyecto HERMES, puede ayudar a optimizar el proceso de toma de decisiones fortaleciendo la operatividad de las PyMEs en el estado, con el fin de generar operaciones competitivas y exitosas.

REFERENCIAS

[1] Eisenmann, T. (. (2011). Platforms and Networks. Recuperado el 20 de 04 de 2015, de http://platformsandnetworks.blogspot.mx/2011/07/business- model-analysis-part-1-key.html

[2] INEGI. (2014). Censos Económicos 2014. México. Obtenido de INEGI: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default.aspx#Mas

[3] Julio, C. (2009). La inteligencia empresarial en las pequeñas y medianas empresas competitivas de América Latina – algunas reflexiones. Obtenido de http://www.scielo.br/scielo.php?=S0100-19651997000300005&script=sci_arttext&tlng=en

[4] Pineda, C. (2014). academia.edu. Recuperado el 20 de 04 de 2015, de http://www.academia.edu/9718508/introduccion_a_las_tics_INGENIERIA_TECNOLOGIAS_DE_LA_INFORMACION_Y_COMUNICACION

[5] Zott, Ch. y Amit, R. (2011). Cómo diseñar modelos de negocios. Recuperado el 20 de 04 de 2015, de http://www.ieseinsight.com/doc.aspx?id=00966&ar=15&idioma=1

Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes
Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Sustentabilidad de la actividad lechera en Baja California: recomendaciones para fortalecer su competitividad

Resumen: Después de la crisis mundial de 2008, la actividad lechera en Baja California presentó gran vulnerabilidad afectando su rentabilidad. Lo anterior ha obligado a los productores, a buscar estrategias que les permitan recuperarse, a través el aprovechamiento de externalidades negativas como lo es el estiércol del ganado, que representa una fuente importante de contaminación, dado que emite gas metano y contribuye al calentamiento global. No obstante, estos desechos pueden ser utilizados a través de diferentes actividades como abono, fertilizantes, generación de energía eléctrica y actualmente bonos de carbono. El objetivo del documento es determinar los beneficios que se obtendrían al utilizar el estiércol del ganado para generar tanto energía eléctrica como la compra-venta de Certificados de Emisiones Excedentes (CER´s), para el caso específico de las unidades de producción lechera de Baja California. Se utiliza la metodología para calcular las emisiones de metano, reducción de las emisiones y producción de energía eléctrica propuesta por la USDA. Encontrándose que el alto costo de energía eléctrica podría disminuir al generarla de manera interna, además de poder generar ingresos extras para la empresa a través de bonos.

Palabras clave: biogás, certificados de carbono, estiércol, externalidades negativas, ganadería, generación de energía eléctrica.

Abstract: After the world crisis of 2008, the dairy activity in Baja California presented great susceptibility which affected its return in investment. This obligated the producers, to look for strategies which will allow them to recuperate through the good use of negative outsource like manure from livestock which represents an important source of contamination, because it releases methane gas and contributes to global warming. This wastes can be utilize through the different activities like compose, fertilizer, production of electric energy and currently carbon credits. The objective of this document is to determine the benefits that can be obtain by utilizing the manure from livestock to generate electric energy as well as the buying and selling of Certificate of Excess Emission (CER´S) for the specific use of producing units of milk in Baja California. The procedure used to calculate the emission of methane gas, reduction of the emissions and the production of electric energy is the one propose by the USDA. It is found that the high costs of electric energy can drop by generating it internally, also can generate extra earnings for the company through the credits.

