

Tomo 5. Ingenierías

Análisis y descripción del Sistema de Raíz Flotante en tubo de PVC

Cruz Sánchez María del Carmen
Domínguez Martínez Héctor
Rodríguez Lozada Miguel Ángel

RESUMEN

La práctica del cultivo en ambiente cerrado o cultivo dentro de un invernadero puede ser una gran oportunidad para incrementar la producción de alimentos en México, ayudando a bastecer el consumo dentro del país, y a la reducción de los precios en algunos alimentos, es así como ha ido evolucionando la utilización de invernaderos desde los años 70's, utilizados principalmente para la floricultura, como viveros y producción de plántulas, hasta nuestros días donde los productores buscan controlar plagas y enfermedades además de automatización de las operaciones propias dentro de un invernadero, en México la hidroponía se utiliza implementando algún sistema hidropónico o semi-hidropónico, esto permite en algunos casos producir hortalizas para el consumo humano en lugares donde no hay suelo fértil, como pavimento o regiones rocosas, en el caso de los sistemas totalmente en agua, las hortalizas tienen directamente las raíces sumergidas en nutrientes disueltos en agua, uno de estos sistemas se conoce como sistema de raíz flotante, que es muy utilizado en proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos (Alvarado Chávez, Chávez Carranza, & Wilhelmina, 2001), se caracteriza por plantar en planchas de poliuretano expandido, así que son largas o cortas planchas de hortalizas, con lo cual se propone tener un sistema de raíz flotante móvil con tubos de PVC, ayudando al aprovechamiento vertical del espacio, se espera que la modificación se pueda incrementar la densidad/m² además de reducir tiempo de recorrido dentro de un sistema cerrado, teniendo en cuenta las áreas esenciales para la producción de lechuga.

Palabras Clave: Hidroponía, Sistema de raíz flotante, lechuga

SUMMARY INFORMATION

The practice of cultivation in closed environment or culture in a greenhouse can be a great opportunity to increase food production in Mexico, helping to meet consumption within the country, and reduced prices on some foods, is how it has evolved the use of greenhouses from the 70's, used primarily for floriculture as nurseries and seedling production, until today where producers seek to control pests and diseases in addition to automating the operations themselves inside a greenhouse in Mexico uses hydroponics hydroponic system implementing some or semi-hydroponics, this allows in some cases produce vegetables for human consumption in places where there is fertile soil, pavement or rocky regions as in the case of the systems fully in water, vegetables have direct roots submerged in nutrients dissolved in water, one such system is known as floating root system, which is widely used in social projects hydroponics in different Latin American countries (Alvarado Chavez, Chavez Carranza, & Wilhelmina, 2001), is characterized by planting plates of expanded polyurethane, so they are long or short plates of vegetables,

which is proposed to fear a movable floating root with PVC pipes, helping the vertical use of space , it is expected that the modification is it can increase the density / m² and reduces travel time in a closed system , considering areas essential to the production of lettuce .

Keywords: Hydroponics System floating root , lettuce

I. Introducción

En la actualidad el desafío es ser cada vez más eficientes y dinámicos, lo cual ha llevado a desarrollar nuevos sistemas de producción, se puede decir que la hidroponía podría cerrar la brecha entre la producción de alimentos y el crecimiento poblacional, considerando las ventajas de estos sistemas de cultivo, como el aprovechamiento de terrenos no adecuados para la agricultura tradicional, menos consumo de agua, permite mayor número de cosechas por año, programación de la producción y bajo costo, tomando en cuenta la disminución de estos terrenos, se ve la oportunidad de aplicar herramientas para el aprovechamiento de espacios pequeños e incremento de la calidad en un ambiente cerrado libre de plagas, impulsando a la producción con perspectivas comerciales, incursionando al mercado, como ayuda a la comprensión del origen de los sistemas hidropónicos tenemos a Carlos R. Arano (2007) nos expone que los primeros en cultivar plantas en agua fueron los antiguos egipcios, esto se dedujo por los registros jeroglíficos hallados, por supuesto hay poca evidencia de esto, así pues el siguiente desarrollo del cultivo hidropónico se realizó en siglo XVII en Europa, donde John Woodward comenzó a experimentar con el cultivo sin suelo de menta, en Alemania a mediados del siglo XIX las técnicas de laboratorio fueron desarrolladas para cultivar plantas en hidropónicos, después en los años 1925 y 1935, muchas organizaciones de América lograron importantes avances en la tecnología aplicada a la hidroponía, donde William Frederick Gericke, un profesor de la Universidad de California de Berkeley, acuñó al término “Hidroponía”, asimismo en la Segunda guerra mundial, mientras en que “en Estados Unidos de América se comenzó a explorar y experimentar con las aplicaciones prácticas de la hidroponía para enfrentar el problema de suministrar alimentos a los militares del pacífico, donde era difícil enviar alimentos y no había posibilidad de cultivar en las Islas Rocosas, se demostró que el sistema hidropónico es costoso y los planes a gran escala fueron abandonados, sin embargo en los años sesenta y setenta, se renovó el interés en que los avances en los plásticos comerciales que ayudaron a reducirlos en forma significativa, hoy en día la producción hidropónica se ha implementado no solo como una forma de producir mayor cantidad de alimentos saludables sino también como pasatiempo familiar (Anónimo, 2009).

Julián Mateus (2009) menciona que la hidroponía es un método de cultivo muy eficaz que utiliza diferentes sistemas con sustratos para producir una amplia variedad de plantas. Las plantas son alimentadas con una solución nutritiva que incluye todos los nutrientes esenciales. Esta solución se aplica directamente a las raíces, lo que permite que las plantas se desarrollen más rápido y tengan mejor sanidad que las cultivadas en suelo. Marvella Colin (2012) sostiene que la hidroponía debe ser la forma en que la mayoría de los alimentos pueden ser cultivados en el futuro. Como la cantidad de tierras cultivables disminuye cada año, la hidroponía puede ser la respuesta para mantener el suministro de alimentos del país por su capacidad para producir grandes rendimientos con una menor cantidad de espacio. La agricultura es un sector relativamente pequeño en México, a la baja con respecto a la economía total y cerca del 4% del PIB y proporciona empleo alrededor del 13% de la fuerza de trabajo, Las regiones rurales representan más del

80% de la tierra en México y son el hogar de hasta 37 millones de personas (36% de la población mexicana) (OCDE, 2011).

II. Desarrollo del tema

Con la técnica del cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad permitiendo un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad y productividad por metro cuadrado siendo de gran importancia, si se toma en consideración la disminución de las áreas de tierras agrícolas (Rodríguez, 2009). Por otro lado Mera, R., Casanova, O., Miranda, J. y Mejía, L. (2013) declaran que la hidroponía no es solo una técnica de cultivos de plantas, en donde se reemplaza el suelo por un medio llamado conocido como sustrato, se está hablando de un mecanismo que permite la producción a gran escala de plantas comestibles en zonas no adecuada para ello. Es por esta razón en este trabajo de desarrollo comunitario se estructuran mecanismos para favorecer el desarrollo del sector como espacio para construcción de actividades productivas que redunden en su desarrollo industrial y comercial, que repercuta en la generación de empleo y la agremiación de comunidades, hoy desprotegidas u olvidadas.

Solamente en el 2012, México exportó a los Estados Unidos, frutas y hortalizas con un valor de ocho mil 814 millones de dólares y que para 2013 se estima alcanzar los nueve mil 167 millones de dólares por este concepto. Una de las características de los compradores estadounidenses, a donde va la principal producción de hortalizas mexicanas, tiene que ver con una producción agrícola que garantice atender la demanda a lo largo del año, un mercado que tiene una enorme oferta de producto y esto ha vuelto sumamente exigente, al comprador, obligando con ello al productor a garantizar a su cliente que tendrá siempre producto a tiempo y con óptima calidad, por esto el uso de sistemas de cultivo que puedan garantizar producción a lo largo del año independientemente de las condiciones meteorológicas o disponibilidad de agua o tierra (SAGARPA).

Un ejemplo de la importancia de los sistemas hidropónicos es la promoción de la FIRA (Fideicomisos Instituidos con relación a la Agricultura) señalando que los productores nacionales pueden lograr ahorros de más del 85 por ciento en consumo de agua para cultivos como la lechuga, empleando la tecnología hidropónica New Growing System” (NSG), sistema de cultivo cerrado con riego por goteo, mediante el cual es posible producir 30 mil 800 lechugas por año en sólo 500 metros cuadrados y el costo-beneficio para quien quiere iniciarse en este negocio se traduce en que por cada peso invertido en el costo de producción, se recuperan 1.6 pesos y el retorno de la misma es de aproximadamente cuatro años (Perea, 2011), este tipo de sistemas son de gran utilidad ya que son nuevas formas de cultivo consideradas nuevas oportunidades para las comunidades desarrollando conciencia económica y ambiental a producir para el consumo propio, impactando en el gasto diario, además de tener a la mano alimentos sanos, pudiendo cambiar más fácilmente a la alimentación saludable, en producciones masivas hay que tomar en cuenta algunas ventajas y desventajas del cultivo en tierra contra el cultivo hidropónico que se clasifican en la Tabla 1.

Tabla 1 Comparación entre cultivo en tierra contra cultivo hidropónico

Cultivo de Tierra	Cultivo Hidropónico
Números de Plantas	
Limitado por la nutrición que puede proporcionar el suelo y la disponibilidad de la luz	Limitado por la iluminación; así es posible una mayor densidad de planta iguales, lo que resulta en mayor cosecha por unidad de superficie
Preparación del suelo	
Barbecho, rastreo, surcado.	No existe preparación del suelo.
Enfermedades y Parásitos del suelo	
Gran número de enfermedades del suelo por nematodos, insectos y otros organismos que podrían dañar la cosecha. Es necesaria la rotación de cultivos para evitar daños.	Existen en menor cantidad las enfermedades pues prácticamente no hay insectos u otros animales en medio de cultivo. Tampoco hay enfermedades en las raíces. No se precisa la rotación de cultivos.
Agua	
Las plantas se ven sujetas a menudo a trastornos debido a una pobre relación agua suelo, a la estructura del mismo y a una capacidad de retención baja. Las aguas salinas no pueden ser utilizadas, y el uso del agua es poco eficiente tanto por la percolación como por una alta evaporación en la superficie del suelo.	No existe stress hídrico; se puede autorizar en forma muy eficiente mediante un detector de humedad y control automatizado de riesgo. Se puede emplear agua con un contenido relativamente alto de sales, el apropiado empleo del agua reduce las pérdidas por evaporación y se evita la percolación.
Fertilizantes	
Se aplican a boleo sobre el suelo, utilizando grandes cantidades, sin ser uniforme su distribución y presentando además considerables pérdidas por lavado, la cual alcanza en ocasiones desde un 50 a un 80 %	Se utilizan pequeñas cantidades, y al estar distribuidos uniformemente (disueltos), permiten una absorción más homogénea por las raíces, además existe poca pérdida por lavado.
Nutrición	
Muy variable; pueden aparecer deficiencias localizadas. A veces los nutrientes no son utilizados por las plantas debido a una mala estructura del terreno o a un pH inadecuado, del cual hay dificultad para muestreo y ajuste.	Hay un control y estable de nutrientes para todas las plantas, fácilmente disponible en las cantidades precisas. Además hay un buen control de pH, con facilidad para realizar muestras y ajustes.
Desbalance de Nutrientes	
Una deficiente nutricional o el efecto tóxico de algunos elementos en exceso pueden durar meses o años.	Este problema se soluciona en unos cuantos días
Calidad del fruto	
A menudo existe deficiencia de Calcio y Potasio, lo que da lugar a una escasa conservación.	El fruto es firme, con una capacidad de conservación que permite a los agricultores cosechar la fruta madura y enviarla, a pesar de ello, a zonas distantes. Algunos ensayos han mostrado un mayor contenido de vitamina A en los jitomates cultivados bajo técnicas hidropónicas, respecto a los cultivos en tierra.
Esterilización del medio	
Vapor, fumigantes químicos, trabajo intensivo, proceso largo al menos dos o tres semanas.	Vapor, fumigantes químicos con algunos de los sistemas. Con otros se emplea simplemente Ácido Clorhídrico o Hipoclorito Cálcico. El tiempo para la esterilización es corto
Costo de producción	
Uso de mano de obra, fertilizantes, fungicidas, insecticidas, preparación del suelo, etc.	Todas las labores pueden automatizarse, con la consiguiente reducción de gastos. No se usan además implementos agrícolas. En resumen: ahorro de tiempo y dinero en estos aspectos.

Fuente: Seminario de Agro Negocios, Lechuga hidropónica (Alvarado, Chávez & Anna, 2001)

En cuanto a las desventajas de implementación de estos métodos de cultivo se destacan:

- El costo inicial para implementar un módulo de producción.

- El desconocimiento del manejo hortícola y de la técnica en sí. El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento del manejo hortícola (Siembre, riegos, control de plagas y enfermedades, etc.) que del conocimiento de la técnica en sí.

La mayoría de los autores concuerdan con que los sistemas hidropónicos deben tener más cuidados, por ejemplo en la aeración de las raíces cuando se encuentran sumergidas en la solución debe ser constante ya que si las raíces no tienen oxígeno pueden estresarse y morir, también cosas como fugas, mantener la suficiente iluminación para el desarrollo de las plantas, mantener el aislamiento para evitar las plagas, etc... el trabajo debe ser muy cuidadoso para obtener un producto de calidad. En el sistema de raíz flotante se debe considerar el peso de las plantas que se sembraran ya que al crecer el peso hundirá la balsa, en el caso de los tubos de PVC también hay que considerar esta característica ya que los tubos pueden rotarse y por consecuencia caerse las plantas y la solución nutritiva, el apio y la lechuga son cultivos que se adaptan muy bien a esa técnica requieren de dos trasplantes debido a que las plantas crecen lentamente, de esta forma se aprovecha mejor el espacio.

Además la densidad/m² o número de plantas /m² se pueden considerar de entre 11 a 30 plantas de lechuga, que es uno de los cultivos más utilizados en los sistemas hidropónicos, autores como Diego Alvarado, Francisco Chavez Carranza y Karolien Anna Wilhelmina (2001) mencionan como una de las ventajas que la densidad de planta es de 25 a 30 plantas/m² contra el cultivo tradicional que es de 6 a 8 plantas/m² esto varía en cuanto al sistema hidropónico utilizado, Guillermo Guzmán Díaz, que tomó de referencia el proyecto hidroponía, granja modelo (2003) donde la producción es de entre 20 y 25 unid/m² en camas con sustrato, donde las plantas tienen 25 cm de distancia, pero solo es un nivel para permitir la buena iluminación, Cuauhtémoc Jaques Hernández y José Luis Hernández M. (2005) determinaron que en el sistema de película de nutrientes que la densidad de planta es de 4.3 a 5.9 plantas/m² de la variedad francesa, comparándolo contra una densidad de 2.5 plantas/m², ya que el suelo, la distancia entre surcos o fila suele hacer la diferencia entre el cultivo tradicional y el sistema hidropónico. El sistema de raíz flotante en tubos de PVC se calcula una densidad de 24 plantas/m² ya que tiene 4 niveles considerando de 25 a 30 cm de diámetro para el desenvolvimiento de la lechuga.

III. Metodología

3.1. Descripción del sistema de raíz flotante en tubo de PVC

3.1.1. Germinación de la plántula

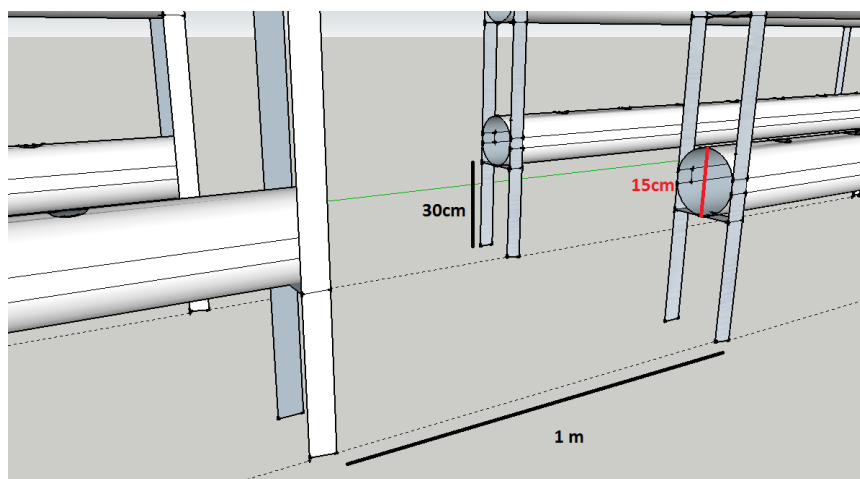
Para la germinación de la plántula se necesita un semillero de poliestireno para capacidad de 104 plántulas, las semillas de plantarán una por una en cada orificio que deberá contener un sustrato, ya sea turba o fibra de coco, o una combinación hay marcas que ya tienen sustratos preparados especialmente para la germinación el costo oscila entre 25 y 35 pesos dependiendo del sustrato, otra opción es las charolas de fomiagrícola donde las semillas se colocan en cada orificio del cubo y se germina ahí, la ventaja de estas charolas es que se pueden poner los cubos directamente en el vaso de que colocara en el orificio de los tubos de PVC y no se maltrata la raíz evitando el estrés durante el trasplante facilita el trabajo y disminuye la mano de obra tanto en cultivos caseros como comerciales, el costo es de 45 pesos de 196 cubos ideal para la lechuga, en esta etapa se necesita regar con enraizador para propiciar el correcto desarrollo del sistema radicular y garantizar la germinación, esta primera etapa del proceso necesita un

área con bastante iluminación además de que si se tiene un área aparte de la trasplante y desarrollo no se interrumpirá la producción por la germinación.

3.1.2. Trasplante y desarrollo

El sistema de raíz flotante en tubos de PVC el cual se utilizara para el cultivo de lechuga, siendo esta hortaliza una de las más utilizadas para cultivo en sistema hidropónicos, las lechugas deben ser de hoja suelta, no bola, ya que la lechuga llamada popularmente en México, la lechuga romana o bola es muy pesada para los tubos y pueden voltearse, así que lo recomendable son variedades como la lechuga orejona, italiana y francesa, como primer punto se deben perforar tubos de PVC de 6" de diámetro con un largo de 6 metros a una distancia de 25 cm entre cada orificio dando con esto suficiente espacio para un correcto desarrollo de la lechuga, los orificios tendrán un diámetro de 5 cm donde se colocaran las plantas en un vaso de plástico con pedazos de esponja de polietileno para darle estabilidad a la planta y retención de solución nutritiva, en cada tubo de 6 metros se trasplantarán 19 plantas de lechuga al extremo de los tubos se colocarán codos de PVC que ayudaran a la contención de la solución nutritiva estos codos tendrán tapas del mismo material para evitar que la solución nutritiva estática empiece a crear fotosistemas que podrían, estos tubos se colocaran en estructuras metálicas empotradas en el suelo, las cuales tendrán divisiones de 30 cm de distancia, dejando entre esas divisiones 15 cm de diámetro del tubo de PVC, donde se detendrá el tubo, las estructuras metálicas que sostendrán los tubos estarán a cada 1.95m de distancia, dando un total de 4 a lo largo de los tubos de 6m.

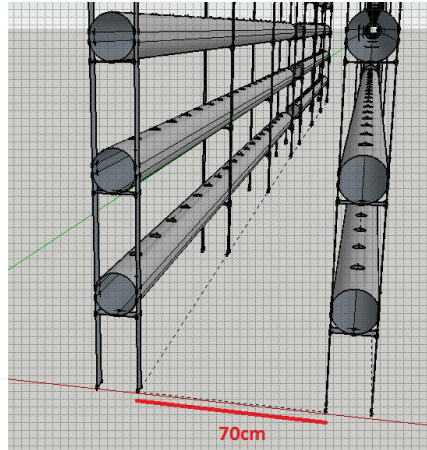
Ilustración 1 Estructura del sistema hidropónico de Raíz Flotante en tubo de PVC



Fuente: Elaboración propia en programa SketchUP Make 2014

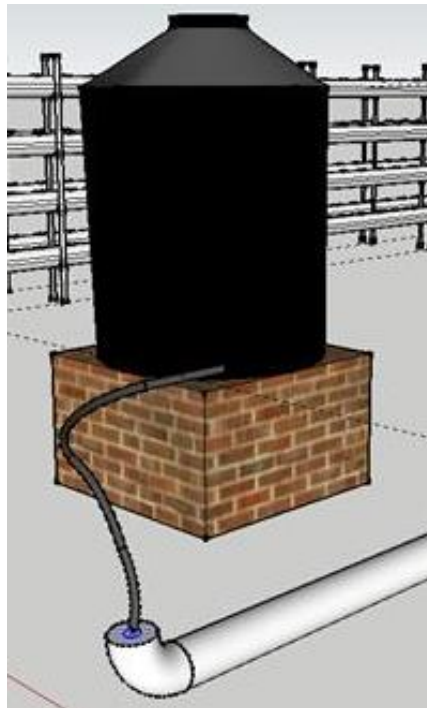
Los pasillos entre columnas tendrán una distancia de 70 cm, y al final de las columnas será de 1m ya que tendrá de un lado un codo por donde se le suministrará la solución nutritiva, que se suministrara por gravedad, por medio de mangueras conectadas a tanques elevados que contendrán la solución (ilustración 2 y 3), cabe mencionar que este sistema podría adaptarse a cualquier extensión de terreno, no es necesario hacerlo a gran escala, la aeración es de vital importancia para las plantas ya que si no las raíces no tiene oxígeno se puede pudrir y por consecuencia morir la planta, así que en cada tubo tendrá un sistema de burbujeo de aire de forma intermitente con una bomba de aire (Fernández Navarro, 2013).

Ilustración 2 Distancia de pasillos entre columnas



Fuente: Elaboración propia en programa SketchUP Make 2014

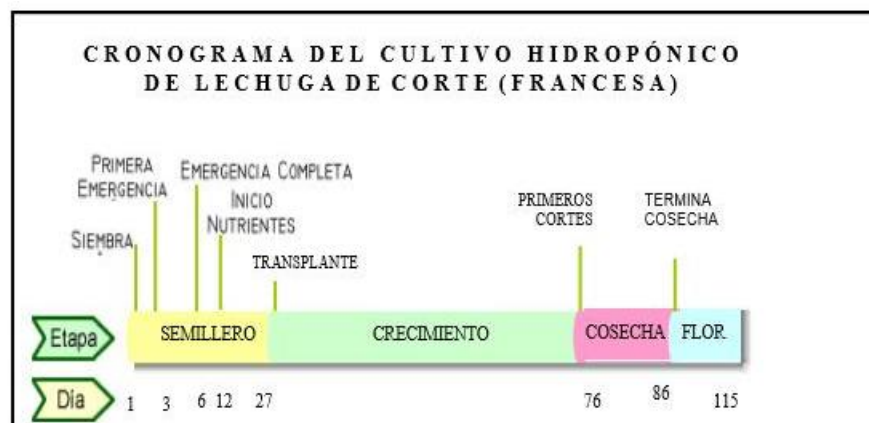
Ilustración 3 Tinaco con conexión al sistema hidropónico



Fuente: Elaboración propia en programa SketchUP Make 2014

Ya teniendo instalado el sistema se trasplantan las lechugas a los 27 días ya germinadas como lo muestran Cuahutemoc Jaques Hernandez y José Luis Hernandez M. (2005) en el cronograma del cultivo hidropónico de lechuga de corte (francesa) que se muestra en la ilustración 3, donde permanecerán por lo menos 49 días, hasta llegar al desarrollo suficiente para la cosecha.

Ilustración 4 Ciclo de cultivo lechuga francesa



Fuente: Cuauhtémoc Jaques Hernández y José Luis Hernández M. “Valoración productiva de lechuga hidropónica con la técnica de película de nutrientes (nft)” pag. 14

En cuanto sistema se calcula que la decidas de 24plantas/m², estando en ventaja con el cultivo tradicional, por supuesto al tener una extensión grande y produciendo en forma continua se podrá obtener más producto si no existen obstáculos durante el proceso, es por eso que se considera que las áreas importantes a considerar si se quiere producir en este sistema hidropónico, es el área de germinación, áreas de trasplante y desarrollo y además un área de empacado, donde se preparara el producto para su transporte y comercialización.

IV. Conclusiones

Para concluir podemos ver que la estructura propuesta puede competir en densidad/m² con el sistema de raíz flotante y el sistema de película de nutrientes que es de entre 11 y 40 plantas/m², obteniendo 24 plantas/m², además de que en necesario tener áreas especiales para cada etapa, permitiendo el flujo continuo de producción, la estructura propuesta es fácil de mover para realizar una redistribución en caso de ser necesario para reducir recorridos, viendo esto como una ventaja, aunque el costo de la implementación de un sistema hidropónico es elevado, el aprovechamiento de estas instalaciones es fundamental para que la producción logre cubrir ese gasto y genere ganancias.

V. Recomendaciones

Se recomienda poner en marcha una sección del sistema de raíz flotante en tubos de PVC para poder comparar con el sistema de raíz flotante tradicional, además de que se podría pensar en un sistema de producción continuo, en lugar de solo cultivos de hortalizas o flores, el llevarlo a nivel industrial en áreas no aptas para cultivo y además no tan grandes es una ventaja relevante de los sistemas del cultivo hidropónicos, y si se habla de densidad de planta del cultivo tradicional de 6 a 8 plantas/m² contra 24plantas/m² en el sistema hidropónico puede aprovecharse al triple cualquier extensión territorial destinada para esta actividad. Es importante no dejar de lado las cuestiones como las áreas necesarias para su manejo, trabajadores necesarios además de actividades administrativas, ya que es por lo que muchos productores se detienen o les falta capacitación para poder mantener la producción en grandes cantidades y además de mejor calidad.

VI. Referencias

- Alvarado Chávez, D., Chávez Carranza, F., & Wilhelmina, K. (Julio de 2001). Seminario de Agro Negocios. Obtenido de www.upbusiness.net
- Anonimo. (Diciembre de 2009). Huertos y Cultivos Hidroponicos. Recuperado el 19 de Septiembre de 2014, de <http://cultivohidroponia.blogspot.mx/search?updated-min=2009-01-01T00:00:00-02:00&updated-max=2010-01-01T00:00:00-02:00&max-results=2>
- Fernández Navarro, M. A. (Enero de 2013). Efecto de diferentes niveles de aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de canónigos y berros cultivados en bandejas flotantes. Recuperado el 18 de Septiembre de 2014, de <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3130/1/pfc5030.pdf>
- Guzman Díaz, G. (2004). Hidroponía en casa: Una actividad familiar. Costa Rica.
- Jaques Hernández, C., & Hernández M., J. L. (Enero - Junio 2005). Valoración productiva de lechuga hidropónica con técnica de película de nutrientes (ntf). *Naturaleza y Desarrollo*, 14.
- Mateus, J. (2009). Acuaponía: Hidroponía y acuacultura, sistema integrado de producción de alimentos. *Red hidroponía*, 7-10.
- Mera Toala, R. A., Casanova Intriago, O. S., Miranda Ballesteros, J. E., & Mejía Veliz, L. A. (2013). Implantación de un sistema hidropónico para horticultura en los predios de la finca experimental de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí. Manabí Ecuador.
- Perea, E. (12 de Septiembre de 2011). Visión del campo y los agronegocios, *Imagen Agropecuaria*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2014, de http://imagenagropecuaria.com/2011/promueve_fira_cultivo_de_lechuga_hidroponica_gourmet/
- R. Arano, C. (Septiembre de 2007). Horticultura Internacional. Recuperado el 19 de Septiembre de 2014, de http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_hortint%2Fhortint_2007_59_26_33.pdf
- Rodríguez, D. (2009). Comportamiento de varios genotipos de pimiento (*capsicum annum millar*) bajo el efecto de un bioestimulante en sistema de hidroponía. Facultad de Ciencias Agrarias. Recuperado el 2014 de Septiembre de 19, de Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/962>
- SAGARPA. (2009). Oportunidades de Mercado para Tlaxcala. SAGARPA.

Aplicación de estrategias de control lineal y no lineal en el modelo matemático de un robot móvil

Díaz Sarmientos Ester Guadalupe
García Lozano Hiram Netzahualcóyotl
Sánchez Soto Eduardo

RESUMEN

Los robots móviles a ruedas (RMR) destacan dentro de la robótica debido a que su espacio de trabajo es ilimitado. La finalidad de este tipo de robots es desplazarse de un punto inicial a uno final sin colisionar con obstáculos que se presenten durante su trayectoria. A fin de lograr este desplazamiento los RMR tienen distintas configuraciones. Una de ellas con características que facilitan su descripción matemática, se conoce como síncrona.

En forma general un RMR cuenta con tres sistemas: el sistema de generación de trayectorias, el sistema de adquisición de información y el sistema de control. El primero debe ser capaz de construir una ruta libre de obstáculos hacia el punto indicado como destino. El segundo debe recabar la información necesaria para evadir los obstáculos que se presenten sobre la trayectoria pre establecida. El sistema de control regula el comportamiento del robot de tal manera que su posición se aproxime a la trayectoria preestablecida. En este trabajo se aborda el problema de control de un RMR con configuración síncrona. Se presenta la construcción del modelo cinemático y dinámico de un robot móvil con configuración síncrona, se sintoniza un controlador lineal y otro no lineal y se presentan la simulaciones de estos controles en el RMR.

Palabras claves: Robot móvil, cinemática, Lyapunov.

The wheeled mobile robots excel in robotics because they have an unlimited workspace. The objective of this kind of robots is to go from an initial given point to a final one without colliding with any obstacles present in the path. To achieve this goal, robots have several wheel-motor configurations. A specific configuration which makes easier the mathematical modeling is the so called "synchro configuration".

Mobile robot has three important systems achieve its function: the path generation system, the data acquisition system and the control system. The first system must be able to generate an obstacle free path from of the initial point to the destination point. The second one should collect the needed information from the environment to avoid colliding with obstacles. The control system manage the robot's behavior in order to approach the final desired position in the trajectory.

In this paper, the problem of the control of a mobile wheeled robot is considered. To this end the kinematic and dynamic mathematical models of this kind of mobile robots with synchro configuration are obtained. Subsequently, a linear and nonlinear control are ajusted to ensure that the position error converges to zero. The behavior of the proposed models are tested with a computer simulation.

Keywords: Mobile robot, Kinematic, Lyapunov.

Introducción

La idea de desplazarse de un lugar a otro sin tener que manejar o conducir un vehículo ha sido un tema presente en la mente del ser humano desde que se tiene uso de razón. El área de la ciencia y tecnología que se encarga de estudiar este tipo de vehículos, capaces de moverse solos, se conoce como robótica móvil. Un robot móvil está constituido por un mecanismo, con cierto grado de autonomía, que combina la mecánica, la electrónica, los sistemas computacionales y el control para realizar tareas complejas [Ollero, 2001].

Una definición correcta de robot móvil plantea la capacidad autónoma de movimiento sobre entornos no estructurados mediante la interpretación de la información suministrada a través de sus sensores y del estado actual del vehículo.

Entre todo los robots móviles son de nuestro interés los robots terrestres con locomoción a ruedas debido a que tienen mayor movilidad en diferentes ambientes, alcanzan velocidades altas y sus funciones de planificación y control son menos complejas que en otros robots móviles [Ollero, 2001].

En los RMR existen distintas configuraciones (arreglo de sus llantas y motores): diferencial, triciclo, ackerman, síncrona, omnidireccional, entre otras. La configuración síncrona es un arreglo que simplifica el modelado matemático del robot móvil. Esta configuración es interesante porque aunque posee tres ruedas, solo son necesarios dos motores. El motor de traslación es usado para fijar la velocidad de sus ruedas, mientras que el motor de dirección las gira sobre cada uno de sus ejes de dirección vertical. Nótese que las ruedas son dirigidas en relación al chasis del robot, y por lo tanto, este no cambia de orientación [Siegwart y Nourbakhsh, 2004].

Los robots móviles son diseñados para realizar movimientos acordes a una trayectoria, los cuales pueden ser logrados construyendo una descripción matemática del robot y modificándola de tal forma que la diferencia entre la posición actual del robot y la posición deseada sea cero. A la descripción matemática del robot se le conoce como modelo matemático y al proceso de modificación como estrategia de control. Si el modelo considera solo las características del movimiento sin tomar en cuenta las fuerzas que los producen, se obtiene el modelo cinemático; en cambio, si el sistema se describe acorde a las fuerzas que generan su movimiento, entonces es el modelo dinámico.

En este trabajo se presenta la construcción del modelo matemático de un robot móvil con configuración síncrona sujeto a distintas estrategias de control. La organización de este trabajo es la siguiente. Inicialmente se han presentado los conceptos principales, haciendo énfasis en las características y tipos de robots móviles. Posteriormente, en la sección II, se desarrolla el modelo cinemático del robot móvil así como también el modelo dinámico obtenido a partir de la formulación de Lagrange. En esta misma sección se describe el control en robots móviles y el procedimiento matemático para diseñar la estrategias de control que se aplican al modelo matemático del robot. En la siguiente sección se presentan las simulaciones de dichas estrategias. Por último se incluyen breves conclusiones.

II Desarrollo del tema

El control de movimiento de un robot móvil exige un análisis preciso de las características de la estructura mecánica, actuadores y sensores. Este análisis debe derivar en un modelo matemático (equilibrando complejidad y exactitud), que describa la relación entrada/salida que caracteriza a los componentes del robot. La construcción del modelo del RMR es, por consiguiente, una premisa necesaria para diseñar y aplicar estrategias de control. A fin de delimitar los alcances de este modelo es necesario realizar algunas consideraciones físicas acerca del robot móvil [Reyes, 2011]. Dichas consideraciones se presentan a continuación:

- Un RMR es un robot capaz de moverse sobre una superficie mediante la acción de ruedas montadas en él.
- El robot móvil se mueve sobre una superficie plana horizontal.
- Los ejes de guiado son perpendiculares al suelo.
- No existen elementos flexibles en la estructura del robot, incluyendo las ruedas.
- El contacto entre cada rueda y el suelo se reduce a un solo punto.
- No existe deslizamiento.

Modelo cinemático

El modelo cinemático de un robot móvil es esencialmente la descripción de los movimientos instantáneos con respecto a sus restricciones [Siciliano et. al, 2011].

Un RMR con configuración síncrona consta de tres ruedas orientables, las cuales le sirven tanto para dirección como para tracción. Dichas ruedas llevan siempre la misma dirección y velocidad angular, por lo que esta configuración puede simplificarse a una sola rueda. De esta manera el comportamiento cinemático de un robot síncrono es equivalente al de un unicycle. Un unicycle es un robot con un grave problema de equilibrio en condiciones estáticas, desventaja que no posee un síncrono, cuyas tres ruedas le proporcionan estabilidad.

Las coordenadas generalizadas de un robot síncrono, simplificado a una sola rueda, se representan con el vector q :

$$q = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix},$$

donde:

θ representa la orientación de la rueda respecto al eje x .

x e y , son las coordenadas cartesianas del punto de contacto rueda-superficie.

La rueda posee una única restricción de rotación pura:

$$(2.1) \quad \dot{x} \sin \theta - \dot{y} \cos \theta = \begin{bmatrix} \sin \theta & -\cos \theta & 0 \end{bmatrix} \dot{q} = 0,$$

que indica que la velocidad del punto de contacto es cero en dirección ortogonal al eje vertical (eje sagital) de la rueda.

Considérese un sistema de referencia $\{G\}$ y un sistema $\{L\}$ con centro en el punto de guiado del robot y eje $\hat{Y}_L$ coincidente con el eje de dirección (figura 1a).

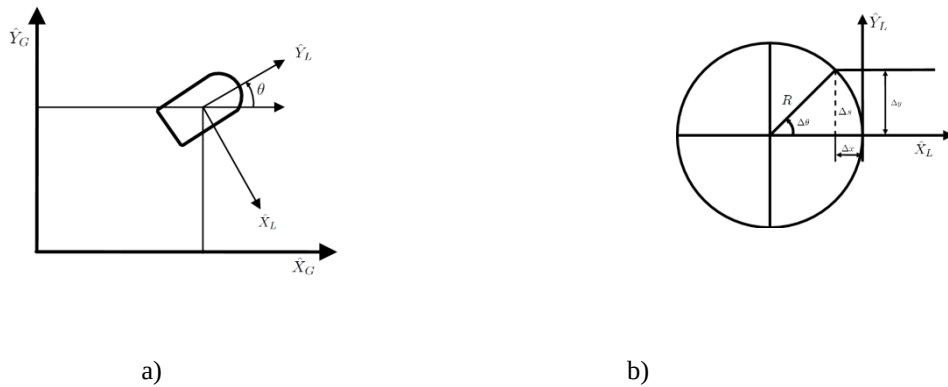


Figura 1: a) Sistemas de referencia y de guiado, b) Circulo Osculador

Suponga que el robot se desplaza un arco de circunferencia Δs , en un intervalo de control Δt , como se muestra en el círculo osculador (figura1b). Aquí Δx es el incremento en el eje x y Δy el incremento de y , en el sistema de

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t},$$

referencia $\{L\}$. Esta suposición es válida para Δt suficientemente pequeños. Así la velocidad lineal del robot es:

y su velocidad angular es

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t},$$

donde $\Delta \theta$ es el cambio en la orientación del robot durante Δt . La longitud Δs viene dada por

$$\Delta s = R \Delta \theta,$$

siendo R el radio de giro o radio de la circunferencia que describe al punto de dirección.

Las ecuaciones de movimiento en el sistema $\{L\}$, figura1b, en la posición inicial son:

$$(2.2) \quad {}^L(\Delta x) = -(R - R \cos(\Delta \theta)) = R(\cos(\Delta \theta) - 1)$$

$$L(\Delta y) = R \sin(\Delta\theta)$$

Estas ecuaciones deben ser representadas con respecto al sistema $\{G\}$ puesto que este es el sistema de referencia. La representación buscada es la rotación en $(90-\theta)$ de las ecuaciones (2.2)

$$(2.3) \quad \begin{aligned} {}^G(\Delta x) &= R(\cos(\Delta\theta) - 1)\sin\theta + (R\sin(\Delta\theta))\cos\theta, \\ {}^G(\Delta y) &= R(\cos(\Delta\theta) - 1)\cos\theta + (R\sin(\Delta\theta))\sin\theta, \end{aligned}$$

Suponiendo que Δt es lo suficientemente pequeño, también lo será $\Delta\theta$, utilizando

$$\cos(\Delta\theta) \approx 1,$$

en las ecuaciones (2.3) , (2.4) y por la definición de longitud de arco se tiene

$$\Delta x = \Delta s \cos \theta$$

$$\Delta y = \Delta s \sin \theta$$

Dividiendo entre Δt se llega a la definición de velocidad lineal. Al hacer tender Δt a cero se obtiene

$$(2.7) \quad \dot{x} = v \cos \theta,$$

$$(2.8) \quad \dot{y} = v \sin \theta,$$

que, conjuntamente con la velocidad angular ω , pueden escribirse en forma matricial como $G(q)\dot{q}$ donde

$$(2.5) \quad G(q) = \begin{bmatrix} g_1(q) & g_2(q) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

donde $G(q)$ es la matriz asociada a las restricciones del robot y $g_1(q)$, $g_2(q)$ son una base del espacio nulo de esta matriz.

De esta forma el modelo cinemático es el siguiente:

$$(2.6) \quad \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \\ 0 \end{bmatrix} v + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \omega$$

donde v y w pueden interpretarse físicamente.

Modelo Dinámico

El modelo dinámico considera las fuerzas de reacción y describe la relación entre los movimientos y las fuerzas generalizadas que actúan en el robot. Para obtener el modelo dinámico gran variedad de sistemas mecánicos utilizan el lagrangiano [Siciliano et. al, 2011]

$$L(q, \dot{q}) = T(q, \dot{q}) - U(q) = \frac{1}{2} \dot{q}^T B(q) \dot{q} - U(q)$$

donde $B(q)$ se conoce como la matriz de inercias (simétrica y definida positiva) del sistema mecánico. A diferencia de los robots manipuladores, para un sistema n -dimensional, un robot móvil tienen $k < n$ restricciones cinemáticas no holonómicas en las coordenadas generalizadas. Una consecuencia importante de la no holonomía es que la linealización exacta del modelo dinámico no es posible. Sin embargo puede ser linealizado parcialmente vía realimentación.

Las ecuaciones de Lagrange son en este caso

$$(2.7) \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right)^T - \left(\frac{\partial L}{\partial q} \right)^T = S(q)\tau + A(q)\lambda$$

donde $S(q)$ es una matriz de $n \times m$, la cual mapea las entradas externas τ a las fuerzas generalizadas que realizan el trabajo en las variables de estado q , $A(q)$ es la traspuesta de la matriz de restricciones cinemáticas de $k \times n$ que puede ser expresada en la forma de Pfaffian ($A^T(q) \dot{q} = 0$), y λ es el vector de los multiplicadores de Lagrange.

Utilizando (2.7) el modelo dinámico del sistema restringido es el siguiente

$$\begin{aligned} B(q)\ddot{q} + \eta(q, \dot{q}) &= S(q)\tau + A(q)\lambda, \\ A^T(q)\dot{q} &= 0. \end{aligned}$$

que es la base del modelo dinámico.

En forma general, el modelo dinámico de un RMR, construido con base al lagrangiano y las ecuaciones de Euler-Lagrange puede expresarse como

$$(2.9) \quad \begin{aligned} \dot{q} &= G(q)\vec{v}, \\ \dot{v} &= a. \end{aligned}$$

donde las primeras n ecuaciones corresponden al modelo cinemático y las últimas m ecuaciones representan la inclusión de m integradores de las entradas, lo cual es solo una extensión dinámica [Siciliano et. al, 2011].

$$u = a \in \mathbb{R}^m,$$

Definiendo el estado como $x = (q, v) \in \mathbb{R}^{n+m}$ la el sistema puede escribirse como

$$\dot{x} = f(x) + G(x)u = \begin{bmatrix} G(q)u \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ I_n \end{bmatrix} u,$$

Esto es conocido como el modelo cinemático de segundo orden de un sistema mecánico restringido. En consecuencia, la ecuación (2.9) a veces se llama modelo cinemático de primer orden.

Modelo dinámico del robot móvil síncrono.

Sea m la masa del robot, I su momento de inercia alrededor del eje vertical que pasa por su centro, τ_1 la fuerza de conducción y τ_2 el par de dirección. Con la restricción cinemática expresada como (2.5), el modelo dinámico (2.8) toma la forma:

$$B(q)\ddot{q} + \eta(q, \dot{q}) = S(q)\tau + A(q)\lambda.$$

En este caso $\eta(q, \dot{q}) = 0$; $G(q) = S(q)G^T(q)S(q) = I$; $G^T(q)B(q)\dot{G}(q) = 0$; por lo tanto

$$\begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sin \theta \\ -\cos \theta \\ 0 \end{bmatrix} \lambda,$$

$$\dot{x} \sin \theta - \dot{y} \cos \theta = 0.$$

y el modelo reducido es obtenido como:

$$\dot{q} = G(q)v,$$

$$\dot{v} = M^{-1}(q)m(q, v) + M^{-1}(q)G^T(q)S(q)\tau,$$

Donde

$$M(q) = \begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} \quad \tau = Mu = \begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} u$$

; ;

El modelo cinemático de segundo orden es obtenido como:

$$\dot{\xi} = \begin{bmatrix} v \cos \theta \\ v \sin \theta \\ \omega \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u_1 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u_2$$

con el vector de estados $\xi = \begin{bmatrix} x & y & \theta & v & \omega \end{bmatrix}^T \in \mathbb{R}^5$

Control de movimiento

El control de movimiento, para robots móviles a ruedas, es formulado generalmente con referencia al modelo cinemático (2.6) asumiendo que las entradas de control determinan directamente las velocidades generalizadas q . En el caso de uno síncrono significa que las entradas son las velocidades conducción y dirección, v y ω . Una de las razones para tomar esta suposición es la posibilidad de cancelar los efectos dinámicos a través de la realimentación de estados.

Seguimiento de trayectoria.

Para solucionar el problema de seguimiento es necesario que la trayectoria cartesiana deseada ($x_d(t)$; $y_d(t)$) sea admisible para el modelo cinemático (2.6) esto es,

debe satisfacer las ecuaciones:

$$\dot{x}_d = v_d \cos \theta_d$$

$$\dot{y}_d = v_d \sin \theta_d$$

(2.10)

$$\dot{\theta}_d = \omega_d$$

para alguna elección de entradas de referencia v_d y ω_d . En cualquier caso ya que las coordenadas x y y en uno síncrono son salidas planas, la orientación a lo largo de la trayectoria deseada ($x_d(t)$; $y_d(t)$) puede ser calculadas como sigue:

$$\theta_d(t) = \text{Atan2}(\dot{y}_d(t), \dot{x}_d(t)) + k\pi \text{ con } k = 0, 1$$

(2.11)

así como las entradas de referencia:

$$v_d(t) = \pm \sqrt{\dot{x}_d^2(t) + \dot{y}_d^2(t)}$$

(2.12)

$$\omega_d(t) = \frac{\ddot{y}_d(t) - \ddot{x}_d(t)\dot{y}_d(t)}{\dot{x}_d^2(t) + \dot{y}_d^2(t)}$$

En lo siguiente se asume el valor de k en (2.11), y el signo de v_d en (2.12), han sido elegidos.

Es conveniente definir el error en el espacio cartesiano como sigue:

$$e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_d - x \\ y_d - y \\ \theta_d - \theta \end{bmatrix}$$

Diferenciando e con respecto al tiempo y usando (2.6) y (2.10) se obtiene:

$$\dot{e} = \begin{bmatrix} 0 & \omega_d & 0 \\ -\omega_d & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} e + \begin{bmatrix} 0 \\ \sin(e_3) \\ 0 \end{bmatrix} v_d + \begin{bmatrix} 1 & -e_2 \\ 0 & e_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

El primer término de la dinámica es lineal, mientras el segundo y tercero son no lineales. Más aún el primero y el segundo son variantes en el tiempo debido a la presencia de las entradas $v_d(t)$ y $\omega_d(t)$.

Control Lineal

El enfoque más simple para el diseño de un controlador de seguimiento consiste en utilizar la linealización aproximada de la dinámica del error alrededor de la trayectoria de referencia, en la que

$e = 0$. Esta aproximación, cuya precisión aumenta a medida que el error de seguimiento e disminuye, se obtiene a partir de (2.13) simplemente

definiendo el $\sin(e_3) \approx e_3$ y evaluando la matriz de entrada en la trayectoria.

$$\dot{e} = \begin{bmatrix} 0 & \omega_d & 0 \\ -\omega_d & 0 & v_d \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} e + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

Considerando una realimentación lineal $u_1 = -k_1 e_1$; $u_2 = -k_2 e_2 - k_3 e_3$, se obtiene la siguiente dinámica linealizada del lazo cerrado

$$\dot{e} = A(t)e = \begin{bmatrix} -k_1 & \omega_d & 0 \\ -\omega_d & 0 & v_d \\ 0 & -k_2 & -k_3 \end{bmatrix} e \quad (2.14)$$

Si se hace $k_1=k_3$, la ecuación característica de $A(t)$ es la siguiente:

$$(\lambda + 2\zeta a) \left(\lambda^2 + 2\zeta a \lambda + \omega_d^2 + \frac{a^2 - \omega_d^2}{v_d} \right)$$

La dinámica de error linealizado en lazo cerrado se caracteriza por tres valores propios constantes: un valor propio real negativo en $2\zeta a$ y un par de valores propios complejos con parte real negativa, coeficiente de amortiguamiento ζ y la frecuencia natural a . Sin embargo, en vista de su naturaleza variable en el tiempo, no hay garantía de que el sistema (2.14) es asintóticamente estable. Una excepción es cuando v_d y ω_d son constantes, en este caso, el sistema linealizado (2.14) es invariante en el tiempo y por lo tanto asintóticamente estable. Considerando $k_1=2\zeta a$ y $k_2=(a^2 - \omega_d^2)/v_d$, la elección arbitraria de estos valores, de tal forma que las raíces de este polinomio estén en el semi plano complejo izquierdo, garantizan la estabilidad asintótica del error.

Control no lineal

Considerando de nuevo la expresión exacta de (2.13) de la dinámica del error de la trayectoria ahora se reescribe por conveniencia en la forma mixta:

$$\begin{aligned}\dot{e}_1 &= e_2 \omega + u_1 \\ \dot{e}_2 &= v_d \sin(e_3) - e_1 \omega \\ \dot{e}_3 &= u_2\end{aligned}$$

y la siguiente ley de control no lineal

$$(2.15) \quad u_1 = -k_1(v_d, \omega_d) e_1$$

$$(2.16) \quad u_2 = -k_2 v_d \frac{\sin(e_3)}{e_3} e_2 - k_3(v_d, \omega_d) e_3$$

donde $k_1 > 0$ y $k_3 > 0$ son funciones delimitadas con derivadas limitadas, y $k_2 > 0$ es constante. Si las entradas de referencia v_d y ω_d son también con derivadas limitadas, y ambas no convergen a cero, el error de trayectoria converge a cero globalmente, esto es, para cualquier condición inicial.

La dinámica del error de ciclo cerrado

$$\begin{aligned}\dot{e}_1 &= e_2 \omega - k_1(v_d, \omega_d) e_1 \\ \dot{e}_2 &= v_d \sin(e_3) - e_1 \omega \\ \dot{e}_3 &= -k_2 v_d \frac{\sin(e_3)}{e_3} e_2 - k_3(v_d, \omega_d) e_3\end{aligned}$$

y la función candidata de Lyapunov

$$V = \frac{k_2}{2}(e_1^2 + e_2^2) + \frac{e_3^2}{2}$$

derivando y simplificando se obtiene

$$\dot{V} = -k_1(v_d, \omega_d)k_2e_1^2 - k_3(v_d, \omega_d)e_3^2$$

Al ser esta expresión definida negativa se demuestra que con las leyes de control (2.15) y (2.16), los errores e_1 , e_2 , y e_3 tienden a cero.

METODOLOGIA

En esta sección se presentan las respuestas obtenidas al implementar las estrategias de control, diseñadas en los apartados anteriores, en el modelo matemático del robot móvil síncrono. Las simulaciones fueron realizadas usando Matlab, específicamente la herramienta Simulink. El diagrama construido para simular las estrategias de control presentadas anteriormente en el modelo matemático del robot síncrono se presentan en la figura 2. La trayectoria que el robot debe seguir es generada con las velocidades lineal y angular definidas por las funciones v_d y ω_d

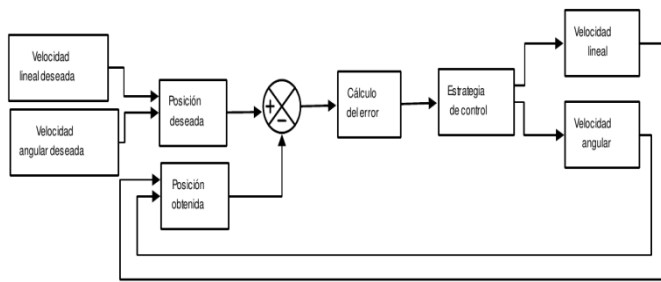


Figura 2.
Diagrama
de
simulación

$$v_d = \begin{cases} 0,2 \text{ m/s} & 0 \leq t < 20 \text{ s} \\ 0,1 \text{ m/s} & 20 \leq t \end{cases}$$

$$\omega_d = \begin{cases} 0,3 \text{ rad/s} & 0 \leq t < 10 \text{ s} \\ 0,2 \text{ rad/s} & 10 \leq t \end{cases}$$

Resultados Control lineal.

Para la simulación el robot móvil parte de las coordenadas (0;3466; 0;3426) con una orientación de $\pi/6$ rad. Así mismo se consideran los siguientes valores de las constantes: $k_1 = 1$; $k_2 = 2$; $k_3 = 4$. En la figura 3a y 3b se muestra la velocidad lineal y angular obtenida junto con su respectiva velocidad de referencia. La figura 3c muestra el desempeño del controlador lineal así como la trayectoria deseada.

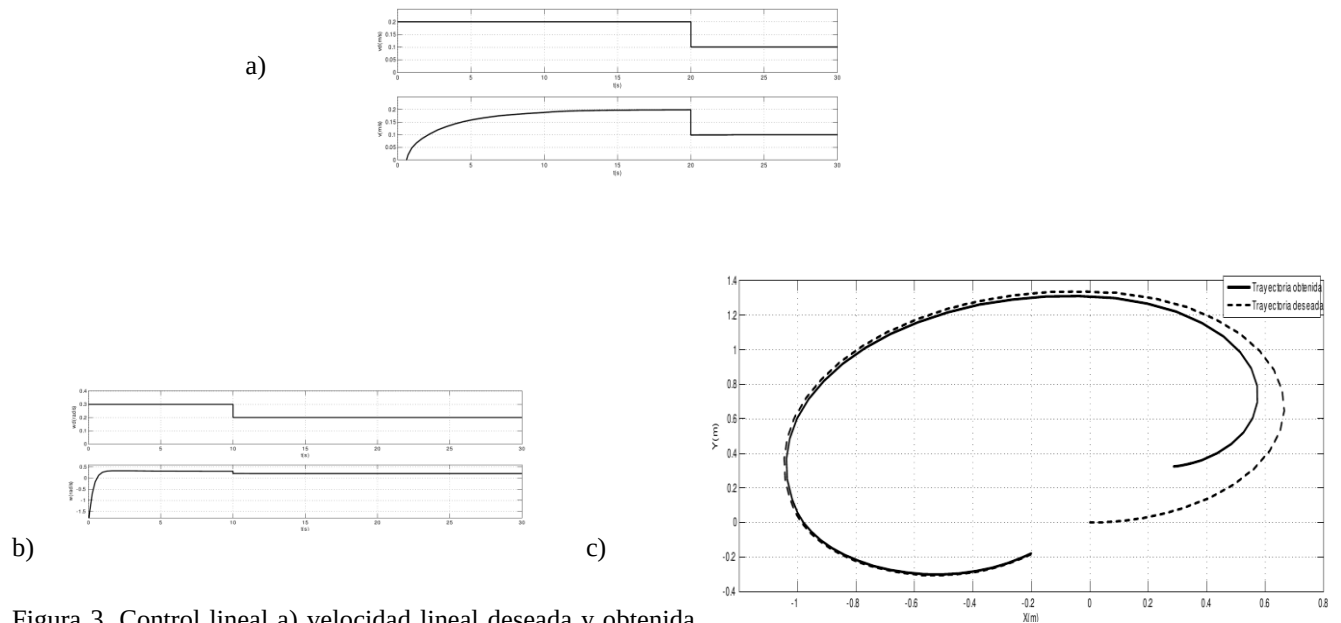


Figura 3. Control lineal a) velocidad lineal deseada y obtenida

b) Velocidad angular deseada y obtenida, c) trayectoria del sistema deseada y obtenida.

Resultados Control no lineal.

Las constantes elegidas para el controlador no lineal son: $\beta = 13.75$; $\alpha = 0.9$; $k_2 = 19$. Las coordenadas iniciales son $(0;2; 0;12)$ con una orientación de $\pi/6$ rad. La figura 4 muestra las señales de referencia y obtenidas con este controlador,

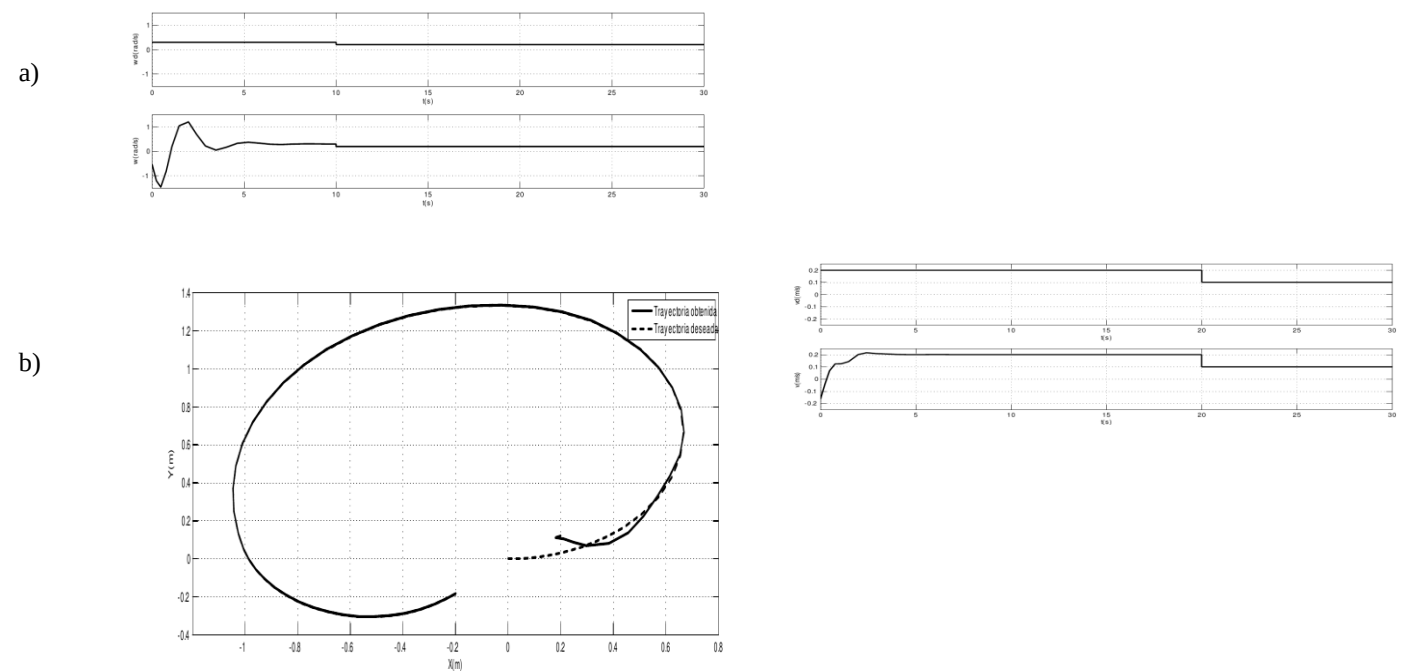


Figura 4. Controlador no lineal a) trayectoria del sistema deseada y obtenida, b) velocidad lineal deseada y obtenida, c) Velocidad angular deseada y obtenida.

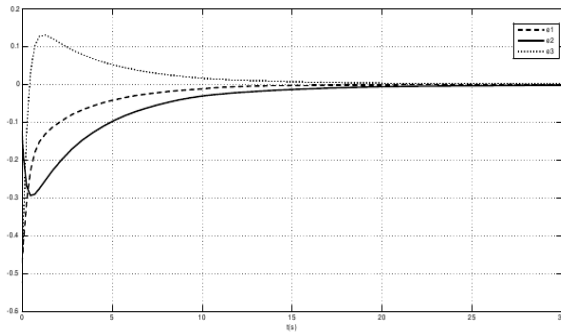


Figura 5: Respuesta del RMR con el controlador lineal

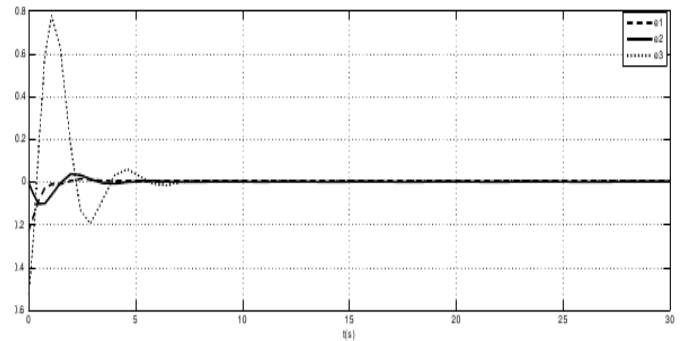


Figura 6: Respuesta del RMR con el controlador no lineal

Conclusiones

En este trabajo se presentó el diseño y simulación del sistema de control para un robot móvil a ruedas con configuración síncrona. Se presentó la construcción del modelo cinemático y el modelo dinámico del robot. Se implementaron dos estrategias de control. Cada una basada en el hecho de que el comportamiento del sistema sea asintóticamente estable. La primera estrategia utiliza una linealización del modelo. Para escoger los parámetros del controlador en la segunda estrategia de control se utilizó el enfoque del segundo método de Lyapunov. Para este enfoque se hizo uso de la función candidata de Lyapunov reportada en ([Ollero, 2001] y [Siciliano et. al, 2011]).

En las figuras 5 y 6 se presentan el comportamiento del error en el controlador lineal y no lineal, el cual tiende a cero asintóticamente cuando el tiempo crece. Puede notarse también que es más rápido en minimizar el error el controlador no lineal, aunque su sobreimpulso es más grande. Esta característica se debe a que al no linealizarse, el comportamiento del sistema es más cercano a la realidad, contrario al control lineal que minimiza las dinámicas pero su aproximación al sistema real es menor.

Referencias

Ollero, B (2001). Robotica, manipuladores y robots móviles. Barcelona, España : Marcombo.

Reyes, F (2011). Control de robots manipuladores. México : Alfaomega.

Siciliano, B. (2011). Modelling and control of robot manipulators. London: Springer.

Siegwart y Nourbakhsh, (2004) Siegwart, Roland y Nourbakhsh. Autonomous mobile robots: MIT Press.

Application of ZigBee Technology in Digital Wireless Communication With a Programmable Logic Controller for Industrial Control in High Risk Zones.

Aplicación de la Tecnología ZigBee en la Comunicación Inalámbrica Digital con un Controlador Lógico Programable para el Control Industrial en Zonas de Alto Riesgo.

Rodríguez Ortiz, Juan Gabriel
Luna Cuellar J. Gilberto

Resumen

El proyecto aquí descrito presenta la implementación de la tecnología inalámbrica Wireless Personal Área Network (WPAN) mediante protocolo ZigBee para la comunicación entre dispositivos de campo llamados sensores, el Controlador Lógico Programable (PLC) y los actuadores que en conjunto permiten la automatización de máquinas o procesos. Es un sistema inalámbrico que permitió la comunicación entre 16 señales eléctricas digitales de entrada y/o salida. Se obtuvo una distancia de comunicación radial de hasta 40 m. en ambiente cerrado y de 100 m. en espacio abierto. El sistema opera en la banda libre de 2.4 Gigahertz lo que lo hace insensible a señales electromagnéticas producidas en ambientes industriales. La experimentación consistió en la activación de dispositivos de uso industrial como sensores fotoeléctricos, inductivos, mecánicos, entre otros, de manera remota al dispositivo controlador, que en este caso, se trató de un PLC FESTO ® modelo FEC34 capaz de trabajar con señales eléctricas de entrada/salida del tipo digital a 24 Vcd. Las señales eléctricas de salida del PLC se transmiten de manera inalámbrica hacia un módulo receptor remoto capaz de activar cargas eléctricas de niveles eléctricos acordes a la aplicación. Los dispositivos utilizados para la comunicación inalámbrica son los módulos XBee de la marca DIGI INTERNATIONAL ®. Las aplicaciones sobre el uso de las tecnologías inalámbricas abren un gran abanico de posibilidades para ser implementados en diferentes campos de la automatización industrial, sobre todo, en aquellas zonas que representen un riesgo para el operador.

Palabras clave: Tecnología ZigBee, Comunicación Inalámbrica con XBee, Automatización Industrial con PLC.

Abstract.

The Project described here presents the implementation of technology Wireless Personal Area Network (WPAN) using ZigBee protocol for communication between field devices called sensors, programmable logic controller (PLC) and actuators that together allow the automation of machines or processes. It is a wireless system that allowed communication between electrical signals 16 digital input and output. Radial distance communication up to 40 m was obtained. In closed environment and 100 m in open space. The system operates in the unlicensed 2.4 Ghz so that makes it insensitive to electromagnetic signals produced in industrial environments. The experiment consisted of activation devices for industrial use as photoelectric sensors, inductive, mechanical, etc., of the remote controller

device so that in this case, it was a PLC FESTO ® model FEC34 capable of handling electrical signals input-output 24 Vdc digital type. The electrical signals are transmitted PLC output wirelessly to a remote receiver module capable of activating electrical charges electrical chords to the application level. The devices used for wireless communication are the XBee modules DIGI INTERNATIONAL ® brand. Applications on the use of wireless technologies opens up a wide range of possibilities to be implemented in various fields of industrial automation, especially in those areas represented a risk to the operator.

Word Keys: ZigBee Technology, Wireless Communication with XBee, Industrial Automation with PLC.

1 Introducción

Hoy en día, los procesos de manufactura y transformación a nivel mundial son cada vez más robustos y complejos lo cual obliga a las empresas a estar a la vanguardia en cuanto a tecnología se refiere a fin de mantener sus estándares de competitividad en el mercado comercial. En este rubro, los sistemas automatizados con tecnología inalámbrica están teniendo una amplia aceptación y gran desempeño en todos los sectores de la industria, dado que los beneficios de esta tecnología son claros desde el punto de vista de la eficiencia, por ejemplo, ahorro de cableado eléctrico, posibilidad de comunicarse desde puntos remotos, flexibilidad en la instalación, confiabilidad, menor tiempo de mantenimiento, seguridad para el usuario, entre otras.

El uso de las redes inalámbricas en entornos industriales permiten facilitar la operación de los Controladores Lógicos Programables (PLC) en lugares de difícil acceso o en zonas de alto riesgo para un operador humano; por lo tanto, uno de los logros más importantes de los últimos tiempos en el sector industrial ha sido controlar diferentes procesos mediante la tecnología inalámbrica. [1, 2, 3]

Los sistemas de control tradicionales con PLC utilizados en la automatización de máquinas o procesos industriales requieren del uso de cableado eléctrico para comunicarse en el entorno con el que interactúa el mismo PLC. Este cableado es necesario para conectar eléctricamente a los dispositivos de entrada al PLC llamados sensores así como para la comunicación entre el PLC y los dispositivos de salida llamados actuadores. Por esta razón, el sistema de comunicación inalámbrico digital mediante protocolo ZigBee para PLC propuesto debe ser capaz de interactuar con dispositivos sensores y actuadores de uso industrial; libre de interferencia electromagnética, económico y confiable a fin de innovar en cuanto a sistemas de comunicación con PLC se refiere. Este sistema podrá implementarse en aplicaciones que resulten de alto riesgo para un operador humano y así aprovechar las múltiples ventajas que ofrecen los sistemas de comunicación inalámbricos.

Ante el avance indiscutible de la tecnología inalámbrica en procesos industriales se hace necesario el desarrollar y proponer tecnologías innovadoras que coadyuven a resolver problemas reales en entornos productivos reales. Así, numerosas empresas internacionales como Mitsubishi, Honeywell, Philips, Invensys, entre otras, han formado una organización llamada ZigBee Alliance para desarrollar tecnología inalámbrica para comercializar e introducir en procesos industriales[9].

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (*Wireless Personal AreaNetwork, WPAN*)[10].

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4 GHz. El alcance depende de la potencia de transmisión del dispositivo así como también del tipo de antenas utilizadas (cerámicas, dipolos, etc). Los dispositivos específicos encargados de trabajar bajo el protocolo ZigBee se llaman módulos XBee. Un módulo Xbee es una tarjeta electrónica de tipo encapsulada que incorpora un microcontrolador y un sistema de radiocomunicación además de una antena de transmisión y/o recepción según su configuración.

En el ámbito de comunicación inalámbrica industrial existen diferentes trabajos desarrollados sobre todo en aplicaciones que tienen que ver con la creación de redes de sensores para comunicarse con una computadora personal utilizando la tecnología ZigBee[11, 12,]. A diferencia de ellos, ahora se explora la posibilidad de hacer una comunicación inalámbrica integral donde se incluyan los sensores, actuadores y un Controlador Lógico Programable.

Por tanto, el presente proyecto tiene como objetivo general el diseño, construcción y puesta en operación de una interface de comunicación inalámbrica basada en tecnología Wireless Personal Area Network (WPAN) mediante protocolo ZigBee para los módulos de entrada y salida digitales de un PLC que sea inmune a interferencias electromagnéticas, económico y confiable, como propuesta tecnológica en la automatización de procesos industriales y de alto riesgo.

2Desarrollo del tema.

El sistema de comunicación digital inalámbrico para PLC utilizando tecnología ZigBee está conformado por cuatro etapas de diseño, siendo estas:

- 1) Los dispositivos eléctricos de entrada (botones pulsadores, sensores de nivel, temperatura, etc.) están conectados a un módulo de transmisión XBee para enviar hacia el PLC vía radiofrecuencia las señales eléctricas de los dispositivos eléctricos de entrada.
- 2) En el módulo de entrada del PLC se encuentra acoplado un módulo receptor XBee cuya función es recibir la señal eléctrica que envíe el módulo transmisor de los dispositivos eléctricos de entrada; estas señales que el receptor reciba activará las diferentes direcciones del módulo de entrada del PLC.
- 3) En el módulo de salida del PLC se encuentra acoplado otro módulo transmisor XBee a fin de enviar vía radiofrecuencia las señales eléctricas de control hacia los dispositivos actuadores.
- 4) Para los dispositivos de salida o actuadores se ha acoplado un módulo receptor XBee para recibir la señal eléctrica del transmisor del módulo de salidas del PLC, estas señales eléctricas recibidas son acopladas mediante relevador para activar lámparas, electroválvulas, motores, etc.

La Figura 1 muestra la representación gráfica de las etapas que dan forma al presente proyecto.

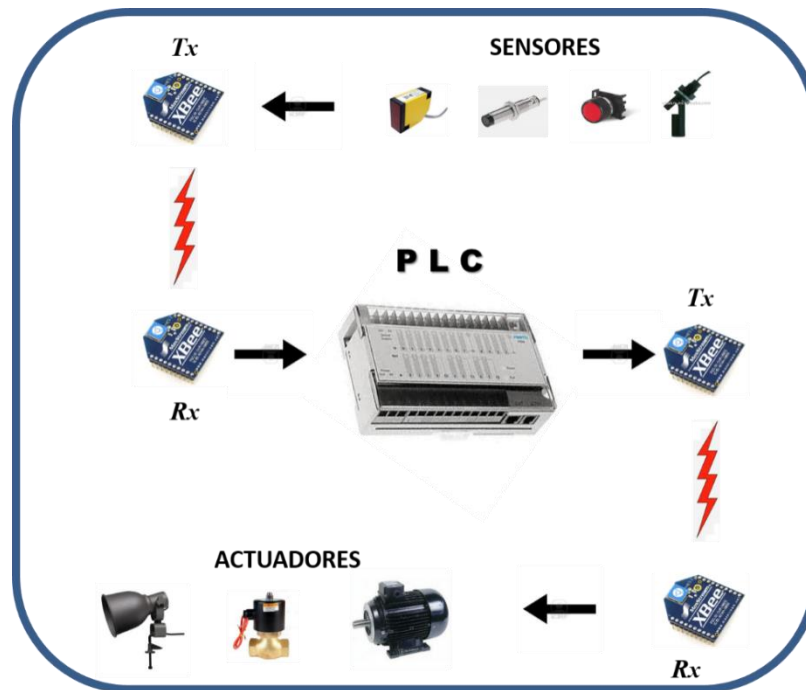


Figura 1. Sistema de comunicación inalámbrico para PLC con tecnología WPAN.

4Metodología.

4.1 El Controlador Lógico Programable.

El PLC utilizado para la comunicación inalámbrica es un PLC marca FESTO ® modelo FEC-34 que tiene las siguientes características técnicas generales: 12 entradas digitales, 8 salidas digitales, voltaje de alimentación a 24 Vcd, presentación compacta y programación en diagrama de escalera y/o lista de instrucciones (figura 2).



Figura 2. PLC FESTO ® FEC-34

4.2Interface de comunicación digital.

El sistema de control que codifica y decodifica las señales eléctricas de los sensores, el PLC y los actuadores se realizó mediante un microcontrolador PIC16F877A de la compañía Microchip ®(figura 3).



Figura 3. Microcontrolador PIC16F877A de Microchip ®

En el diseño general del proyecto se han implementado cuatro microcontroladores PIC16F877A trabajando en pares (Rx-Tx, Tx-Rx) a fin de recibir las señales de los sensores (Codificador) para enviarse al módulo de entradas del PLC vía inalámbrica y ser recibidas en un elemento receptor para ser llevadas a un siguiente microcontrolador (Decodificador) para inyectarse directamente al módulo de entradas del PLC (figura 4).

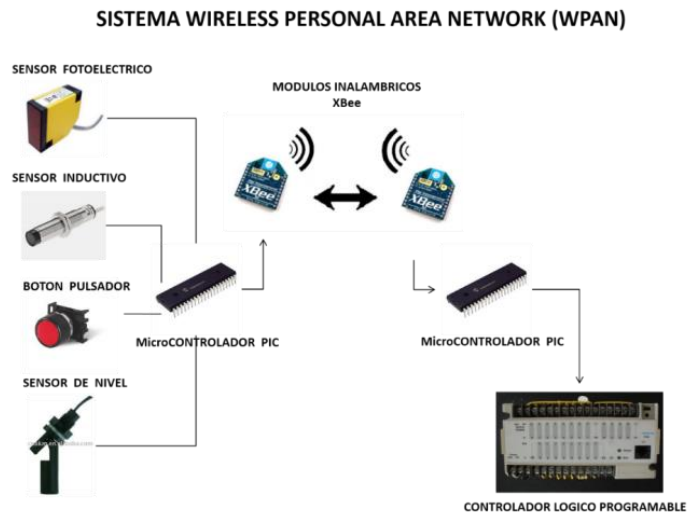
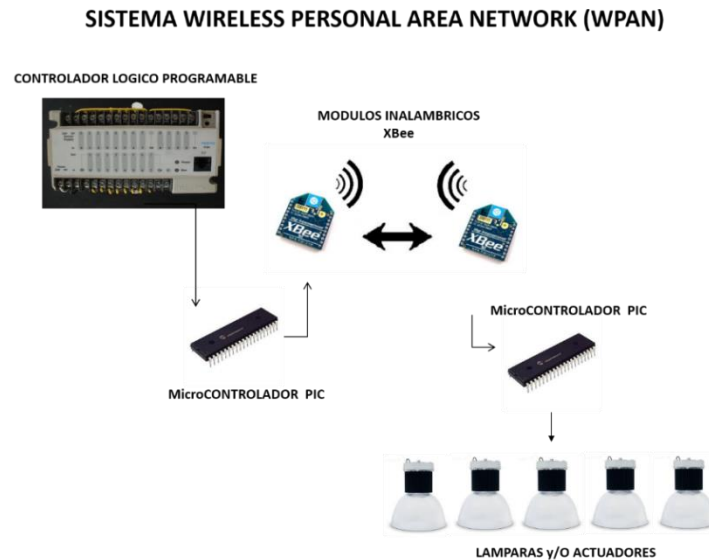


Figura 4. Sistema de comunicación inalámbrico para señales eléctricas de ENTRADA al PLC bajo protocolo ZigBee.

Similarmente, se tiene otro par de microcontroladores para codificar las señales que provienen del módulo de salidas del PLC y ser enviadas vía inalámbrica para recibirse en un módulo inalámbrico decodificador que es capaz de



activar eléctricamente los dispositivos actuadores (figura 5).

Figura 5. Sistema de comunicación inalámbrico para señales eléctricas de SALIDA al PLC bajo protocolo ZigBee.

4.3 Programa de control microcontrolador PIC16F877A.

La programación de los microcontroladores PIC se realizó en lenguaje de alto nivel llamado PIC BASIC PRO generando el programa fuente a través del editor de MICROCODE ESTUDIO ®. El algoritmo de adquisición o lectura de datos se muestra en la figura 6. El microcontrolador trabaja con un cristal de 4 Mhz configurando sus puertos como del tipo digital. Este microcontrolador se eligió debido a que contiene 5 puertos disponibles (32 bits de I/O) suficientes para la aplicación en cuestión.

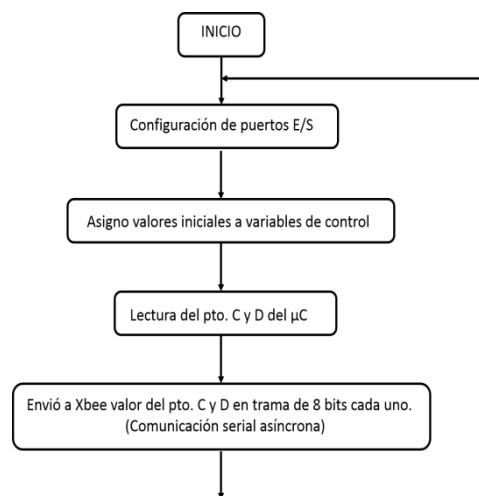


Figura 6 Algoritmo de control µC 16F877A

El microcontrolador se comunica con el módulo XBee a una velocidad de 9600 baudios para generar una comunicación asíncrona. La lógica de programación es similar dependiendo si el μ C envía (Tx) o recibe (Rx) datos.

4.4 El módulo inalámbrico XBee.

El módulo XBee utilizado es de la marca Digi International ® (DIGI) en su versión serie 1 con antena de cerámica a una frecuencia de operación de 2.4 Ghz, una tasa de transferencia de información de 256 Kbps, una potencia de 1 Mw y voltaje de alimentación de 3.3 Vcd (figura 7).



Figura 7. Módulo Xbee de la marca DIGI

® serie 1

4.5 Configuración de los módulos XBee.

Los módulos Xbee deben de ser configurados previamente antes de su conexión, para ello se utilizó el software X-CTU de DIGI ® para programar los módulos XBee en modo transparente punto a punto (figura 8).

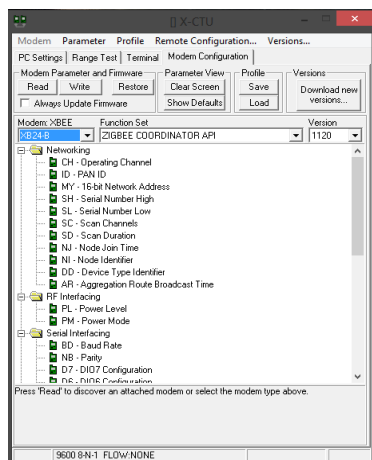


Figura 8. Software X-CTU de DIGI ®

El punto a punto permite crear una comunicación directa entre los módulos XBee sin necesidad de complicadas configuraciones. Se trata de que la señal de información que se codifica en el microcontrolador sea enviada tal cual hacia el modulo receptor correspondiente. A continuación se muestran los parámetros de configuración para los módulos XBee (Tabla 1).

MODULO 1 (Tx)		MODULO 2 (Rx)	
PARAMETRO	VALOR	PARAMETRO	VALOR
PAN ID	9032	PAN ID	9032
DH	0	DH	0
DL	1234	DL	5FCC
MY	5FCC	MY	1234
CE	1	CE	0
BD	3	BD	3

Tabla 1. Configuración módulos XBee en modo transparente punto a punto

4.5 Interface de control digital.

Las tarjetas de control (codificación y decodificación de señales eléctricas) y comunicación inalámbrica (ZigBee) se diseñaron en ISIS ® para los diagramas electrónicos y ARES ® para los PCB ambos integrados en el software de diseño electrónico llamado PROTEUS ®. Una vez simulados los circuitos electrónicos en el mismo software se procedió a la fabricación, ensamble y puesta en operación. A continuación se muestra el diseño de la tarjeta de adquisición de datos, codificación y transmisión de datos digitales con un módulo XBee. (Figura 9).

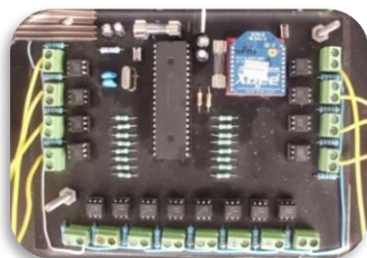


Figura 9. Módulo de adquisición de datos, codificador con µC y transmisor XBee.

El módulo de recepción de datos digitales, decodificador y potencia para activar las cargas se muestra en la figura 10. En esta figura se puede apreciar que las salidas para activar los actuadores son a relevador.



Figura 10 Modulo de Recepción de datos con XBee, decodificador y salida a relevador.

La tarjeta de control y comunicación se montó en una base de madera por la parte trasera del PLC seleccionado (Figura 11). El PLC trabaja con 24 Vcd tomados de una fuente conmutada de 127 Vca.



Figura 11. Controlador Lógico Programable Inalámbrico mediante protocolo ZigBee.

4.6 Sistema de Sensores Inalámbricos mediante protocolo ZigBee.

Los sensores utilizados para realizar la comunicación inalámbrica fueron: un botón pulsador rojo NA MICRO SWITCH SS0501A, un botón pulsador verde NA MICRO SWITCH SS0501A, un sensor de nivel de líquido tipo

flotador MEDER ® MLS31A-PP, un sensor inductivo OMRON ® E25-X5MF1-M1, un sensor fotoeléctrico tipo réflex OMRON ® E3F2-R2B4, un sensor fotoeléctrico tipo réflex OLS-372, un sensor fotoeléctrico de proximidad S/N y un sensor magnético HAMLIN ® 59135-010; En total 8 dispositivos de uso industrial que generan una señal eléctrica a 24 Vcd de tipo digital montados en una base de madera (figura 12). Sobre esta base se colocó en la parte posterior la tarjeta electrónica de control y comunicación inalámbrica (Transmisor). El módulo de sensores inalámbricos se alimenta a 127 Vca pero mediante una fuente conmutada de energía eléctrica se obtiene el nivel de energía requerido.



Figura 12. Módulo con Sensores Inalámbricos mediante protocolo ZigBee

4.7 Sistema de Actuadores Inalámbricos mediante protocolo ZigBee.

Las señales eléctricas de salida del PLC se han conectado de manera inalámbrica a dispositivos eléctricos (lámparas) que simulan la activación de cualquier dispositivo actuador de uso industrial. Se han conectado 8 lámparas a 127 Volts de CA que encienden en función de la activación de los sensores correspondientes y del programa demo instalado en el PLC. Cabe señalar, que se han conectado terminales tipo banana-hembra a fin de poder conectar cualquier tipo de carga que trabaje a 127 Volts de ca y/o con 24 Volts de CD (Figura 13).



Figura 13. Módulo con Actuadores Inalámbricos mediante protocolo ZigBee

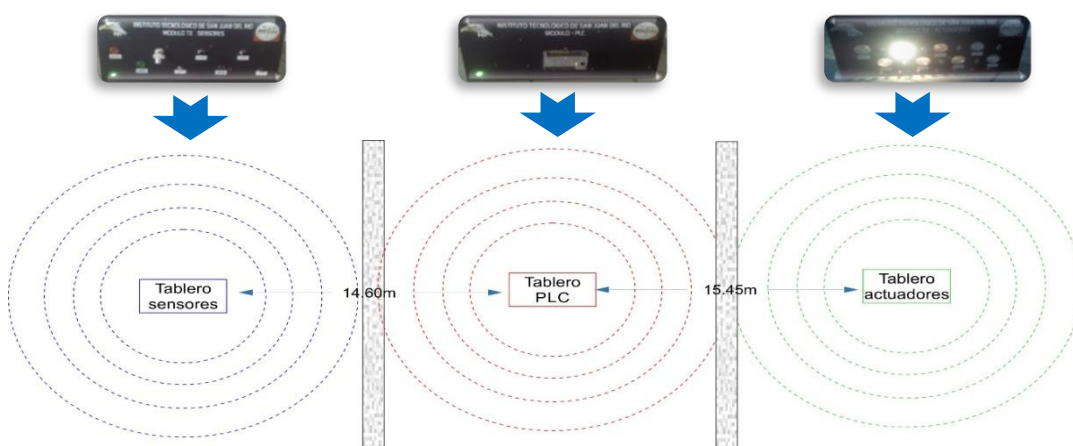
5Resultados.

5.1. Pruebas de operación y análisis estadístico.

Una vez terminados los módulos de comunicación inalámbricos, se procedió a realizar un par de pruebas de operación del sistema; siendo estas en laboratorio y en campo con los siguientes resultados:

- Prueba de operación en espacio cerrado con obstáculos.**

Se realizó una primer prueba de operación en espacio cerrado y con obstáculos (muros) donde se encontró que la distancia promedio máxima de comunicación sin error es de 14.52 mts. Como se muestra en la figura 14.



Enseguida se procedió a realizar una serie de repeticiones activando los sensores en el tablero correspondiente y verificando la recepción de las señales eléctricas de control en el módulo de actuadores con los resultados que se muestran en la figura 15.

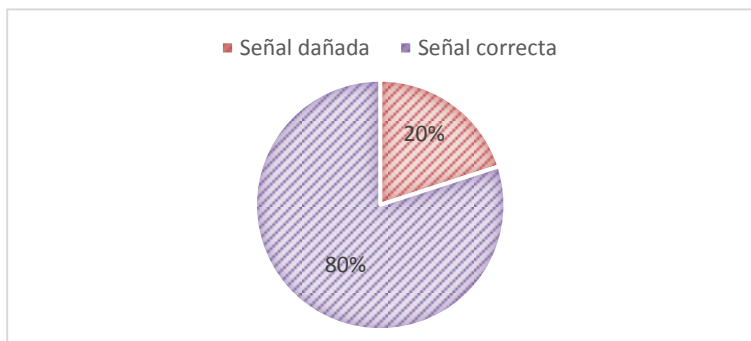
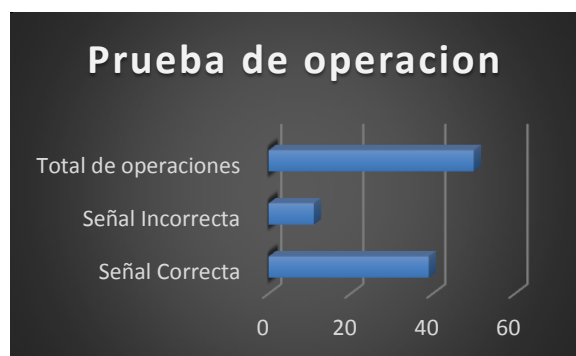


Figura 15. Análisis estadístico prueba de operación con obstáculos en espacio cerrado

- **Prueba de operación en espacio abierto.**

La siguiente prueba de operación se realizó en la subestación de distribución de energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) llamada “San Juan Potencia” ubicada en el municipio de San Juan del Río, Querétaro, México y que se encarga de proporcionar la energía eléctrica a la ciudad del mismo nombre. Se procedió a colocar los tableros de comunicación inalámbrica directamente bajo las líneas de alta tensión que suministran 230 KVA a una distancia de aproximadamente 15 mts; donde se obtuvo una distancia de comunicación efectiva de hasta 25.30 mts bajo la influencia del campo eléctrico generado por las líneas de alta tensión.

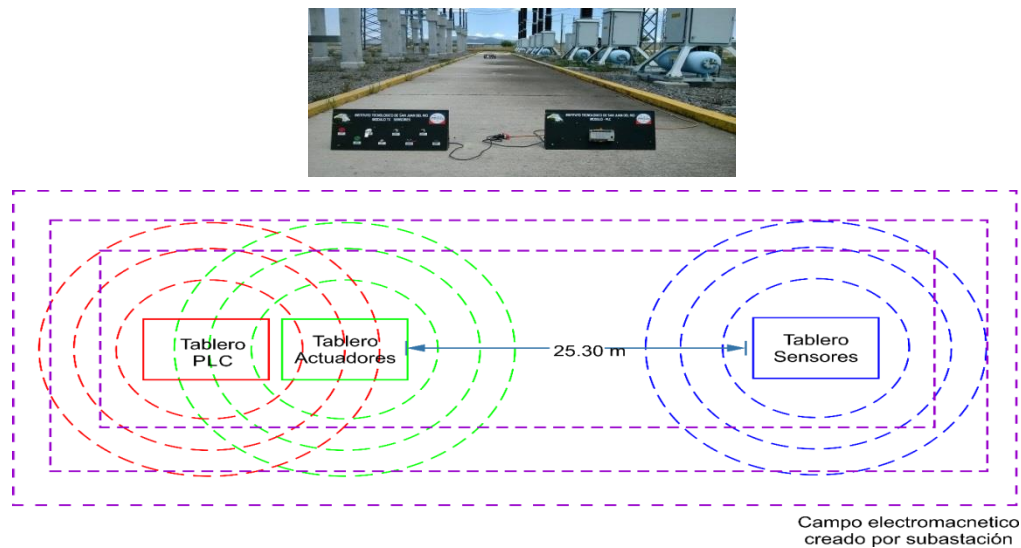


Figura 16. Prueba de operación en espacio abierto bajo las líneas de 230 KVA

Una vez más, se procedió a realizar una serie de repeticiones de activación de los sensores para verificar la activación de los actuadores correspondientes; obteniéndose los resultados plasmados en la figura 17.