Keywords: biogas, carbon credits, manure, negative outsource, livestock, generation of electric energy

Colaboración
Iliana Enriqueta Montaño Méndez, Instituto Tecnológico Superior de Mulegé; Belem Dolores Avendaño Ruiz, Universidad Autónoma de Baja California; René Alberto León Domínguez, Instituto Tecnológico Superior de Mulegé

INTRODUCCIÓN

En Baja California, la cadena productiva de leche fresca de bovino enfrentó la crisis económica global iniciada a finales de 2008 con gran vulnerabilidad, afectando fuertemente su desempeño y rentabilidad, sumiéndola en una de sus peores riesgos, obligando a los productores a buscar alternativas que permitan recobrar la rentabilidad de la actividad, mejorar su posicionamiento en el mercado regional y buscar esquemas innovadoras que permitan disminuir los altos costos de producción, específicamente de energía eléctrica.

Dentro de las actividades que se desarrollan en los ranchos ganaderos se generan externalidades negativas como lo es el estiércol del ganado, que representa una fuente importante de contaminación, dado que emite gas metano y contribuye al calentamiento global. No obstante, estos desechos pueden ser utilizados a través de diferentes actividades como abono, fertilizantes y como materia prima para producción de electricidad y energía térmica [8]. Sin embargo, la tecnología para la generación de energía alterna se encuentra en desarrollo, significando problemas financieros por su alto costo para su implementación [3].

Dicha aplicación consiste en la instalación de un sistema de control de biogás comúnmente llamado digestores, para capturar y destruir el gas metano generado por estiércol.

Los digestores anaeróbicos están siendo utilizados para reducir problemas ambientales y producir biogás con estiércol del ganado dado que es una fuente significativa de metano, un potente gas de invernadero con un potencial de calentamiento global 23 veces más altos que el dióxido de carbono [1].

Dado que el biogás contiene un alto porcentaje en metano, CH4 (entre 50-70%), permite un aprovechamiento energético mediante su combustión en motores, en turbinas o en calderas, bien solo o mezclado con otro combustible [7]. Dentro de los beneficios que se pueden encontrar al utilizar los digestores anaeróbicos se encuentran los siguientes:

- Reducción de emisiones de efecto invernadero,
- Aprovechamiento energético de los residuos orgánicos
- Mantenimiento y mejora del valor fertilizante de los productos tratados.

La principal razón para la utilización de generación de biogás como fuente de energía renovable es por la garantía de rentabilidad dado que por una parte se reducen los problemas ambientales al reutilizar la materia orgánica y además permite a los establos ganaderos un ahorro al volverse autosuficientes en energía eléctrica y/o calorífica [2].

Se realizó un estudio de factibilidad para la puesta en marcha de los digestores anaeróbicos en establos lecheros en la cuenca de Delicias, Chihuahua, encontrando que a partir de 300 vacas es redituable la instalación. La producción de biogás calculada fue 1.73 m3 de biogás/vaca/día pudiéndose obtener hasta 17,789 toneladas equivalente de CO2/año y 1,767,143 kw-h/año para un establo de 2,000 vacas [1].

Asimismo en la actualidad se están implementado diferentes instrumentos que permitan la reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero que ayuden a reducir el calentamiento global. A este conjunto de medidas también se le conoce como bonos de carbono, donde se muestra las siguientes opciones de acuerdo al protocolo de Kyoto [5], donde se encuentran los lineamientos de promoción del aprovechamiento de fuentes de energía no convencionales, como la de la biomasa generada en las instalaciones lecheras [9]:

Certificados de Reducción de Emisiones (CERs): Los países del Anexo I del protocolo de Kyoto que inviertan en proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio, pueden obtener Certificados de Reducción de Emisiones por un monto equivalente a la cantidad de bióxido de carbono equivalente que se dejó de emitir a la atmósfera como resultado del proyecto.

Montos Asignados Anualmente (AAUs): Monto total de emisiones de gases de efecto invernadero que a un país se le permite emitir a la atmósfera durante el primer período de compromiso (2008-2012) del Protocolo de Kyoto.

Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs): Corresponde a un monto específico de emisiones de gases de efecto invernadero que dejaron de ser emitidas por la ejecución de un proyecto de Implementación Conjunta.