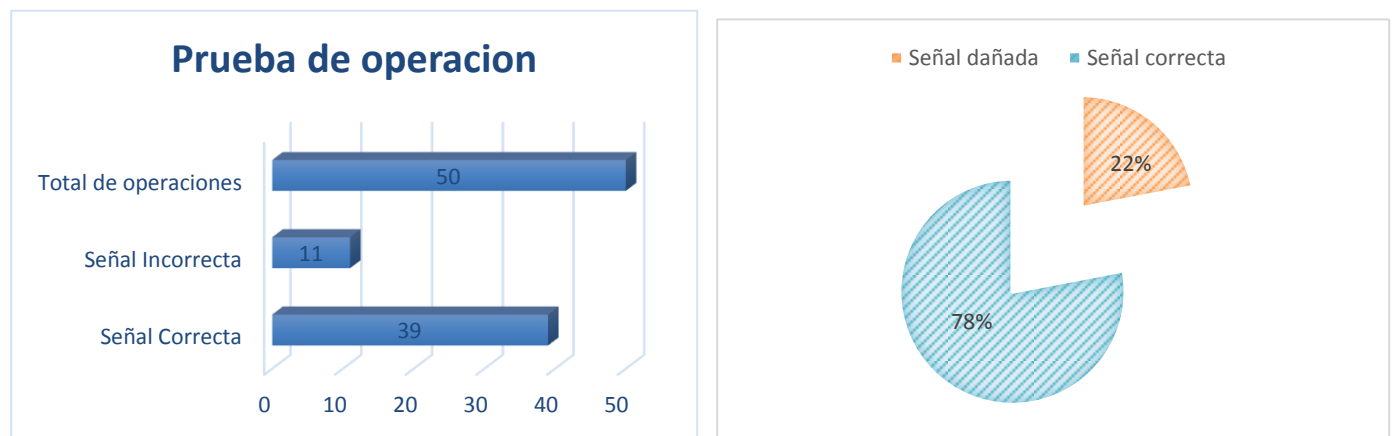


Figura 17. Análisis estadístico prueba de operación en espacio abierto

5.2 Condiciones generales.

Los sistemas de control de uso industrial generalmente operan con un voltaje de alimentación eléctrica de 24 Volts de CD convirtiéndose este nivel en un valor estándar para un sinnúmero de aplicaciones. Por ejemplo, los sensores industriales fotoeléctricos, inductivos, capacitivos, entre otros, trabajan en un rango de voltaje de alimentación de 10 a 30 Volts de CD. El Controlador Lógico Programable seleccionado para esta aplicación se caracteriza por operar con un voltaje de alimentación de 24 Volts de CD motivo por el cual es compatible con los niveles de energía empleados para los dispositivos sensores. En cuanto a los dispositivos actuadores se han utilizado elementos que se

pueden considerar genéricos (lámparas) con la característica de que el sistema propuesto es capaz de trabajar con cargas de Voltaje de CA y/o Voltaje de CD desde 12V, 24 V, 48 V, 127 V y 220 V en ambos tipos de energía. Esta característica se debe a que se han implementado elementos electromecánicos (relevadores) como dispositivos de control final. Finalmente, se realizaron pruebas de operación del sistema inalámbrico ZigBee en espacio cerrado y en espacio abierto a fin de identificar el comportamiento eléctrico del sistema. La tabla 2 muestra los parámetros eléctricos más importantes que se obtuvieron con el desarrollo del sistema aquí descrito.

PARAMETRO	VALOR
Voltaje de alimentación PLC	IN 127 Vca / OUT 24 Vcd
Voltaje de alimentación módulo de sensores	IN 127 Vca / OUT 24 Vcd
Voltaje de alimentación módulo de actuadores	IN 127 Vca / OUT 24 Vcd
Número de entradas disponibles	16 entradas digitales a 24 Vcd máximo
Número de salidas disponibles	16 salidas digitales a relevador máximo
Carga máxima de salida a relevador	10 Amp a 220 Vca 8Amp a 127 Vca 8Amp a 24 Vcd
Alcance máximo en espacio cerrado	40 mts
Alcance máximo en espacio abierto	100 mts
Frecuencia de comunicación inalámbrica	2.4 Ghz
Tecnología de red	ZigBee en modo transparente punto a punto

Tabla 2. Características eléctricas del proyecto

6. Conclusiones.

En el proyecto “Aplicación de la Tecnología ZigBee en la Comunicación Inalámbrica Digital con un Controlador Lógico Programable para el Control Industrial en Zonas de Alto Riesgo” se ha aplicado el estándar IEEE 802.15.4 basado en tecnología ZigBee como una herramienta para la automatización de procesos de manera inalámbrica en donde se describen las generalidades asociadas a esta tecnología.

Se logró demostrar que la tecnología ZigBee es funcional para ambientes de automatización industrial y que se puede combinar con sensores, actuadores y sistemas digitales para que en conjunto se logre un sistema capaz de aplicarse a entornos de trabajo reales.

Es importante mencionar que la confiabilidad del enlace inalámbrico resulto adecuado puesto que trabaja en la banda de 2.4 Ghz lo que lo hace prácticamente inmune a interferencias electromagnéticas producidas por motores eléctricos, variadores de frecuencia, válvulas solenoide, balastros, entre otros. Además, se realizaron pruebas de operación en espacio abierto y en espacio cerrado. Cabe señalar que con el diseño de una antena exterior adecuada es posible aumentar la distancia de comunicación inalámbrica mucho más allá de lo aquí presentado. Con esto, la

comunicación inalámbrica permite un ahorro significativo hasta del 50% en el cableado eléctrico comparado con los sistemas tradicionales de control con PLC.

En el presente, la comunicación de dispositivos industriales mediante enlaces inalámbricos es una realidad para el monitoreo, supervisión y control de procesos automáticos debido a que las aplicaciones inalámbricas proporcionan gran flexibilidad para manejar cualquier elemento o dispositivo desde sitios remotos sin riesgo alguno para el usuario.

7. Agradecimientos.

El trabajo expuesto fue apoyado por la antigua Dirección General de Educación Superior Tecnológica (**DGEST**) hoy Tecnológico Nacional de México (**TNM**), El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (**CONCyTEQ**), El Instituto Tecnológico de San Juan del Río (**ITSJR**), La H. Academia de Ingeniería Electrónica (**ITSJR**)

8. Referencias.

- [1] S. Palanisamy, S.S.Kumar, J.L. Narayanan, Secured wireless Communication for industrial automation and control, Electronics Computer Technology (ICECT), 3rd International Conference on, Vol: 5, pp. 168-171, (2011).
- [2] T. Ciardiello, Wireless communications for industrial control and monitoring, Computing & Control Engineering Journal, Vol.16, no.2, pp. 12-13, (2005).
- [3] A. Nagy, F. Ring, P. Loschmidt, A. Mahmood, G. Gaderer, W. Kastner, Integration aspects of wireless industrial automation, 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, pp. 2998-3003, (2011).
- [4] D. Caro, Wireless Networks for industrial Automation, 2nd Edition, ISA—The Instrumentation, Systems and Automation Society, pp.112, (2005).
- [5] B. Ramazan, C. Yucel, A water pumping control system with a programmable logic controller (PLC) and industrial wireless modules for industrial plants—An experimental setup, ISA Transactions, Vol. 50, Issue 2, pp. 321-328, (2011).
- [6] J.V. Capella, A. Bonastre, R. Ors, Industrial applications of wireless networks: a bridge crane distributed control system based on Bluetooth, Industrial technology, IEEE ICIT '04, IEEE International Conference on, Vol. 2, pp: 824-829 (2004).
- [7] C. Laoudias, C. Psychalinos, “Filtro complejo con espejos de corriente de baja tensión Bluetooth / ZigBee”. CircuitosSistemas (ISCAS), pp.1268- 1271, (2010).
- [8] S.L. Jin, W.S. Yu, S.C. Chung, A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi, Industrial Electronics Society, IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE, pp. 46-51. 2007.
- [9] Oyarce, Andrés & Aguayo, Paul. (2008). Guía del usuarioXBee series 1. Documentopreliminar. microelectronics. Chile. Recuperado de http://www.olimex.cl/pdf/Wireless/ZigBee/XBee-Guia_Usuario.pdf
- [10] IEEE 802.15 Grupo de Trabajo para redes de área personal inalámbricas. Recuperado de <http://www.ieee802.org/>.
- [11] López Macías, Morales García. Sistema inalámbrico de sensores basado en ZigBee con topología de malla. Instituto Tecnológico de los Mochis, México. (2011).

Aplicación de producción más limpia en la industria del plástico

Becerra Rodríguez María Blanca
Arturo Hernández Hernández
Zitzumbo Guzmán Roberto

Resumen

Este trabajo demostró que la metodología de Producción Más Limpia (PML), es esencial para el ser humano, así como su aplicación en cualquier sector industrial o de servicio. Su enfoque no basta tan solo en las operaciones, sino en los efectos que a lo largo del tiempo puedan ocurrir con los productos que el hombre fabrica y le da una nueva disposición al término de vida útil para evitar la generación de residuos de cualquier índole así como la reducción de costos principalmente en la energía, agua y materias primas, por lo que abarca aspectos internos de calidad del producto. Con esta metodología se pudo reducir en 50% la generación de residuos plásticos en el área de inyección de plástico.

Palabras claves: Producción Más Limpia, Plásticos, Residuos.

INTRODUCCIÓN

En la industria de fabricación de electrodomésticos, intervienen diferentes materiales los cuales han evolucionado a través de los años. En tiempos pasados la materia prima empleada era: acero, madera y vidrio, siendo desplazados por otros que tienen ventaja sobre ellos hasta llegar al plástico este innova productos los cuales son utilizados en todo tipo de muebles, oficina, herramientas de trabajo y medicina. Algunas de las ventajas del plástico con respecto a los materiales que lo precedieron son su: funcionalidad, flexibilidad de larga duración y bajo costo; por lo que, la tendencia actual de las industrias, es el desplazamiento paulatino de los materiales anteriores a él.

Además el desarrollo industrial y tecnológico, enfocado solo en el provecho financiero, ha dejado de ser tolerante; ya que Nacional y Mundialmente la supervivencia industrial y comercial depende en un 100%, de la calidad en el ser humano y en la preservación de la tierra. Surgiendo en los últimos años el desarrollo del concepto de PML, como respuesta a los diferentes problemas ambientales, sociales, políticos y económicos, enfocándose al mejoramiento de la competitividad a través de la implementación de alternativas y técnicas preventivas, evitando contaminación y reduciendo costos; con la aplicación en los diferentes niveles de las empresas involucrando desde la misión hasta las diferentes estrategias, sistemas, componentes, materiales y procesos.

Dentro de su alcance abarca aspectos internos de las empresas como la calidad del producto, el acceso a tecnología alternativa, la disponibilidad de capital, la resistencia cultural; aspectos externos como las políticas macroeconómicas y ambientales, aspectos financieros, presión de la comunidad, la demanda en el mercado por productos sostenibles. Esta investigación, tiene como objetivo reducir en un 50%, la generación de residuos plásticos, empleando la metodología de PML. El proceso de plástico es complejo y multidisciplinario, parte desde la industria química, hasta llegar a proveedores de materia prima y manufactura del producto terminado y como dice: el Instituto Mexicano del Plástico Industrial (Blanco, 2002): “A México le hace falta gran parte de capacitación y entrenamiento adecuado para el proceso de plástico”. La importancia de este proceso, es que las cualidades finales del producto se determinan por su historia, ya que su calidad depende del polímero que se utilice, tipo de maquinaria, moldes, especificaciones y procedimientos, usados entre otros factores.

El moldeo de inyección, es la forma de bajo costo para hacer partes termoplásticos en lotes de 500 piezas o más, donde el costo mínimo del molde va de \$12,000 a 50,000 dólares aproximados, según la pieza, dando un 25%, más de velocidad que el proceso por compresión, ya que si, se tiene automatizado el moldeo por inyección, realiza partes intrincadas o en forma de emparedado, pues el cilindro o émbolo inyecta al dado la cantidad requerida de plásticos, para la parte externa, mientras que un segundo émbolo lo hace con relleno dentro del asa; para que por último un empuje

dentro del cilindro produzca el material del núcleo cerrando el bebedero, así buscando el tener las propiedades óptimas. Algunas ventajas del proceso son: Altas tasas de producción a bajo costo por parte, producción de configuraciones relativamente intrincadas, moldeo con insertos metálicos; los acabados superficiales pueden controlarse para obtener piezas lustrosas y la exactitud dimensional del proceso es buena. Las limitaciones son: No ser recomendable para baja producción a causa del alto costo del herramental; las resinas pueden solidificarse antes de llenar completamente el molde cuando se inyecta en secciones muy delgadas; se pueden desarrollar tensiones internas cuando se enfrían rápidamente, y esto puede elevar el costo del herramental.

El desarrollo de la metodología de PML, en América Latina y el Caribe, parte desde 1970, con algunas inversiones realizadas por industriales, recientemente la definición acerca de la contaminación, y problemas ambientales ha sido reemplazada por el concepto de hacer negocios, incorporado gradualmente a los principios de la misión del centro de PML. Los gobiernos se han interesado en promover mejores iniciativas de apoyo a través de proyectos voluntarios con adecuada política ambiental que incluya conceptos preventivos a los procesos industriales. La educación juega un papel muy importante enseñando la metodología de PML, dando información sobre el tema así como de asistencia técnica. También son difusoras de los conceptos de PML, a través de asociaciones internacionales las Organizaciones No Gubernamentales (ONG). Es el procedimiento planeado, sistemático, con el objetivo de identificar la forma de reducir o eliminar la generación de residuos y emisiones (Blanco, 2002).

Algunos centros nacionales de PML son: la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), ha creado los Centros Nacionales de PML, con el concepto de la metodología de PML desde (1989), a partir de la conferencia conocida como “La Cumbre de la Tierra”, celebrada en Río de Janeiro en Junio de 1992, donde se propone un cambio alterno en el medio ambiente para el desarrollo mundial en el siglo pasado. El Centro Mexicano para la metodología de PML, se crea en Septiembre de 1995, se ubica en el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Su misión es: facilitar el establecimiento y mantenimiento del concepto de PML, en la industria, legislación mexicana, para el ahorro de recursos, mejoramiento ambiental del país, actuando como promotor de la idea, facilitar y consultor.

Modelo estadístico

En la actualidad las empresas tienen una mezcla de productos buenos y defectuosos por la variación en: materiales, condiciones de las máquinas, métodos de trabajo y de inspección. Cuando se conocen las causas que generan producto defectuoso es necesario corregir. El análisis estadístico de los datos, hasta usar la investigación experimental, ya que la forma estadística es considerado como medio eficaz de desarrollar una nueva tecnología y controlar la calidad del producto. De aquí la necesidad de tener que aplicar modelos estadísticos para este estudio:

1. El primer paso a realizar son los diagramas de causa-efecto, que indican el estudio y análisis de los factores. En 1953, Kaoru Ishikawa (Kume, 1985). Se parte de la característica de calidad que presenta la más alta variación, después surgen factores que influyen fuertemente sobre la característica de calidad, de donde se desglosan más causas hasta el último detalle de ellas, se hace un registro de estas causas y se verifican las frecuencias para darle prioridades ya que la causa de mayor frecuencia es la prioridad uno y así sucesivamente se llega a la raíz del problema de la característica de calidad.

Análisis del diseño de experimentos.

Para hacer el diseño de experimento se requiere:

- a) Definir la población donde puede estar la característica de interés así como la muestra a estudiar, definiendo si la población es limitada o finita.
- b) El procedimiento de la selección de la muestra es importante porque debe reunir las condiciones deseadas suficientes en cantidad y calidad dependiendo de los que se pretende estudiar.
- c) La representatividad de la muestra indican que está es semejante a la población y se obtiene a través de un procedimiento aleatorio en que cada elemento del universo tiene la misma posibilidad de ser incluido en la muestra, por el procedimiento aleatorio entonces, como muestras probabilísticas, no debe de olvidarse que es lo que se desea estudiar para que la muestra lo represente.
- d) Diseño experimental, un buen trabajo de investigación debe concordar con la realidad ya que su fin es proveer un mecanismo con el que se pueda verificar las hipótesis planeadas, si la investigación no

concuera con la realidad ya que su fin es proveer un mecanismo con el que se pueda verificar las hipótesis planeadas, si la investigación no concuerda con el modelo no se cumplen cada una de las funciones para lo que fue creado y se aleja de la realidad. Un modelo experimental tiene como ventajas:

1. Se sabe de antemano, el tipo de información requerida a probar con las teorías.
2. Basado en la información que se necesita, se puede construir el instrumento adecuado para obtenerla.
3. Una vez que se construye el instrumento de trabajo, se puede formular en que se reorganizará la investigación.
4. Tiene un conocimiento de la población a la cual aplicar los resultados.
5. Cuenta con la noción de las condiciones bajo cuales se produce el fenómeno que pretende estudiar.

El diseño experimental es un plan de trabajo en el que especifican:

1. Las estrategias que se utilizan en la elección de la muestra.
2. Cómo estarán formados los grupos de sujetos que colaboran en la investigación.
3. Los mecanismos que se utilizarán para medir las variaciones o las constancias experimentales.
4. Los mecanismos que formalizarán para controlar los efectos de las condiciones experimentales ajenas al trabajo experimental (variable extrañas).
5. Las condiciones experimentales del o de los sujetos de control o comparación.
6. Los instrumentos que se utilizarán para recolectar la información.
7. La forma en que se aplicarán para recolectar la información.
8. El trato estadístico que tendrá la información
9. La forma en que se presentarán los resultados.

Cada investigación requiere de su diseño especial porque son necesidades y condiciones particulares. El diseño factorial es aquel en el que se investiga a todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores del experimento. El efecto de un factor es el cambio en la respuesta producida por un movimiento en el nivel mismo. (Montgomery, 2004) manifiesta: “Un experimento diseñado es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida”.

El diseño de experimento y las hipótesis a probar.

Modelo estadístico lineal.

$$Y_{ijklm} = \mu + \tau_i + \beta_j + \delta_k + \gamma_l + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\delta)_{ik} + (\tau\gamma)_{il} + (\beta\delta)_{jk} + (\beta\gamma)_{jl} + (\delta\gamma)_{kl} + (\tau\beta\delta)_{ijk} + (\tau\beta\gamma)_{ijl} + (\tau\delta\gamma)_{ikl} + (\beta\delta\gamma)_{ikl} + (\tau\beta\delta\gamma)_{ijkl} + \epsilon_{ijklm}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, A$; $j = 1, 2, \dots, B$; $k = 1, 2, \dots, C$; $l = 1, 2, \dots, D$; $m = 1, 2, \dots, n$.

Hipótesis a probar:

1. Comprobar en el factor A (τ_A), definido como la temperatura de plasticidad contribuye a el defecto de rebaba (0).
 $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_A = 0$
 $H_1: \text{Al menos una } \tau_i \neq 0$
2. Establecer que el factor B (β_B), descrito como la clase de pigmento propicia el defecto de rebaba (0).
 $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_B = 0$
 $H_1: \text{Al menos una } \beta_j \neq 0$
3. Comprobar que el factor C (δ_C), declarado como el tiempo de inyección es atribuible al defecto de rebaba (0).
 $H_0: \delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_C = 0$
 $H_1: \text{Al menos una } \delta_K \neq 0$
4. Verificar que el factor D (γ_D), escrito como la presión de inyección da como resultado el defecto de rebaba (0).
 $H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_D = 0$

H_1 : Al menos una $\gamma_1 \neq 0$

Se modelará como un diseño 2^k , donde K es el número de factores. En este caso, $K=4$ y $2^4=16$, entonces cada replica de un diseño 2^4 requiere de 16 experimentos.

Las pruebas de intervalos múltiples de Duncan.

Un procedimiento para comparar todas las parejas de medias es el de la prueba de intervalos múltiples desarrollada por Duncan que dice: “Que para aplicar dicha prueba en muestras del mismo tamaño, se disponen en orden ascendente a los promedios de tratamiento y se determina el error estándar de cada promedio, a partir de una tabla de donde se obtienen los valores de $R_\alpha(p, f)$, para $p=2,3,\dots,a$; donde α es el nivel significativo y f es el número de grados de libertad del error. Estos intervalos deben transformarse en un conjunto de $(a-1)$ mínimos intervalos significativos (es decir, R_p) para $p=2, 3,\dots, a$. A continuación, se prueban las diferencias observadas entre las medias, comenzando por el valor más alto contra el más pequeño, comparando esta diferencia con el intervalo mínimo significativo R_p . Después se calcula la diferencia entre el valor más alto y el segundo más pequeño y se compara con el intervalo significativo mínimo R_{a-1} . Este procedimiento continúa hasta que todas las medias han sido comparadas con la media más grande y hayan considerado las diferencias entre los $a(a-1)/2$ posibles de pares”.

METODOLOGÍA

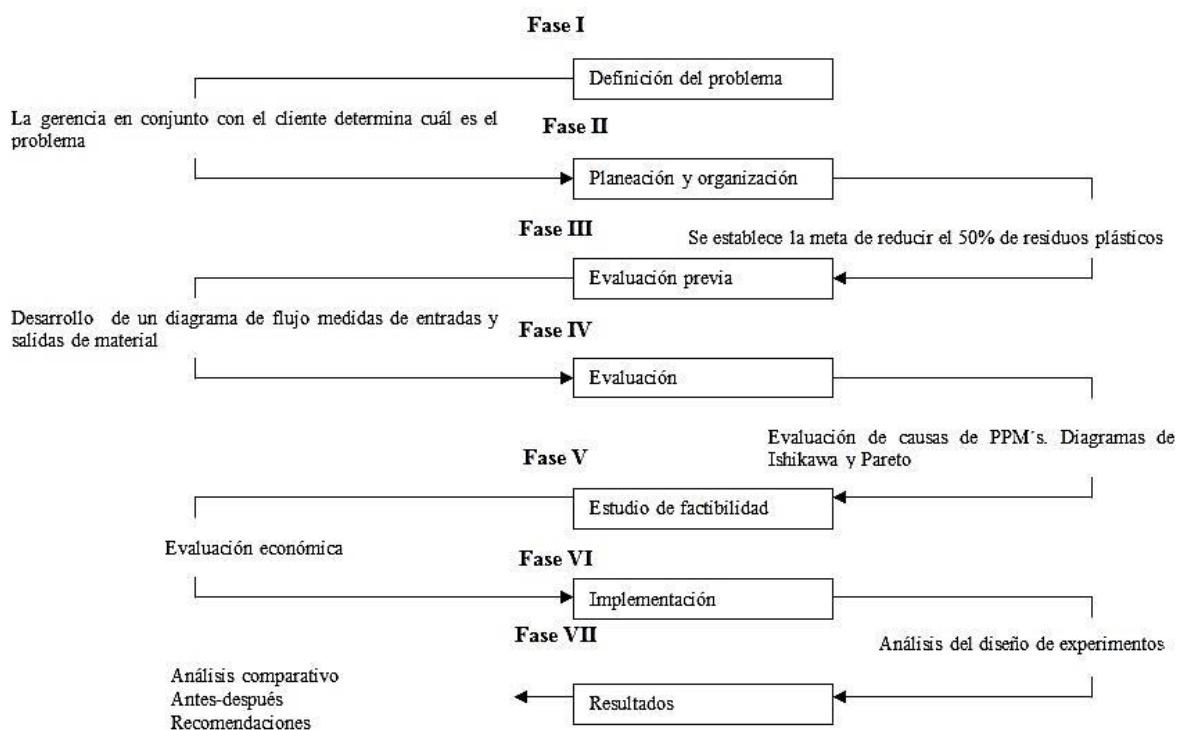
Método de investigación

Se define el problema partiendo de la información obtenida por medio de:

1. Encuestas o cuestionarios a los trabajadores de la empresa.
2. Entrevistas.
3. Registros de información.
4. Organizar, analizar y sistematizar la información.
5. Graficar los datos obtenidos
6. Interpretar la información para definir el problema.

Concluyendo que el problema son los residuos plásticos, para lo cual se aplicará la metodología de PML con sus siete fases, que a continuación se presenta en la Figura 1:

Figura 1. Diagrama de metodología de PML



DESARROLLO DEL TEMA

Aplicación del modelo dePML

Fase I.- El análisis de la información de la entrevista, registro de información, encuesta dio como resultado que el problema principal es el exceso de plástico en la empresa.

Fase II.- Al involucrar a todos los trabajadores del área de inyección, así como a los directivos de la empresa que son el apoyo más fuerte de este trabajo. La meta deseada es reducir el 50% los residuos plásticos manteniendo al personal y a la gerencia en completa comunicación de todo lo que se realice.

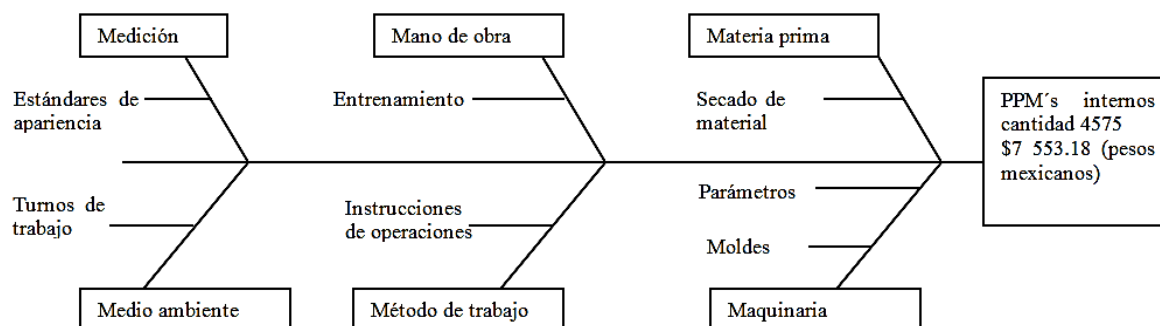
Fase III.- Con la realización del diagrama de flujo con entradas y salidas indicando en forma cuantificada donde se requiere mayor atención para obtener la eficiencia de las operaciones unitarias, seleccionando las metas previas bien detalladas y precisas. Los resultados de esta evaluación se dan en la Tabla 1, además de quedar definido que la meta es reducir los residuos plásticos de las resinas valox (BK1119) a un 50%, cabe mencionar que la información proporcionada es una referencia ya que los datos originales no se pudieron proporcionar por acuerdo de confidencialidad.

Tabla 1. Materias primas contabilizadas como merma de la empresa.

No.	Descripción de las resinas	Cantidad de resina del mes de noviembre 2002 (Kg)	Cantidad surtida a producción (Kg)	Cantidad de resina como producto terminado (Kg)	Cantidad de producción en proceso (Kg)	Cantidad de producto como PPM's (Kg)
1	Valox BK1119	47.725	26.699	20.0	3.699	3.0
2	Valox WH4131	36.5	8.950	6.5	0.45	2.0
3	PP20FGEU34WH	13.475	6.975	5.475	0	1.5
4	PBTWH4131	9.375	1.850	1.0	0	0.850
5	PBTWH9316	6.0	3.450	2.0	0	1.450
6	PBTBK10010	10.275	6.725	4.5	0.5	1.725
7	ABSBK4500	6.075	3.0	1.8	0	1.2

Fase IV.- Para detectar la raíz de la generación de los residuos plásticos, basados en las 6 M's: materia prima, mano de obra, maquinaria, métodos de trabajo, medición y medio ambiente como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama de Causa-Efecto del área de inyección de plástico



En este diagrama de causa-efecto, donde se ven problemas en la maquinaria desde el entrenamiento de la gente y la clasificación de defectos, al evaluarlos con el grupo de expertos quedaron como principales la rebaba y el punto de inyección que arrojó el diagrama de Pareto, se ve que el defecto con mayor frecuencia es el defecto de rebaba con 157 frecuencias, seguido del punto de inyección con frecuencia de 85, los cuales se clasificaron por números de partes para ver cuál de ellas tenía la mayor frecuencia y poder atacar al 80% de los defectos del área de inyección para la rebaba los números de partes fueron en las perillas, así mismo para el punto de inyección las partes fueron perillas. De las causas-efecto se obtuvo que primeramente los moldes y parámetros son los que propician la rebaba mientras que en el punto de inyección están los operadores. La acción correctiva para el punto de inyección, fue dar capacitación a los operadores en la máquina, sobre como cortar en las perillas este defecto así el cómo eliminar la rebaba en las perillas mientras que el problema de la rebaba seguía en los moldes, por ello se analizó el área de mantenimiento: revisión del pulido de las cavidades de estos 5 moldes de perillas problemáticas, cambio de botadores, rectificadores de superficies, cambios de resortes y cambio de oring's. Y la causa de este problema se resumió en el mal pulido de las cavidades, con una frecuencia de 21, donde como acción correctiva se realizó un programa de mantenimiento predictivo a estos moldes en específico. Aunado ha esto otra acción correctiva fue la capacitación para el manejo de materiales en la capacitación del personal de tolva y molineros sobre los tiempos de secado de las resinas, basándose en la hoja técnica proporcionada por el proveedor que es de 2 a 8 horas Y los volveros que deben mezclar correctamente los materiales en proporción de 80% material virgen y 20% de reproceso (material molido).

Fase IV.- Se propuso un diseño de experimento 2^4 factores que indique estadísticamente como contribuye al defecto de rebaba, enfocándose en los factores de los parámetros del área de los moldes con mayor problemática del defecto de rebaba: Plasticidad en la temperatura, pigmentación en el manejo de materiales, inyección en la presión e inyección en la velocidad.

Fase V.- Se realizó el estudio de factibilidad

Problema: 43 489.50 Kg de residuos plásticos al mes.

Causa: PPM's internos.

Volumen de las pérdidas por año: Todo rechazo interno causa el efecto "generación de residuos plásticos". Que asciende a \$14 797 338.48 al año.

Medidas para reducir estos costos tan elevados:

Aplicando la metodología de PML, se tendrá una reducción de generación de residuos plásticos en un 50%.

Ahorro bruto anual por llegar a la meta propuesta analíticamente será: \$7 398 669.24 al año.

Fase VI.- La experimentación fue parte del proceso de investigación científica y una de las técnicas que se aplicó al proceso de inyección de plásticos.

Se formularon hipótesis que se han de confirmar mediante experimentos que generan datos a partir del proceso, permitiendo observar más a fondo el problema de la rebaba con diferentes factores cada uno con dos niveles. La base del análisis está de acuerdo a los expresado por Douglas Montgomery, para estudiar los siguientes factores: La temperatura de plasticidad (A), la clase de pigmento (B), en forma cuantitativa el tiempo de inyección (C), y por último la presión de inyección (D), después de haberse tomado las lecturas de las diferentes combinaciones de los experimentos al hacerse en total 160 experimentaciones y después de haberse realizado las pruebas de Duncan. Se obtuvieron las siguientes observaciones: Los factores ABD juntos no afectan para darse el defecto de rebaba. El factor B, solo no afecta para crear la rebaba. Para el factor C, se observa que es el factor que afecta gravemente para darse el defecto de rebaba.

También el factor A, contrarresta al factor D, en función de B.

RESULTADOS

Los resultados de las hipótesis planteadas anteriormente para el diseño de experimento fueron los siguientes:

- Hipótesis 1.- La pareja de medias no significativamente diferentes, Y por eso se concluye que el nivel de temperatura de plasticidad más adecuado es de 170°C, de acuerdo a las recomendaciones de los expertos del área de inyección.
- Hipótesis 2.- La pareja de medias no es significativamente diferente. Y se concluye que no importa la clase de pigmento.
- Hipótesis 3.- La pareja de medias es significativamente diferente. Y se concluye que el nivel de tiempo de inyección apto es de 1.25 min.
- Hipótesis 4.- La pareja de medias son significativamente diferente. Y se dice que el nivel más adecuado es de 1650 Bar. de presión.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente investigación, proporcionó un proceso de producción estable que asegura la calidad del producto, implicando una reducción de generación de plásticos y costos, ya que las piezas están dentro de las especificaciones cubriendo las expectativas del cliente, contribuyendo también al medio ambiente del planeta.

Antes de aplicarse PML el defecto de rebaba generaba los residuos de plástico, dando altos costos. Después de la implementación de PML y con ayuda del diseño de experimento se da el siguiente comparativo en la Tabla 2, cabe mencionar que la información proporcionada es una referencia ya que los datos originales no se pudieron proporcionar por acuerdo de confidencialidad:

Tabla 2. Residuos plásticos

Antes (2011-2012)			Después (2013)	
Mes	Cantidad (Kg)	Costo (\$)	Cantidad (Kg)	Costo (\$)
Octubre	24 431	760 171.78		
Noviembre	31 745	948 897.44		
Diciembre	41 532.2	1 203 525.96		
Enero	43 498.5	1 233 111.54	40 250	1 101 225.5
Febrero	28 173.5	596 467.87	20 105	529 013.11
Marzo			10 840	297 539.06
Abril			5 513.7	163 250.18
Mayo			0	0

En cuanto al inventario de residuos plásticos se obtuvo la Tabla 3, comparando el antes y después, cabe mencionar que la información proporcionada es una referencia ya que los datos originales no se pudieron proporcionar por acuerdo de confidencialidad:

Tabla 3. PPM's Internos

Antes (2011-2012)			Después (2013)	
Mes	Unidades	Costo (\$)	Unidades	Costo (\$)
Octubre	4 575	7 553.18		
Noviembre	887	3 380.08		
Diciembre	3 269	2 625.06		
Enero	3 426	3 555.0	3 859	3 470.06
Febrero	1 559	2 557.0	1 535	2 581.00
Marzo			1 061	2 137.00
Abril			848	1 376.58
Mayo			735	891.08

En base al análisis del diseño de experimento realizado, se concluye que los parámetros de las máquinas para los cinco moldes problemáticos de perillas, se deben trabajar con:

- Temperatura de plasticidad 170°C.
- Clase de pigmento el que sea.
- Tiempo de inyección de 1.25 minutos
- Presión de inyección de 1650 Bar.

Con esta metodología de PML, se pueden resolver muchos problemas sin tener que invertir grandes capitales.

RECOMENDACIONES

Dentro del estudio se obtuvo información relevante como los cuatro factores que están vinculados entre sí, logrando cortar de raíz el problema de rebaba que atañe al 80% de la producción de la empresa. Además de comentar con el gerente de la empresa que esta metodología de PML, es capaz de contribuir para la competitividad empresarial, ya que se encuentra la participación de los "stake holders": Inversionistas, trabajadores, clientes, comunidad y proveedores colaborando juntos en este estudio, quienes opinaron sobre sus experiencias formando un vínculo muy

maduro para trabajar en conjunto con un solo objetivo: “ganar competencia ante sus adversarios”. Así que se le recomienda a la empresa darle seguimiento al mantenimiento de la metodología de PML. A manera de recomendación se sugiere el apego a la teoría del diseño de factorial 2^K y a la metodología de PML, a los investigadores que se enfrenten a este tipo de problemas pues encontrarán un recurso muy valioso en ello por ser tan flexible con las herramientas de Ingeniería Industrial, Taguchi y el método de diseño factorial.

REFERENCIAS

- Blanco R. (2001). “Hay mucho por hacer” en *Manufactura*. Año 8, número 75, septiembre, pp. 30-34.
- Castillo, L. (2002). *Producción Más Limpia*, [CD-ROM], Querétaro, Pedro Escobedo, CIDETEQ, 25 Mayo de 2002.
- Kume, H. (1985). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*, Edición de Oscar Torres, Colombia, Norma.
- Montgomery D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*, Limusa Wiley, Universidad Estatal de Arizona, Estados Unidos de América.

Buenas prácticas para la gestión de riesgos durante la etapa de ingeniería de requisitos**Good practices for the risk management in the phase engineering of requirements**

Triana Morales Bárbara
Cárdenas Álvarez Ráiner
Cordero Morales Dasiel

RESUMEN

En el área del conocimiento Ingeniería de Requisitos la Gestión de Riesgos juega un papel determinante para que el proyecto finalice con éxito. Tener identificados los riesgos que pueden evidenciarse en dicha etapa y las posibles soluciones a situaciones desfavorables o que puedan ser utilizadas como oportunidades, es una de las tareas que un líder de proyecto debe desarrollar con exactitud para que la toma de decisiones sea positiva y guíe al equipo de desarrollo a obtener un producto con calidad. El presente artículo expone riesgos que deben tenerse presente para que la Ingeniería de Requisitos de un proyecto de software no se vea afectada por los mismos, además de buenas prácticas para evitar que se materialicen y una propuesta para tratar los riesgos según su clasificación. La propuesta está basada en la experiencia de los autores y el análisis de bibliografía actualizada sobre el tema, evidenciando que la administración correcta de los riesgos durante la Ingeniería de Requisitos contribuye a alcanzar los objetivos del proyecto con éxito.

Palabras Clave: Buenas Prácticas, Calidad, Gestión de Riesgos, Ingeniería de Requisitos.

ABSTRACT

In the area of knowledge Engineering of Requirements the Risk Management plays a decisive role for the project's successful completion. Having identified the risks that may be evident at this phase and the possible solutions to adverse situations or can be used as opportunities, is one of the tasks that a project manager must develop for accurate the decision making and to lead a positive development team to obtain a quality product. This paper presents the risks that must have presents for the Engineering of Requirements of a software project not be affected by them, as well as best practices to prevent materialize and a proposal to address the risks according to their classification. The proposal is based on the authors' experience and analysis of current literature on the subject, showing that the proper risk management in the phase Engineer of Requirements helps to achieve the project objectives successfully.

Keywords: Good Practices, Quality, Risk Management, Engineering of Requirements.

INTRODUCCIÓN

La tendencia a que los proyectos de software se realicen en menos tiempo, sean más baratos y tengan menos defectos influye en que se realice un mayor esfuerzo en el área del conocimiento de Ingeniería de Requisitos (IR) y en la Gestión de los Riesgos que puedan incitar a un efecto negativo o positivo en el desarrollo del proyecto. Estos efectos pueden influir en factores como el tiempo, coste, calidad, entre otros factores.

Los objetivos de la Gestión de Riesgos se centran en aumentar la probabilidad e impacto de los riesgos positivos y disminuir el comportamiento de los riesgos adversos. (Project Management Institute, 2004)

La IR en un proyecto de software influye en todo el desarrollo del mismo, puede influir en el tiempo, el coste, en los recursos, en el personal, en la gestión de la calidad, entre otros factores. El proceso de la IR puede verse afectado por una cierta cantidad de riesgos negativos que de no realizarse una buena gestión de los mismos el proyecto puede ir al fracaso.

El objetivo del presente trabajo va encaminado a mostrar un listado de riesgos que deberían tener presente los líderes de proyecto para una eficiente IR, así como buenas prácticas lograr la calidad de esta etapa en el desarrollo de software y evitar que ocurran los riesgos. Puede servir de consulta y ayuda a los equipos de desarrollo de software para que no presenten en sus proyectos dichos riesgos o sepan que decisiones tomar si estuvieran en la presencia de uno.

Desarrollo

“La parte más difícil en la construcción de sistemas es decidir precisamente qué construir. Ninguna otra parte del trabajo conceptual es tan ardua como establecer los requerimientos técnicos detallados. Ninguna otra parte del trabajo puede perjudicar tanto el resultado final si se realiza de forma errónea. Ninguna otra parte es tan difícil de rectificar posteriormente.” (Brooks, 1995)

La IR es el área del conocimiento que explica cómo lograr la obtención, análisis, especificación y validación de los requisitos del software. (Pressman, 2005) (Sommerville, 2005)

Su objetivo es proporcionar el mecanismo adecuado para entender lo que el cliente quiere, analizar las necesidades, evaluar la factibilidad, negociar una solución razonable y especificarla sin ambigüedades, así como evaluarla conforme esta se transforma en un sistema operacional. (Pressman, 2005) (Sommerville, 2005)

Es importante decir que algunas de estas etapas ocurren en paralelo y que todas deben adaptarse a las necesidades del proyecto. Todas están dirigidas a definir lo que el cliente quiere y que sirven para establecer una base sólida respecto del diseño y la construcción de lo que obtendrá el cliente.

Pressman propone para esta área las siguientes etapas como se muestra a continuación en la Figura 1: Etapas de la Ingeniería de Requisitos: (Pressman, 2005)



Figura 1: Etapas de la Ingeniería de Requisitos

Inicio: Se realiza un estudio de factibilidad y se identifica una descripción funcional del proyecto.

Obtención: Se realiza de forma organizada el proceso de recopilación de requisitos. (Pressman, 2005)

Elaboración: Se describe la forma en que el usuario final interactúa con el sistema. Se obtiene el modelo de análisis que se estudiará en clases posteriores. (Pressman, 2005)

Negociación: Se negocia con el cliente en caso de que pidan nuevos requisitos o soliciten cambiar alguno de los que se definieron. En esta etapa se analizan los riesgos que pueda implicar un cambio, se hacen estimaciones asociadas al cambio y el impacto. (Pressman, 2005)

Especificación: Se describe la función y el desempeño de un sistema basado en computadora y las restricciones que regirán su desarrollo. (Pressman, 2005)

Validación: Se encarga de verificar que el requisito haga lo que tiene que hacer, se realiza a través de casos de prueba, de prototipos funcionales, de listas de chequeo o de métricas. (Pressman, 2005)

Gestión de Requisitos: Es un conjunto de actividades que ayudan al equipo de proyecto a identificar, controlar, rastrear y determinar los cambios de los requisitos. (Pressman, 2005)

Realizar una buena IR es de vital importancia pues a partir de los requisitos identificados se procede a construir el sistema. Es por esta razón que se debe realizar una buena Gestión de Riesgos durante dicha etapa.

Riesgos durante la etapa de IR

Para transitar por cada una de las etapas de manera satisfactoria se deben tener identificados los riesgos que pueden interferir en la IR y atentar contra la calidad del producto final. Pero no basta solo con identificarlos sino que es necesario crear estrategias para mitigarlos.

En la confección del listado de riesgos que pueden afectar un proyecto, casi siempre no se identifican riesgos asociados a una etapa del proyecto en sí, sino riesgos generales. La IR puede verse afectada por muchos factores (riesgos) que deben tenerse en consideración si se desea hacer un buen trabajo:

No contar con el personal necesario para la IR. Ejemplos:

- No se definió correctamente la cantidad de personas.
- El cliente condicionó la cantidad de personas para esta etapa sin tener presente la necesidad real.
- Las personas que fueron designadas a realizar esta tarea no se encuentran en ese momento por algún motivo.
- Abandono, temporal o total, de integrantes del equipo de desarrollo, con conocimientos técnicos y experiencia adquirida en la etapa de IR.

Sobrecarga de trabajo de los integrantes que intervienen en la IR:

- El riesgo 1 puede ser una causa directa que condicione una sobrecarga de trabajo en el personal encargado de levantar requisitos, pero esta situación se puede presentar también cuando, habiendo realizado un estudio previo de aplicaciones similares, se identifican una x cantidad de requisitos, se realiza una planificación del personal en base a lo estimado y en el instante de efectuar la IR aumentan considerablemente. En dicha situación las personas que participan en la etapa realizarían más esfuerzo que el planificado.
- Falta de gerencia y disciplina por parte de los trabajadores. Ejemplos:
- Las personas que participan en la etapa no cumplen con las actividades asignadas.
- El líder de proyecto no tiene autoridad en su equipo de trabajo.

Inexperiencia del personal inmerso en la IR. Ejemplos:

- El equipo de trabajo nunca ha participado en tarea de este tipo.
- El equipo de trabajo no ha recibido capacitación para esta tarea.

Inadecuada planificación del proyecto. Ejemplos:

Se define un cronograma sin tener presente el alcance del proyecto.

Surgen actividades que no estaban planificadas.

Inexperiencia del planificador del proyecto.

Coincidencia de las actividades que engloba la etapa de IR con otras actividades importantes dentro de la empresa.

Falta de tiempo para el la etapa de IR. Ejemplo:

El cliente definió una “x” cantidad de días para esta etapa sin haber realizado un análisis profundo.

No estudiar proyectos previos con características similares puede influir en que se obvian requisitos, funcionales y no funcionales, de este tipo de proyectos y en una inadecuada planificación de la etapa de IR.

No tener procesos definidos con métodos estandarizados para la IR. Ejemplos:

No tener plantillas definidas.

Las personas implicadas no siguen un estándar en el momento de realizar su trabajo lo que conlleva a que, si cada persona trabaja de forma diferente, puede ser difícil entender los requisitos por el personal del equipo de desarrollo encargado de las fases posteriores.

Existencia de muchos cambios en los requisitos que se capturan. Ejemplos:

El cliente no tiene un problema definido, solamente reconoce su existencia y solicita una solución para el mismo por lo que muchas veces no sabe/puede describir muchas de las tareas.

Mal levantamiento de requisitos por parte del equipo de desarrollo.

Características del cliente: distancia, disponibilidad, cooperación, conocimientos de informática, entre otros.
Ejemplos:

El cliente está lejos del equipo de desarrollo e interactúan frente a frente en pocas ocasiones.

El cliente tiene prioridades más importantes que el proyecto.

La comunicación con el cliente es vía correo electrónico, chat, teléfono, entre otros medios de comunicación que no permitan el contacto visual.

Falta de especialistas funcionales y técnicos por parte del cliente para efectuar la IR junto al equipo de desarrollo.
Ejemplo:

El cliente trabaja con una tecnología específica y no tiene personal disponible para que guíen al equipo de desarrollo durante la etapa de IR.

Ambigüedad en los requisitos capturados. Ejemplo:

Se utilizan palabras en la descripción de los requisitos que pueden tener más de un significado o interpretación.

Las condiciones de trabajo no son óptimas. Ejemplo:

No se tienen los recursos materiales y/o tecnológicos necesarios (sillas, mesas, local, computadoras) precisos.

Los requisitos no son comprendidos y no satisfacen las necesidades de los usuarios.

Se utiliza mal el lenguaje, lo que puede llevar a un mal entendimiento, horas de trabajo perdido, una mala comunicación entre miembros del equipo, y en definitiva una especificación de requisitos de poca calidad.

Propuesta para la Gestión de Riesgos

Teniendo como base el listado mencionado es recomendable realizar la lista de comprobación de dichos riesgos en el proyecto con el que el líder podrá valorar qué riesgos van a afectar la etapa de IR. Si no se gestionan los mismos puede que dicha etapa no se realice de la forma correcta y que se afecte el desarrollo del proyecto en general.

Así mismo como se deben realizar matrices de trazabilidad entre requisitos, para visualizar de qué manera se relacionan los mismos y analizar, en caso de verse afectado uno de ellos, el impacto que tendría dicho cambio en los demás con que se relacione; (Caelum Information & Quality Technologies, 2009) se propone que se realice una matriz de dependencia donde se vea reflejada la relación de cada requisito capturado con los riesgos, como se puede apreciar en la Tabla II: Matriz de dependencia requisito – riesgo, lo cual favorece al líder de proyecto en el momento de tomar decisiones sobre la estrategia a seguir.

Tabla II: Matriz de dependencia requisito – riesgo

Requisito	Riesgo			
	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3	Riesgo 4
Requisito 1		x	x	
Requisito 2	x	x		x
Requisito 3			x	

Clasificación de los Riesgos

Los riesgos se pueden clasificar, de manera general, en positivos o negativos. Siendo los riesgos positivos aquellos que pueden representar una oportunidad y los negativos una amenaza. (Project Management Institute, 2004)

Si se desea categorizar los riesgos de un modo más específico, para así contribuir a una mejora en la organización de los riesgos, Sommerville plantea que existen al menos seis tipos de riesgos: de tecnología, de personal, organizacionales, de herramientas, de requisitos y de estimación.

Los riesgos de tecnología: son aquellos que se derivan de tecnologías de software o de hardware utilizadas en el sistema que se está desarrollando.

Los riesgos de personal: son los que se asocian a las personas que conforman el equipo de desarrollo.

Los riesgos organizacionales: tienen que ver con el entorno organizacional donde el software se está desarrollando.

Los riesgos de herramientas: se derivan de las herramientas a utilizar en el desarrollo del sistema.

Los riesgos de requisitos: son aquellos relacionados a los cambios en los requisitos y la forma en que se gestionan dichos cambios.

Los riesgos de estimación: están relacionados con las estimaciones administrativas de las características del sistema y de los recursos que se requieren para su construcción. (Sommerville, 2005)

Indicadores para la Evaluación de los Riesgos

La evaluación de los riesgos permite determinar, según su prioridad, en qué indicador se verá reflejado. Estos indicadores pueden ser: el tiempo, el costo y los recursos; que se necesitarán si llega a concretarse un riesgo determinado.

Probabilidad de Ocurrencia y el Efecto de un Riesgo

Además se debe tener presente que si la estrategia del riesgo se va de nuestras manos, el efecto del mismo podría ser catastrófico en el proyecto y provocar que este último no se pueda realizar por lo cual es de vital importancia definir la probabilidad de que un riesgo ocurra y su efecto en el desarrollo del trabajo a realizar.

La probabilidad, aunque pueden definirla las personas del equipo de trabajo, la Guía del PMBOK propone: muy bajo (0% - 0.5%), bajo (0.5% - 0.10%), moderado (0.10% - 0.20%), alto (0.20% - 0.40%) y muy alto (0.80% - 100%), esto es en dependencia del por ciento con que puedan presentarse. (Project Management Institute, 2004)

En el caso del efecto puede ser: catastrófico, serio, tolerable o insignificante. (Sommerville, 2005)

Estrategias a Seguir

Cuando se va a definir una estrategia se debe tener presente la clasificación del riesgo, positivo o negativo, para así saber si se debe maximizar la oportunidad o minimizar la amenaza respectivamente, teniendo presente los indicadores que se afectan, la probabilidad de ocurrencia, el efecto y cómo se quiere que dichos datos varíen en beneficio del proyecto.

Para maximizar una oportunidad existen tres estrategias: (Project Management Institute, 2004)

Explotar: Busca eliminar la incertidumbre asociada con un riesgo del lado positivo en particular haciendo que la oportunidad definitivamente se concrete. Incluye asignar recursos más talentosos al proyecto para reducir el tiempo hasta la conclusión, o para ofrecer una mejor calidad que la planificada originalmente.

Compartir: Implica asignar la propiedad a un tercero que está mejor capacitado para capturar la oportunidad para beneficio del proyecto. Ejemplos: formar equipos con empresas para gestionar oportunidades.

Mejorar: Modifica el “tamaño” de una oportunidad, aumentando la probabilidad de ocurrencia y/o los impactos positivos.

Para minimizar una amenaza también existen tres estrategias a elegir: (Project Management Institute, 2004)

Evitar: Implica cambiar el plan de gestión del proyecto para eliminar la amenaza que representa el riesgo adverso, aislar los objetivos del proyecto del impacto del riesgo, reducir el alcance o ampliar el cronograma.

Transferir: Requiere trasladar el impacto negativo de una amenaza a un tercero dando a otra parte la responsabilidad de su gestión; no lo elimina. Es más efectivo cuando se trata de riesgos financieros donde pueden usarse contratos para transferir a un tercero la responsabilidad por riesgos especificados.

Mitigar: Implica reducir la probabilidad y/o el impacto de un evento de riesgo adverso a un umbral aceptable. Adopta acciones tempranas para reducir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y/o su impacto sobre el proyecto. A menudo es más efectivo que tratar de reparar el daño después de que ha ocurrido el riesgo. Donde no es posible reducir la probabilidad, una respuesta de mitigación puede tratar el impacto del riesgo, dirigiéndose específicamente a los elementos que determinan su severidad.

Existe una Estrategia Común ante Amenazas y Oportunidades: (Project Management Institute, 2004)

Aceptar: Se adopta debido a que rara vez es posible eliminar todo el riesgo de un proyecto. Esta estrategia indica que el equipo del proyecto ha decidido no cambiar el plan de gestión del proyecto para hacer frente a un riesgo, o no ha podido identificar ninguna otra estrategia de respuesta adecuada. Puede ser adoptada tanto para las amenazas como para las oportunidades.

Evaluación de los Riesgos

Es por ello que se propone la Evaluación del Riesgo como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** según su clasificación, el tipo de riesgo, los indicadores establecidos, la probabilidad de ocurrencia, el efecto que puede ocasionar y la estrategia a seguir. Dicha tabla permitirá que el líder de proyecto y los clientes puedan llegar a un consenso en el momento en que deban tomar una decisión ante un riesgo determinado.

Tabla III: Evaluación del Riesgo

Riesgo	Clasificación	Tipo de Riesgo	Indicador de Evaluación			Probabilidad	Efecto	Estrategia
			Tiempo	Costo	Recursos			
Aumento de los requisitos.	Positivo	Requisitos	X	X	X	Alto	Serio	Aceptar el aumento de requisitos, firmar con el cliente los cambios propuestos, aumentar el tiempo de desarrollo y el precio del proyecto final y replanificar los recursos.
Personal no capacitado para la etapa de IR.	Negativo	Personal	X	X		Muy Alta	Serio o Catastrófico	Mitigar la probabilidad y el efecto del riesgo. Tener identificado e impartir un plan de capacitación antes de la etapa de IR.
Disminución del presupuesto del proyecto.	Negativo	Organizacional	X	X	X	Baja	Catastrófico	Demstrar que el proyecto hace contribuciones importantes a las metas del negocio. Por lo que se puede Transferir a un tercero la responsabilidad del problema financiero mediante un contrato en el cual queden indentificadas las responsabilidades de las partes.

Buenas Prácticas

La mejor forma de tratar el riesgo es que no ocurra por lo que es importante realizar un Plan de Contingencia para evitar que se materialice, pero en caso de que lograra materializarse también se debe proponer la(s) medida(s) a seguir para tratar de minimizar su efecto. La experiencia del líder de proyecto juega un papel fundamental en la confección de las estrategias para cada tipo de riesgo aunque se puede apoyar en las demás personas que participan en la etapa de IR.

Los riesgos tienen que ser supervisados todo el tiempo, si han cambiado sus efectos, su probabilidad o alguna de sus características. La supervisión de los riesgos implica un plan que muestre las acciones y decisiones que se tomarán ante un riesgo que haya sido identificado, proyectado y evaluado. Una manera de evitar que los riesgos se puedan materializar es ejecutando un conjunto de buenas prácticas que se definen a continuación:

Mucho antes de efectuar la IR se debe tener definido el personal que realizará esta tarea, se debe prever también que si alguna persona del equipo se ve afectada por algún motivo (enfermedad, baja, problemas familiares) y no pueda seguir ejecutando su trabajo, exista otra persona en el equipo de trabajo que haya sido preparada con anterioridad

para que pueda asumir ese rol, garantizando que no haya variación en los indicadores de tiempo, costo y recurso y por lo tanto que la calidad del proyecto no se vea afectada.

Estandarizar la forma de escribir y describir los requisitos de manera que sea más fácil entenderlos por el personal del equipo de desarrollo encargado de las fases posteriores a la IR. Estandarizar las plantillas donde vayan a quedar registrados los requisitos. Los requisitos deben escribirse de una forma tecnológicamente neutra, es decir, especificar lo que el producto hace y no qué tecnología se usará para crearlo. Su especificación no debe ser ambigua. Eliminar todos los pronombres de la especificación de requisitos, sustituyéndolos por los sujetos. Tener cuidado con adjetivos y adverbios ya que pueden llevar a confusiones. Se debe evitar usar palabras que lleven a confusión al escribir los requisitos, como ‘debería’, ya que da a entender que el requisito es opcional. Confirmar que los involucrados en el negocio tienen el mismo entendimiento acerca de los requisitos que la persona que los escribe. (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación en España, 2008)

Documentar el alcance y visión del proyecto: permitirá tener un mejor entendimiento de los requisitos y asegurará que todas las personas involucradas en el proyecto trabajen hacia la misma meta. (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación en España, 2008)

Mantener un glosario del proyecto: facilitará una comunicación efectiva asegurando un entendimiento unánime. (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación en España, 2008)

Establecer un plan de mejora de procesos para la ingeniería de requisitos: para cumplir con las necesidades actuales y futuras de forma más eficiente y con mayor calidad. (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación en España, 2008)

Mantener trazabilidad de requisitos: para llevar un seguimiento de la vida de un requisito. (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación en España, 2008)

En la etapa de IR deben participar personas del equipo de trabajo que estén involucradas durante todo el proceso de desarrollo: líder de proyecto, arquitecto, analistas, y diseñador de base de datos pues esto asegura una validación temprana del entendimiento de los requisitos.

Impartir capacitación, al personal encargado de la IR, sobre técnicas de recopilación de información, descripción, entre otros cursos que el proyecto considere necesarios para que esta etapa se realice con la mayor calidad posible.

Estudiar técnicas aplicables a la planificación de proyectos que permitan hacer un mejor uso del tiempo destinado al desarrollo. Determinar a qué actividades se les puede aplicar holguras de tiempo sin que afecte la fecha final de entrega del proyecto y teniendo presente que una planificación con holgura mal realizada puede indicar falsos adelantos en el cronograma dando una idea errónea del avance del proyecto en sí.

Tratar de que el requisito sea lo más específico y medible posible.

Realizar un estudio de proyectos anteriores con características similares al proyecto a ejecutar para así obtener una visión global de la etapa de IR.

Utilizar técnicas de validación de requisitos (prototipo no funcional) para verificar con el cliente si se tuvieron presente todos los requisitos identificados.

Si el cliente trabaja con determinada tecnología este debe proveer la capacitación adecuada (transferencia de tecnología) al equipo de desarrollo antes de efectuarse la IR pues no se puede asimilar tecnología y levantar requisitos al mismo tiempo, además de que se podrá entender mejor al cliente cuando este especifique sus necesidades.

Saber negociar con el cliente para evitar cambios en los requisitos pactados y utilizando la técnica ganar – ganar.

Se debe usar un lenguaje común, entre el cliente y el equipo de desarrollo, de esta manera se generará una mayor confianza entre ambos y la comunicación fluirá de manera efectiva.

Hay que insertar en la cultura de la empresa, tanto cliente como desarrolladora, que durante la IR se deben planificar la menor cantidad de actividades posibles que involucren al personal que interviene directamente en esta etapa.

Hay que tener presente las características del cliente como la distancia y disponibilidad, si tiene conocimientos de informática, entre otras, para poder llegar a un entendimiento entre las partes involucradas durante la etapa en cuestión principalmente.

Manténgase en comunicación constante con su cliente, en caso de que la distancia sea un problema pues establezca canales de comunicación que permitan eliminar las barreras comunicativas.

Cuando se reúna con el cliente, deje un registro (texto, audio, imágenes, entre otros) porque esto le permitirá revisar las conversaciones y aclarar las dudas que tenga posterior al encuentro.

Garantizar el aseguramiento de logístico de esta etapa, como un local para realizar las entrevistas con el cliente, recursos materiales, transporte en caso de ser necesario, comida, entre otros.

Póngase en el lugar del cliente por unos instantes, si el cliente ha acudido a usted es porque necesita que le ayuden a resolver sus problemas. Él forma parte del proceso de producción. Además recuerde que el cliente ha experimentado el problema durante más tiempo y tiene más experiencia que aportar en este sentido. Si el cliente cree que una solución podría darse por una cierta vía: valórela, pues es muy probable que por esa vía llegue a encontrar la solución.

Evalúe los requisitos que propone el cliente teniendo presente que no todos son viables, ni realistas. Algunos tienen mayor urgencia que otros. Realice una tabla de evaluación y analícelos, eso ayudará a entender mejor lo que debe hacer.

Una vez realizada la captura de requisitos y validada mediante la presentación de un prototipo no funcional ante el cliente, este último debe firmar un documento legal donde exprese que está de acuerdo con los requisitos identificados para evitar que estos sufran variaciones cada cierto tiempo al antojo del cliente.

No agregar más recursos humanos a un proyecto atrasado cumpliendo con la Ley de Brooks que plantea “Agregar recursos humanos a un proyecto retrasado lo hace demorarse aún más”. (Brooks, 1995)

Conclusiones

Antes de efectuarse la IR se deben empezar a garantizar todos los medios necesarios para que el mismo pueda realizarse, posteriormente, con la calidad requerida y deseada. Desafortunadamente por muchas medidas que se tomen con antelación existen muchos riesgos que surgen según se efectúa la IR y que, de no tener una estrategia de mitigación o aprovechamiento, puede traer consecuencias nefastas o perder oportunidades únicas.

Es por estas razones que se deben seguir un conjunto de buenas prácticas pues estas sirven de guía, durante todo el proceso, al equipo de desarrollo, permitiéndoles realizar su trabajo con una mayor eficiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brooks, Jr, Frederick P. The Mythical Man-Month. s.l. : Addison-Wesley, 1995.

Caelum Information & Quality Technologies. Gestión y Desarrollo de Requisitos en Proyectos de Software. págs. 1-15.

Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación en España. Guía Práctica de Gestión de Requisitos. España : INTECO, 2008. págs. 11,17-19.

Pressman, Roger S. Ingeniería del Software. Un enfoque Práctico. Sexta Edición. s.l. : Mc Graw Hill, 2005. págs. Capítulo 7, Pág. 155-190.

Project Management Institute. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Tercera. EE.UU : Four Campus Boulevard, 2004. págs. 237-238, 245-252,340.

Sommerville, Ian. Ingeniería del Software. [ed.] Miguel Martín-Romo. Séptima. s.l. : PEARSON EDUCACION S.A., 2005. págs. 98-99,131-151.

Colección de corales pétreos

Barbán Góngora Nilber
Gainza Martínez Isledy

RESUMEN

En el Acuario Nacional Cuba existen numerosas colecciones marinas que revisten gran importancia para la comunidad científica mundial, una de estas es la colección de Corales Pétreos. La misma es consultada por especialistas, estudiantes e interesados en el tema, tanto cubanos como foráneos. Debido a su continuo manejo ha sufrido deterioro, además por los cuidados que se deben tener no es posible que todos aquellos interesados puedan tener acceso a la misma. Por lo que se decide desarrollar una aplicación con tecnología multimedia que facilite el acceso a la colección sin necesidad de dañarla. En el presente trabajo se exponen los resultados de la investigación realizada sobre las metodologías de desarrollo de software, los lenguajes de modelado, las herramientas de autor, así como los lenguajes de programación y se justifican las selecciones hechas para el desarrollo de la aplicación.

Palabras claves: colección, coral pétreo, tecnología multimedia

COLLECTION OF STONY CORALS**ABSTRACT**

National Aquarium in Cuba there are numerous marine collections of great importance to the global scientific community, one of these is the collection of Stony Corals. It is consulted by scholars, students and interested in the subject, both Cuban and foreign. Due to their continued operation is impaired, and for care to be taken is not possible that all those interested can have access to it. So they decided to develop an application with multimedia technology to facilitate access to the collection without damaging it. This paper presents the results of research on the software development methodologies, modeling languages, authoring tools and programming languages and justify the choices made for the development of the application.

Keywords: collection, multimedia technology, stony coral

INTRODUCCIÓN

Entre los años 1970 y 1973 comienza a formarse la Colección de Corales Pétreos de Cuba en el Instituto de Oceanología de la entonces Academia de Ciencias de Cuba, hoy CITMA. En esta fecha se inicia el estudio detallado de la fauna de corales pétreos en los mares cubanos llevado a cabo por los investigadores Vassil Zlatarski de la Academia de Ciencias de Bulgaria y Nereida Martínez-Estalella del Instituto de Oceanología de Cuba. Esta colección cuenta con 4,980 ejemplares reunidos en 15 familias, 28 géneros, 41 especies, 4 subespecies y 23 formas, de estas, 5 nuevas para la ciencia. Actualmente se conserva en el Acuario Nacional de Cuba y está considerada como una de las más completas y mejor conservadas en instituciones similares del área de América Latina y el Caribe. Prueba de ello fue el inventario realizado en el año 2003, el cual mostró que el 83% de la colección se conserva en perfecto estado.

La colección ha viajado dos veces a Bulgaria. Para su traslado fue empaquetada en 22 cajas de madera de grandes dimensiones (220 cm x 120 cm x 100 cm) donde cada ejemplar permanecía envuelto en papel para protegerlo de golpes. La primera vez que viajó fue en 1975, por vía aérea desde La Habana hasta Sofía, Bulgaria, donde se concluyó el trabajo de laboratorio y el manuscrito de la monografía. La colección permaneció dos años en la Academia de Ciencias de Bulgaria donde cada ejemplar fue fotografiado por un fotógrafo búlgaro y filmada en un documental que nunca llegó a Cuba, después de este tiempo regresó a la Habana.

La colección se mantuvo en el Instituto de Oceanología (IDO) hasta el 2005, en ese año la dirección de CITMA decidió que todas las colecciones del IDO pasaran al Acuario Nacional de Cuba (ANC) y una vez más la colección de corales fue empaquetada pieza por pieza, cada una de ellas envuelta en papel y colocada en cajas esta vez de cartón. Desde esa fecha permanece en el Departamento de Colecciones Marinas del ANC.

En la actualidad numerosos especialistas, estudiantes e interesados de diversos países consultan esta colección, sus ejemplares han sido estudiados en varios cursos de postgrado de taxonomía, impartido en ocasiones por los formadores de la colección, a especialistas cubanos y extranjeros.

Aunque el por ciento de conservación de la colección está considerado entre los mejores del mundo, su carácter móvil para su estudio y/o exposición, ha provocado deterioros que se reflejan en su estado actual, de aquí la importancia de buscar una alternativa para permitir el estudio de estos ejemplares sin que sean trasladados. Hasta hace poco tiempo no existía un producto informático que permitiera a investigadores e interesados en el tema, estudiar la Colección de Corales Pétreos existentes en nuestro país, por lo que se decidió definir éste como problema científico.

Con el propósito de encontrar una solución al problema planteado se definió como objetivo general: desarrollar una aplicación con tecnología multimedia que permita digitalizar la colección y facilitar su estudio

en diferentes lugares del mundo, objetivo que de cumplirse con éxito ayudaría además a reducir en un alto por ciento el deterioro de la colección.

A partir del problema planteado se decidió estudiar el proceso de desarrollo de software con tecnología multimedia, y como campo de acción específicamente el proceso de análisis, diseño e implementación del software con tecnología multimedia “Colección de Corales Pétreos”.

DESARROLLO

MATERIALES Y MÉTODOS

Herramienta de autor

Para el desarrollo de este trabajo se analizaron varias herramientas de autor a petición del cliente, entiéndase por estas herramientas como software que permiten crear aplicaciones, que a la hora de ser ejecutadas no necesitan de la herramienta creadora, entre ellas Mediator 6 EX, Macromedia Director y Macromedia Flash 8. Se selecciona como herramienta de autor para el desarrollo de la aplicación Macromedia Flash 8, debido a que soporta flujo progresivo por defecto, lo cual define que los fotogramas son cargados individualmente y pueden ser mostrados antes de que se cargue todo el archivo, el empleo de gráficos vectoriales hace que los archivos ocupen menos espacio y consuman menos ancho de banda al ser transmitidos, soporta funcionalidades para la carga de datos a través de XML, sonido MP3, imágenes de múltiple formato, así como otras aplicaciones generadas en Flash. Otra de las grandes ventajas de Flash 8 es que las aplicaciones desarrolladas son multiplataforma. El aumento de hasta 10 veces más en la velocidad de las películas también es una ventaja que proporciona esta herramienta.

Otras ventajas:

- Diseños más atractivos.
- Optimización de fuentes.
- Bibliotecas integradas.
- Mayor potencia de animación.
- Mayor potencia gráfica.
- Mejoras en la importación de video.
- Compatibilidad Metadatos.
- Emulador para dispositivos móviles.
- Asistente de ActionScript. (aulaClic, 2008)

Lenguajes de programación

XML

XML es un Lenguaje de Etiquetado Extensible muy simple, pero estricto que juega un papel fundamental en el intercambio de una gran variedad de datos. Es un lenguaje muy similar a HTML pero su función principal es describir datos y no mostrarlos como es el caso de HTML. XML es un formato que permite la lectura de datos a través de diferentes aplicaciones. Las tecnologías XML son un conjunto de módulos que ofrecen servicios útiles a las demandas más frecuentes por parte de los usuarios. XML sirve para estructurar, almacenar e intercambiar información. (W3C, 2010)

Algunas ventajas de XML:

Es extensible.

El analizador es un componente estándar, no es necesario crear un analizador específico para cada versión del lenguaje.

Si un tercero decide usar un documento XML es sencillo entender su estructura y procesarla.

Mejora la compatibilidad entre aplicaciones. (Hernández, 2012)

Además no requiere licencias, es independiente de la plataforma y tiene un amplio soporte. Debido a su alta portabilidad de datos es considerado como una base de datos.

ActionScript 2

ActionScript es el lenguaje de programación utilizado para desarrollar aplicaciones web animadas realizadas en el entorno de Flash. Fue introducido por Macromedia Flash 4, siendo desde la versión de Flash MX 2004 un verdadero lenguaje de programación orientada a objetos, y desde entonces hasta ahora, ha ido ampliándose poco a poco, hasta llegar a niveles de dinamismo y versatilidad muy altos. (aulaClic, 2009)

ActionScript 2.0 es una actualización al lenguaje de scripts o secuencias de comandos de Flash, que mejora de forma radical el desarrollo orientado a objetos mediante la formalización de la sintaxis y la metodología de la Programación Orientada a Objetos (OOP). Con una orientación eminentemente práctica, ActionScript 2.0 permite ajustar y crear la arquitectura de un proyecto orientado a objetos, así como comprender cómo los componentes de interfaz y las subclases de clip de película se relacionan en una aplicación de Flash bien estructurada.

Metodología

Entiéndase por metodología el “Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal” (Real Academia Española), en este caso investigación científica se refiere al proceso de documentación y desarrollo de software.

“Las empresas que desarrollan software no pueden ignorar que su negocio es un negocio de software, y que el modelo que cada una adopte para las actividades de desarrollo y mantenimiento tiene implicaciones relevantes en la eficiencia general del negocio. El problema que pueden encontrar quienes deciden implantar métodos más eficientes, es caer en la desorientación ante el abanico de modelos de calidad, de procesos y de técnicas de trabajo desplegado en la última década; o abrazar al primero que se presenta en la puerta de la organización como “solución” de eficiencia y calidad”. (Pérez, 2006)

Entre las diferentes metodologías que se estudiaron se encuentran OORAM del inglés Object Oriented Role Analysis and Modeling, RUP (Proceso Unificado del Rational) y XP (Programación Extrema), de las cuales resultó ser RUP la más apropiada para el desarrollo del proceso en cuestión; dado que desde muy temprano establece una sólida arquitectura, que al producirse cambios posteriores, no sufre un gran impacto. Otra de las características que se tuvo en cuenta para la selección de la metodología, es su enfoque iterativo e incremental, lo que permite trabajar en iteraciones de corta duración y que presentan metas bien definidas. En cada iteración existen entregables que deben ser legibles. Las iteraciones permiten detectar y corregir errores en etapas tempranas del desarrollo posibilitando no tener que realizar grandes cambios en fases avanzadas, una vez se ha concluido una iteración si satisface la necesidades se inicia la siguiente hasta que se logra un producto de calidad.

Lenguaje de modelado

Antes de analizar los lenguajes de modelados es preciso decir que un modelo es una abstracción del sistema que permite especificarlo a cierto nivel y que ayuda al ingeniero a “visualizar” el sistema a construir y si posee un gran nivel de abstracción puede ser utilizado también en la comunicación con el cliente.

Los modelos se usan para muchos propósitos:

- Para captar y enumerar exhaustivamente los requisitos y el dominio de conocimiento, de forma que todos los implicados puedan entenderlos y estar de acuerdo con ellos.
- Para pensar en el diseño de un sistema.
- Para capturar decisiones del diseño en una forma mutable a partir de los requisitos.
- Para generar productos aprovechables para el trabajo.
- Para organizar, encontrar, filtrar, recuperar, examinar, y corregir la información en grandes sistemas.
- Para explorar económicamente múltiples soluciones.
- Para domesticar los sistemas complejos. (Booch, Jacobson, & Rumbaugh, El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia (1ra ed.), 2000)

Los lenguajes de modelado analizados fueron: Lenguaje Unificado de Modelado (UML: Unified Modeling Language), Lenguaje para la modelación Orientada a Objetos de Aplicaciones Multimedia: OMMMA – L, ApEM-L: Lenguaje para la Modelación de Aplicaciones Multimedia Educativas. De estos se decide emplear

ApEM– L como lenguaje para la modelación de la solución del problema en cuestión, ya que es un lenguaje extensivo de UML por lo que mantiene sus fundamentos y su estilo de trabajo, además tiene como bases teóricas OMMMA – L (2001) y OCL 2.0 (2003), lo que permite modelar aplicaciones con tecnologías multimedia que utilicen el paradigma orientado a objetos. Por otra parte puede utilizar para su representación todas las herramientas CASE que actualmente existen para la modelación de UML. Al seleccionar este lenguaje se tuvo en cuenta también que el mismo trata de forma más detallada los conceptos referentes a software con tecnología multimedia, ofrece una visión mejor de los componentes al equipo de desarrollo en general y a los clientes. Además al definir nuevas clases y redefinir el patrón MVC_{MM} para representar exclusivamente los elementos de un software con tecnología multimedia, con características descriptivas, se logra un producto con alta calidad. Resuelve el principal problema en la modelación de este tipo de aplicaciones: los elementos de navegación y presentación, mediante la incorporación de los diagramas de Estructura de Navegación y de Estructura de Presentación. En las aplicaciones con tecnología multimedia lo más importante es el estímulo visual, proporcionado en este lenguaje por la Vista de Presentación, que además tiene asociada una descripción textual donde se incluye las descripciones de las medias y los elementos pedagógicos que se deben tener en cuenta en caso de ser un software educativo. Estas descripciones son similares al guión de contenido que se utiliza actualmente en aplicaciones de este tipo. Permite que el equipo de desarrollo pueda entender mejor la estructura y funcionamiento de la aplicación, dejando a un lado los casos de uso, que para aplicaciones con estas características no son lo más recomendado.

Algunas ventajas de ApEM-L:

Puede utilizar para su representación todas las herramientas CASE que existen actualmente para la modelación de UML.

Es un lenguaje que utiliza el estándar internacional OCL, para la modelación de la programación Orientada a Objetos.

No modifica la semántica del lenguaje base UML, sino que trabaja en estereotipos restrictivos, por lo que a su vez produce modificaciones descriptivas y decorativas en la representación de los componentes del lenguaje base. (Ciudad, 2007)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para resolver el problema expresado inicialmente se desarrolló el software con tecnología multimedia “Colección de Corales Pétreos”.

El producto está dirigido, como ya se especificó, a especialistas y a todos aquellos que de una u otra forma estén interesados en el tema y que tengan un conocimiento básico sobre computación para navegar en el

software. Permite acceder al contenido de cada especie, entiéndase por la información asociada a cada una de ellas y las imágenes en su medio natural y en su lugar de conservación; y conocer su sistemática, realizar búsquedas de palabras o frases dentro de cada clase de corales, así como imprimir el contenido de una especie. También permite consultar un glosario de términos específicos de la colección así como conocer sobre la historia de esta donde se muestran imágenes relevantes de la misma, un video y texto. Para hacer el producto más ameno, brindará la opción de escuchar un tema musical de fondo al iniciar la aplicación, teniendo la posibilidad de desactivarlo o activarlo según se desee.

A continuación se muestra una imagen de la aplicación.



Figura 1: Imagen de la aplicación.

Para el sistema con tecnología multimedia desarrollado sólo se identificaron conceptos y objetos relacionados con el tema, no logrando definir procesos específicos del sistema, por lo que se propuso la realización de un modelo de dominio.

Un modelo de dominio, o modelo conceptual, sólo tiene en cuenta los tipos de objetos más importantes del sistema. Los objetos del dominio representan los eventos que suceden en el entorno en el que trabaja el sistema. Dicho modelo representa conceptos del mundo real y se describe mediante diagramas UML, en especial diagramas de clases. (Booch, Jacobson, & Rumbaugh, El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia (1ra ed.), 2000)

A continuación se detallan los conceptos del dominio.

Clase: Categoría taxonómica superior que reúne varios Ordenes.

Orden: Categoría taxonómica superior que contiene dentro de sí varias Familias con características similares.

Familia: Se define como una categoría sistemática que incluye un género o un grupo de ellos con un origen filogenético común y que está separado de otras familias por un espacio o vacío determinado.

Género: Es una unidad taxonómica colectiva constituida por un número de especies similares y relacionadas. Visto por los evolucionistas es un grupo de especies que descienden de un ancestro común.

Especie: Es la categoría taxonómica más importante en la biología. Se define como grupos de poblaciones naturales de actual o potencial entrecruzamiento que se reproducen aisladas de otros grupos similares.

Subespecie: Son agrupaciones de poblaciones locales geográficamente definidas que difieren taxonómicamente en algunas características la especie.

Forma: Se considera un “término neutral”, es decir que se usan en la taxonomía de manera informal, particularmente en aquellos casos en que faltan datos o pruebas para la clasificación como subespecie o especie. Se utiliza la forma para una unidad, o un grupo o un número de unidades.

Colección de corales: Conjunto de corales relacionados entre sí.

Especialistas e interesados: Son todas aquellas personas que de una u otra forma están interesadas, en este caso específico, en la colección.

Contenido: Información que contiene el producto multimedia relacionado con cada especie en particular.

Historia: Breve reseña de la colección desde su creación.

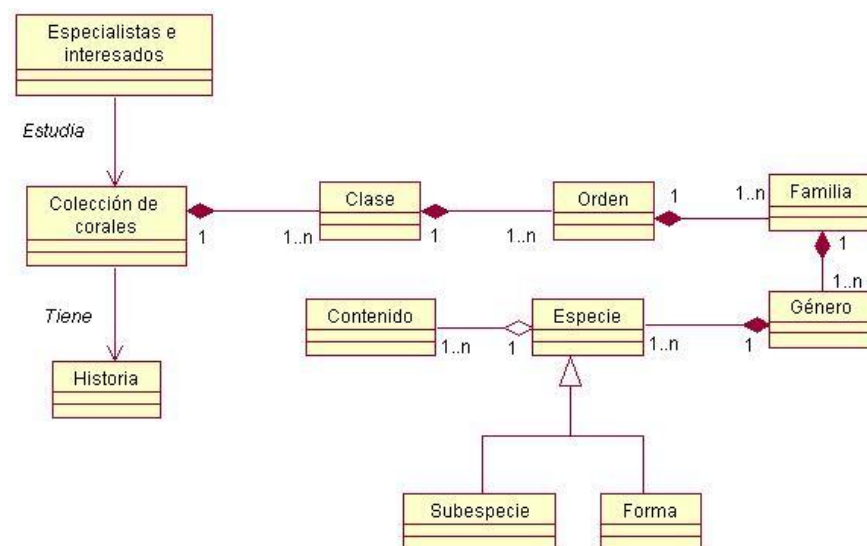


Figura 2: Modelo del dominio.

Requisitos del sistema

Los requerimientos o requisitos, según la definición dada por la IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology, son las condiciones o capacidades que debe cumplir un sistema para resolver un problema o lograr un objetivo especificado por el usuario.

La captura de requisitos “es el proceso de averiguar, normalmente en circunstancias difíciles, lo que se debe construir”. (Booch, Jacobson, & Rumbaugh, El Proceso Unificado de Desarrollo de Software, 2000)

El software desarrollado cumple con los siguientes requisitos funcionales:

R1: Mostrar presentación de la aplicación.

R2: Mostrar breve reseña histórica de la colección.

R3: Permitir la fácil navegación a través de cada una de las clases de corales pétreos hasta las especies.

R3.1: Mostrar la jerarquía existente desde las clases hasta las especies.

R4: Mostrar el contenido referente a cada una de las especies.

R4.1: Mostrar en la pantalla de inicio de cada clase el o los órdenes que lo componen.

R4.2: Mostrar las familias pertenecientes a cada orden.

R4.3: Mostrar los géneros asociados a cada familia.

R4.4: Mostrar el conjunto de especies del género seleccionado.

R4.5: Mostrar el texto del contenido de la especie seleccionada por el usuario.

R5: Permitir realizar búsquedas dentro de cada una de las clases.

R5.1: Realizar búsqueda por un criterio dado: palabra o frase.

R5.2: Mostrar los resultados de la búsqueda en una ventana emergente.

R5.3: Permitir el acceso, a través de la ventana emergente, al contenido de las especies según selección del usuario.

R6: Permitir al usuario el control del audio de fondo.

R6.1: Permitir al usuario poder activar o desactivar el audio.

R7: Permitir la opción de imprimir el contenido incluido en la aplicación.

R7.1: Permitir imprimir el contenido de una especie.

R8: Permitir al usuario abandonar la aplicación desde cualquier pantalla en que se encuentre.

R8.1: Mostrar la opción de confirmación de salida de la aplicación al usuario.

R9: Mostrar créditos una vez confirmada la salida de la aplicación.

R10: Mostrar imágenes de cada una de las especies que componen la colección.

R11: Mostrar el mapa de ubicación de las especies.

R12: Permitir restaurar o maximizar la aplicación.

R13: Mostrar glosario de términos.

El desarrollo de este producto posee un gran impacto social ya que permite a cualquier persona interesada en el tema, estudiar y profundizar en el estudio de los corales pétreos de la plataforma marina cubana, contribuyendo notablemente a la informatización de la sociedad y a fomentar el cuidado del medio ambiente.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un producto interactivo que permite realizar estudios de la Colección de Corales Pétreos existente en Cuba sin necesidad de trasladarlos de su lugar de conservación y ayudará a reducir en un alto por ciento el deterioro de la colección prolongando sus años de vida.

Al publicarse la aplicación en formato CD muchos son especialistas e interesados en el tema que han podido acceder a la información de la colección, que antes les era casi imposible.

REFERENCIAS

aulaClic. (Marzo de 2008). Unidad 1. Introducción a Flash 8 (I). Recuperado el 25 de Febrero de 2013, de aulaClic: http://www.aulaclip.es/flash8/t_1_1

aulaClic. (Octubre de 2009). Unidad 17. Introducción a ActionScript 2 (I). Recuperado el 25 de Febrero de 2013, de aulaClic: http://www.aulaclip.es/flash8/t_17_1.htm

Booch, G., Jacobson, I., & Rumbaugh, J. (2000). El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia (1ra ed.). Madrid, España: Addison-Wesley.

Booch, G., Jacobson, I., & Rumbaugh, J. (2000). El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Madrid, España: Pearson Educación.

Ciudad, F. (2007). ApEM-L como una nueva solución a la modelación de aplicaciones educativas multimedia en la UC. Ciudad de la Habana.

Hernández, E. O. (Octubre de 2012). (Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca) Recuperado el 27 de Febrero de 2013, de Slideshare: <http://es.slideshare.net/CRAZYGOES/xml-14708025>

Pérez, Y. (2006). Metodologías para el desarrollo de software educativo: Un estudio comparativo. Universidad de las Ciencias Informáticas. Ciudad de la Habana.

Real Academia Española. (s.f.). (Real Academia Española) Recuperado el 27 de Febrero de 2013, de Diccionario de la Real Academia Española: http://buscon.rae.es/drae/?type=3&val=metodolog%C3%ADa&val_aux=&origen=REDRAE

W3C. (Junio de 2010). Guías Breves de Tecnologías W3C, Tecnologías XML. (W3C) Recuperado el 26 de Febrero de 2013, de W3C España: <http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/TecnologiasXML>

Competencias en la licenciatura en arquitectura Buap

Carranza Luna José Eduardo
Ruiz Vázquez Nelly

Resumen

La educación por competencias se ha venido implementando paulatinamente en todos los programas educativos del país.

La BUAP no ha sido ajena a eso y desde la implementación del Modelo Universitario Minerva (2009) ya establece la necesidad imperiosa de que todas las carreras trabajen sus programas educativos bajo este modelo que impulsa tanto la educación por competencias como el enfoque constructivista.

La Facultad de Arquitectura de la BUAP ha puesto especial cuidado en el conocimiento del entorno y el contexto de lo que está ocurriendo dentro de la sociedad en que se halla inmersa, pues es ahí en el mundo real donde están los problemas a los que deberán enfrentarse los egresados.

Se ha tratado de identificar con cuidado cuales son los problemas que se requiere, que sean resueltos por los profesionales de la arquitectura para capacitarlos, aumentar su competitividad ante las exigencias de capacitación, de desarrollo, de potencialidades y destrezas para que los futuros arquitectos puedan enfrentar mejor su práctica profesional y sean realmente competentes y exitosos.

Hoy en día los diferentes marcos teóricos, conceptualizaciones y enfoques apuntan al aprendizaje de tipo constructivista, dinámico, evolutivo, disciplinar, y que sobre todo permitan el ir perfeccionando las competencias a lo largo del tiempo. Es por esta razón que juzgamos necesario debatir de manera constante lo que sucede al exterior y luego intentar hacer una reflexión al interior de la facultad para revisar lo que se ha logrado y lo que no, para hacer las modificaciones puntuales que esto implica tomando siempre en consideración las situaciones reales que nos plantea la realidad en su contexto socioeconómico, político y tecnológico en que se vive.

El énfasis ya no se está poniendo en la docencia sino en el aprendizaje, en lo que se tiene que lograr o conseguir que aprendan los alumnos para resolver problemas y situaciones complejas. Entonces la tarea es elaborar una y otra vez la curricula para hacer que el programa académico contenga las suficientes estrategias de enseñanza – aprendizaje que permitan y evidencien un nuevo profesional de la arquitectura en las universidades públicas del país.

Introducción

Para el programa educativo de la Licenciatura en Arquitectura se busca asegurar una sólida formación de los estudiantes y la calidad de los programas educativos de modo que, los egresados posean competencias que les permitan responder a las nuevas necesidades del entorno local e internacional.

Esto implica hacer una autoevaluación sobre la pertinencia y resultados obtenidos con el Modelo Universitario Minerva, ya que para alcanzar la meta institucional de acreditación internacional de la Licenciatura en Arquitectura, será necesario actualizar el plan de estudios y los programas de asignatura de modo que se garantice el desarrollo las competencias profesionales de los egresados.

El área de integración disciplinaria de la Licenciatura en Arquitectura “...permite complementar y consolidar la formación académica del estudiante, afianzando sus destrezas y habilidades, aptitudes críticas, reflexivas y constructivas, logrando una gradual adaptación a su actividad como profesional...¹; es precisamente por ser un espacio para el desarrollo tanto de competencias genéricas como específicas del estudiante que resulta importante la reflexión y crítica de la situación actual de ésta área.

Planteamiento

El programa educativo vigente de la Licenciatura en Arquitectura define como una de las características del egresado que “debe dominar los conceptos de su acción al diseñar, ya que involucran los aspectos técnicos, estéticos, teóricos, metodológicos y de representación, así como los conocimientos pertinentes de procedimientos constructivos²”; esto implica tanto la construcción de los conocimientos disciplinares como su integración para la solución de problemas de diseño.

Con la creación del Modelo Universitario Minerva en 2009 se reestructuraron los planes de estudio vigentes en las distintas unidades académicas de la BUAP siguiendo los principios de dicho modelo. Entre otros cambios en la estructura curricular, se creó el área de integración disciplinaria cuya función es que el estudiante genere nexos entre los contenidos de las asignaturas de manera que vincule los conocimientos, habilidades, actitudes y valores previamente adquiridos con los que simultáneamente adquiere en cada nivel de su formación.

Para el programa de la Licenciatura en Arquitectura, las asignaturas del área de integración disciplinaria son tanto los Talleres de Diseño del nivel básico y formativo, como las asignaturas integradoras DESIT que son Administración de Proyectos, Proyectos I+D I, Proyectos I+D II y las asignaturas no cursativas de la Práctica Profesional Crítica (Servicio social y Prácticas profesionales).

¹ VELEZ, González Samuel Ricardo; (2013), “Proyecto Tuninig América Latina; Educación Superior en América Latina Reflexiones y Perspectivas en Arquitectura”; Edit., Universidad de Deusto Bilbao, España

² Maestro en Finanzas, cel. 311-122-80.17 correo electrónico mily702@hotmail.com.

La educación basada en competencias es una nueva orientación educativa que pretende dar respuestas a la sociedad de la información. El concepto de competencia, tal y como se entiende en la educación, resulta de las nuevas teorías de cognición y básicamente significa saberes de ejecución. Puesto que todo proceso de “conocer” se traduce en un “saber”, entonces es posible decir que son recíprocos competencia y saber: saber pensar, saber desempeñar, saber interpretar, saber actuar en diferentes escenarios, desde sí y para los demás.