Unidades de Remoción de Emisiones (RMUs): Corresponde a créditos obtenidos por un país durante proyectos de captura de carbono. Estas unidades o créditos solamente pueden ser obtenidas por países del Anexo I del Protocolo de Kyoto y pueden obtenerse también en proyectos de Implementación Conjunta. Las Unidades de Remoción de Emisiones solamente pue-

Anexo I: Países que participaron en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992: Alemania, Australia, Austria, Belarús, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Croacia, Comunidad Económica Europea, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estados Unidos de América, Estonia, Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Liechtenstein, Luxemburgo, Mónaco, Noruega, Nueva Zelandia, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Checa, Rumania, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania (ONU, 1992).

den ser usadas por los países dentro del período de compromiso durante el cual fueron generadas, y son para cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones. Estos créditos no pueden ser considerados en períodos de compromiso posteriores.

Las transacciones de bonos pueden ser desde una simple compra o venta de una cantidad específica de bonos, hasta una estructura de compra-venta con diversas opciones [5].Lo anterior se encuentra dentro del protocolo de Kyoto, donde países desarrollados o llamados Anexo I, pueden financiar proyectos que permitan capturar y reducir gases de efecto invernadero en países en desarrollo (países de Anexo II) a cambio de recibir Certificados de Reducción de Emisiones, dado al compromiso que tienen cada uno de los países que conforman el Anexo I de disminuir en 5.7% la emisión de GEI entre 2008 y 2012.

El objetivo del documento es determinar los beneficios que se obtendrían al utilizar el estiércol del ganado para generar tanto energía eléctrica como la compra-venta de Certificados de Emisiones Excedentes (CER´s), para el caso específico de las unidades de producción lechera de Baja California que representan el 20% del total de unidades de producción pecuarias en el estado (2,499) y el 14% del hato ganadero total estatal que corresponde a 38,822 vientres [6].

La metodología utilizada para calcular las emisiones de metano, reducción de las emisiones y producción de energía eléctrica está basada en la propuesta elaborada por el Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos [10] y por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [4].

Entre las principales recomendaciones se sugiere la generación de biogás como fuente de energía renovable, alternativa que presenta rentabilidad económica para las unidades productivas y abona a la reducción de los problemas ambientales al reutilizar la materia orgánica, permitiendo además a los establos ganaderos un ahorro económico, al generar gran parte de la energía eléctrica o calorífica que requieren para la operación de la unidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se determinaron los costos de producción de unidades de producción lechera en Baja California, para poder determinar costo de energía eléctrica y poder estimar el beneficio de generar alternativas y la obtención de bonos de carbono, a través de información primaria proporcionada por un productor tipo. La estructura de costos se elaboró tomando en consideración los rendimientos por litros por vaca, diarios o semanales, y el número de vacas en producción (en ordeña). Con la información anterior se estimó el costo por litro/día/semana.

Posteriormente para calcular el biogás y la energía eléctrica se basó en la propuesta por la USDA [10] donde se considera para emisiones de metano [2]:

Ec. (1)

$$CH_4a = \frac{Efi(Población)}{año} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

CH4a = Metano producido en kg/año por tipo de animal i
Efi= Factor de emisión (Kg.) por tipo de animal (ej. Vacas lecheras)
Población/año= promedio de población anual por tipo d animal

Para el cálculo de las Ton Eq CO2 /año:

$$BE = \frac{(CH_4a)(GWPCH_4)}{1000} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

BE=Emisiones equivalentes de dióxido de carbono en toneladas métricas por año.
CH4a= Metano producido en kg/año por tipo de animal i
GWPCH4=Potencial de calentamiento global de metano (21).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El sistema lechero estatal es heterogéneo en cuanto a las unidades productivas con diferencias en número de ganado, tecnología, técnicas de procedimientos reproductivos, alimento para el ganado y localización. Se pueden encontrar en la región desde unidades productivas rudimentarias, hasta altamente tecnificadas, predominando en la región el sistema productivo estabulado. Los costos más frecuentes asociados a la producción de leche fresca se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Baja California: Estructura de costos de una empresa tipo productora de leche, 2008.