La educación basada en competencias (Holland, 1966-97) se centra en las necesidades, estilos de aprendizaje y potencialidades individuales para que el alumno llegue a manejar con maestría las destrezas señaladas por la industria. Formula actividades cognoscitivas dentro de ciertos marcos que respondan a determinados indicadores establecidos y asienta que deben quedar abiertas al futuro y a lo inesperado.

Gardner (1998), señala que quien se educa para producir artísticamente ha de construir percepciones que van más allá de las habilidades de saber mirar, observar, captar y que, por lo tanto, las otras habilidades conjuntas a la competencia “construir percepciones” son: saber distinguir y discriminar desde el pensamiento artístico y desde un marco conceptual que fundamente la relación entre las habilidades, los procesamiento cognitivos y los valores. Así, las competencias se acercan a la idea de aprendizaje total, en la que se lleva se reconoce el valor de lo que se construye, los procesos a través de los cuales se ha realizado tal construcción, y el reconocimiento como la persona que ha construido.

Las competencias que se espera obtengan los estudiantes de arquitectura son una serie de capacidades y habilidades y el desarrollo de una serie de destrezas tanto para concebir y proyectar los espacios de obras de arquitectura como para imaginar y sistematizar los sistemas constructivos apropiados y pertinentes con la definición de las tecnologías y los materiales a utilizarse de acuerdo con las circunstancias específicas de su medio y su contexto, de tal suerte que sean ambientalmente responsables.

La intención de educar por competencias se centra en la posibilidad de estimular la capacidad creativa de los estudiantes para que puedan llevar a cabo ideas innovadoras y transformadoras, útiles pero estéticamente agradables, proporcionadas imbuidas de un espíritu de transformación permanente y que coincida con las competencias específicas definidas en Tuning América Latina fase 1 para el área temática de arquitectura³ y que podemos resumir de la siguiente manera:

- 1.- Destreza para proyectar
- 2.- Habilidad para manejar el espacio en sus tres dimensiones
- 3.- Capacidad imaginativa, creativa e innovadora

³ Maestro en Finanzas, cel. 311- 137-28-43, correo electrónico : pit_45@hotmail.com

- 4.- Capacidad de Definir la tecnología y los sistemas constructivos apropiados.
- 5.- Capacidad de formular ideas y de transformarlas en creaciones arquitectónicas
- 6.- Capacidad de desarrollar proyectos urbano-arquitectónicos que garanticen un desarrollo sostenible
- 7.- Dominio de los medios y herramientas para comunicar grafica o volumétricamente las ideas
- 8.- Capacidad para integrar equipos interdisciplinarios
- 9.- Capacidad para valorar e intervenir el patrimonio arquitectónico.
- 10.- Capacidad de investigar para resolver los problemas de hábitat
- 11.- Disposición para producir nuevos conocimientos.
- 12.- Capacidad de conciliar todos los factores que intervinieron en el proyecto arquitectónico
- 13.- Capacidad para construir, dirigir y supervisar obras arquitectónicas.
- 14.- Compromiso ético en el ejercicio de la profesión
- 15.- Conocimiento de la historia, las teorías de la arquitectura, el arte, la estética y las ciencias humanas.
- 16.- Habilidad para liderar, participar y coordinar el trabajo interdisciplinario.
- 17.- Capacidad para planear, programar, presupuestar y gestionar proyectos y obras.
- 18.- Compromiso frente a los temas del debate arquitectónico.

En la FABUAP el trabajo de revisión de programas de asignatura por parte de la Academia inicia en el periodo de primavera 2013 y consistió en reuniones de trabajo de los docentes para ajustar los contenidos planteados en 2009, así como la actualización de la bibliografía de apoyo para los cursos. A través de la discusión colegiada se pudieron identificar situaciones de la práctica docente que inciden directamente en la falta de integración de los conocimientos:

El enfoque constructivista del Modelo Universitario Minerva se aplicó en las reformas curriculares, sin embargo llegó a aplicarse parcialmente en los cursos. Desviándose de la tendencia nacional del currículo por competencias.

El constructivismo sociocultural retomado por el MUM parte de la premisa de que el conocimiento es un producto de la interacción social y de la cultura; así todos los procesos psicológicos superiores (comunicación, lenguaje, razonamiento, etc.) se adquieren primero en un contexto social y luego se internalizan.

Con esta orientación los/las estudiantes desarrollan sus capacidades e intereses en torno a las necesidades sociales; el/la maestro/a es investigador/a de su práctica, la cuestiona, la confronta y la modifica. El aula es un taller donde se diseñan proyectos para el mejoramiento individual, social y comunitario, en los que interactúan comunidades, estudiantes y profesores, en estos talleres el conocimiento se construye sobre problemas específicos, problemas sociales que se experimentan, se sistematizan, discuten y resuelven más allá del aula con sentido crítico, todo esto bajo los postulados del quehacer científico y de la reconstrucción y construcción del conocimiento.

Por tanto, para una práctica docente acorde al MUM es requisito indispensable que se desarrollen proyectos contextualizados a problemáticas reales y que los profesores ejerzan a cabalidad su función como mediadores del conocimiento motivando a los estudiantes a que ellos mismos descubran relaciones entre conceptos y construyan proposiciones, involucrando al estudiante en un diálogo activo (p.ej., aprendizaje socrático), proporcionando al estudiante información en un formato apropiado para su estructura cognitiva, esto último debe hacerse con base en un conocimiento pleno de los estudiantes y sus necesidades particulares.

Respecto a la estructura curricular esta debe organizarse de forma espiral, es decir, trabajando periódicamente los mismos contenidos, cada vez con mayor profundidad, para que el estudiante continuamente modifique las representaciones mentales que ha venido construyendo; la enseñanza debe diseñarse para hacer énfasis en las habilidades de extrapolación y llenado de vacíos en los temas por parte del estudiante y debe enseñarse primero a los estudiantes la estructura o patrones de lo que están aprendiendo, y después concentrarse en los hechos y figuras.

Las metas antes mencionadas dejan de ser viables con docentes que conocen parcialmente el MUM y las estrategias constructivistas, en grupos de 45 o más estudiantes cuya formación previa no es constructivista y en periodos de tiempo cortos. En consecuencia, los docentes priorizan los contenidos temáticos de cada asignatura de manera aislada, obviando establecer interrelaciones con las otras asignaturas y omitiendo la utilización de escenarios de aprendizaje distintos al aula.

Las reuniones de la academia del Área de Asignaturas Integradoras son de fundamental importancia en la socialización de los conocimientos y experiencias adquiridos, además permiten proponer respuestas colectivas en corto plazo a las problemáticas que surjan, tal es el caso de las reuniones de revisión y actualización de planes y programas de estudio.

En el plan de estudios vigente el estudiante es el centro del proceso de aprendizaje cuya zona de desarrollo real está determinada por sus conocimientos previos, experiencias, actitudes y habilidades; y tanto el profesor como sus compañeros se convierten en mediadores que con sus conocimientos aumentan las posibilidades que por sí mismo tiene un estudiante de aprender, llevándolo a su zona de desarrollo próximo. Así toda la información, las actividades, reflexiones, problemas, y proyectos con que se relacione al estudiante amplían su capacidad de construcción de conocimientos.

Un instrumento fundamental en la construcción y evaluación de conocimientos y competencias adquiridos por los estudiantes en las asignaturas integradoras son los proyectos ya que, para su solución los estudiantes ponen en práctica sus conocimientos habilidades, actitudes y valores. Sin embargo dichos proyectos no se exponen a la comunidad de la Facultad de Arquitectura lo que limita su capacidad como instrumento de socialización de conocimiento y recorta la zona de desarrollo próximo de los estudiantes.

Propuesta de solución

El Área de Integración Disciplinaria de la Licenciatura en Arquitectura requiere para su óptimo funcionamiento de acuerdo con los principios del modelo universitario vigente, la implementación de las siguientes acciones específicas:

Promover la capacitación y actualización de los docentes tanto en estrategias de aprendizaje-enseñanza como en contenidos disciplinares.

Balancear la relación numérica alumnos por profesor de las secciones de los talleres de diseño básico y los talleres de diseño ya que los grupos de nuevo ingreso son los más numerosos y estas asignaturas son impartidas por un solo profesor. Así el profesor podrá:

- Conocer los intereses de los estudiantes y sus diferencias individuales (Inteligencias Múltiples),
- Dar su lugar e identidad al estudiante,
- Motivar al estudiante a generar sus propias expectativas de aprendizaje y despertar su interés en los contenidos,
- Planificar y contextualizar las actividades,
- Aprovechar y fomentar el aprendizaje fuera del aula, así como utilizar las distintas herramientas tecnológicas,
- Desarrollar en el estudiante un conjunto de habilidades cognitivas que les permitan optimizar sus procesos de razonamiento,
- Animar a los estudiantes a tomar conciencia de sus propios procesos y estrategias mentales (metacognición) para poder controlarlos y modificarlos (autonomía), mejorando el rendimiento y la eficacia en el aprendizaje.
- Además, le permitirá incorporar formalmente en la planeación de cursos sesiones de contextualización de los conocimientos y de coevaluación entre las distintas secciones de dichos talleres de modo que se favorezca la socialización de logros y se verifique el desarrollo de cursos de acuerdo a los programas de asignatura.

Conclusión

La revisión del Plan de Estudios de la Licenciatura en Arquitectura y la consecuente reestructuración de los programas de las Asignaturas Integradoras Disciplinarias requiere del trabajo colectivo de los miembros de la academia, de modo que con base en el conocimiento del contexto laboral de los egresados se fundamenten las modificaciones y se logre el cambio en la práctica docente.

Dicha modificación debe orientarse de manera integral, incorporando contenidos temáticos innovadores y propiciando que las asignaturas integradoras se constituyan en el escenario para la formación tanto de competencias específicas de la profesión (saber profesional, saber hacer, saber guiar), como de competencias genéricas (la flexibilidad mental, la capacidad para adaptarse a nuevos desafíos, el saber cómo resolver problemas y situaciones problemáticas, la preparación para la incertidumbre, etc4.)

Bibliografía

CARRERA, Beatriz & MAZZARELLA Clemen (2001): “Vygotsky; Enfoque sociocultural”, Educere Abril-junio Año/Vol. 5, número 13. Universidad de los Andes Mérida, Venezuela; pp. 41-44”

COROMINAS, Enric (2001): “Competencias genéricas en la formación universitaria”, en n.º 325. Madrid, pp. 299-321.

CARRETERO, Mario (1997): “Constructivismo y educación”, Editorial Progreso. México.

GONZÁLEZ, Viviana & GONZÁLEZ, Rosa María (2008): “Competencias genéricas y formación profesional: un análisis desde la docencia universitaria”, en Revista Iberoamericana de Educación. N.º 47, pp. 185-209

MORÍN, Edgar (1999): “Los Siete Saberes Necesarios para la Educación del Futuro”; UNESCO

PROYECTO TUNING AMÉRICA LATINA (2007): “Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina”, en el Informe final Proyecto Tuning-América Latina. 2004-2007. Publicaciones Universidad de Deusto.

YÁNIZ, Concepción (2006): “Planificar la enseñanza universitaria para el desarrollo de competencias” Universidad de Deusto. Educatio siglo XXI, 24, pp. 17 – 34

Plan de Estudios de la Licenciatura e Arquitectura, recuperado de http://www.buap.mx/portal_pprd/wb/EDUCATIVA/arquitectura_1

Adición del Plan de Estudios de la Licenciatura en Arquitectura. Facultad de Arquitectura BUAP. Julio 2011

4 Informe final Proyecto Tuning América Latina (2007, pp. 40-41)

Comportamiento de la humedad en btc elaborados con cemento y mucílago de nopal

Moisture behavior in btc elaborated with cement and cactus mucilage.

Morales Domínguez Valentín J
Ortiz Guzmán Margarito
Alavéz Ramírez Rafael

RESUMEN

El ingreso de humedad en las mamposterías influye en el comportamiento de estas ante las demandas estructurales a que son sometidas; este ingreso de agua está controlado por el sistema de poros del medio, que influye en la absorción de agua debido a su capilaridad. Se elaboraron probetas de BTC con un suelo arenoso arcilloso empleando una máquina compactadora manual. El suelo se estabilizó con un 8% de cemento en peso y se compactó con tres porcentajes de agua, alcanzándose tres diferentes pesos volumétricos; por otra parte en sustitución de agua para su compactación, se empleó mucílago de nopal, para tres condiciones de humedad, alcanzándose también tres diferentes pesos volumétricos. Se elaboraron también probetas de BTC empleando suelo con agua y suelo con mucílago para su elaboración. Después de 28 días de curado, las probetas se seccionaron en tres partes y se secaron hasta masa constante en un horno eléctrico, cuando alcanzaron su temperatura ambiente, se recubrieron cuatro de sus caras con barniz epóxico transparente, dejando descubiertas sus bases. Las probetas se expusieron a absorción de agua en una de sus caras y se les determinó la ganancia de masa de agua y se obtuvo su sortividad. Se encontraron mayores valores de sortividad en los bloques donde se empleó mucílago de nopal y cemento para su estabilización y menores en los bloques donde se empleó agua y cemento.

PALABRAS CLAVES: Absorción capilar, mucílago de nopal, suelo estabilizado.

ABSTRACT

The ingress of moisture in the masonry, influence the behavior of these to the structural demands that are submitted; this ingress of water is controlled by the pore system of the medium, which affects the absorption of water due to capillarity. BTC specimens were prepared with a clay and sandy soil using a manual compacting machine for mechanical stabilization. The soil was stabilized with 8% by weight cement and was compacted with three water percentages and it was obtaining three different volumetric weights; Moreover substituting water for compaction, cactus mucilage was used for three moisture conditions, also reaching three different volumetric weights. BTC specimens using ground water and soil with mucilage for processing were also developed. After 28 days of curing, the specimens were sectioned into three parts and dried to constant weight in an electric oven, when they reached room temperature. Four of their faces were coated with transparent epoxy varnish, leaving bare their bases. The specimens were exposed to water absorption in one

side and are determined mass gain of water and sorptivity was obtained. Higher values of sorptivity was found in blocks elaborated with cactus mucilage plus cement and lower values in blocks elaborated with water plus cement.

KEY WORDS: Capillary absorption, cactus mucilage, stabilized soil.

INTRODUCCIÓN

La tierra ha sido usada como material de construcción desde épocas remotas, como lo muestran las construcciones diseminadas por el mundo. Con el arribo de los modernos materiales industrializados ésta fue abandonada, especialmente en muchos de los países desarrollados (Jiménez y Cañas, 2007). La tierra es económica y abundante por lo que se ha usado extensamente en muros que se han desempeñado satisfactoriamente bajo diferentes condiciones ambientales aunque los muros de tierra tienden a erosionarse bajo el impacto de las gotas de lluvia (Ventakatarama y Jagadish, 1987). En algunos países desarrollados no se ha dejado de usar la tierra aunque las personas prefieren otros materiales, debido a que piensan que la tierra se relaciona con la pobreza. Actualmente hay un nuevo interés en el uso de la tierra, debido en parte a que es un material que requiere baja energía en su fabricación (Morel et al., 2001).

La construcción con adobe, es una de las más antiguas tecnologías de construcción conocida, aunque su uso ha cambiado significativamente en las construcciones urbanas con el desarrollo de modernas construcciones de tabiques y cemento Portland. El adobe es todavía un material de construcción indispensable en zonas rurales, debido a problemas económicos y financieros. El adobe ha sido uno de los materiales de construcción preferidos por su fácil adquisición, casi no requiere energía para su producción, es fácil de elaborar, de bajo costo, puede ser reciclado al final de su vida útil y no daña al medio ambiente. La forma densa de las construcciones de adobe las hace confortables tanto durante la época de calor como de frío (Degirmenci et al., 2005).

Los bloques de tierra han sido usados en áreas rurales y desiertos, en México se le da el nombre de adobe, el cual es un material regional, empleado para la construcción de muros en viviendas, y cuyo proceso de fabricación es amigable con el medio ambiente, sin embargo su uso ha ido decreciendo, debido a su mal comportamiento ante sismos e inundaciones, por lo que los reglamentos de construcción no le confieren valor estructural alguno (Morales et al., 2007).

Hoy en día, los materiales de tierra tienen el potencial de hacer una contribución significativa para el desarrollo social, económico y el cuidado del ambiente, sin embargo presenta dos desventajas principales: su baja resistencia a la compresión y su alta sensibilidad a la humedad.

Kenai et al. (2006) menciona que las técnicas más recientes y prometedoras para mejorar las construcciones de suelo son la estabilización mecánica y la química donde una mayor fuerza de compactación provee mayor cohesión y mejor resistencia a la penetración de agua, mejorando su estabilidad.

El comportamiento de las mamposterías está influenciado en gran parte por la humedad que adquieran durante los diferentes eventos climatológicos a los que queden expuestas, debido principalmente por la penetrabilidad de sus sistemas de poros.

En medios porosos, como es el caso de las mamposterías a base de bloques de tierra compactada (BTC), no saturada, el ingreso del agua u otros líquidos está controlada por la absorción debido a su capilaridad (ASTM C 1585-04). La absorción de las superficies de los BTC depende de diversos factores, entre los que podemos mencionar a las características granulométricas de las partículas del suelo, la plasticidad del suelo, la compactación de los bloques, la estabilización química empleada en la elaboración de los bloques, el tipo de curado a que son sometidos, la humedad de compactación, los cuidados en el manejo de los bloques recién elaborados, entre otros.

La prueba de sortividad mide la susceptibilidad de un medio no saturado, como es el caso de los BTC, a la penetración de agua. El objetivo del presente trabajo es presentar los resultados de la velocidad de penetración de agua en BTC compactados en una maquina compactadora manual del tipo CINVA RAM, estabilizados con cemento y donde se empleó mucílago de nopal en sustitución del agua de compactación y BTC estabilizado con cemento y agua para su compactación.

DESARROLLO DEL TEMA

La durabilidad de las estructuras en tiempos antiguos fue mejorada con el uso de material orgánico que son los polímeros naturales, la disponibilidad de estos productos es alta y no son muy caros. En África y Sudáfrica el látex del árbol del hule se ha usado como pintura impermeabilizante en mamposterías de adobe, en otras partes hirvieron el tronco y las hojas de los plataneros y el líquido resultante lo emplearon como pintura (Chandra et al., 1998).

Varios de otros productos naturales han sido utilizados pero la literatura disponible no contiene detalles científicos del uso de estos o de la técnica de su aplicación. Algunos productos naturales han sido probados por Chandra en morteros y concretos de cemento Portland, tales como granos negros y aceites, en donde se observó que los polisacáridos y las proteínas actuaban como adhesivos, la adición de la pasta producto de los granos negros aumentaba el contenido de aire en los especímenes de prueba aunque la resistencia era menor respecto a la mezcla testigo, la propiedad hidrófuga del mortero con cemento aumentó con la adición de los granos negros (Chandra y Aavik, 1983).

En un estudio donde se utilizó un estabilizador hecho con plantas de cactus se observó que la resistencia a la humedad en muros de adobe mejoró significativamente. El mucílago de nopal ha sido utilizado para la protección y restauración de edificios históricos en México, porque mejora el desempeño contra la penetración del agua y el agrietamiento, el incremento del mucílago en las mezclas de mortero con cal reduce su deformación y su resistencia máxima a la tensión (Cárdenas et al., 1998).

El extracto de cactus de México también ha sido probado en morteros de cemento Pórtland (Torres y Cano, 2007), el mucílago se obtuvo cortando el nopal en partes delgadas y posteriormente se mezcló con agua en proporción 1:3 en masa; se dejó en reposo durante dos días a temperatura ambiente, posteriormente se desecharon las hojas y se utilizó la solución viscosa que se formó. Se elaboraron tres series de pruebas, sin mucílago, una mezcla 50-50% de mucílago y agua y el 100% de mucílago. Se determinó su consistencia en la mesa de fluidez y realizaron pruebas de flexión, compresión y absorción por capilaridad, además, se realizó el análisis por difracción de rayos X.

La trabajabilidad de la mezcla de mortero se incrementó con el incremento del mucílago en la mezcla, debido al efecto de los polisacáridos de las hojas de nopal que redujeron la fricción entre las partículas de la mezcla, aunque la resistencia a edades tempranas fueron inferiores a las obtenidas en los especímenes sin mucílago, esto atribuido a que los polisacáridos trabajan como retardantes. Finalmente a los 90 días de edad las resistencias a la compresión obtenidas en los morteros con mucílago, superaron a las probetas testigo. La absorción de agua disminuyó con el incremento del mucílago en la mezcla, debido a la película formada por la parte hidrófuga de las proteínas. El extracto de cactus incrementó la plasticidad del mortero y mejoró sustancialmente la resistencia a la absorción del agua. El hidróxido de calcio producido durante la hidratación del cemento interactuó con los componentes del extracto de cactus –polisacáridos o proteínas, o ambos- y formó estructuras complejas.

Otro estudio realizado sobre el comportamiento del mucílago de nopal en materiales base cemento fue realizado mediante la adición de nopal y sábila deshidratados en porcentajes del 1 al 4% por reemplazo de cemento en peso (Torres y Cano, 2007). La resistencia a la compresión de los morteros elaborados con nopal presentaron valores cercanos a la mezcla testigo aunque decrecieron a la edad de 900 días, en relación a las mezclas con sábila los resultados no fueron favorables. También en este estudio se empleó el mucílago para mejorar la resistencia a la segregación de concretos de cemento Pórtland, lo cual se logró en una proporción agua/nopal de 1, en pruebas de resistencia a la compresión en cubos de 50 mm por lado se obtuvieron resultados superiores a la de los especímenes control. Con respecto a la absorción, se observó que el mortero que contenía extracto de nopal fue menos permeable.

En el trabajo que se reporta se utilizó mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*), en sustitución del agua de mezclado para la compactación de BTC (empleando una máquina compactadora manual del tipo CINVA RAM) y se determinó la sorptividad siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM C 1585-04.

METODOLOGÍA

Se localizó y caracterizó un banco de materiales cercano a la ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México, que se emplea regionalmente para la conformación de capas de terracerías, tanto para pavimentos en vialidades como para rellenos en viviendas cuyas características son de una arena arcillosas con un límite líquido de 34.7% un índice plástico de 13.3% y una contracción lineal del 5.9%, cuyas características granulométricas se presentan en la figura 1.

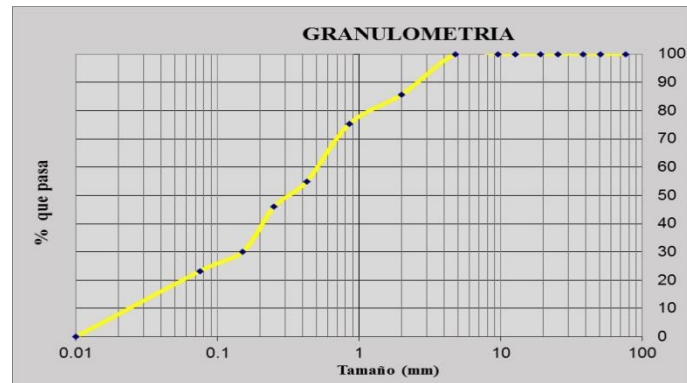


Figura 1: Granulometría del material empleado.

Se utilizó mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*), el cual se obtuvo de acuerdo con el procedimiento propuesto por Cai y col. para obtener el mayor rendimiento. Con base en dicha recomendación se lavó el nopal, se cortó en tiras de 2 cm de ancho y se rayó para obtener hojuelas de 3 mm de espesor, aproximadamente. En un recipiente metálico se calentó agua potable a una temperatura entre 70 y 80°C en donde se vertió el nopal picado, manteniéndolo en este proceso durante tres horas. Posteriormente se filtró a través de una malla metálica número 100.

Se elaboraron probetas de BTC, empleando una máquina compactadora manual, Figura 2, para su estabilización mecánica. El suelo se estabilizó con un 8% de cemento en peso y se compactó con tres porcentajes de agua, alcanzándose tres diferentes pesos volumétricos; por otra parte en sustitución de agua para su compactación, se empleó mucílago de nopal, para tres condiciones de humedad, alcanzándose también tres diferentes pesos volumétricos. En la tabla 1 se presentan las humedades alcanzadas y sus respectivos pesos volumétricos.



Figura 2: Compactación de BTC en una máquina compactadora manual.

Tabla 1: Pesos Volumétricos y humedades de compactación.

Mezcla	Peso volumétrico Kg/m ³	% de humedad de compactación
Suelo+cemento+agua	1805	15.0
	1796	16.2
	1767	17.4
Suelo+cemento+mucílago de nopal	1793	13.3
	1802	15.0
	1786	15.8

Se elaboraron también probetas de BTC empleando suelo con agua y suelo con mucílago para su elaboración.

Después de 28 días de curado, se seccionaron las probetas en tres partes y se secaron hasta masa constante en un horno eléctrico, cuando alcanzaron su temperatura ambiente, se recubrieron cuatro de sus caras con barniz epóxico transparente, dejando descubiertas sus bases, figura 3.



Figura 3. Recubrimiento de cuatro caras de las probetas con barniz epóxico transparente.

En un recipiente, se expusieron las probetas al agua en un tirante de 2 mm y en una cara de cada probeta; se determinó la ganancia de masas de estas con respecto a la raíz cuadrada del tiempo, determinándose la sortividad de cada una de ellas, en las figuras siguientes se aprecian aspectos de la prueba.



Figuras 4 y 5: Aspectos de la prueba de sortividad

A los BTC que se elaboraron sin emplear cemento, no se les pudo realizar la prueba, debido al deterioro que presentaron durante la realización del ensayo, observándose mayor deterioro en los que contenían mucílago de nopal, que en las probetas donde se empleó agua para su elaboración, figura 6.



Figura 6: Deterioro de probeta elaborada con mucílago de nopal.

Durante el ensayo, las probetas estabilizadas con suelo+cemento+agua, presentaron una menor velocidad de penetración de agua respecto a las probetas elaboradas con suelo+cemento+mucílago de nopal, como se muestra en las figuras siguientes:



Figuras 7 y 8: Detalles de la velocidad de penetración de humedad en BTC elaborados con suelo, cemento y agua



Figuras 9 y 10: Detalles de la velocidad de penetración de humedad en BTC elaborados con suelo, cemento y mucílago de nopal

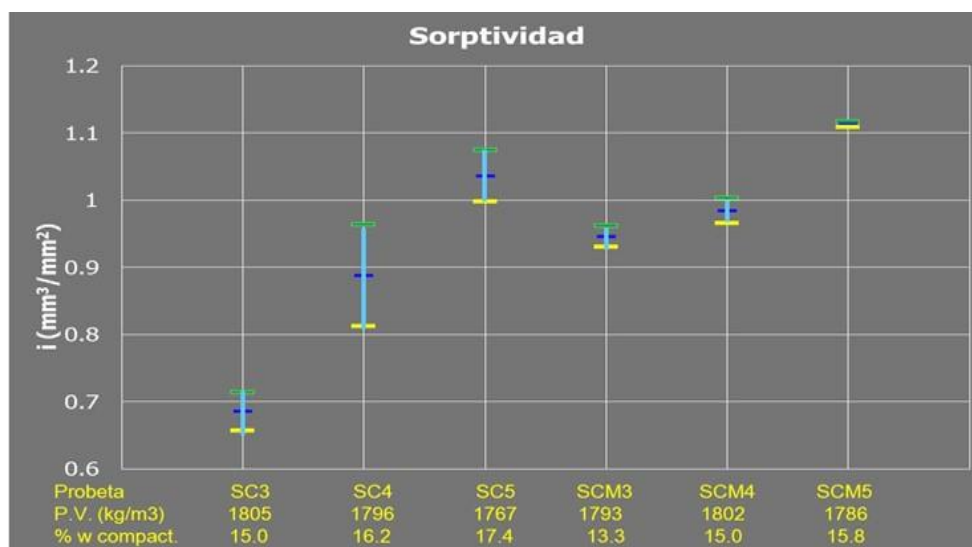


Figura 11: Valores de pesos volumétrico - humedad de compactación y sortividad, en BTC elaborados con suelo+cemento+agua (SC) y suelo+ cemento+mucílago de nopal (SMC).

Se observó la influencia del contenido del líquido en la compactación de los BTC variando el peso volumétrico seco de los bloques con respecto al contenido de humedad e influyendo también en la porosidad de los mismos. En los bloques donde se empleó agua y cemento para su estabilización se observaron menores valores de sortividad que en los bloques donde se empleó mucílago de nopal y cemento para su estabilización, como puede apreciarse en las figuras 11 a la 13.

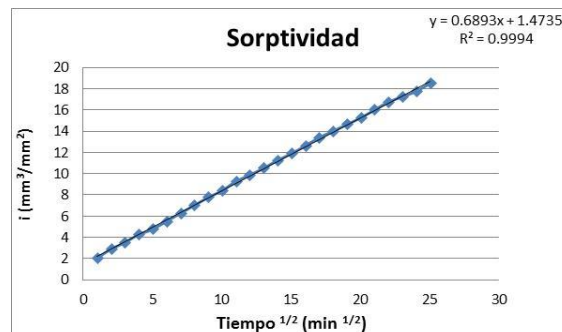


Figura 12: Sortividad en probeta SC.

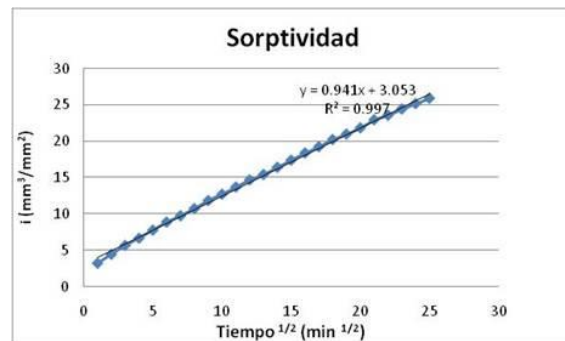


Figura 13: Sortividad en probeta SMC.

CONCLUSIONES

En este estudio, las probetas conteniendo mucílago de nopal como componente de los BTC, presentaron mayores velocidades de penetración de agua, asociado principalmente a las características del suelo empleado que influyó en la porosidad de los mismos.

RECOMENDACIONES

Se considera conveniente elaborar diferentes elementos con varias mezclas y modos de acomodo para evaluar la susceptibilidad de un medio no saturado, a la penetración de agua en forma individual, mediante la prueba de sortividad y que nos ayude a definir el material adecuado a nuestras necesidades.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Instituto Politécnico Nacional a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) unidad Oaxaca por el apoyo para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

ASTM C 1585-04. "Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes".

Cárdenas A., Arguelles W. M. y Goycoolea F. M. 1998. On the Possible Role of *Opuntia ficus-indica* Mucilage in Lime Mortar Performance in the Protection of Historical Buildings. Journal of the professional Association for Cactus Development, 3, 64.

Chandra S., Eklund L. y Villareal R. R. 1998. Use of Cactus in mortars and concrete. Cement and Concrete Research 28(1):41-51

Chandra S. y Aavik. 1983. Influence of black gram (natural organic material) addition as admixture en cement mortar and concrete. Cement and Concrete Research 13:423-430.

Değirmenci Nurhayat Balıkesir Üniversitesi; Mühendislik-Mimarlık Fakültesi; Mimarlık Bölümü. "The use of industrial wastes in adobe stabilization". Gazi University Journal of science, 2005, vol 18, núm. 3, pp. 505-515.

Jiménez Delgado M. C.; Cañas Guerrero I. "The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review". Construction and Building Materials, 2007, vol. 21. Num2, pp. 237-251.

Kenai S., Bahar R., Benazzoug M. "Experimental analysis of the effect of some compaction methods on mechanical properties and durability of cement stabilized soil". Journal of Material Science, 2006, vol 41, pp. 6956-6964.

Morales Domínguez Valentín. J.; Ortiz Guzmán Margarito; Alavéz Ramírez Rafael. Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado, Naturaleza y Desarrollo, 2007, vol 5, núm. 1, pp. 41-48.

Morel J. C.; Mesbah A.; Oggero M., Walker P. "Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction". *Building and Environment*, 2001, vol 36, núm. 10, pp. 1119-1126.

Torres Acosta A. A. y Cano Barrita P. F. de J. 2007. La bondades del nopal. *Construcción y Tecnología*. IMCyC. Octubre pp. 44-49.

Venkatarama Reddy B. V., Jagadish K. S. "Spray erosion studies on pressed soil blocks". *Building and Environment*, 1987, vol 22, núm. 2, pp. 135-140.

Weirong Cai, Xiaohong Gu, Jian Tang. "Extraction, purification, and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*". *Carbohydrate Polymers*, 2008, vol 71, núm. 3, pp. 403–410.

Comportamiento de temperaturas en una estufa solar

Temperature behavior in a solar stove

Ortiz Guzmán Margarito
Alavéz Ramírez Rafael
Morales Domínguez Valentín J

Resumen

La combustión de la leña es una forma de obtener energía térmica para la elaboración de alimentos, sin embargo, las consecuencias se reflejan en graves problemas medio ambientales en el transcurso de su aprovisionamiento. Las estufas solares se presentan como una alternativa ecológica y económica. Su adecuada utilización tiene un impacto ambiental favorable en el entorno y disminuye significativamente la emisión de gases de efecto invernadero. En el presente trabajo, se llevó a cabo la evaluación del desempeño térmico de una estufa solar hecha a base de materiales de desecho. Para determinar las horas de mayor radiación solar y realizar el estudio del monitoreo térmico en la época de mayor sol se utilizaron datos de radiación solar. Para determinar las temperaturas del aire exterior y de los puntos incidentes en el foco del plato ovalado se utilizaron dataloggers de precisión. Los registros de temperaturas más altos fueron de 130°C, dichas temperaturas se lograron entre 10:50 am y 14:00 pm. La radiación solar presentada en ese momento en el foco de la estufa solar fue de 850 a 1000 w/m². Con dicha temperatura lograda se asegura que la cocción de alimentos se encuentre libres de microbios, garantizando que su consumo sea seguro. Los resultados obtenidos son un aliciente para las comunidades rurales del estado Oaxaca quienes tienen la opción de construir sus propias estufas solares minimizando el consumo de leña, apoyando su economía y disminuyendo el impacto ambiental.

Palabras clave: Estufa solar, monitoreo térmico, energía solar.

Combustion of wood is a way to obtain thermal energy for food processing, however, the consequences are reflected in serious environmental problems in the course of their supply. Solar cookers are presented as an ecological and economical alternative. Its use has a favorable environmental impact and significantly reduces the emission of greenhouse gases. In this paper, we conducted the evaluation of the thermal performance of a solar cooker made from waste materials. To determine the sun's peak hours and do the study of thermal monitoring, solar radiation data were used. To determine the outside air temperatures and incident points in the focus of the oval plate, precision dataloggers were used. Highest temperatures were 130 ° C, these temperatures were reached between 10:50 a.m. and 2:00 p.m. Solar radiation presented in the focus of the solar cooker was from 850 to 1000 W / m². With this temperature ensures that the cooking is found free of germs, ensuring safe consumption. The results are an incentive for rural communities in Oaxaca state who have the option of building their own solar cookers, minimizing the consumption of wood, supporting the economy and reducing the environmental impact.

Keywords: Solar cooker, thermal monitoring, solar energy.

1 Introducción

Las estufas solares utilizan la energía del Sol para conseguir el calentamiento necesario para cocinar, y suponen un avance en nuevos usos tecnológicos a partir de energías renovables. Facilita además el acceso a nuevas energías, rentables para las comunidades más desfavorecidas económica y energéticamente, así como para el medio ambiente, reduciendo los riesgos asociados que conlleva la utilización de la leña, combustible doméstico principal de muchas comunidades rurales del estado de Oaxaca. En la mayoría de los hogares rurales y muchos de los urbanos en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo, la fuente de energía tradicional y más popular es la leña, en su mayoría para aplicaciones domésticas y prioritariamente para cocinar. En los países en desarrollo los combustibles de la madera son una fuente de energía muy importante y vital para la estabilidad nutricional de las familias pobres. En 1980, aproximadamente la mitad de la población mundial dependía de la madera para satisfacer sus necesidades energéticas. Para los habitantes de los países en desarrollo es el recurso energético básico de tres cuartos de la población. En 1987, la biomasa aportó 15 % de la energía mundial y 38 % de la energía usada en los países en desarrollo. Se estima que siendo utilizadas las estufas solares por 2000 familias, en diez años se ahorrarían 0,1 millones de dólares de consumo de leña y 2 millones de dólares en carbón (Encyclopedia of Energy). Uno de los estudios importantes de la estufa solar se realizó en Sudáfrica. Se trata de pruebas de campo de estufas solares y su difusión (GÍZ, 1999). Durante un año se desarrollaron ensayos de campo comparativo de siete tipos diferentes de estufas solares, con la participación 66 familias en tres áreas de estudio en Sudáfrica, se llevó a cabo por el Departamento sudafricano de Minerales y Energía (DME) y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

El 80% de las necesidades energéticas a nivel mundial son sostenidas por los combustibles fósiles. De entre todas las fuentes de energía que encontramos hasta la fecha, las renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables junto al desarrollo de la humanidad y son la única alternativa viable para llevar a cabo un desarrollo sostenible. A diferencia de las energías fósiles, las energías verdes (renovables) no producen ningún tipo de contaminante para el medio ambiente, ni en su obtención ni en su uso. La energía solar es una fuente muy importante de producción energética en sus dos componentes, mediante la luz y el calor. La radiación solar es una técnica potencial para la inactivación y destrucción de bacterias patógenas en el agua por calentamiento (De la cruz, 2004). Toda aplicación de la energía solar requiere de un colector que capta la energía solar y convierte en energía útil térmica o eléctrica (Nandwani, 2005).

En la ciudad de Oaxaca donde se llevó a cabo el monitoreo térmico de la estufa solar, se tiene un tremendo potencial en energía solar y brinda condiciones para su aprovechamiento. La radiación solar, según nos dice la enciclopedia libre de la energía solar “solarpedia.es”, es el “flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarrojo y ultravioleta)”;

tipos en los que se divide no sólo la luz solar, sino cualquier tipo de luz. La luz se va a caracterizar por las longitudes de onda (resultado del cociente entre la constante de velocidad de propagación de la luz en el vacío “c” y la frecuencia), donde su valor es inversamente proporcional al de la frecuencia de dicha onda, por lo que las longitudes de onda más grandes van a ser consecuencia de las frecuencias más bajas.

II DESARROLLO

Características que influyen en el funcionamiento de la estufa solar

Existen ciertos efectos que afectan directamente al funcionamiento y el rendimiento de las estufas solares. Estos factores de influencia, se exponen a continuación:

La distancia tierra-sol

El movimiento de traslación orbital alrededor del sol transcurre en un año solar de 365 días, 5 horas, 48 minutos, 46 segundos (figura 1), con una velocidad de desplazamiento de 29 km/s. Este movimiento se describe en una órbita elíptica, que es el resultado de la fuerza gravitacional solar y centrífuga debido a la inercia de la tierra. El movimiento de rotación se realiza cuando la tierra gira sobre su mismo eje en 24 horas. Este eje es una línea imaginaria que une los dos polos, norte y sur (Ferreiro et al., 1991). El movimiento de traslación hace que los tiempos de exposición al Sol sean variables originando las estaciones. Esta variación en los tiempos de exposición es debido a que el eje de rotación de la Tierra permanece prácticamente siempre paralelo a si mismo con un ángulo de $66^{\circ} 33'$ respecto al plano de la Eclíptica (plano que contiene a la trayectoria de la Tierra), esta desviación se denomina oblicuidad de la Eclíptica (Figura 2). La pequeña excentricidad de la Eclíptica (0,01673) hace que la distancia entre el Sol y la Tierra sea distinta en invierno y en verano (figura 3).

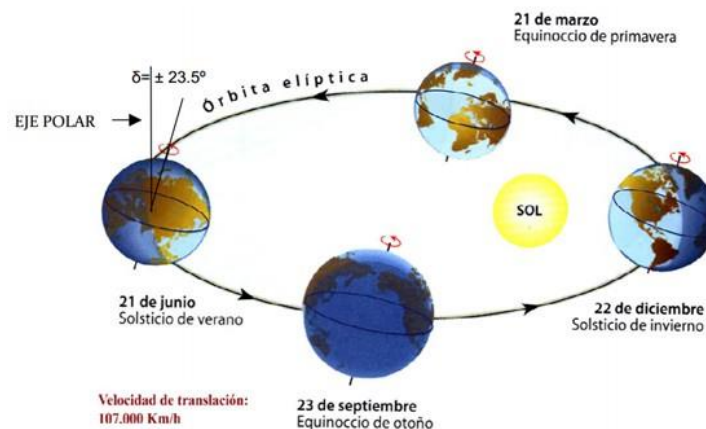


Figura 1. Movimiento de la tierra con respecto al sol.

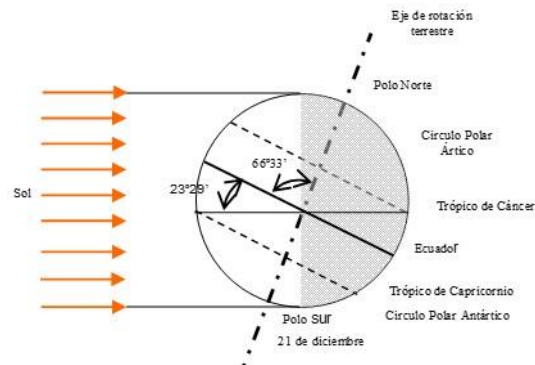


Figura 2. Líneas imaginarias que definen las incidencias particulares de los rayos solares en la tierra.

Al realizar un giro completo, la tierra en su movimiento de traslación describe un plano que contiene a su misma órbita. Este plano es llamado plano de la eclíptica, y forma un ángulo de $23^{\circ}26'44.7''$ con respecto al eje vertical.

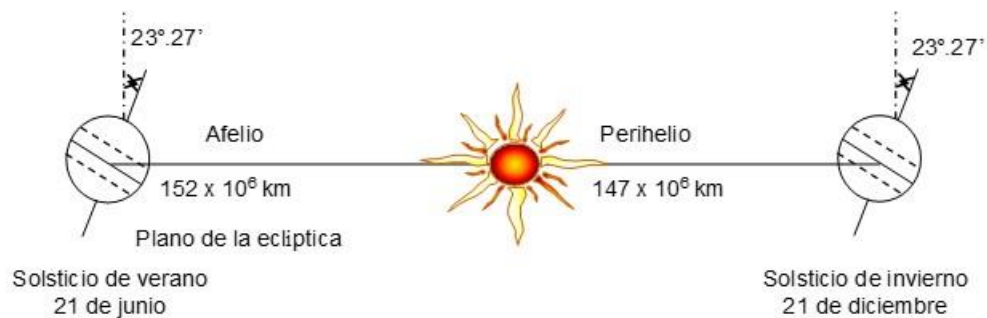


Figura 3. Plano de la eclíptica

La absorción de radiación por la atmósfera. A medida que la radiación solar pasa a través de la atmósfera, parte es absorbida y parte dispersada por sustancias como el ozono, oxígeno, agua y polvo. Cuando los rayos solares atraviesan la atmósfera perpendicularmente, el flujo solar se reduce alrededor del 15 al 30%, dependiendo del periodo del año.

El flujo solar llega como radiación directa y difusa, ésta que viene desde todos los ángulos puede suponer alrededor del 5 al 15% del flujo solar en un día claro. En un día que está muy nublado y el sol no se ve, toda la luz que se ve es difusa. Las estufas solares se diseñan y operan en su mayoría con radiación directa, sin embargo algunos modelos pueden operar cuando también está presente la radiación difusa. De forma orientativa, se sabe que las estufas reflectantes comparativamente, ofrecen mejor rendimiento en áreas con cielo despejado (mayor radiación directa), mientras las estufas de panel, o estufas de colectores lo hacen en condiciones de nubosidad moderada y los hornos ante condiciones de elevada nubosidad. Esto conlleva implícita la consideración de que la especificación de cada estufa debe basarse en las medidas de radiación de la ubicación considerando ambas componentes directa y difusa.

La hora del día. La tierra da vueltas, haciendo que la posición relativa del sol varíe desde el amanecer hasta el atardecer. Los resultados experimentales para determinar el mejor tiempo de cocción revelan que la mañana y al atardecer cuando el ángulo del sol es bajo, tienen una intensidad baja de radiación solar y, por tanto, no son aptos para la estufa solar. Entre aproximadamente 9.00 am a 4.00 pm, la intensidad solar es alta, oscilando entre 700 y 1000 W/m², lo que representa una franja horaria adecuada para la estufa solar.

La latitud. De acuerdo al ángulo de latitud en el que nos encontremos, la dirección que siguen los rayos solares será distinta. Así en regiones comprendidas en la zona intertropical, el Sol puede incidir perpendicularmente en el medio día, mientras que al norte o al sur de estas latitudes ($\pm 23,5^\circ$) el Sol puede no incidir perpendicularmente en algunos momentos del año, o en ninguno según la posición.

La fecha del año, dada la rotación de la Tierra y su inclinación con respecto al plano de revolución, afecta directamente a la intensidad con que incide la radiación solar sobre la Tierra. El solsticio de verano es el día cuando el Sol del mediodía tiene mayor altitud, y es el día con más tiempo de luz solar. Según la altitud del lugar. A mayores altitudes, más delgada es la capa de la atmósfera que tienen que atravesar los rayos solares. Por tanto menor porcentaje del flujo solar será absorbido en ella y dispersada antes de llegar a suelo terrestre, así el flujo será mayor. Para los primeros kilómetros de altura sobre el nivel del mar, aumenta el flujo solar de 190 W/m² por cada kilómetro. Los rayos que si afectan la vida en la tierra son los directos e indirectos. La radiación directa va a ser consecuencia de aquellos rayos del Sol que llegan hasta la Tierra de forma directa, sin verse afectados por fenómenos de reflexión o refracción desde el foco solar hasta la superficie terrestre. Aunque a simple vista el ojo humano no lo pueda diferenciar, no todos los rayos que pasan a través de la capa exterior de la atmósfera llegan a nosotros de forma directa.

El recorrido que siguen hasta llegar a la superficie es largo, y en él se pueden encontrar con numerosos

factores ambientales (nubes, humos, lluvia, etc.) que hacen que la dirección que llevaban hasta ese momento se vea modificada

Toda la radiación que llega a la superficie terrestre, ya sea en forma de radiación directa o indirecta, va a ser absorbida por el suelo, el agua o diferentes organismos. Toda esta energía que ha sido absorbida se va a repartir en la que luego es reflejada de nuevo hacia la atmósfera y en la que se reirradia en forma de calor. Para poder estudiar correctamente la acción de la radiación, la directa y la difusa, se debe hacer de forma conjunta en lo que se denomina radiación global. La radiación global va a ser el resultado directo de sumar ambos tipos de radiación.

Posición del sol. A la hora de estudiar la inclinación más adecuada con la que se debe orientar la estufa solar, es necesario precisar la posición del Sol en cada instante para optimizar su rendimiento. El sistema más apropiado para definir cada una de estas posiciones es la de coordenadas polares.

Inclinación del sol sobre el horizonte. Las condiciones ambientales del lugar no van a ser las únicas variables que determinen la cantidad de radiación incidente sobre una determinada superficie; ya que, al igual que estas condiciones climatológicas, la intensidad de la radiación va a estar sujeta a la zona horaria y a la época del año en cuestión. Al igual que cambian las horas de Sol, va a cambiar la intensidad de radiación que llega hasta la superficie terrestre. Esta radiación variará de forma directamente proporcional a como varía la sensación de calor en la superficie, todo ello sujeto a cada estación del año en la que nos encontremos. En los equinoccios y verano el arco de la trayectoria solar es más grande, el Sol se eleva más sobre el horizonte y permanece más tiempo brillando en el cielo. Por el contrario, en invierno los puntos del horizonte por donde sale y se oculta están más próximos entre sí, la trayectoria es más corta y menos elevada y el tiempo que transcurre entre el amanecer y la puesta del sol es mucho menor.

Funcionamiento de las estufas solares. La comida elaborada en estufas solares no solo será más económica, sino más nutritiva al reducir las cantidades de aceite y agua en la preparación (Santiago, 2013). Las estufas solares utilizan la radiación solar para ayudar a los alimentos a alcanzar altas temperaturas de cocción. Dentro de la familia de las estufas solares, la clasificación que se utiliza divide a estos dispositivos en tres grupos y que son los tres principales modelos de estufa que están actualmente más desarrollados y en mayor uso (de acumulación u hornos de caja, estufas de concentración o parabólicas y las estufas de panel, más conocidas por nosotros por la denominación “CooKit”). A su vez, estos tres grupos se ven diferenciados por otros factores que no son ni su diseño ni los materiales utilizados en su construcción, y que es la forma que tienen de captar y transformar la radiación procedente del sol en energía suficiente para el calentamiento y la cocción de alimentos. Esta forma de captar los rayos solares va a diferenciar al horno de la estufa parabólica. Así, la primera va a utilizar el principio de acumulación de la radiación, mientras la parabólica hace de la concentración de rayos su principio de funcionamiento. Estos dos principios son los que van a fijar el diseño final de cada una de las estufas y sus parámetros finales.

Acumulación. La acumulación dentro de un horno solar también va a ser conocida como “efecto invernadero”, y es que al igual que ocurre con la superficie terrestre, la entrada de los rayos solares en la cavidad del horno a través del cristal y la acumulación (de ahí su nombre) de los mismos va a provocar que la temperatura en su interior vaya en aumento. La luz pasa fácilmente a través del cristal e incide sobre los materiales que se encuentran en su interior. Por este motivo, por la directa incidencia de los rayos sobre estas superficies, las mismas van a presentar siempre un color negro, ya que como generalmente se sabe y está demostrado, el color negro es un absorbente, y este tono va a ayudar a captar y mantener mayor radiación.

Concentración. Otro principio de funcionamiento de las estufas solares va a ser lo que se conoce como concentración de ondas. Todas las ondas procedentes del Sol llevan, de forma natural (si no se ven alteradas por factores externos), una misma dirección de propagación. Es al incidir sobre objetos o superficies cuando la dirección de estos rayos se ve alterada y reflejada en diferentes direcciones a la natural. Si utilizamos una superficie curvada como la que se puede ver en la figura 4, que a continuación se muestra, conocida como parabólica, y forramos su interior de material reflectante, podemos predecir cuál va a ser la dirección de propagación de las ondas que incidan sobre la superficie anteriormente descrita. La alta concentración de todas las ondas en un mismo punto en común hace que las temperaturas que se llegan a alcanzar en el mismo sean muy altas. Este tipo de dispositivos dependen directamente de las direcciones que tengan las ondas solares, es por ello que necesita una alta vigilancia para tener en todo momento la superficie curva orientada de forma correcta al sol. El calor dentro de una estufa solar nunca se mantiene constante de forma indefinida. Aunque nuestra estufa esté perfectamente aislada o la radiación sobre ella sea invariable, siempre se va a perder energía calorífica a través de tres fundamentos de la transferencia de calor: la conducción, la convección y la radiación.

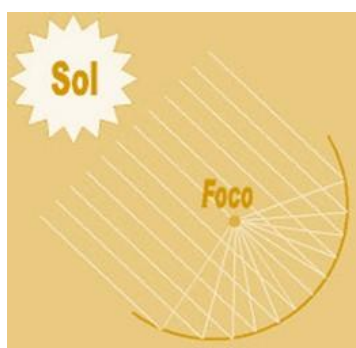


Figura 4. Concentración de rayos solares en estufa parabólica.

Principio de la parábola. Las estufas solares del mercado son muy diferentes en tamaño, modelo, rendimiento y utilidad, y no es fácil disponer de comparativas claras. De hecho, para analizar una estufa frente a otras, es necesario conocer el contexto en el que el usuario la va a utilizar (UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, 2001). Se han desarrollado diversos estudios de las estufas solares para comparar su rendimiento y capacidad. Los resultados muestran como bajo condiciones meteorológicas similares, unas estufas alcanzan mejores resultados que otras (Journal of Energy in Southern Africa). Las estufas de reflector son las que mejores resultados dan. Entre ellas podemos diferenciar entre estufas con reflector de espejo, que son las que alcanza mayores temperaturas en un menor tiempo en días de cielo despejado. Por su parte las estufas con aluminio pulido como reflector, tienen peor rendimiento que las de espejo. Y si consideramos las de reflector de aluminio sin pulir, encontramos el peor de los rendimientos en este grupo de estufas de concentración.

III METODOLOGÍA

Empleando la estufa solar diseñada y construida por Ortiz et al. (2013) se realizó el presente monitoreo buscando condiciones radiantes constantes, ya que pequeños cambios como algunas nubes en el cielo, alteran en gran proporción el rendimiento de la estufa y es por esto que sólo va a funcionar con los rayos que incidan directamente sobre su superficie de reflexión (no los difusos). Por lo tanto, su estudio podrá realizarse únicamente en días soleados y despejados y teniendo en cuenta únicamente la radiación directa, no la global, sobre el plano de la superficie de la estufa. La estufa solar se orientó a los rayos solares incidentes, aprovechando los grados de libertad que tiene el dispositivo en estudio y que permiten su movimiento para mantenerlo continuamente orientado y el foco no se desplace del punto deseado.

Al tener en cuenta únicamente esta radiación directa sobre el plano de la estufa, se estimó la altura del sol y ángulo de azimut para el día 21 del mes de marzo mediante el programa TAB (Rincón, 2013), estos valores se presentan en la gráfica solar para la ciudad de Oaxaca (Figura 5).

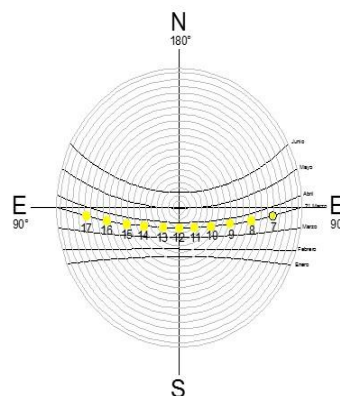
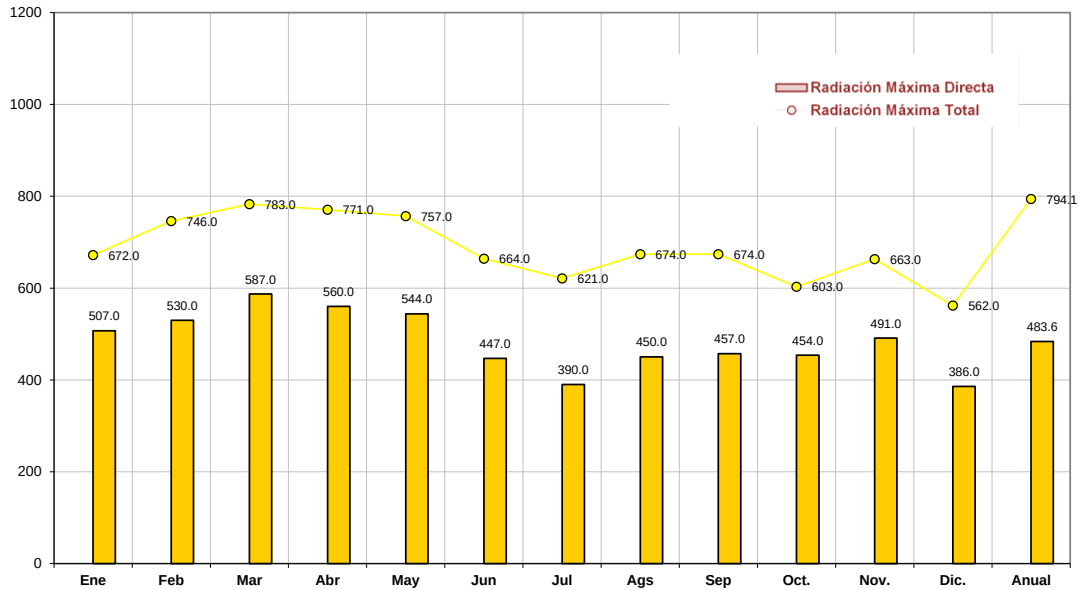


Figura 5. Ruta aparente del sol para el 21 de marzo de la ciudad de Oaxaca.

Monitoreo térmico de la estufa solar. Para realizar el monitoreo térmico de la estufa solar, se seleccionó el mes de marzo tomando en cuenta el día despejado para la mayor captación de energía. Cabe mencionar que el mes de marzo es el que presenta la mayor radiación solar directa en la ciudad de Oaxaca (Figura 6) de acuerdo a las normales climáticas (SMN-NORM81-10). En la figura 7 se muestran las vistas en planta, frontal y lateral de la estufa solar.

RADIACIÓN MÁXIMA DIRECTA

Kwh/m² día



En la figura 6 se presenta la planta arquitectónica, vista frontal y sección transversal de la estufa solar.

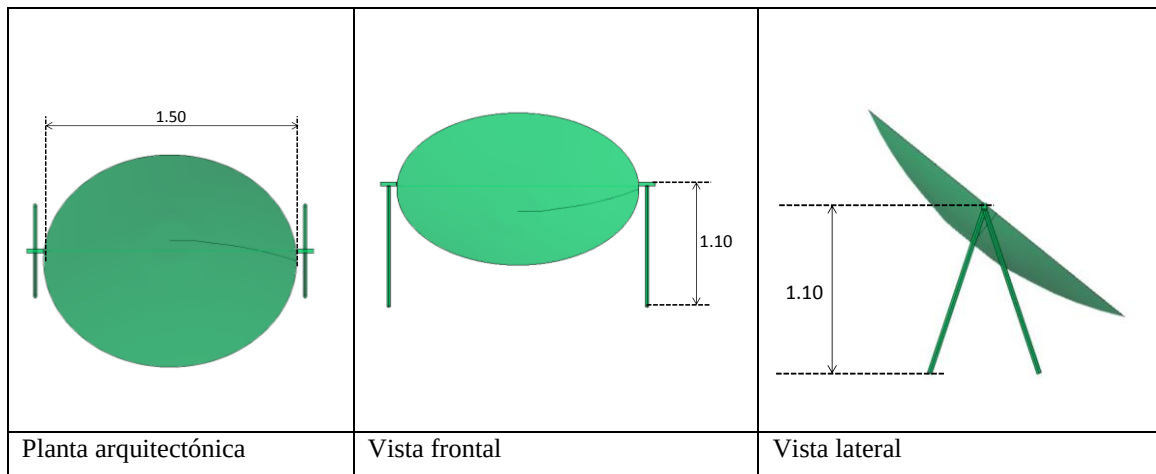


Figura 7. Esquemas de la estufa solar

La medición de la radiación solar se realizó a cada 5 minutos para esto, se utilizó un piranómetro de silicón modelo S-LIB-MOO3, que va conectado a una estación climatológica marca ONSET Modelo HOBO U30-NRC que cuenta con un panel solar y pila recargable que los hace prescindir de conexión a la red eléctrica. El piranómetro es digital, adquiere los datos con base en sensores conectados a la estación. Las mediciones de las temperatura del aire se realizaron a cada 15 minutos y se utilizó un hobo U12-001 Data Logger, que tiene 12 bit de resolución, provee una alta precisión; rango de medición de -20°C a 70°C ; precisión $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$ de 0°C a 50°C ; resolución de 0.03°C a 25°C ; tiempo de muestreo: 1 segundo hasta 18 horas, seleccionable por el usuario. Cabe mencionar que el hobo fue colocado dentro de un abrigo térmico para evitar la radiación directa (figura 8). Las mediciones de temperaturas realizadas en el foco de la estufa solar se realizaron a cada 15 minutos y se utilizó un termómetro de contacto marca Fluke, con velocidades de respuesta y precisión de laboratorio ($0.05\% + 0.3^{\circ}\text{C}$). Los termopares utilizados son tipo J que soportan temperaturas -210°C a 1200°C (-346°F a 2192°F) con un rango de precisión $\pm [0.05\% + 0.3^{\circ}\text{C} (0.5^{\circ}\text{F})]$.

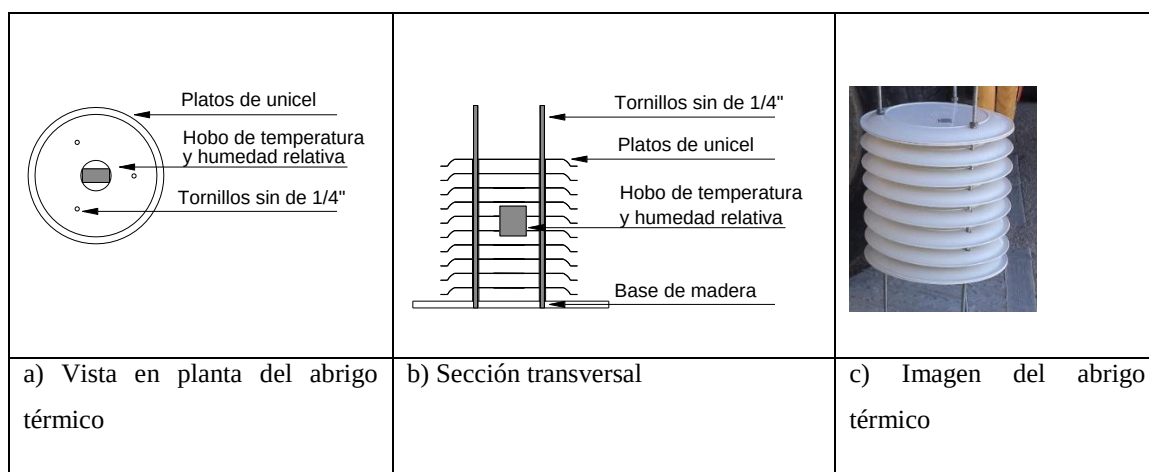


Figura 8. Abrigo térmico del sensor de temperatura.

Para realizar el monitoreo del desempeño térmico y aprovechar la mayor radiación solar desde la mañana hasta la tarde se tomaron en cuenta los ángulos azimutales y altura del sol representados en la gráfica solar. Para tal efecto, la estufa solar se fue girando manualmente cada 15 minutos (figura 9).

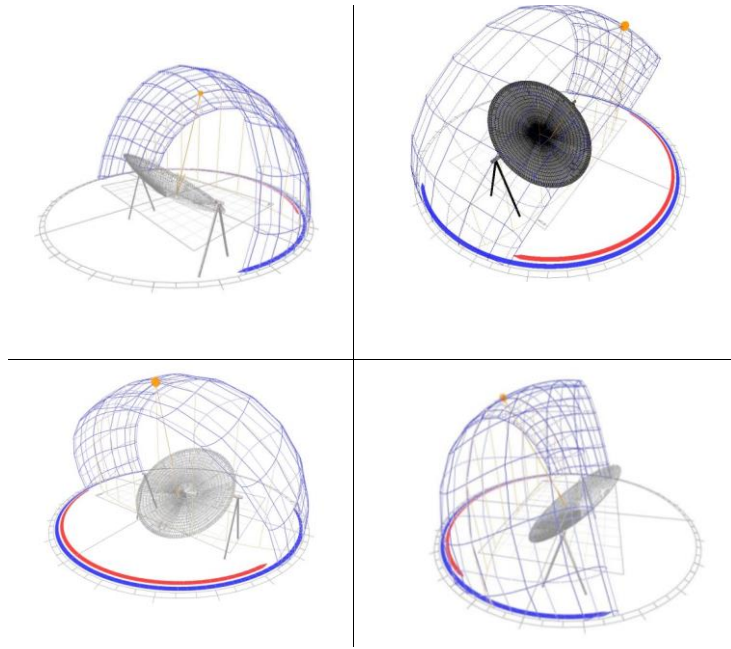


Figura 9. Emplazamientos de la estufa solar respecto al sol.

En la figura 10 se muestra una imagen a las 12 horas, donde se aprecia claramente la reflexión de la energía en el foco de la estufa solar.



Figura 10. Vista de la reflexión concentrada en el foco de la estufa solar.

Análisis y discusión de resultados. En la figura 11 se muestran los valores promedio de radiación solar, temperatura ambiental y temperaturas en el foco de la estufa solar obtenidos en una semana. En la figura 18 se muestran los valores promedios de radiación solar, temperatura ambiental y temperaturas en el foco de la

estufa. Cabe mencionar que en el momento de las mediciones se contó con un cielo despejado. A las 9:20 am se obtuvo una radiación solar de 600 W/m² y presentó en el foco de la estufa solar una temperatura de 60°C, mientras que a las 10 am se presentó una radiación solar de 800 w/m² con una temperatura de 120°C. A partir de las 10:50 am a las 14:00 hrs. Cuando la radiación osciló entre 850 a 1000 w/m² se logró un promedio de temperaturas de 130°C, en este horario se logra el intervalo óptimo que se encuentra entre 100°C y 165°C donde se aseguran que la cocción de los alimentos se encuentra libres de microbios y garantizan que su consumo sea seguro (educasitios2008.educ.ar). Las temperaturas aminoraron de 105 a 90°C en un rango de radiación de 700 a 800 W/m². Por otra parte la temperatura ambiental obtuvo sus temperaturas máximas a las 13:45 hr que es cuando se obtuvo la mayor radiación solar.

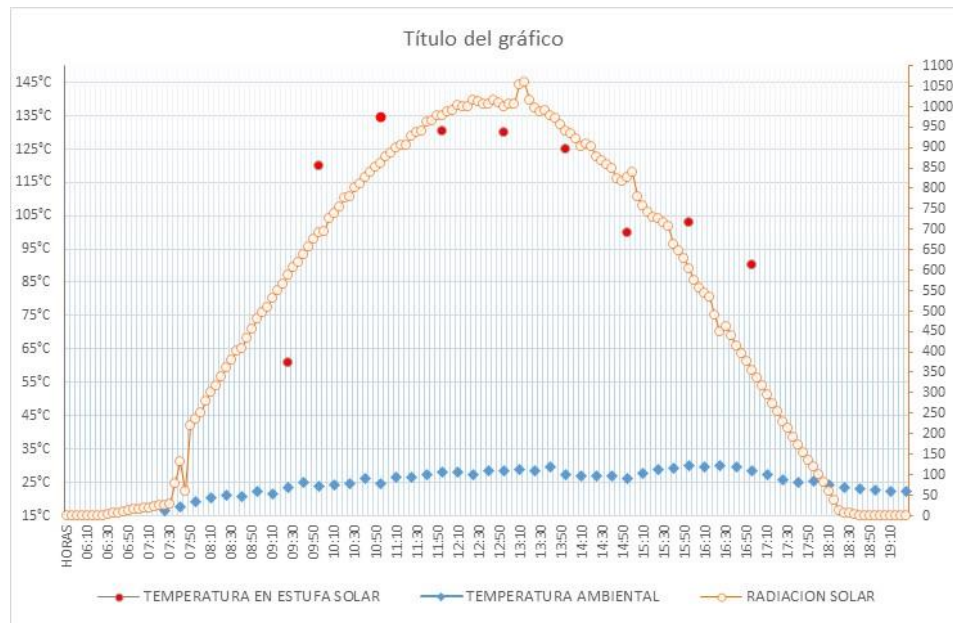


Figura 11. Mediciones realizadas en el mes de marzo

Para la validación de la estufa solar se cocinaron algunos alimentos que fueron cocidos en los siguientes tiempos: un kg de frijol en un tiempo de 2 a 3 hrs, ¼ kg de arroz en 15 min, una calabaza maciza en 2 hrs, nopales en 45 min, lentejas en 1.5 hrs y pollo en 1 hr.

IV CONCLUSIONES.

Se obtuvieron los ángulos azimutales y altura del sol para la construcción de la gráfica solar para el día 21 de marzo con la finalidad de conocer el emplazamiento horario de la estufa solar.

La mayor temperatura promedio alcanzada en el foco de la estufa solar tipo parabólica fue de 130°C que se obtuvieron entre los horarios de 11:00 a 14:00 h.

Las temperaturas logradas en la estufa solar tipo parabólica rebasan el intervalo óptimo de 100°C que aseguran que la cocción de los alimentos se encuentren libres de microbios y garantizan que su consumo sea seguro.

Este sistema de aprovechamiento de la energía solar a través de su captación económica y sencilla introduce favorables condiciones en distintos ámbitos sociales debido a que resuelve la necesidad de proveerse de leña para poder resolver las necesidades más elementales, como son la cocción de los alimentos. En algunas zonas esto acarrea graves esfuerzos en especial a mujeres y niños responsabilizados en estas tareas. Al ofrecer un sistema muy económico de aporte energético dinamiza las posibilidades de empleo y desarrollo en especial en las zonas más subdesarrolladas, que por otra parte muy a menudo son muy ricas en radiación solar

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) unidad Oaxaca por las facilidades otorgadas para la elaboración de la estufa solar y los equipos de medición empleados.

V RECOMENDACIONES

Este tipo de estufas son útiles en espacios abiertos, donde no se interfiera con los rayos solares, es conveniente emplearlas en horarios de las 10 de la mañana a las 5 de la tarde.

Se debe tener cuidado al momento de cocinar para evitar poner alguna parte del cuerpo en el sitio del foco para evitar quemaduras, se debe poner especial cuidado en que los niños manipulen la estufa, aun cuando no se encuentre en operación, se recomienda que cuando la estufa no esté en uso, se cubra con un paño y se coloque bajo cobertizo para evitar algún accidente.

VI REFERENCIAS

Comparativa de los distintos modelos de estufas solares. Journal of Energy in Southern Africa • Vol 18 No 3 • August 2007

De la Cruz, I.J. (2004) Desinfección de Agua Potable con Radiación Solar. Universidad de las Américas. Puebla. Tesis Doctoral.

Encyclopedia of Energy, Vol 5 2004 Elsevier.

Ferreiro, L, Fuentes, V. A, García, J. Gutierrez, S. (1991) Manual de arquitectura solar. Trillas, México D.F.

NANDWANI, S.S (2005) Energía solar conceptos básicos y su utilización. Universidad Nacional Heredia. Costa Rica

Ortiz, G. M., Morales, D. V.J., Alavéz, R. R. Construcción de estufa solar para las comunidades rurales de

Oaxaca. ISBN: 978-607-96314-4-4 Online. CIVITEC 2013. Tijuana, B. C., México 4, 5 y 6 de diciembre 2013 Copyright 2013 AIIES A.C.

Rincón, J.y V., Fuentes (2013). “Bioclimatic Analysis Tool” en memorias técnicas de ISES Solar World Congress 2013, Cancún, México.

Second International Solar Cooker Test” of the ECSCR - Household Energy Programme of the Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ)

UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment - Final Report 1 July 2001 “Assessment of the commercialisation of selected sustainable energy technologies, products and services: solar cookers.” Palmer Development Consulting

Páginas de internet

Normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional SMN. Oaxaca (1981-2010). <http://smn.cna.gob.mx/>

Santiago Guzmán Montaña. (2013). Ahorrar dinero con una estufa solar. <http://www.metroscubicos.com/shrt/0deLFU>

Diseño de sustratos de bagazo de maguey y aplicación de normas europeas para establecer criterios de riego

Design maguey bagasse substrates and application of European standards establish criteria for irrigation

Zárate Nicolás Baldomero
Morales Domínguez Valentín
Ortiz Guzmán Margarito

RESUMEN

La industria mezcalera (Producción de mezcal de *Agave angustifolia* Haw), en Oaxaca (México) es una actividad económica muy importante con 8,979 productores y con una superficie de 8,415 hectáreas. En la producción de mezcal se generan como residuo 624 mil toneladas de bagazo de maguey, las cuales son una alternativa para usarlos como sustrato de cultivo o mejorador de suelo. El bagazo de maguey mezcalero se mezcló con estiércol de bovino 3:1 (v/v) y la mezcla fue sometida a un proceso de compostaje controlado. El bagazo de maguey 100% sirvió como base para la formulación de cuatro mezclas con diferentes componentes y fueron caracterizadas en sus propiedades físicas en base a las normas UNE EN. Se presenta en este trabajo los resultados de la caracterización de las propiedades físicas. Al bagazo de maguey puro cuando se le agregan volúmenes crecientes de turba en valores de 20, 30, 50 y 60 v/v, presenta valores muy recomendados de porosidad de 72 a 81%, capacidad de aireación de 19 a 27%, capacidad de retención de humedad de 50 a 53% y equilibrio agua aire de 17 a 19 de punto R, características determinantes para establecer criterios de riego y de manejo de los sustratos consiguiendo así un uso eficiente de los recursos (agua, fertilizantes, sustratos, semillas, etc.) para un adecuado desarrollo del cultivo.

Palabras claves: compostaje, residuo, propiedades físicas.

ABSTRACT

The industry of mezcal (*Agave angustifolia* Haw mezcal) in Oaxaca, Mexico, is a very important economic activity with 8,979 farmers in an area of 8,415 hectares. Mezcal production generates 624,000 tons of bagasse maguey, which are an alternative to use as growing medium or soil improver. Mezcal maguey bagasse was mixed with cattle manure 3: 1 (v / v) and the mixture was subjected to a controlled composting process. The 100% agave bagasse was the basis for the formulation of four different components and blends that were characterized for their physical properties based on the UNE EN. In this work the results of the characterization of the physical properties are presented. Pure agave bagasse, when added increasing volumes of peat values of 20, 30, 50 and 60 v / v, presents porosity values of 72-81%, aeration capacity of 19 to 27%, capacity moisture retention of 50-53% and water-air balance 17-19 point R, characteristics to establish criteria for irrigation and handling of the substrates thus achieving an efficient use of resources (water, fertilizer, substrates, seeds, etc.) for proper crop development.

Key words: composting, waste, physical properties.

INTRODUCCIÓN

El mezcal, que genera como residuo 624 mil toneladas (Zárate, 2013) durante su fabricación, es una "bebida alcohólica" regional en el estado de Oaxaca que se obtiene por destilación y rectificación de mostos preparados directa y originalmente con los azúcares extraídos de las cabezas maduras de *Agave angustifolia* Haw maguey espadín y *Agave potatorum* Succ, amarilidáceas, maguey de mezcal o tobalá principalmente (Berumen, 2009). Una de las alternativas para hacer más eficiente el manejo y aprovechamiento del bagazo de *Agave mezcalero* y obtener sustratos orgánicos, es mediante el compostaje para reducir el volumen de desechos de celulosa, hemicelulosa y lignina principalmente (Ilangovan et al., 1996 y Masaguer et al., 2010).

Los límites dentro de los que se encuentran los denominados cultivos sin suelo son bastante amplios. En una primera aproximación, Urrestarazu (2004) define los cultivos sin suelo como aquellos métodos o sistemas con los que se consigue el crecimiento de plantas fuera de su ambiente natural: el suelo. Terés (2001) limita más este concepto al definir los cultivos sin suelo como aquel sistema de cultivo en el que la planta desarrolla su sistema radicular en un medio sólido o líquido confinado en un espacio limitado y aislado fuera del suelo. Desde un punto de vista práctico, los cultivos sin suelo suelen clasificarse en cultivos hidropónicos (cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos, con capacidad de intercambio catiónico) (Terés, 2001).

DESARROLLO DEL TEMA

En relación a las propiedades físicas de los sustratos de cultivo son de gran importancia debido al hecho de que una vez que el sustrato está en el contenedor y la planta creciendo en él, la capacidad del usuario para intervenir en la modificación de las propiedades físicas es prácticamente nula. En contraposición, la composición química de los sustratos, y las propiedades derivadas de ésta, si pueden ser alteradas fácilmente durante el desarrollo de la planta mediante el riego y el abonado (Ansorena, 1994). Es necesario recurrir a sustratos que retengan agua a bajas tensiones sin detrimento de su capacidad de aireación. Una capacidad de aireación adecuada se consigue aumentando el número de poros mayores a un cierto tamaño umbral (alrededor de 290 micrómetros de diámetro) que se obtiene generalmente aumentando el tamaño de partículas. Al aumentar el tamaño de las partículas, disminuye el número de poros que son capaces de retener agua. El exceso de partículas finas hará que aumente el número de microporos que retienen el agua, pudiendo resultar insuficiente la cantidad de aire disponible para la respiración de las raíces. En sustratos a base de cortezas se observa a menudo la acumulación de una capa de finos en el fondo de la maceta, creándose una zona poco permeable y mal aireada, responsable de la asfixia radicular en la base (Ansorena, 1994). El conocimiento del tamaño medio de la partícula de los sustratos no es suficiente para predecir sus propiedades físicas, sino que debe conocerse su distribución de tamaños. En cortezas, por ejemplo, el control debe centrarse en la fracción de tamaño inferior a 1 mm, y sobre todo en las comprendidas entre 0,50 y 0,25 mm y entre 0,25 y 0,1 mm.

Pues son las que más aumentan la cantidad de agua disponible y disminuyen la porosidad ocupada por el aire (Handreck, 1993). Las propiedades físicas de un sustrato no pueden predecirse de forma sencilla a partir de sus componentes; además en las mezclas se producen interacciones que hacen que las propiedades de la mezcla final no sean la media de sus componentes (Masaguer, 2001). La caracterización física estudia la distribución volumétrica del material sólido, el agua y el aire, así como su variación en función del potencial matricial (Abad et al. 2004). La distribución del tamaño de partículas y en consecuencia la porosidad interparticular (o macroporosidad) del material, afectan al balance entre el contenido de agua y el aire del sustrato con independencia del nivel de humedad (Raviv et al., 1986, López cuadrado, 2006).

Los sustratos deben tener una buena distribución de tamaños de partícula: si éstas son grandes, también lo será el tamaño de los poros, y puede ocurrir que el sustrato esté bien aireado pero retenga poco agua. Por el contrario, un exceso de finos hará que aumente el número de microporos que retienen el agua, pudiendo resultar insuficiente la cantidad de aire disponible para la respiración de las raíces (Zarate, 2013).

El objetivo del presente trabajo es diseñar sustratos de bagazo de maguey con materiales complementarios y estudiar las propiedades físicas para que el manejo de dicho sustrato sea de acuerdo a sus propiedades e interrelacionar las distintas propiedades y establecer así criterios de manejo.

METODOLOGIA.

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Santa Lucia Ocotlán, que se localiza en la región de Valles Centrales, en las coordenadas 96°41' de longitud oeste y 16°44' de latitud norte, a una altura de 1,500 msnm. En el proceso de compostaje realizado, se utilizó bagazo de espadín (*Agave angustifolia* Haw). Las mezclas realizadas con el compost de bagazo de maguey y los sustratos preparados se presentan en la tabla 1.

Cuadro 1. Sustratos de bagazo de maguey y porcentajes de componentes de las mezclas realizadas

MEZCLA DE SUSTRATOS	CLAVE
Bagazo de maguey + Turba + Arcilla Expandida + Vermiculita 70:20:5:5 (v/v)	BMTAEV1
Bagazo de maguey + Turba + Arcilla Expandida + Vermiculita 30:60:5:5 (v/v)	BMTAEV2
Bagazo de maguey + Turba 70:30 (v/v)	BMT
Bagazo de maguey + Turba 50:50 (v/v)	BMTU
Bagazo de maguey + Turba + Arcilla Expandida + Vermiculita 70:20:5:5 v/v (BMTAEV1); Bagazo de maguey + Turba + Arcilla Expandida + Vermiculita 30:60:5:5v/v (BMTAEV2); Bagazo de maguey + Turba 70:30 v/v (BMT); Bagazo de maguey + Turba 50:50 v/v (BMTU).	

Se han realizado mezclas considerando el bagazo de maguey como componente principal y empleando otros materiales como arcilla expandida y vermiculita. Se realizó la caracterización física de las mezclas resultantes. Se realizó la caracterización física de los sustratos en estudio en base a las normas UNE-EN. Esta metodología se describe en las siguientes normas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Normas Europeas para la caracterización física de enmiendas orgánicas y sustratos de cultivo

UNE-EN 12579	Muestreo
UNE-EN 12580	Determinación de la cantidad
UNE-EN 13040	Preparación de las muestras para los ensayos físicos y químicos: Materia seca, humedad y densidad aparente compactada de laboratorio
UNE-EN 15428:2008	Determinación de la granulometría de partículas
UNE-EN 13041	Determinación de propiedades físicas: Densidad aparente, volumen de aire, contracción y porosidad

Fuente. UNE-EN (AENOR) (2000-2002).

Para la evaluación de la granulometría se utilizaron las siguientes intervalos de tamices (en mm): > 6,35; 6,35-4,76; 4,76-3,36; 3,36-2,0; 2,00-1,00 y <1,00 mm. El índice de grosor (IG) se obtuvo sumando los porcentajes (en peso) de las partículas con diámetro superior a 1 mm (adaptación del método propuesto por Richards et al. 1986, según:

$$\%IG = \sum \%P_i ; i > 1mm$$

Densidad real (Dr) norma UNE-EN 13041:1999. El Agua Fácilmente Disponible (AFD) es el volumen de agua retenido por el sustrato que puede ser utilizado por la planta al estar retenido a tensiones que la planta puede vencer y se calculó como la diferencia entre el volumen de agua a 10 cm de tensión y el volumen de agua a 50 cm de tensión. El Agua de Reserva (AR) se calculó como la diferencia entre el volumen de agua a 50 cm de tensión y el volumen de agua a 100 cm de tensión. Por último, el Agua Dificilmente Disponible (ADD) se define como el volumen de agua retenido por el sustrato a más de 100 cm de tensión. El parámetro denominado punto R, se determinó gráficamente a partir de las curvas de humectación y aireación como el valor de tensión en el que ambas curvas se cortan.

Los resultados obtenidos en esta investigación se describen a continuación.

Densidad aparente (Da). En base a los rangos de referencia, que recomiendan valores de densidad aparente inferiores a $0,4 \text{ g cm}^{-3}$ (Abad et al., 1997), se puede afirmar que todos los sustratos en estudio están dentro de los rangos de referencia. El sustrato con menor Da ha sido la mezcla bagazo de maguey al 50% con turba (BMTU), se trata de un sustrato con densidad muy baja que facilitaría por tanto el transporte de plantas (Cuadro 3). Los datos obtenidos en el compost de bagazo de maguey, son superiores a los obtenidos por (Rodríguez et al. 2010) en sustratos a base de bagazo de agave tequilero precompostado (60 días), bagazo compostado (130 días), bagazo vermicompostado (130 días) y bagazo fresco en donde obtiene valores en el rango de 0.17 a 0.20 g cm^{-3} , respectivamente.

Densidad real (dr). En todos los sustratos se observa que las densidades reales se ajusta al rango recomendado por (Abad et al., 1997) ($1,45$ - $2,5 \text{ g cm}^{-3}$) (Cuadro 2). (Rodríguez 2004), al evaluar sustratos a base de bagazo de agave tequilero precompostado (60 días), bagazo compostado (130 días), bagazo vermicompostado (130 días) y bagazo fresco en donde obtiene valores inferiores en torno a $1,4 \text{ g cm}^{-3}$. Es preciso señalar que la metodología seguida por (Rodríguez 2004) es la picnometría, y en el presente trabajo se ha realizado una calcinación y cálculo de la densidad real. Así mismo las condiciones de compostaje en ambos trabajos son muy diferentes en cuanto al tamaño de las pilas de compost, pilas reales en un caso y cajas de ensayo en el otro.

Porosidad total (Pt). La literatura recomienda una porosidad total de 60 a 80% (De Boodt y Verdonck, 1972; Ansorena, 1994), con base a este intervalo se verifica que todos los sustratos evaluados se encuentran en el rango recomendado para la porosidad (Cuadro 3). La mezcla de BMTAEV2 (con arcilla expandida y vermiculita) es el sustrato que presenta mayor porosidad, sin embargo los sustratos (BMT y BMTU) son sustratos que también aportan buena porosidad total.

Los resultados obtenidos en el compost de bagazo de maguey mezcalero fueron similares a los encontrados por (Rodríguez et al., 2010) al evaluar sustratos a base de bagazo de agave tequilero precompostado (60 días), bagazo compostado (130 días) y bagazo vermicompostado (130 días), en donde obtiene valores de 83, 80 y 79%, respectivamente. Puede parecer que el tiempo de compostaje puede influir en la disminución de la porosidad, por lo tanto en el caso de este trabajo con tiempos superiores a 200 días la porosidad ha disminuido ligeramente. En estudios realizados por (Vidal, 2012) en una muestra de bagazo de maguey de la región productora de mezcal en Oaxaca, obtiene una porosidad de 75% similar al encontrado en este trabajo.

Capacidad de aireación (V_{a10}) (volumen de aire a 10 cm c.a.), considerada la propiedad física más crítica para los sustratos de cultivo (Ansorena, 1994); (Cabrera, 1999); (Abad et al, 1997). Cuando al bagazo de maguey se le agrega volúmenes crecientes de turba de 20, 30, 50 y 60% (BMTAEV1, BMT, BMTU y BMTAEV2)

(Cuadro 3) se registran una capacidad de aireación también creciente (19, 24, 25 y 27% respectivamente). Por lo que se pueden obtener mezclas en función de la aireación necesaria con la adición correspondiente de turba, de tal forma que con un 30% de turba (BMT) es suficiente para obtener una aireación del 24%.

Los estudios de (Rodríguez et al., 2010) al evaluar sustratos a base de bagazo de agave tequilero precompostado (60 días), bagazo compostado (130 días) y bagazo vermicompostado (130 días) y bagazo fresco, obtiene valores de 26, 25 y 25%, de V_{a10} respectivamente, valores similares a los encontrados en este estudio. Vidal, 2012 en una muestra de bagazo de *Agave angustifolia* Haw, obtiene una V_{a10} de 7,8.

Capacidad de retención de humedad. Entendida como la cantidad de agua retenida por el sustrato a una tensión de 10 cm de columna de agua. En esta propiedad los sustratos en estudio se mantienen entre 50-60%, dentro del rango recomendado por Abad et al (1993)

Cuadro 3. Características físicas obtenidas de sustratos de bagazo de maguey.

Sustrato	Densidad aparente	Densidad real	Porosidad Total	Capacidad de aireación	Capacidad de retención de humedad
	g cm^{-3}	g cm^{-3}	%	%	%
BMTAEV1	0,40	1,73	72	19	53
BMTAEV2	0,32	1,83	81	27	54
BMT	0,36	1,79	75	24	51
BMTU	0,27	1,87	75	25	50

Granulometría. Para interpretar correctamente la granulometría se deben considerar esencialmente dos aspectos. Por una parte la distribución del tamaño de las partículas, si la distribución es uniforme habrá partículas de todos los rangos, y por otra parte la predominancia de partículas finas menores de 1 mm, que condicionan las propiedades de aireación y retención de agua. En el cuadro 3 se presentan los valores correspondientes a los diferentes tamaños de partícula de los sustratos ensayados.

Cuadro 4. Porcentaje del tamaño de las partículas de los sustratos bagazo de maguey.

tamiz (mm)	BMTAEV1	BMTAEV2	BMT	BMTU
> 6.35	0,99	0.00	5,31	2,88
6.35-4.76	0,00	0.02	1,75	10,80
4.76-3.36	5,02	0,07	8,77	6,00
3.36-2.00	6,13	6,15	13,40	11,70
2.00-1.00	20,74	22,00	17,40	16,60
< 1.00	67,12	71,00	53,40	52,00

Los sustratos bagazo de maguey con turba, arcilla expandida y vermiculita 60:30:5:5 v/v (BMTAEV2) y bagazo de maguey con turba, arcilla expandida y vermiculita 70:20:5:5 v/v (BMTAEV1) presentan un porcentaje elevado de partículas finas por debajo de <1.00 mm es decir granulometría muy fina. También se observa que los sustratos BMT y BMTU, registran una distribución granulométrica muy similar, entre porcentajes > 1.00 y < 1.00 mm.

En la figura 1, se analiza el índice de grosor o porcentaje de partículas mayores de 1mm. Cuando los índices de grosor son elevados el sustrato permite un drenaje adecuado y retiene poco agua, sin embargo con índices bajos se eleva la retención de agua a 100 cm de tensión. Se observa en el BMTU y BMT homogeneidad de partículas, con un índice de grosor que llega al 48%. Es importante que el material mantenga cierta homogeneidad, es decir, que los rangos de partículas no sean muy dispares, ya que de no ser así, se produce una reducción del espacio poroso por reordenación de las partículas más finas entre las gruesas. Con el tiempo esto provoca retenciones excesivas de agua y falta de oxígeno en las raíces (López Cuadrado y Masaguer, 2006). Según (Abad y colaboradores 1992) el nivel óptimo de tamaño de partícula es el comprendido entre 0,25 y 2,50 mm, lo que implica una retención suficiente de agua fácilmente disponible y un adecuado contenido de aire.