Insumos/Servicios	Costo por semana (%)	Valor del Costo de produccion por litro (Pesos)
Alimentacion	79.03%	$4.71
Farmacia	5.49%	$0.33
Servicios	3.11%	$0.19
Sueldos	7.94%	$0.47
Servicio de mantenimiento	2.41%	$0.14
Varios	2.02%	$0.12
Total	100.00%	$5.96

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Asociación Ganadera Local de Productores de Leche.

Dentro de los costos de producción, el rubro de servicios representa el 3.11%; de este, el costo de energía eléctrica representa cerca del 59%, implicando un costo mensual de alrededor de $41,000.00 para una empresa tipo (tabla 2).

Tabla 2. Baja California: Estructura de costos de servicios de una empresa tipo productora de leche, 2008.

Servicio	Costo por semana (%)	Valor del Costo de producción por litro por semana (pesos)
Agua	29.69%	$5,173.00
Energía eléctrica	58.83%	$10,250.00
Teléfono	5.74%	$1,000.00
Gas	5.74%	$1,000.00
Total	100.00%	17,423.00

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Asociación Ganadera de Productores de Leche.

Al aplicar la metodología para obtener los beneficios de implementar tanto la generación de energía eléctrica como la compra venta de certificados en los establos ganadero de Baja California, se encontró que los beneficios de implementar estas medidas significan un ahorro importante en el consumo de energía eléctrica, encontrando que aquellos ranchos que tengan 458 vacas, tendrían un beneficio de aproximadamente $48,000.00 anuales y un ingreso por la venta de CER´s de US$ 12,755.74 (tabla 3).

En cuanto mayor sea el número de vacas se recibirán mayores beneficios e ingresos lo que permitirá hacer más atractiva la implementación de estas alternativas. En el caso de establos que tuvieran alrededor de 1300 vacas, podrían transformar con el estiércol del ganado, 115,188.07 kw-horas con lo que obtendrían un ahorro de $103,669.26 y/o recibir por la venta de CER´s alrededor de US$27,587.70.

Tabla 3. Baja California: beneficio de la utilización de digestores para diferentes tamaños de establos, 2010.

No. de vacas	Ton Eq CO_2/año	Transformación a Kw-hora al año	Kw-hr ($pesos)*	CERs/año ($dólares)
458	850.38	53,259.56	47,933.60	12,755.74
800	1,119.72	70,128.20	63,115.38	16,795.80
1300	1,839.18	115,188.07	103,669.26	27,587.70
1850	2,677.71	167,705.31	150,934.78	40,165.65
2400	3,516.24	220,222.55	198,200.29	52,743.60

Fuentes: Elaboración propia con información de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y del Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2007.

Encontrándose que el beneficio, de llevarse a cabo, sería importante debido que permitiría generar ingresos extras para la empresa y a su vez elevar su rentabilidad y mantener la industria que se encuentra actualmente en su peor momento.

Sin embargo el costo de los digestores podría oscilar alrededor de $1.5 millones de pesos. Para disminuir los altos costos de implementación de digestores se propone acceder al financiamiento que actualmente ofrece el gobierno para disminuir los problemas ambientales asimismo apegarse al Protocolo de Reporte de Proyectos de Ganadería en México, Captura y Destrucción del Metano de los Sistemas de Manejo de Estiércol. En él se especifican las reglas de elegibilidad, métodos para calcular las reducciones, instrucciones para monitorear el desempeño, y el procedimiento para reportar la información de los proyectos a la Reserva.