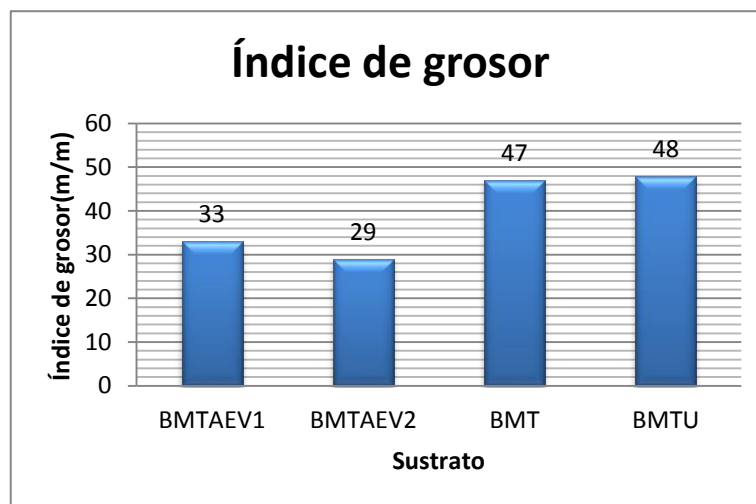


Figura 1. Índice de grosor de los sustratos de bagazo de maguey.

Curva característica de humedad (Equilibrio agua-aire. Parámetro R). A partir de las curvas de liberación de agua puede determinarse la tensión a la que se igualan los contenidos de agua y aire en el sustrato. Este parámetro, denominado parámetro R, se expresa como una tensión (en cm de columna de agua) y es característico de cada sustrato. Se determina gráficamente a partir de las curvas de humectación y aireación como el valor de tensión en el que ambas curvas se cortan.

(Ansorena 1994) recoge una serie de valores orientativos para el parámetro R:

$R > 30$ cm: El contenido en aire será limitante, luego existe riesgo de asfixia radicular.

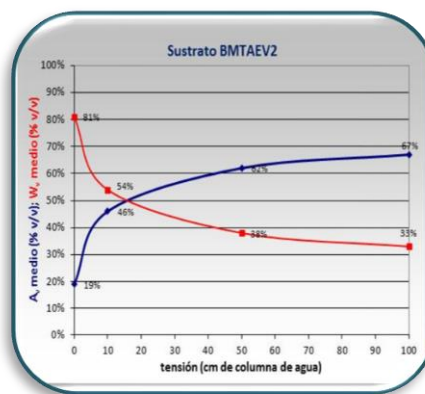
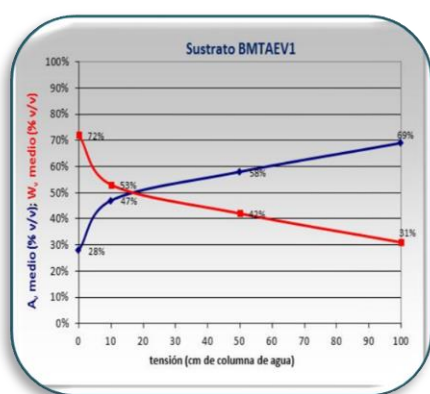
$30 \text{ cm} > R > 10$ cm: Las raíces disponen de suficiente agua y aire.

$R < 10$ cm: El sustrato está demasiado aireado, apenas hay Agua Fácilmente Disponible.

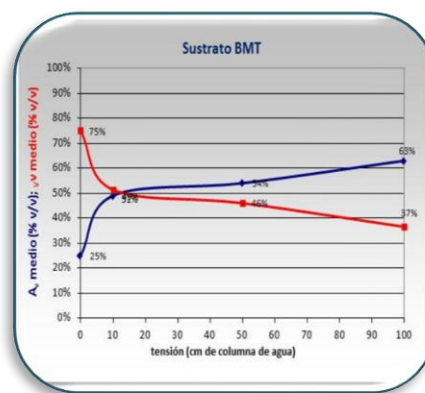
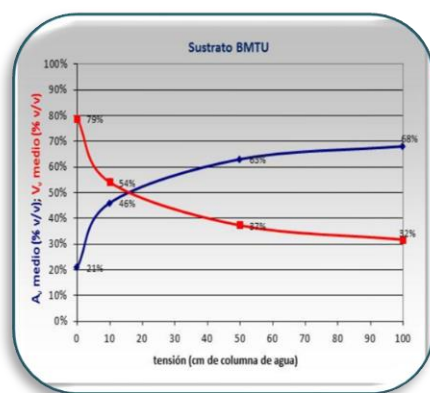
La representación conjunta de todas las curvas de liberación de agua de los cuatro sustratos estudiados nos ofrecen una visión de conjunto que permite extraer algunas conclusiones.

Por ejemplo la adición de turba en las mezclas BMT y BMTU desplaza el equilibrio hacia bajas tensiones, indicando que serán sustratos más adecuados para contenedores más pequeños, tipo semilleros, permitiendo una adecuada aireación con buena retención de agua.

Las mezclas de BMTAEV1 y BMTAEV2 en valores recomendados de punto R, por lo que se recomienda para contenedores de altura entre 10 y 20 cm, para contenedores de menor altura, los valores de R deberán ser menores. Estos límites están referidos a la altura del contenedor, el volumen de agua y aire retenido por el contenedor depende de su geometría, es decir, un mismo volumen de sustrato retendrá más agua cuanto menor sea la altura del contenedor (y por tanto mayor sea su base) (Ansorena, 1994). Estas curvas resultan determinantes a la hora de determinar la selección de los sustratos en función de las características y manejo del cultivo, es decir, los sustratos con baja retención y buena aireación requerirán riegos frecuentes, mientras que los sustratos que retienen mucha agua y airean peor necesitan riegos más espaciados. Los valores del parámetro R para los sustratos en estudio se muestran en las figuras 2 a 5.



Figuras 2 y 3. Curvas de liberación de agua y aireación (punto R) de los sustratos de bagazo de maguey.



Figuras 4 y 5. Curvas de liberación de agua y aireación (punto R) de los sustratos de bagazo de maguey.

Agua fácilmente disponible (AFD). En general los sustratos en estudio presentan bajos porcentajes de AFD, en relación a los valores propuestos por (Abad 1995) y (Carmona y Abad 2008) quienes recomiendan un volumen de agua fácilmente disponible entre 20 y 30%. La mezcla bagazo de maguey con turba 70:30 (BMT) y bagazo de maguey con turba, arcilla expandida y vermiculita 70:20:5 v/v (BMTAEV1), son los materiales que presentan los valores más bajos de agua fácilmente disponible. Esto se justifica debido al insuficiente porcentaje de turba contenida en las mezclas, se recomienda adicionar hasta un máximo de 30% (v/v) de materiales provenientes de compost orgánicos en las mezclas donde se utiliza materiales de este tipo (Masaguer et al. 2010). Así en el caso de la mezcla de 30% de turba presenta valores muy escasos de AFD, pero cuando se incrementa la proporción de turba llegamos a valores próximos a los referidos en la bibliografía (BMTAEV2 y BMTAEV3). En el caso de que algún material se aleje del valor considerado óptimo, entonces para poder ser utilizado como sustrato de cultivo, habrá que mezclarlo con otro con características complementarias (Carmona y Abad, 2008).

(Rodríguez et al., 2010) al evaluar sustratos de bagazo vermicompostado (130 días) y bagazo de agave tequilero precompostado (60 días), obtiene valores de 19,6 y 19,8%, de AFD. Mientras que en bagazo compostado (130 días) y bagazo fresco sin compostar, obtiene porcentajes de 21.7 y 47.0. En relación a la AFD del bagazo tequilero, estos autores explican que se dio por ser un material no sometido a biodegradación, por lo que le atribuyen un mayor tamaño de partícula y como tal, mayor espacio poroso. Debido a las características de los bagazos de tequila y mezcal (alto contenido de humedad (80%), celulosa y lignina, resulta difícil pensar en utilizarlos frescos.

Agua de reserva (AR). De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 5), todos los sustratos en estudio están en el rango de 4-10% recomendado por (Abad 1995). Sustratos con rangos de AR en valores recomendados, presentan una ventaja con respecto a los materiales con menor AR, al permitir a la planta tener agua disponible por más tiempo (Alonso y Rigal., 1997). Hay que tener en cuenta que el agua retenida no se distribuirá uniformemente en toda la altura del contenedor: un mismo volumen de sustrato retendrá más agua cuanto menor sea la altura del contenedor (Ansorena, 1994). (Rodríguez et al., 2010) al evaluar bagazo de agave tequilero compostado (130 días), obtiene una AR de 9%, similar a la del sustratos BMT encontrada en este estudio.

Agua difícilmente disponible (ADD). Tomando un valor del agua difícilmente disponible como máximo del 30% (Masaguer, 2010), todos los sustratos en estudio se encuentran por encima los valores recomendados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Retención de humedad a diferentes tensiones de los sustratos en estudio.

SUSTRATO	cm de tensión de columna de agua				AFD %	AR %	ADD %
	0 % de humedad	10 % de humedad	50 % de humedad	100 % de humedad			
BMTAEV1	72	53	42	31	11	11	31
BMTAEV2	81	54	38	33	16	5	33
BMT	75	51	46	37	5	9	37
BMTU	79	54	37	32	17	5	32

CONCLUSIONES

Cuando el bagazo de maguey se mezcla con turba, arcilla expandida y vermiculita 30:60:5:5 v/v (BMTAEV2), con turba 50:50 v/v (BMTU) y turba 70:30 v/v (BMT), se obtiene valores muy adecuados que se encuadran en los principales rangos recomendados de porosidad, capacidad de aireación, retención de agua, una relación agua- aire muy equilibrada, equilibrio agua-aire, AR, Por lo cual esta última mezcla con bajos volúmenes de turba puede ser utilizada en contenedores de altura de 10 y 20 cm. Por lo que se puede concluir que se pueden obtener mezclas en función de la aireación necesaria con la adición correspondiente de turba, de tal forma que con un 30% de turba (BMT) es suficiente para obtener una aireación del 24%.

RECOMENDACIONES

Por lo que los sustratos BMTAEV2, BMTU y BMT demuestran un gran potencial para ser utilizados como sustrato alternativo a turbas comerciales, debido a que presentaron propiedades físicas adecuadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional, a la COFAA-IPN por los apoyos otorgados para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS.

- ABAD, M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo. In: F.Nuez (ed). El cultivo del tomate. Mundi Prensa. Madrid, España.131-265 p.
- ABAD, M.; NOGUERA, P y CARRIÓN, C. 2004. Los sustratos de cultivo sin suelo. En URRESTARAZU, M.: Tratado de cultivo sin suelo. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 113-158 p.
- ABAD, M.; NOGUERA, P.; NOGUERA, V.; ROIG, A.; CEGARRA, J y PAREDES, C. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. Actas de Horticultura. Número 19: 92-109 p.
- ALONSO M y RIGAL, L. 1997. Caracterización y valorización del bagazo de Agave tequilana Weber de la industria del tequila. Rev. Chapingo Ser. Hort. 3: 31-39 p.
- ANSORENA, J. 1994. Sustratos, propiedades y su caracterización. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 172 p.
- BERUMEN, E. 2009. Oaxaca: La actividad productiva maguey-mezcal. 43 p.
- CABRERA, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1): 5-11 p.
- CARMONA, E y ABAD, M. 2008. Aplicación del compost en viveros y semilleros. En: Moreno, J. y Moral, R. (Eds.). Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 397-424 p.
- DE BOODT, M and VERDONCK, O. 1972. The physical properties of substrates in horticultura. Acta Horticulturae 26. 37-44 p.
- HANDRECK, K. A. 1993. Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting media. Communications in Soil Science and Plant Analysis 24(3-4): 349-363 p.
- ILANGOVAN, K.; LINERIO, J.; ALVAREZ, E.; BRIONES, M y NOYOLA, A. 1996. Tratamiento anaerobio de vinazas tequileras. En Biodegradación de compuestos orgánicos Industriales, Ilangovan, K. y Briones, R. Impresora Díaz e hijos, México, D.F. 38-51 p.
- LÓPEZ CUADRADO, M. C. 2006. Estudio de sustratos de cultivo alternativos a la turba para la producción de planta ornamental en contenedor. Tesis doctoral., Departamento de Edafología. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

LÓPEZ CUADRADO, M. C.; RUIZ-FERNÁNDEZ, J y MASAGUER, A. 2006. Producción de planta ornamental en contenedor con sustratos alternativos a la turba: Ensayos en la Comunidad de Madrid. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y alimentario. Comunidad de Madrid. 173 p.

MASAGUER, A. 2001. Enmiendas y sustratos de cultivo: Nuevas tendencias. Terralia 18: 26-32 p.

MASAGUER, A. 2010. Apuntes para el Máster Universitario Oficial en Tecnología Agroambiental. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

MASAGUER, A.; ZÁRATE, B. H.; MOLINER, A y GUZMÁN, D.L. 2010. Compostaje de residuos de maguey para sustratos de cultivo y conservación de suelos. II Jornadas de la Red Española de Compostaje, Junio de 2010. Burgos- Palencia, España.

RAVIV, M.; CHEN, Y and INBAR, Y. 1986. Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants. In: Chen, Y and Avnimelech, A. (Eds.). The Role of Organic Matter in Modern Agriculture. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht . Holland 257-287 p.

RICHARDS, D.; LANE, M and BEARSELL, D. V. 1986. The influence of particle size distribution in pinebark sand brown coal potting mixes on water supply, aeration and plant growth. Scientia Horticulturae, vol.29, p.1-14.

RODRÍGUEZ, R. 2004. Desarrollo y Caracterización de sustratos orgánicos a partir del bagazo de Agave tequilero. Colegio de Postgraduados. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Instituto de Recursos Naturales. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 134 p.

RODRÍGUEZ, R.; ALCANTAR E.G.; IÑIGUEZ G.; ZAMORA, F.; GARCÍA, P.; RUIZ, M.A y SALCEDO, E. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. Revista INTERCIENCIA. VOL. 35 N° 7. Asociación Interciencia Venezuela. 515-520 p.

UNE-EN 12579, 2000. Toma de muestras.

UNE-EN 13040, 2001. Preparación de muestras para ensayos químicos y físicos, determinación del contenido de materia seca, contenido de la humedad y de la densidad aparente compactada en laboratorio.

UNE-EN 13041:2001/A1, 2007. Mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Determinación de las propiedades físicas. Densidad aparente seca, volumen de aire, volumen de agua, valor de contracción y porosidad total.

UNE-EN 15428, 2008. Determinación de la granulometría de las partículas.

URRESTARAZU, M. 2004. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. En URRESTARAZU, M. (dir. y coord.). Tratado de cultivos sin suelo. 3ª ed. pp 3-47. Mundi-Prensa, Madrid, España. 914 pp.

VIDAL, L. 2012. Cartografía y reutilización agrícola de residuos orgánicos (agrícolas y forestales) del estado de Oaxaca (México). Trabajo fin carrera., Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 226 p.

ZÁRATE, B. H. (2013). Valorización de subproductos agrícolas y forestales como sustratos de cultivo en el estado de Oaxaca (México). Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid; Madrid España.

**Diseño de un dispositivo para detección de carga y distancia en un remolque para robot móvil,
usando una tarjeta acondicionadora**

Emmanuel Valerio Zárate
Juan-Antonio Rojas Estrada
Patricia Quintero Alvarez
Ernesto-Jesus Rincón-Martínez

RESUMEN INFORMATIVO

El presente trabajo está enfocado en el campo de la robótica móvil con remolques. Este muestra el desarrollo de un sistema electrónico inteligente para monitorear una carga en un prototipo de un remolque que se acopla a un robot móvil. Para cumplir los objetivos se elaboró un circuito para cada necesidad de monitoreo. Primero para la medición de distancias se diseñó un circuito electrónico en el que se implementaron sensores infrarrojos para obtener la distancia hacia algún obstáculo. Para el control del peso de la carga se utilizaron celdas de carga en cuatro puntos para dejar balanceada la carga. Por último se elaboró un circuito a base de sensores infrarrojos y leds infrarrojos con sus receptores para detectar algún exceso de dimensiones en la carga para que no sobrepasaran los límites establecidos para operar el remolque. Todo el control es efectuado en la tarjeta flyport de openpicus así como la comunicación inalámbrica entre el remolque y el robot móvil. Todos los comandos y obtención de datos se ejecutan y se obtienen usando Matlab®.

Palabras clave: Robot móvil, Remolque inteligente, Medición de distancia y peso

Introducción

Debido a la necesidad de la automatización en los procesos de transporte para el aprovechamiento de tiempo y reducción de costos, la aplicación de los robots móviles en diferentes sectores ha presentado grandes beneficios en estos aspectos siendo cada vez más utilizados cotidianamente. Su variedad de aplicaciones van desde la transportación de materiales en la industria, en la agricultura para la transportación de fertilizantes y/o semillas, en el transporte de personas, en el trabajo de oficina o hasta en la transportación de materiales en medios hostiles.

El caso en que este proyecto se ocupa es en los robots móviles con remolques. Debido a que los robots móviles requieren trasladarse a su estación de carga cada vez que el nivel de la batería este baja, esto se convierte en un inconveniente ya que al estar sujeto a un remolque necesita de una persona para liberarlo y que pueda regresar a su estación. Esto genera pérdida de tiempo, mal gasto de personal y en algunas situaciones imposible de realizar debido al lugares específicos donde el medio puede ser hostil. (Ollero Baturone, A., 2001).

Recientemente se han realizado en estudios en el área de robots móviles con remolques o robots articulados, implementando el Polígono de Velocidades Admisibles (PVA) (Quintero-Alvarez, Ramirez y Zeghioul, 2005). En este trabajo se desarrolló un algoritmo diseñado para la evasión de obstáculos y planificación de trayectorias en tiempo real, siendo capaz de realizar acciones de avance y retroceso para evitar obstáculos, de acuerdo a los datos registrados en los sensores del robot móvil.

Como en la actualidad los robots móviles solo cuentan con detección de obstáculos en el mismo robot y no en los remolques, ya que los remolques acoplados no cuentan con sensores que monitoreen la cercanía o la aparición de algún obstáculo en determinado momento. Esto lo convierte en un problema dado el caso de que el robot necesite dar reversa o algún obstáculo se presente en la cercanía de los remolques.

Los robots móviles tienen capacidades determinadas sobre su carga máxima de trabajo y cualquier exceso de peso en la carga limitaría la operación del traslado, convirtiéndose en otro problema al no tener un monitoreo del peso de la carga antes de operar.

Teniendo este problema se enfocó en realizar el diseño y construcción de un remolque inteligente tipo diferencial para establecer un sistema robot-remolque con unión descentrada, de acuerdo a estudios realizados anteriormente (Quintero-Alvarez, Ramirez y Zeghioul, 2005). Se espera que el remolque cuente con un sistema de acoplo y desacoplo para liberar al robot tractor cuando este indique que su nivel de batería este bajo y necesite regresar a su estación, guardando así su ubicación exacta para posteriormente retomar el remolque y continuar con su trayectoria.

A el remolque se le añadió sensores de peso y sensores para el monitoreo de las dimensiones de la carga. El control de los sensores y el sistema de acoplo y desacoplo se realiza por la tarjeta Flyport de Openpicus.

Se tiene como objetivo principal el diseñar e implementar un prototipo de remolque inteligente, con capacidades para monitorear peso y dimensiones en la carga así como la medición de distancia hacia los obstáculos y al robot móvil mismo mediante el uso de sensores, para que forme parte de un sistema de robot móvil con remolques.

Los beneficios que traerá el desarrollo de este proyecto serán en la automatización para el transporte de material o de personal. Este proyecto servirá para que los robots móviles articulados realicen tareas repetitivas y con alta cadencia lo que garantizara el transporte en una trayectoria predeterminada, evadiendo obstáculos, de manera continua y sin la intervención de personal.

El proyecto servirá para el transporte en lugares específicos como zonas de riesgo a explosión o cámaras frigoríficas en el cual el personal no es capaz de operar o supondría un riesgo a su integridad física.

Se espera que el remolque cuente con un monitoreo y control automático que verifique el estado de la batería del robot tractor, que al momento de un nivel bajo de voltaje en la batería, sea capaz de guardar su ubicación y la del robot móvil y desacoplarse para permitir al robot trasladarse a su estación de carga de manera automática reduciendo tiempo y sin necesidad de la intervención de personal.

Para demostrar sus ventajas y su correcto funcionamiento se desarrolló un prototipo donde se realizan pruebas junto al robot móvil.

Desarrollo del tema

Diseño y desarrollo del sistema electrónico

Para realizar las pruebas se diseñó un prototipo de un remolque diferencial de dimensiones similares a las del robot móvil. A este remolque se le adaptaron dos ruedas diferenciales y una rueda loca. En la figura 1 se muestra el diseño digital de un sistema robot-remolque de unión descentrada. En la figura 2, se muestra el prototipo.



Figura 1. Sistema robot-remolque de unión descentrada.

Además se les realizó un acople al robot móvil y al remolque, para que pudiera ser arrastrado.



Figura 2. Prototipo de remolque acoplado al robot móvil Robulab

El desarrollo del sistema electrónico se dividió en varias etapas, donde cada uno de los circuitos fueron contruidos y probados por separado, teniendo encueta unirlos en un conjunto en las etapas finales. Las etapas en las que se dividió el sistema son:

- Diseño y desarrollo del circuito electrónico en el cual se adaptaron los sensores infrarrojos para medir distancias ante cualquier obstáculo en cualquier tiempo.
- Diseño y desarrollo del circuito electrónico para monitorizar el peso de la carga.
- Diseño y desarrollo del circuito electrónico para verificar que las dimensiones de la carga sean las adecuadas para operar.
- Obtención y manipulación de señales analógicas de cada uno de los sensores y control de los mismos con la ayuda de un microcontrolador de alta gama. Se desarrolla el programa que controlara cada uno de los sensores y las entradas al microcontrolador.

- Comunicación inalámbrica con el robot móvil a través de un módulo Wi-Fi del microcontrolador.

Todo el sistema es embebido, los componentes se encuentran empotrados en la misma tarjeta, excepto el microcontrolador que cuenta con su propia tarjeta, aun así cuenta con una adaptación para empotrarse a la tarjeta principal.

Diseño del sistema para medición de distancias por medio de sensores infrarrojos

Para el sistema de detección de distancias hacia obstáculos se decidió utilizar sensores infrarrojos de la marca Sharp, ver figura 3, los cuales proporcionan una señal analógica de acuerdo a la proximidad que se encuentre el objeto a medir, que proporciona una señal no lineal. Se colocaron 8 sensores infrarrojos, dos por cada lado del remolque. Los modelos de los sensores Sharp utilizados son los 2Y0A21 y 2D120X. Estos modelos tienen 3 pines, los cuales son tierra, alimentación (5V) y salida analógica (0 a 3 V).

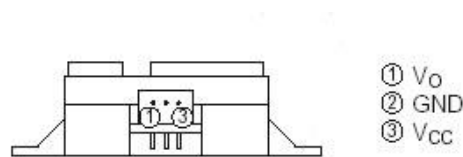


Figura 3. Pines de los sensores infrarrojos Sharp

El modelo 2Y0A21 puede medir en un rango de 10 a 80 cm aproximadamente según su hoja de datos. El rango de salida de voltaje va de 3.1 V.D.C aproximadamente para 10 cm que es el mínimo, hasta 0.3 V.D.C para 80 cm que es el máximo. (Sharp, Optoelectronic Device, specification, 2005) El voltaje de alimentación del sensor es de 5 V.D.C. Para conectarlo es necesario un cable con un conector JST de tres pines. En la figura 4 se muestra la curva de operación del sensor 2Y0A21, en el eje de las abscisas muestra la distancia hacia el objeto en cm y en el eje de las ordenadas la salida del voltaje.

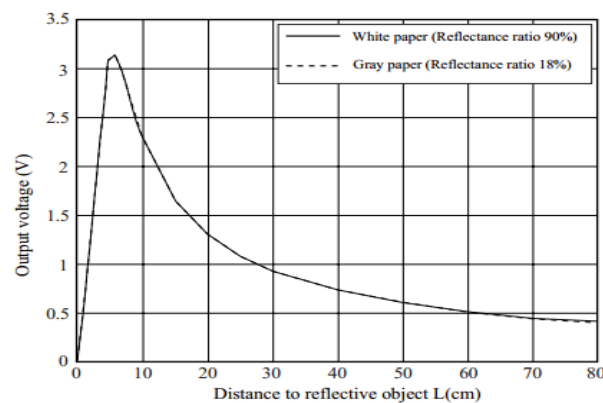


Figura 4. Curva de operación del sensor 2Y0A21.

El modelo 2D120X puede medir en un rango de 5 a 40 cm aproximadamente, donde la salida del voltaje a la distancia mínima es de 3.1 a 5 cm y el voltaje a la distancia máxima es de 0.3 a 40 cm. (Reference Sharp, specification, 2005). Este sensor se alimenta de igual manera con 5 V.D.C, con las mismas características de conexión. Requiere un conector JST de tres cables. En la figura 5 se muestra la curva de operación del sensor 2D120X, donde en las abscisas se encuentra la distancia reflejada en el objeto en cm y en las ordenadas la salida del voltaje.

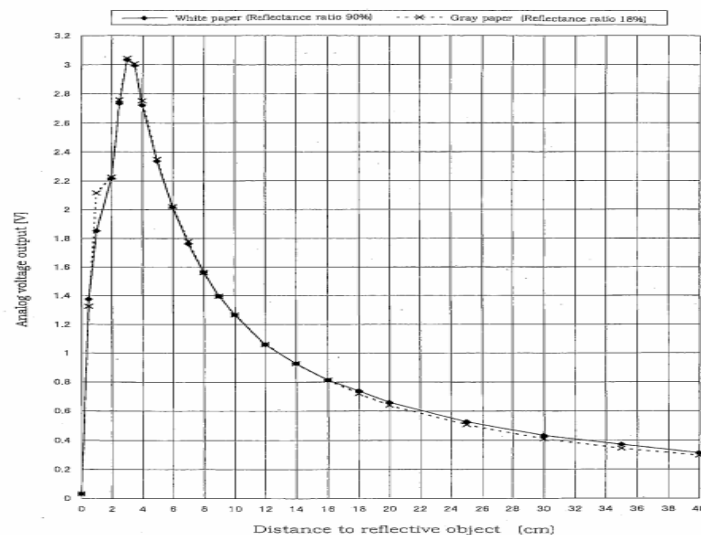


Figura 5. Curva de operación del sensor 2D120X.

Como estos sensores requieren de una entrada analógica para poder leer la señal, se presentó un problema debido a que la cantidad de sensores a utilizar superaba la cantidad de entradas analógicas del microcontrolador que solo cuenta con cuatro entradas analógicas. Para solucionar esto se realizó un circuito que maneja en rotación la obtención de cada una de las señales utilizando solo dos entradas analógicas del microcontrolador.

En el circuito se adaptaron ocho optoacopladores 4n25, uno para cada salida del sensor. La función de estos optoacopladores es la de retener cada una de las señales de los sensores, hasta el momento de su lectura. Cada lectura se hace de par en par, creando una rotación de cuatro tiempos. Para energizar los optoacopladores se utilizaron cuatro salidas digitales del microcontrolador, donde cada salida digital energiza dos optoacopladores. Cada una de las entradas analógicas, figure 6, recibe la señal de cuatro sensores en diferentes tiempos.

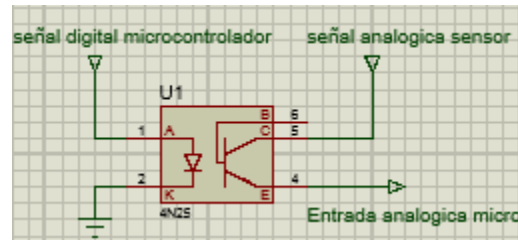


Figura 6. Conexión de un optoacoplador 4n25 en el circuito.

Diseño y desarrollo del circuito electrónico para el monitoreo de carga

Se diseñó y construyó un circuito para calcular el peso de la carga. El diagrama del circuito realizado se muestra en la figura 7. Este circuito cuenta con cuatro celdas de carga, colocadas en cuatro esquinas para promediar el peso. Estas celdas de carga funcionan bajo el puente de Wheatstone. Las señales de salida de las celdas de carga son promediadas en un amplificador de instrumentación INA126, donde su salida se conecta a la entrada analógica del microcontrolador para su lectura.

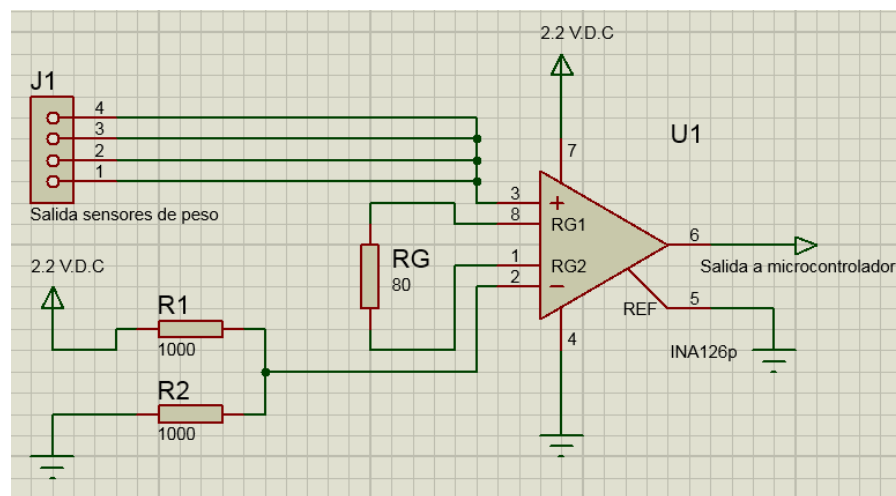


Figura 7. Esquema del circuito para medir el peso de la carga.

Diseño y desarrollo de los sensores de dimensión

Este circuito se diseñó para detectar si la dimensión de la carga sobre pasa el espacio que tiene destinado el remolque para su uso, ya sea que sobrepase la altura o sobresalga en algún extremo por encima del remolque.

En el circuito se utilizaron sensores infrarrojos como sensores de detección objetos. Se realizaron dos tipos de sensores para el monitoreo.

Sensores de monitoreo de una obstrucción superior

Este es el encargado de monitorear si la carga no excede en algún extremo por encima del remolque. Para este tipo se utilizaron cuatro sensores infrarrojos Sharp modelo 2Y0A21, posicionados en cada lado del remolque. Ver figura 8

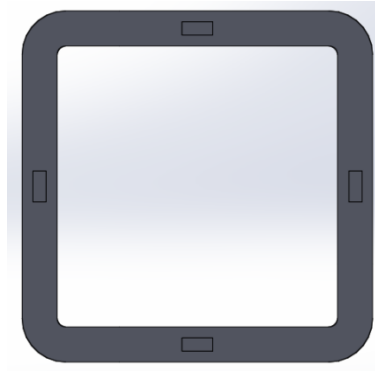


Figura 8. Posición de los sensores visto por la parte superior.

Se calibró en el circuito que a partir de una distancia de 10 cm o menos, se marcara como una obstrucción por encima del remolque. Calculando el valor del voltaje de 10 cm en el sensor, se realizó un circuito utilizando un regulador de voltaje para obtener el valor deseado y compararlo con el del sensor, de esta manera cada vez que el voltaje aumentara del valor establecido, mandara una señal al microcontrolador.

Sensores de monitoreo de exceso de altura en la carga

Estos sensores se encargan de verificar que la altura de la carga no sobre pase la altura de la caja del remolque. Para estos sensores se utilizaron leds infrarrojos y fototransistores. Se realizó un sistema de detección de obstáculos mediante un haz de luz infrarroja continua hacia el fototransistor, cada vez que se un objeto se atravesara al haz de luz se cortara mandando una señal al microcontrolador.

Características de la tarjeta de desarrollo (Flyport)

Se utilizó una tarjeta de desarrollo (Flyport) que cuenta con un microcontrolador de la marca Microchip y con un módulo Wi-Fi. Este cuenta con entradas y salidas, tanto digitales como analógicas. A continuación se muestran sus características principales:

- Microchip PIC 24F 16 bit processor
- Ethernet/Wi-Fi 802.11 b/g/n
- Webserver
- Conexión remota a cliente/servidor TCP o UDP (User Datagram Protocol)
- Entradas y salidas digitales
- Entradas analógicas

- Comunicación por UART, I2C o SPI
- Pines remapeables
- Alimentación 3.3V o 5

El flyport es una tarjeta muy útil en este proyecto gracias a su módulo Wi-Fi, ya que a través del Wi-Fi se hace el control de todo el sistema y la transmisión de datos de manera remota. La configuración del Wi-Fi es sencilla a través del IDE de OpenPicus



Figura 9. Tarjeta Flyport: microcontrolador y módulo Wi-Fi

Programa de control en el microcontrolador

El programa de control dentro de la tarjeta Flyport del remolque realiza tareas dependiendo de las necesidades del robot Robulab (Robosoft, Advanced Robotics Solution, Pure Communication Manual, 2012). Las Tareas a realizar en el programa son:

- Lectura de sensores infrarrojos de distancia
- Lectura del sensor de carga
- Lectura del estado de las dimensiones de la carga
- Posición de desacoplo
- Lectura del voltaje en el potenciómetro en la unión del remolque y el robot móvil

Envío de información usando Wi-Fi a través de UDP

Cada una de las tareas se realiza de acuerdo al comando que mande el robot a través del Wi-Fi. El programa siempre se encuentra en espera de un comando escuchando el puerto UDP. En la figura 10, se muestra el diagrama de flujo del programa.

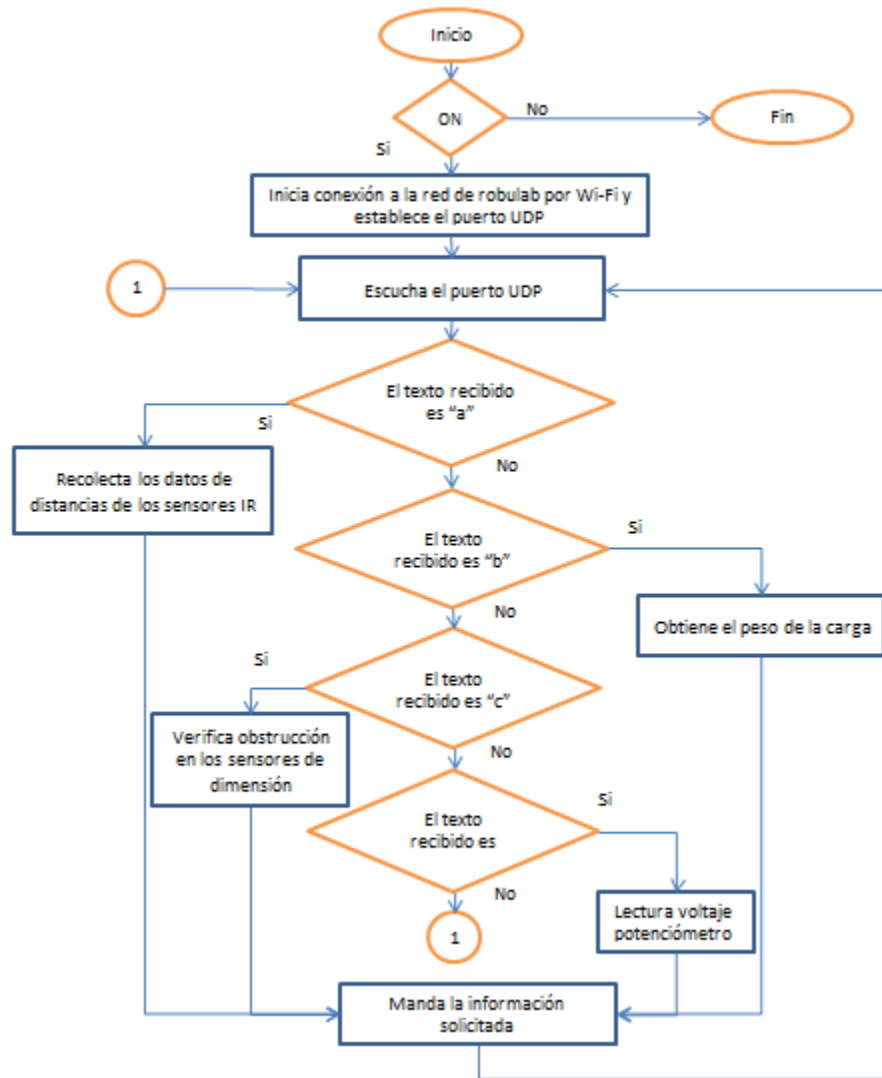


Figura 10. Diagrama de flujo del programa de control en el microcontrolador.

Comunicación entre el Flyport, Robulab y Matlab.

La comunicación se estableció utilizando el Wi-Fi. En el Flyport se estableció que la información requerida se mandaría en cadenas a través del UDP. Esta información se envía a Matlab para procesarla. Matlab fue utilizado para mandar las órdenes al Flyport vía UDP mediante funciones establecidas para cada necesidad. La red principal a la que se conectó la PC con Matlab y el Flyport es la de Robulab.

Robulab quedó establecido como router dándole una dirección ip a la cual se conectan ambos. A continuación se muestra en la figura 11, un esquema de cómo quedó establecida la comunicación.

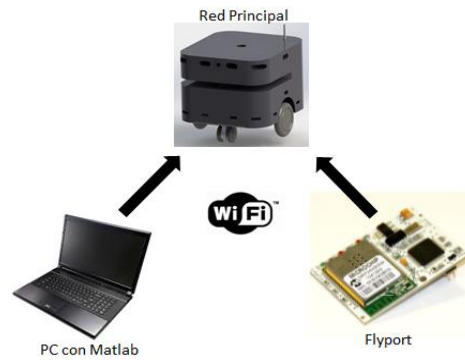


Figura 11. Sistema de comunicación entre el robot móvil, flyport y Matlab.

Resultados

Se construyó un prototipo de remolque con capacidades para detección de peso y dimensiones de carga. El prototipo de remolque quedó provisto de un sistema de sensores infrarrojos para la medición de distancia de puntos en el remolque con obstáculos. La información de distancia juega un papel esencial para integrar el remolque a la navegación libre de obstáculos que realiza el robot Robulab. El sistema que porta el remolque también está provisto para registrar datos e información referente al momento de desacoplo con el robot móvil, esto, cuando haya una señal de batería baja enviada por el robot móvil. Se realizaron pruebas para verificar el funcionamiento de los circuitos. Cada circuito se probó mandando ordenes al Flyport de petición de información mediante funciones en Matlab. Los resultados en la medición de los sensores infrarrojos fueron casi exactos.

Metodología

Primeramente se inició con la investigación acerca de robots móviles articulados o con remolques y además sobre la existencia de algún remolque instrumentado con sensores. Esto constituyó el estudio del estado del arte.

Para la segunda parte de este proyecto se continuó con la implementación física del remolque. Se investigó acerca de los sensores actuales en el mercado que se ajustaban a las necesidades del proyecto. Se seleccionaron los sensores que se adoptaron a las distancias que se requerían. Se hizo una selección de la tarjeta que realizaría el procesamiento de los datos en el remolque, así como de la comunicación hacia la red.

En la siguiente etapa se diseñaron y desarrollaron los circuitos para monitorear la carga y las distancias hacia obstáculos desde el remolque. En esta etapa se implementaron los circuitos y se realizaron pruebas de medición en los sensores y se desarrolló el programa de control para cada tipo de sensor.

Por último se desarrolló el programa de comunicación en el Flyport y se realizaron pruebas en los sensores utilizando la red del robot Robulab. Se trabajó conjuntamente con el programa maestro de control desde Matlab[®], con el fin de validar los valores de las variables leídas usando la comunicación implementada.

Conclusiones

La presente investigación, representa un pequeño paso, pero muy significativo en el área de remolques inteligentes, ya que no hay mucho de este apartado en la literatura. Creemos que es un aspecto de gran potencial para la investigación y el desarrollo tecnológico en el área de robótica móvil usando remolques. Se puede concluir que fue posible desarrollar un prototipo de remolque inteligente totalmente funcional y probado. Fue capaz de monitorear las variables de peso y dimensión de la carga mandando alertas al Programa en Matlab[®] cada vez que se hacía la petición de información, además de monitorear con precisión a petición del programa en Matlab[®] obstáculos que se presentaron en la cercanía del remolque. Se espera que de manera pronta, se tenga un remolque diseñado profesionalmente, mismo que se encuentra en curso y que podrá incluir gran parte de este desarrollo presentado.

Recomendaciones

El presente trabajo desarrolla un remolque inteligente capaz de monitorear las condiciones de carga y además de monitorear obstáculos y distancias a las que se encuentra. Para mejoras posteriores sería necesario desarrollar un sistema de posicionamiento exacto y un sistema de acoplo y desacoplo, que no interfiera la parte electrónica en la unión. Se espera hacer uso de otras tecnologías para hacer de manera inalámbrica la medición del ángulo entre el robot móvil y el remolque. De esta manera, la parte mecánica quedaría aislada de la medición del ángulo.

Referencias

- Ollero Baturone, A. (2001). Robótica Manipuladores y robots móviles. Barcelona: Marcombo.
- Quintero-Alvarez P., Ramirez G. y Zeghioul S. (2005). A collision-free path planning method for an articulated mobile robot in a free environment. ASME 2005 International Design Engineering Thecnical Conferences & computers and information in Engineering Conference. Long Beach, California, USA. 24–28 septiembre.
- Openpicus. (2011). Open Picus Flyport Programmer's Guide. Roma, Italia.
- Sharp. (2005). Device specification for analog output type distance measuring sensor model GP2D120XJ00F. [Especificación técnica].1 de marzo.
- Robosoft. (2012). Pure communication manual. [Manual]

Efecto del déficit de presión de vapor en la producción de tomate de cáscara bajo invernadero

Escamirosa Tinoco Cirenio
Martínez Gutiérrez Gabino Alberto
Guzmán Cruz Dora Lilia

Resumen Informativo

Se cultivaron plantas de tomate de cáscara en cuatro tratamientos tres bajo ambientes de clima controlado en invernadero y un testigo al aire libre o campo, en cada tratamiento se monitoreó la temperatura y humedad relativa a partir de la floración, éstas variables climáticas permitieron calcular el déficit de presión de vapor (dpv), del ciclo de cultivo y su efecto en el desarrollo y la producción de las plantas de tomate de cáscara.

Los tres invernaderos que se emplearon fueron; dos del tipo macrotunel con aberturas de ventilación en las bandas laterales y con y sin abertura de ventilación cenital, el tercero fue un invernadero tipo bioespacio o casa sombra, todos con dimensiones 10x25 metros y superficie de 250 m². Los resultados obtenidos muestran que en los tres invernaderos los rendimientos del cultivo fueron superiores al tratamiento testigo o cultivo al aire libre, sobresaliendo el invernadero tipo macrotunel con ventilación cenital.

Se observó que de las semanas 2 a la 9, el dpv se ubicó entre 1.5 y 2.0 kPa en promedio, para el tratamiento del invernaderos tipo macrotunel con abertura de ventilación cenital, los otros tres tratamientos, durante las semanas 5 a 7, registraron un dpv por debajo de 1.5 kPa (Fig. 1) pero a partir de la sexta semana solo el invernaderos tipo macrotunel con abertura de ventilación cenital, registró un descenso en el dpv, por debajo de 1, que favoreció un mayor rendimiento de tomate en este tratamiento, lo que es consistente con resultados obtenidos en tomate rojo por

Palabras clave: Macrotunel, tomate de cáscara, déficit de presión de vapor,

Introducción

Los invernaderos son estructuras muy sofisticadas que deben estar bien diseñados, con bajo consumo de calor, eficiente ventilación natural y resistencia estructural adecuada, cuyo objetivo es proporcionar condiciones ideales para el desarrollo y productividad de las plantas. Los factores como; luz, temperatura, humedad y composición del aire, deben ser óptimos durante todo el periodo de cultivo, la parte visible de la radiación global es uno de los factores esenciales para el crecimiento de las plantas en un invernadero. (B. Von Elsner et al., 2000).

Las bondades que este sistema muestra respecto al cultivo en campo o tradicional son: aumento de los rendimientos de hasta cinco veces, mejor calidad de la producción, menor incidencia de enfermedades transmitidas por insectos vectores y por lo tanto un bajo empleo de tratamientos fitosanitarios para su control, mínimo control de malezas, y óptimo uso del agua.

El Déficit de Presión del Vapor (DPV) es una manera útil de medir el clima de un invernadero. DPV puede utilizarse para evaluar la amenaza de enfermedades, el potencial de condensación y las necesidades de un cultivo bajo invernadero. **DPV puede ser utilizado para identificar las condiciones de humedad en el aire óptimas para el crecimiento adecuado de la planta, mientras se toman en cuenta niveles diferentes de temperatura.**

La extracción de humedad en el interior del invernadero se efectúa a través de la deshumidificación, un proceso que ajusta el equilibrio de agua en el aire y en las superficies del invernadero. DPV es la diferencia (déficit) entre la cantidad de agua en el aire (en forma de vapor) y la cantidad de humedad que puede acomodar cuando está saturado de agua (vapor). DPV funciona como un práctico indicador del potencial de condensación al cuantificar que tan cerca está el aire en el invernadero de su punto de saturación. El aire está saturado cuando alcanza su máxima capacidad de retener agua en cualquier grado de temperatura (punto de condensación). Al agregar humedad al aire más allá del punto de condensación se produce una deposición de agua líquida en algún lugar del sistema hídrico.

El tomate de cáscara en México ha tenido gran auge en los últimos años (Peña et al., 1999), en el año 2008 se establecieron aproximadamente 47,000 ha., con rendimiento promedio de 13 t ha⁻¹, ubicándolo en quinto lugar de superficie cultivada entre las hortalizas del país (SIAP, 2008).

La planta de tomate de cáscara, tiene un ciclo de vida de 70 a 110 días desde la siembra hasta la senescencia, dependiendo de la variedad. Los primeros días se caracterizan por un crecimiento lento, de los 24 hasta los 55 días mantiene un crecimiento rápido. Después, sigue creciendo en forma lenta alcanzando en algunos casos hasta tres metros de altura, comienza a envejecer rápidamente y muere (Saray, 1982; Mulato, 2007).

Desarrollo del Tema

Para realizar el presente estudio se emplearon tres invernaderos denominados macro túneles de estructura ligera para cultivo de plantas de porte bajo o corto crecimiento, que son plantas que no son en tutoradas de forma convencional y que por lo tanto no transmiten peso a la estructura, como lo es el cultivo de plantas de tomate de cáscara, que se pueden mantener erguidas con un en tutorado de espalderas forjado con caña de carrizo que en esta región es muy abundante y con rafia de hilo hecho con fibra natural, para unir la cerca de carrizo con cinco hilos separados 12 cm., para lograr que la planta pueda crecer sin que los frutos de los primeros nudos toque el suelo.

Las figuras 1 a 3 muestra los dos tipos de invernadero tipo macrotunel y un bioespacio que se emplearon en el experimento, en cada invernadero o tratamiento se forjaron seis surcos de 0.80 m. de ancho con cinco pasillos de separación de 0.80 m entre surcos y dos pasillos laterales 0.60 m, se sembraron siete genotipos de tomate de cáscara en lotes experimentales bajo un arreglo factorial de 4x7x2 con tres repeticiones y una densidad de 5.5 plantas por m²

Objetivo

El objetivo de este estudio fue medir el efecto del déficit de presión de vapor cada estructura de invernadero y su respuesta en el desarrollo fenológico y el rendimiento de las plantas de tomate de cáscara.

Metodología

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN- Unidad Oaxaca), localizado en el Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. Su ubicación geográfica es 17° 1' 31" N y 96° 43' 11" O, con una altitud de 1530 msnm. Con temperatura media anual de 21.4 °C y precipitación pluvial media anual de 785.5 mm. La temperatura media del mes más caluroso es de 24 °C y el más frío de 18 °C. El periodo de lluvias es de abril a septiembre con un promedio máximo en junio de 172.1 mm. (SMN, 2013).

El experimento se estableció en el ciclo Primavera – Verano de 2013, en cuatro tratamientos; dos en invernaderos tipo macrotunel, una casa sombra o bioespacio y un testigo o control al aire libre. Los macrotuneles (Figuras 1, 2 y 3) y el bioespacio fueron orientados Este – Oeste, con dimensiones de 10 m. de ancho por 25 m. de largo, con 7 entre-ejes de 3.5 m. En cada uno de los tratamientos se colocaron seis surcos de cultivo tres con acolchado plástico y 3 sin acolchar, en cada surco se colocaron dos líneas pareadas de goteros con separación de 30 cm., con caudal de 3.0 l/s se trasplantaron 112 plantas con densidad de siembra fue de 5.5 plantas m⁻², de siete variedades de tomate de cáscara: Chihuiro, Verde Puebla, San Martín, Premier, Tecozautla, Diamante y Rendidora, las tres últimas son semillas mejoradas, donadas por la red de Tomate de Cáscara del SINAREFI (Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos), financiado por el SNICS (Sistema Nacional Inspección y Certificación de Semillas) de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).

La superficie de las aberturas de ventilación de los macrotúneles fue de: 73.75 m², y 85.0 m² para el macrotunel sin y con abertura de ventilación cenital respectivamente, estas aberturas de ventilación corresponden a 17.50 % y 20 % de la superficie total de la cubierta de cada macrotunel respectivamente, lo que difiere del 24% de abertura de ventilación recomendada para invernaderos de la cuenca mediterránea, la cubierta plástica de color blanco al 30% UV2 calibre 7-20 y en las aberturas de ventilación se cubrieron con malla de protección anti-insectos de 10x20 (hilos·cm⁻¹).

Las Figuras 1, 2 y 3 muestran los cortes transversales principal de los invernaderos tipo microtúnel sin y con abertura de ventilación cenital con dimensiones de 10 x 25 m., con altura máxima de 3.4 y 3.6 m. respectivamente, para la cubierta se usó plástico blanco al 30% UV2 calibre 7-20. Para el bioespacio las dimensiones fueron de 12.40 x 25 m. con la misma superficie de cultivo de los microtúneles, la cubierta fue de malla anti-insectos convencional con densidad de $(10 \times 20 \text{ hilos} \cdot \text{cm}^{-1})$

Figura 1

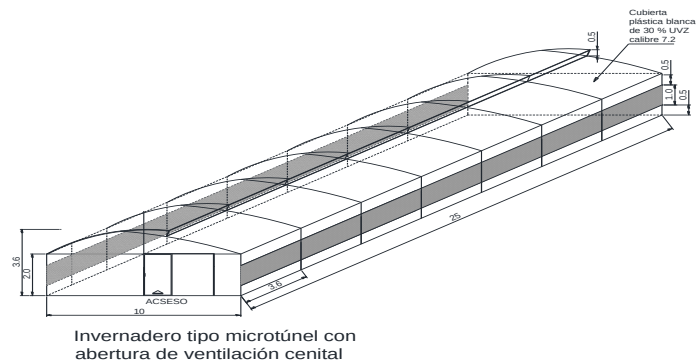


Figura 2

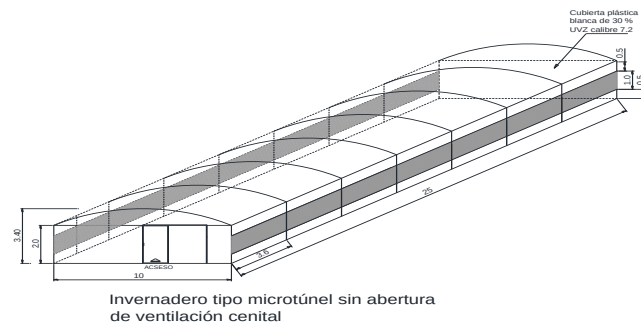
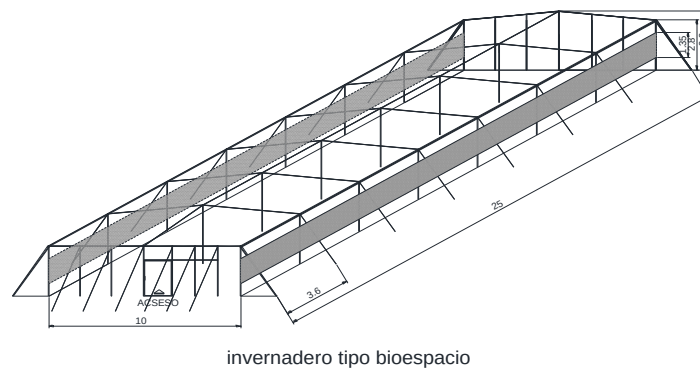


Figura 3



Para la caracterización de los parámetros climáticos de cada estructura de invernadero se emplearon sensores Hobo Pro V2 Logger, con dos canales uno para Temperatura (T) y otro para Humedad Relativa (HR) con intervalos de medición de 5 minutos. El sensor de temperatura tiene un rango de operación de -40° a 70° C y precisión de 0.2° C para el intervalo de 0 a 50° C y resolución de 0.02° C a 25°C. El sensor de humedad relativa con rango de operación de 0 a 100% HR, - 40° a 70° C, con precisión de $\pm 2.5\%$ de 10 a 90% de humedad y resolución de 0.03%, se colocó uno por tratamiento durante el ciclo de cultivo, a una altura de 1.2 m sobre el nivel del suelo de cultivo y colocados dentro de una caja de madera para evitar el calentamiento de la carcasa protectora del sensor.

A partir de los registros de T y RH de los sensores de los Hobos, se obtuvieron las medias diurnas del Déficit de Presión de Vapor (DPV) en kPa, según (Resenberg et al. 1983).

$$DPV = 0.61078 \exp[(17.269 \cdot T)/(T + 237.3)] \cdot [1 + HR/100]$$

Dónde:

DPV=Déficit de Presión de Vapor (kPa)

T=Temperatura media diurna o nocturna del ciclo de cultivo en (°C)

HR=Humedad Relativa media diurna o nocturna del ciclo de cultivo en (%).

Resultados y Discusión

Las gráficas 1 a la 4 muestran las gráficas del déficit de presión de vapor (DPV) medio diurno y nocturno del ciclo de cultivo de cada uno de los tratamientos.

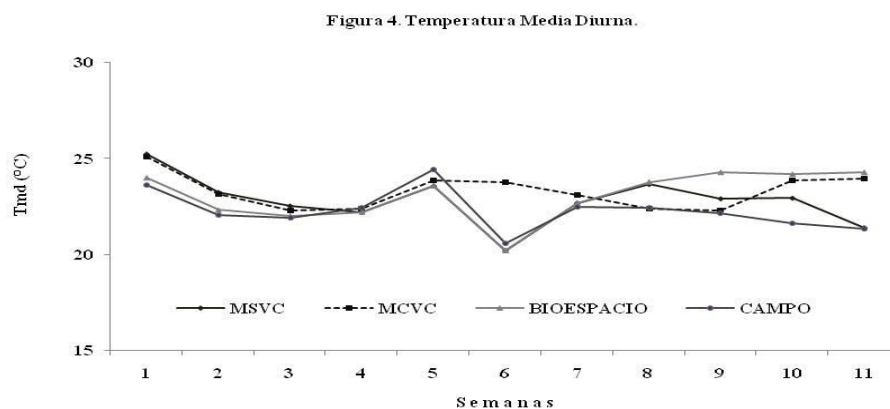


Figura 5. Humedad Relativa Media Diurna.

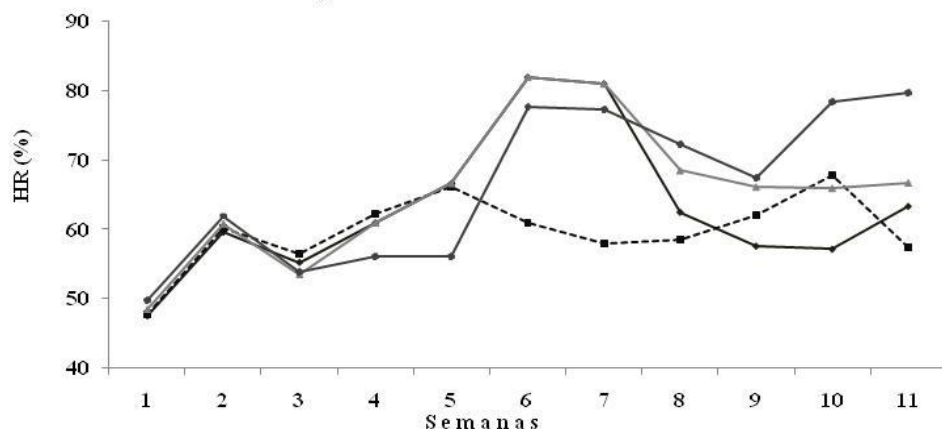
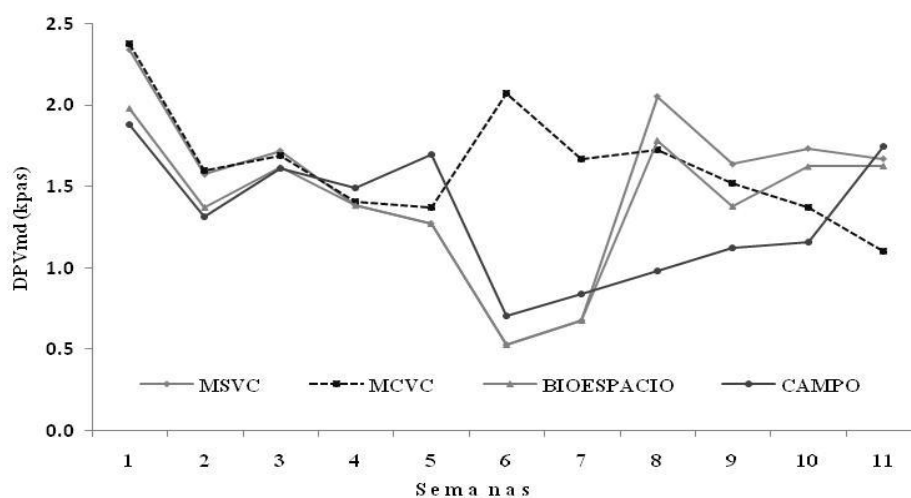


Figura 6. Deficit de Presión de Vapor.



En la Gráfica1, correspondiente al invernadero tipo macrotunel sin abertura de ventilación cenital, el (DPV) medio diurno del ciclo de cultivo registró un brusco descenso hasta 1 kPa en la semana 4 del mes de mayo, condición que no favoreció un desarrollo óptimo del cultivo e influyó en el crecimiento y cosecha de las plantas; autores como Leonardi et al (2003), recomiendan (DPV) menor de 1.5 kPa, para cultivo de tomate rojo, lo que evidentemente en este caso no se logró.

El déficit de presión de vapor (DPV), medio diurno y nocturno del invernadero tipo macrotunel con abertura de ventilación cenital mostrado en la Gráfica 2, donde se aprecia que el promedio de (DPV) diurno, durante el ciclo de cultivo se ubica entre 1.3 y 4.0 kPa, observándose en la etapa de cosecha un promedio de 2.0 kPa, con tendencia a ser menor a partir de la cuarta semana de mayo, lo que es consistente con lo estudiado por

otros autores como Leonardi et al 2000, quienes probaron que en tomate rojo un (DPV) menor a 1.5 kPa, favorece el desarrollo y productividad de las plantas.

El invernadero tipo bioespacio (Gráfica 3) y el tratamiento de control o testigo (Gráfica 4), registraron (DPV) muy similares, no obstante en la Gráfica 3, se observa que es ligeramente favorable para el cultivo de tomate verde, lo cual se reflejó en la morfología de la planta y la cosecha, que fueron superiores en el tratamiento al aire libre, pero inferior en los dos macrotúneles, con y sin abertura de ventilación cenital.

Las aberturas de ventilación de los invernaderos se cubrieron con una cortina de malla de protección anti-insectos con densidad de 10x20 hilos·cm⁻², misma que se levantó por la noche para facilitar la entrada de insectos polinizadores ya que las plantas de tomate de cáscara son homocigóticas no se autopolinizan requieren que ésta sea cruzada es decir de plantas diferentes (Santiaguillo et al 2012).

Tabla 1 . Rendimiento de tomate cáscara cultivado bajo ambiente controlado

Macrotunel	Rendimiento kg pta ⁻¹	Tamaños		
		Pequeños	Medianos	Grandes
Con ventilación cenital	1.57 [†] bc	28c	34a	3bc
Sin ventilación cenital	2.28a	67a	21a	4a
Bioespacio	1.20b	51b	12b	3bc
Cultivo en campo	0.91bc	52b	4c	2c

[†]: Medias con letras iguales en cada columna son iguales estadísticamente (Tuckey, 0.05)

Tabla 2 . Altura promedio del tallo principal de siete genotipos de tomate de cáscara evaluado a los 84 ddt

Genotipo	Altura de tallo principal (cm)							
	Estructura							
	M. con ventilación cenital		M. sin ventilación cenital		Bioespacio		Cultivo en campo	
	Acolchado	Sin acolchado	Acolchado	Sin acolchado	Acolchado	Sin acolchado	Acolchado	Sin acolchado
San Isidro Chihuaro	211.00	187.00	187.66	147.67	140.66	175.00	118.00	106.33
Diamante	165.33	154.33	163.00	207.66	142.33	157.00	102.67	91.67
Verde Puebla	130.66	172.33	173.00	178.00	158.00	127.00	124.00	116.67
San Martín	164.00	159.66	187.66	154.33	135.00	125.66	101.67	135.33
Rendidora	180.00	145.66	181.33	164.00	118.00	98.33	114.33	101.67
Tecozautla 04	154.66	200.00	160.00	208.00	161.33	121.00	117.33	84.67
Premier	132.66	142.33	202.00	172.00	119.00	118.00	83.67	103.67

Conclusiones

1.- El invernadero tipo macrotunel con abertura de ventilación cenital presentó la mayor actividad fotosintética, lo cual se observó en un mayor crecimiento del cultivo y mayor rendimiento con y sin acolchado plástico de los surcos.

2.- Las tres estructuras de invernaderos ensayadas en este experimento fueron superiores en rendimiento al tratamiento de control o testigo de cultivo de *Physalis* al aire libre, y el registro del dpv fue muy similar diferenciándose del tratamiento de control o testigo.

3.- El invernadero tipo macrotunel con abertura de ventilación cenital superó en rendimiento a los otros tres tratamientos con un; 83, 69 y 40%, respectivamente (macrotunel sin abertura de ventilación cenital, bioespacio y cultivo al aire libre), y este invernadero registró un dpv de entre 1.5 y 2.0 kWh que es el recomendable para el desarrollo de cualquier cultivo.

4.- En los tres tipos de invernaderos probados las plantas registraron un mayor desarrollo fenológico comparado con el tratamiento control o testigo de cultivo al aire libre, propiciado por un registro de temperatura y humedad relativa adecuados para cultivos de tomate de cáscara, lo que no se observó en el tratamiento de control.

5.- El invernadero con abertura de ventilación cenital aumentó el rendimiento de tomate de cáscara en 60 % en comparación al cultivo en campo, además de mejorar el tamaño de los frutos en grandes y extra-grandes, ubicándose el dpv, medio diurno del ciclo de cultivo en alrededor de 1.5 y 2.0 kWh., que es lo recomendable por muchos autores para tomate verde.

6.-En el invernadero con abertura de ventilación cenital aumentó la longitud del tallo principal fue mayor.

Recomendaciones.

Siendo las plantas de tomate de cáscara alógama requieren que su fecundación sea cruzada por lo que se sostiene que el tomate de cáscara no es posible cultivarlo bajo invernadero, en este trabajo se emplearon colmena de abejas para realizar esta tarea, y se obtuvieron rendimientos superiores al cultivo en campo o al aire libre en el Tabla 1.

La altura de los tallos principales de las plantas fueron mayores a los alcanzados en el tratamiento de control o testigo, lo que demuestra que bajo invernadero las plantas de tomate de cáscara tienen un mejor desarrollo.

El cultivo bajo ambiente controlado del tomate de cáscara tiene rendimientos muy superiores al cultivo en campo o al aire libre siempre que se logren una variación durante el ciclo de cultivo del dpv de entre 1 y 2.5 kWh durante el día.

Referencias

B. Von Elsner, D. Briassoulis, D. Waaijenberg, A. Mistriotis, Chr. Von Zabeltitz, J. Gratraud, G. Russo, & R. Suay-Cortes. (2000). Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries: Part I, Design Requirements. Journal of Agricultural Engineering Research (2000), 75, 1-16.

Bertin, N.; Guichard, S.; Leonardi, C.; Longuenesse, S. S.; Langlois, D. y Navez, B. 2000. Seasonal evolution of de quality of fresh glasshouse tomatoes under Mediterranean conditions, as affected by air vapour deficit and plant fruit load. *Annals of Botany* 85: 741-750, 2000.

Leonardi, C; Gary, C; Guichard, S; Bertin, N. 2000. High vapour pressure déficit influences growth, transpiration and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae* 84 (2000) 285-296.

Mulato B. J. (2007). Genética y mejoramiento genético del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Tesis de Doctor en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Peña L., A.; J. D. Molina G.; F. Márquez S.; J. Sahagún C.; J. Ortiz C. y T. Cervantes S 1999. Heterosis intravarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.).*Revista Fitotecnia Mexicana* 22: 199-213.

Rosenberg, N. J.; Blad, B. L. and Verma, S. B. 1983. Microclimate: The biological environment. 2nd. ed. John Wiley and Sons. USA. 495 p.

Santiaguillo H. J. F., Vargas P. O., Grimaldo J. O., Magaña L. N., Caro V. F de J., Peña L. A., & Sánchez M. J. (2012). Diagnóstico del Tomate de Cáscara. Cap. 2 Importancia del Género Pag. 21. Primera edición en español septiembre 2012. Con el patrocinio de la Red de Tomate de Cáscara, dependiente de la SAGARPA-SINAREFI-SNICS.

SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2008.

Avances de siembra y cosecha. Año agrícola 2008. www.siap.sagarpa.gob.mx

Saray M., C. R. 1982. Importancia de la precosecha (calentamiento) en el rendimiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Estado de México. Pp 9 – 23.

Efectos barrera de mallas de protección anti-insectos para la exclusión de mosca blanca en cultivo de tomate en invernadero

Escamirosa Tinoco Cirenio
Aquino Bolaños Teodulfo
Zárate Nicolás Baldomero

Resumen informativo

Las mallas de protección anti-insectos no están sujetos a ninguna normalización, su etiquetado es muy deficiente no contiene información útil que ayuda a una mejor selección, los trabajos de evaluación en campo de éstos materiales es casi inexistente. En el presente trabajo se ha desarrollado un proceso metodológico para evaluar en campo los efectos de cuatro tipos de mallas, como barrera al paso de insectos y del aire, para no dificultar la ventilación del invernadero, ambos efectos son originados por las características geométricas de la malla (densidad, porosidad y área del poro), cuya respuesta se podrá apreciar en el desarrollo y rendimiento del cultivo de las plantas de tomate. En este trabajo se evaluaron dichos efectos en cuatro tipos de mallas protección con las siguientes características: M1(10x20 - 33.50%), M2(10x16 - 47.00%), M3(13x30 - 39.00%) y M4(14x27 - 38.50%). Se monitorearon poblaciones de mosca blanca *Bemisia tabacci*, por ser este insecto vector el que mayor daño transmite a las plantas de tomate, los muestreos, se realizaron en el interior y exterior de los invernaderos durante dos ciclos de cultivo de tomate.

Como resultado relevante se confirmó que para ambientes diferentes al mediterráneo las mallas 10x20 hilos·cm⁻², son útiles para la exclusión de mosca blanca en cultivos protegidos, y además a partir de esta densidad, las mallas de protección con mayor densidad son útiles para la exclusión de mosca blanca.

Palabras clave: Malla, Densidad, Porosidad.

Introducción

El uso de invernaderos para la producción agrícola se ha extendido en todo el mundo un estudio de caso lo constituye la provincia de Almería en España como lo señalan (Molina et al.,1999). Las bondades que este sistema muestra respecto al cultivo en campo o tradicional son: aumento del rendimiento, mejoramiento de la calidad y obtención de productos inocuos. Esto último no se ha cumplido del todo, principalmente por el elevado uso de agroquímicos para el control de insectos nocivos vectores de enfermedades como: mosca blanca (*B. tabaci* y *T. vaporariorum*) Trips (*F. occidentalis*) cuyos daños han sido reportados por muchos autores entre otros por; (Taylor, 2001), (Tello, 2003), (Teitel 2007), etc.

El uso de mallas de protección anti-insectos en los invernaderos se ha convertido en una práctica común en muchos países. Las mallas de protección actúan como barrera mecánica que impide que los insectos

migratorios lleguen a las plantas, reduciendo la incidencia de daños a los cultivos por enfermedades virales transmitidas por los insectos (Teitel, 2001), se usan en todo el mundo, una amplia variedad de mallas de protección para aberturas de ventilación en invernaderos, con diferentes tamaños de poros o porosidad (relación entre espacios abiertos por unidad de superficie (Teitel, 2007), esta característica tiene una influencia directa en el microclima interior del invernadero (Soni et al., 2005), al disminuir la cantidad de insectos hacia el interior de los invernaderos disminuye también el uso de plaguicidas agrícolas, además de poder utilizar sin restricciones agentes de control biológico e insectos polinizadores (Teitel, 2007).

Desarrollo del tema

Autores como Berlinger et al., (2002) y Cabrera et al., (2006), señalan que las mallas anti-insectos actualmente utilizadas, están cumpliendo parcialmente con su función, debido a que el efecto barrera al paso de la mosca blanca (*B. tabacci* y *T. vaporariorum*), recomendada por el fabricante no siempre se cumple. Álvarez et al. (2003) y Klose et al. (2004) reportan el desarrollo de nuevos materiales con hilos de menor diámetro, lo que permitirá la confección de un tejido con un mayor número de hilos por unidad de superficie, pero esto reducirá la tasa de ventilación natural de una estructura de invernadero entre 60 y 70 % (Cabrera et al. 2006). Por lo cual es necesario conocer otros parámetros como disposición de los hilos, orificios máximos, grosor de los hilos y su espectro; transmisión global de luz visible, difusión de la luz, etc., que permitan obtener la mejor eficiencia microclimática del invernadero y como barrera en la entrada de insectos (Teitel, 2007 y Katsoulas et al. 2006).

Taylor, (2001) determinó el incremento en el costo anual de tomate en Israel, entre 15 y 32 millones de dólares para los años 1980 y 1990, debido a la no utilización de mallas anti-insectos en los invernaderos. Por su parte Cabello y Cañero (1994) y Camacho et al. (2004), consideran que el control de plagas en cultivos hortícolas protegidos en la región de Almería España tiene un costo aproximado del 16.46 % de la producción.

La confección de mallas anti – insectos en el sureste español, carece de normalización, por lo que parámetros como: uniformidad de tamaños de poros, resistencia, número de hilos por centímetro lineal, características físico-químicas del material entre otros, son definidas por el fabricante (Álvarez et al. 2003). Existen pocos estudios sobre la evaluación en campo de mallas de protección anti – insectos, que permitan medir la efectividad de éstos materiales como barreras al paso de insectos en los cultivares bajo invernadero, contrariamente existe en el mercado una amplia variedad de diseños disponibles en el mercado, que para el caso de España el 14% de los agrotexiles usados en la agricultura son mallas anti – insectos (Fernández y Salgado 2006).

El objetivo de este estudio fue probar el efecto de cuatro mallas de protección anti – insectos con diferente densidad y porosidad, como barrera físicas al paso de insectos vectores de enfermedades como; Mosca Blanca (*Bemisia tabacci*).

Metodología

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN- Unidad Oaxaca), localizado en el Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. Su ubicación geográfica es 17° 1' 31" N y 96° 43' 11" O, con una altitud de 1530 msnm. Con temperatura media anual de 21.4 °C y precipitación pluvial media anual de 785.5 mm. La temperatura media del mes más caluroso es de 24 °C y el más frío de 18 °C. El periodo de lluvias es de abril a septiembre con un promedio máximo en junio de 172.1 mm. (SMN, 2013), las dimensiones de cada invernadero fue de 24 x 45 m., con superficie de 1000 m², cubiertos con plástico tricapa (resistencia a la degradación por radiación ultravioleta (uv), con longitud de onda de 10⁻⁸ metros, elasticidad, difusión de la luz, efecto termoaislante y antigoteo de 800 galgas (200 µm) de espesor (Infoagro, 2010), La superficie total de las aberturas de ventilación en bandas laterales y cenitales de cada invernadero fue de: 206.80, 224.80 y 184.20 m⁻² respectivamente, se dividieron de norte a sur en partes iguales con una cortinas de plástico transparente para separar los tratamientos, los cultivos experimentales fueron de tomate (*L. esculentum* Mill., c.v. Pitenza y Cherry c.v. Salomee) en los ciclos: Otoño – Invierno 2007/08 y Primavera - Verano 2008, por cada tratamiento se trasplantaron 1064 plantas de tomate que quedaron distribuidas en 28 líneas pareadas de 38 goteros con separación de 50 cm., para un total de 14 surcos, de los cuales se seleccionaron al azar 4 como parcelas elementales de experimentación y repeticiones en cada tratamiento, para los muestreos de rendimiento o producción de tomate. Las cuatro mallas evaluadas M1, M2, M3, M4, fueron caracterizadas geométricamente por Álvarez et al. (2003), Tabla 1. La malla testigo o control M1 se colocó en la mitad Este de cada invernadero y las de prueba en la mitad Oeste, quedando los tratamientos; M1E y M2O para el invernadero 1, M1E y M3O para el invernadero 2 y M1E y M4O para el invernadero 3.

Tabla 1. Características geométricas de las malla de protección anti-insectos probadas en los experimentos.

Mallas de prueba y control	Densidad hilos-cm ⁻²	Porosidad %	Área del poro mm ²
M1	10 x 20	33.50	0.171
M2	10 x 16	47.00	0.303
M3	13 x 30	39.00	0.098
M4	14 x 27	38.50	0.111

Para determinar la efectividad en la exclusión de insectos, de las cuatro mallas evaluadas con respecto a la invasión de mosca blanca en los cultivos de tomate establecidos, se monitorearon las poblaciones de *B. tabacchi* por ser el insecto más perjudicial en el cultivo de tomate. Los monitoreos de este insecto, se realizaron en el interior y exterior de los invernaderos utilizando dos tipos de muestreo indirecto; el primero

con trampas cromatrópica adhesiva y el segundo con trampas transparente adhesiva, los muestreos se realizaron con una frecuencia de 15 días iniciando en la fecha de trasplante, se realizaron 12 y 8 muestreos, la duración de cada cultivo fue de 196 y 119 días, para tomate; cv Pitenza y Cherry cv Salomee, respectivamente.

Para los muestreos con trampas cromatrópica adhesiva se usaron trampas adhesivas (Bug – Scan de color amarillo) de la empresa Biobest de dimensiones 10x25 cm, cubiertas con papel encerado y con cuadrícula o rejilla de 2.5x2.5 cm para facilitar el conteo de insectos, (Biobest. 2012). Se dio preferencia al color amarillo porque *B. tabacci* es atraída por las longitudes de onda de los colores, azul (ultravioleta) y amarillo (Mound 1962; Vaishampayan et al. 1975a y 1975b). Se utilizaron 14 trampas por tratamiento, 8 se distribuyeron equidistantemente en el cultivo y a 10 cm por encima de las plantas de tomate y 6 en el exterior del invernadero a 50 cm sobre la superficie del suelo. Para los muestreos con trampas transparente adhesiva, se diseñaron trampas especiales con dimensiones de 25 x 40 cm, con lamina de policarbonato transparente de 3 mm de espesor, forrada con film plástico transparente de uso doméstico sobre el cual se distribuyó una delgada capa de pegamento entomológico inodoro y transparente sin efecto atrayente, TEMO-O-CID de Kollant[®], de la empresa “KOPPERT: biological Systems” (Koppert, 2011), con el propósito de atrapar insectos de forma accidental en lugares muy cercanos a la malla de protección, se emplearon 14 trampas por tratamiento colocando 10 en el interior y al centro de las bandas laterales y cenitales de ventilación, separadas cada 10 m y 4 en el exterior, al centro de las bandas laterales de ventilación con separación longitudinal de 10 m. y alternadas con las exteriores, con una separación de 15 cm de la malla de protección.

El conteo de insectos adheridos en las trampas, se realizó utilizando una lámpara con lupa de 22 W y lente de 5 dioptrías (ampliación de 2.25x), cuantificando para las trampas cromatrópica adhesiva el total de insectos adheridos en ambos lados y para las transparentes adhesivas solamente en dos cuadrantes por lado.

Los muestreos de la cantidad de producción de tomate se realizaron semanalmente durante el periodo de cosecha, se pesaron los frutos comerciales y no comerciales, de cada una de las 4 parcelas o surcos elementales de experimentación de cada tratamiento. El c.v. Pitenza se cosechó en ramo y el tomate Cherry c.v. Salomee suelto, el producto se pesó con una báscula de precisión marca EKS Premium modelo 800 GR con capacidad máxima de 40 kg y mínima de 200 g, con precisión de ± 10 g.

Para el monitoreo de la temperatura y humedad relativa de cada invernadero se emplearon sensores HOBO Pro V2 Logger, con sensor de temperatura de rango de operación de -40 a 70°C y precisión de 0.2°C, para el intervalo de 0 a 50°C y resolución de 0.02°C a 25°C, estabilidad de < 0°C por año. El sensor de humedad relativa con rango de operación de 0 a 100% HR, -40 a 70°C, con precisión de $\pm 2.5\%$ de 10 a 90% de humedad y resolución de 0.03%, se emplearon tres sensores por tratamiento ubicados a una altura de dos metros desde el suelo de cultivo y alineados con en el eje central norte- sur, y en el centro de los tercios; norte, centro y sur de cada tratamiento.

Análisis estadístico: para determinar el efecto de las mallas evaluadas, a los datos de los dos tipos de muestreos de insectos y de rendimiento de tomate, se les aplicó la prueba de análisis de varianza y la comparación de medias por la prueba de Tuckey ($P \leq 0.05$), de las diferentes variables, con el programa SAS® ("Statistical Analysis System") Versión 9.1.3 (SAS, 2004), previo a estos análisis, a los datos de los muestreos de insectos se normalizaron mediante la función $\sqrt{Y+1}$.

Resultados.

Las Tablas 2 y 3, contienen los valores medio de poblaciones de insectos, para cada tratamiento. Para identificar los dos métodos de muestreos y las variables de poblaciones de insectos asociadas al interior y exterior de los invernaderos se denominaron como sigue: Muestreos con Trampas Cromatrópica Adhesiva (MTCA), Muestreos con Trampas Transparente Adhesivas (MTTA), promedios de poblaciones de Mosca Blanca Interior y Exterior (MBI) y (MBE) respectivamente, Tablas 2 y 3. Las Tablas 4 y 5, contienen los valores medios de rendimiento de tomate y de temperatura media diurna por tratamiento en los dos ciclos de cultivo respectivamente.

Tabla 2. Poblaciones de mosca blanca en cultivo de tomate en invernaderos con diferentes mallas de protección anti-insectos en las aberturas de ventilación Ciclo: Otoño-Invierno 2007/2008.

Invernaderos	Tratamientos	Mosca Blanca	
		MBI	MBE
Muestreos con trampas cromatrópicas adhesivas (MTCA)			
1	M1E	5.73b [†]	3.71a
	M2O	10.06b	4.32a
2	M1E	2.22a	3.82a
	M3O	1.70a	2.65a
3	M1E	7.15a	2.42a
	M4O	5.88a	1.70a
Muestreos con trampas transparente adhesivas (MTTA)			
1	M1E	0.05a	0.07a
	M2O	0.14a	0.21a
2	M1E	0.03a	0.05a
	M3O	0.01a	0.11a
3	M1E	2.41a	0.49a
	M4O	2.88a	0.36a

[†] Medias con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05). Las abreviaturas de las variables corresponden a MBI = Mosca Blanca Interior, MBE = Mosca Blanca Exterior.

Tabla 3. Poblaciones de mosca blanca en cultivo de tomate en invernaderos con diferentes mallas de protección anti-insectos en las aberturas de venti-lación Ciclo: Primavera-Verano 2008.

Invernaderos	Tratamientos	Mosca Blanca	
		MBI	MBE
Muestreos con trampas cromatrópicas adhesivas (MTCA)			
1	M1E	228.30b [†]	275.13a
	M2O	368.10a	402.15a
2	M1E	156.98a	436.96a
	M3O	116.63a	359.92a
3	M1E	180.45a	399.85a
	M4O	120.11a	481.04a
Muestreos con trampas transparente adhesivas (MTTA)			
1	M1E	0.23a	19.34a
	M2O	0.70a	28.94a
2	M1E	0.56a	34.91a
	M3O	0.49a	31.19a
3	M1E	0.89a	28.84a
	M4O	0.48a	20.86a

[†] Medias con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05). Las abreviaturas de las variables corresponden a MBI=Mosca Blanca MBE = Mosca Blanca Exterior Interior.

Tabla 4. Rendimiento de tomate en dos ciclos de cultivo de las variedades c.v. Pitenza y Cherry c.v. Salomee, evaluado en tres invernaderos con mallas de protección anti-insectos de densidad (hilos · cm-2) en las aberturas de ventilación. Ciclos: Otoño - Invierno 2007/2008 y Primavera - Verano 2008.

Invernaderos	Tratamientos	c.v. Pitenza				Cherry c.v. Salomee		
		RC	RT	NF	PF	RT	NF	PF
		kg · m ⁻²	kg · m ⁻²	m ²	g	kg · m ⁻²	kg · m ⁻²	g
1	M1E	10,51a [†]	11,60a	120,95a	86,29a	5,02a	425,25a	11,79a
	M2O	10,99a	12,32a	123,58a	86,62a	4,92a	399,75 a	12,30a
2	M1E	10,66a	10,66b	103,38b	81,61a	6,08a	480,34a	12,67a
	M3O	10,31a	12,88a	123,83a	88,19a	5,87a	485,60a	12,08b
3	M1E	9,87a	9,93a	107,46a	80,67a	5,51a	474,77a	11,62a
	M4O	9,41a	10,41a	121,13a	78,74a	5,32a	450,65a	11,80a

[†] Medias con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente (Tukey ≤ 0.05), siendo RC y RT=Rendimiento comercial y Total respectivamente, NF=Número de frutos y PF=Peso individual de Frutos.

Tabla 5. Temperatura media diaria de dos ciclos de cultivo de tomate en tres invernaderos con diferentes mallas de protección anti-insectos en las aberturas de ventilación.

Inveneraderos	Tratamientos	T_{md}	T_{md}
1	M1E	18.72a*	26.96a
	M2O	18.26b	27.04a
2	M1E	19.22a	28.98a
	M3O	18.29b	27.34a
3	M1E	19.68a	27.66a
	M4O	19.50a	26.52a

*Medias con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente (Tuckey ≤ 0.05), Tmd= Temperatura media diaria del ciclo de cultivo en ($^{\circ}\text{C}$).

En los Muestreos con Trampas Cromatográfica Adhesiva (MTCA) Tabla 2, indica que la variable mosca blanca interior (MBI), registró diferencia estadística significativa (Tuckey $p \leq 0.05$), en el invernadero 1, por lo que la magnitud de los promedios son los indicadores del mayor y menor efecto barrera para la exclusión de insectos, para mosca blanca interior (MBI) la malla M1E(5.73) registró menor número de este insecto en el interior, que la malla M2O(10.06), esto se debió a que la malla M1E, es más densa que la malla M2O, Tabla 1, lo que confirma lo probado por Díaz et al (2003), que las mallas con densidad (10x20 hilos·cm⁻²) son recomendables para la exclusión de mosca blanca en ambiente mediterráneo, Hanafi et al., (2007), en pruebas de laboratorio con mallas de densidades; 10 x 14, 10 x 20 y 10 x 22 hilos · cm⁻², respectivamente, determinaron que la malla 10 x 14, fue la menos útil para la exclusión de mosca blanca, indicando también la utilidad de las mallas 10 x 20 hilos · cm⁻², para exclusión de este insecto, mientras que Cabrera et al., (2006), demostraron mediante pruebas de laboratorio que la densidad teórica para la exclusión de mosca blanca es de 23.8 x 11.9 hilos · cm⁻¹. Para la variable mosca blanca exterior (MBE), la malla M1E(3.71), registró la mayor cantidad de mosca blanca en el exterior, que la malla M2O(4.32), lo que confirma su menor efecto barrera para la exclusión de este insecto. Para mosca blanca interior (MBI), del invernadero 2, la malla M1E(2.22) registró la mayor cantidad de este insecto y por lo tanto un menor efecto barrera para exclusión de mosca blanca, que la malla M3O(1.70), este resultado es consistente con lo observado por los autores antes citados, porque la malla M3O, tiene mayor densidad que M1E, Tabla 1, para mosca blanca exterior (MBE), la malla M1E(3.82), registró mayor cantidad de insectos que la malla M3O(2.65), lo que confirma el mayor efecto barrera para exclusión de mosca blanca de la malla M3O. Para mosca blanca interior (MBI) del invernadero 3, la malla M1E(7.15), registró mayor cantidad de este insecto en el interior, que la malla M4O(5.88), por lo que esta malla registró el mayor efecto barrera para la exclusión de mosca blanca, lo que es consistente por su mayor densidad Tabla 1, para mosca blanca exterior (MBE), la malla M1E(2.42), registró la mayor cantidad

de este insecto en el exterior que la malla M4O(1.7), lo que confirma el mayor efecto barrera para la exclusión de mosca blanca de la malla M4O. Para este tipo de muestreo con trampas (MTCA), las mallas que mejor efecto barrera registraron para la exclusión de mosca blanca fueron en los tres invernaderos fueron; M1E en el invernadero 1 M3O y M4O, en los invernaderos 2 y 3.

Para los Muestreos con Trampas Transparente Adhesiva (MTTA), se aprecia una sensible disminución de insectos atrapados con este tipo de muestreos, debido a que solamente se trataba de atrapar insectos de forma accidental con trampas transparente colocadas lo más cercano a la malla de protección sin efecto atrayente, bajo éstas condiciones, las variables mosca blanca interior y exterior (MBI) y (MBE) respectivamente, no registraron diferencia estadística significativa (Tuckey $p \leq 0.05$), por lo que las mallas registraron efectos barreras mayores para la exclusión de mosca blanca, sin embargo, para mosca blanca en el interior (MBI) de los invernadero 1 y 2, las mallas M1E(0.05) y M3O(0.01) registraron menor cantidad de mosca blanca que las mallas M2O(0.14) y M1E(0.03), lo que confirma su mayor efecto barrera para exclusión de este insecto, debido a su mayor densidad Tabla 1, no observándose el mismo resultado para el invernadero 3, donde la malla menos densa M1E(2.41), registró menor cantidad de este insecto que la malla M4O(2.88), más densa, lo que pudo deberse a varias causas como es el arrastre de insectos por el viento y que pueden penetrar por las puertas de acceso del invernadero, al incremento de poblaciones en el interior por condiciones climáticas favorables (Díaz et al 2003), para mosca blanca en el exterior (MBE), las mallas M1E(0.07), M3O(0.11) y M1E(0.49), confirman su mayor efecto barrera para la exclusión de mosca blanca en los invernaderos 1,2 y 3, respectivamente.

Para este tipo de muestreo con trampas (MTTA), las mallas que mejor efecto barrera registraron para la exclusión de mosca blanca fueron; M1E y M3O.

En los Muestreos con Trampas Cromatográfica Adhesiva (MTCA), correspondiente al ciclo de cultivo Primavera-Verano 2008, para el tomate Cherry cv.Salomee, Tabla 3, las variables; mosca blanca interior y exterior (MBI) y (MBE), no registraron diferencia estadística significativa (Tuckey ≤ 0.05), con excepción de la variable (MBI) en el invernadero 1, se observa en este muestreo, que los tratamientos con mallas de mayor densidad Tabla 1, resultaron con mayor efecto barrera para la exclusión de mosca blanca, M1E(228.30), M3O(166.63) y M4O(120.10), este resultado es consistente

con los obtenidos por Díaz et al (2003) y Fernández Rodríguez et al (2002a). Para mosca blanca en el exterior (MBE), las mallas M2O(402.15) y M4O(481.04), registraron la mayor cantidad de mosca blanca en el exterior y esto confirma su mayor efecto barrera para la exclusión