Finalmente, dentro de los proyectos enfocados a la ganadería, específicamente a los establos lecheros, que permitan capturar y destruir la emisión del gas metano, se encuentran los siguientes [2]:

- Instalación de tecnología para capturar y destruir el metano de los sistemas de almacenamiento y/o tratamiento de estiércol.
- Modificar las prácticas de manejo de estiércol sólido y/o líquido que no incluyen un sistema de control de biogás (es decir, un digestor) que también puede reducir las emisiones de metano, bióxido de carbono y oxido nitroso.
- Modificar los regímenes de dieta del ganado para reducir el metano y el oxido nitroso.
- Generación de electricidad para la red constituye una actividad del proyecto gases de efecto invernadero (GEI) complementaria y diferente a la destrucción del gas metano generado por el tratamiento/almacenamiento de estiércol, y no está incluida dentro del marco de contabilidad de este protocolo.

Además, el diseño e instrumentación de un programa de política pública para fomentar el uso de este tipo de medidas permitirán fortalecer la actividad y aumentar la rentabilidad de la cadena productiva de leche de bovino en Baja California.

Nota: tabla 1 Considera un rendimiento de 94,080 L por semana; 480 vacas en ordeña y 104 secas.

Nota: tabla 2 Considera un rendimiento de 94080 L por semana; 480 vacas en ordeña y 104 secas.

*Nota: tabla 3 se ha considerado una tarifa de $0.90 el kw/h. *No se está calculando el costo-beneficio sino solamente el beneficio que se obtendría de utilizar el estiércol de ganado para generación de energía y compra-venta de CER´s.*

REFERENCIAS

[1] Casas, M., Ricas, B., Zapata, M., Segovia, A., Morales, H., Cuevas, M., y Keissling, C. (2009). Estudio de factibilidad para la puesta en marcha de los digestores anaeróbicos en establos lecheros en la cuenta de Delicias, Chih. Revista Mexicana de Agronegocios XIII(024), 745-756.

[2] Climante Action Reserve (2009). Protocolo de reporte de proyectos de ganadería en México. Captura y destrucción del metano de los sistemas de manejo de estiércol. Versión 1.0

[3] Flores, R., Muños-Ledo, R., Flores, B., y Cano, K. (2008). Estimación de la generación de energía a partir de biomasa para proyectos del programa de mecanismo de desarrollo limpio. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 7(1), 35-39.

[4] IPCC. Intergovermental Panel on Climate Change (1996), Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Organization de las Naciones Unidas.

[5] Instituto Nacional de Ecología (2010). Cambio Climático en México, consultado el 25 de febrero de 2010, disponible en http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadobonoscarbono.html.

[6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. Censo Agropecuario, 2007, consultado 30 de agosto de 2012, disponible en http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx.

[7] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2007). Biomasa: Digestores anaerobios, Gobierno de España, consultado 15 de junio de 2012, disponible en http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10737_Biomasa_digestores_07_a996b846.pdf.

[8] ONU. Organización de las Naciones Unidas (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, consultado 03 de julio de 2012, disponible en http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf.

[9] Rivas, B., Zuñiga, G., Sáenz, J., Guerrero, S., Segovia, A., y Morales, H., (2012). Perspectivas de obtención de energya removable de la biomasa del estiércol del Ganado lechero en la region centro-sur de Chijuajua. Quinta Época, 30, 872-885.

[10]USDA. United States Departament of Agriculture (1996). Agricultural waste management field handbook. National engineering handbool. Washington D.C.

Tierra,
Medio Ambiente
y Energía
Ingeniantes
Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Ingeniantes

Información Legal

Ingeniantes, Año 2, No. 1, Vol. diciembre 2015 - junio 2016, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, Teléfono 01 233 323 60 18, correo electrónico jogeronb@itsm.edu.mx, página web itsm.edu.mx, citt.itsm.edu.mx. Editor responsable: Ing. Erika Adrianne Bandala Martínez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología ITSM, Ing. Erika Adrianne Bandala Martínez, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 19 de diciembre de 2015.

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

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

Ingeniantes

Ingeniantes

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla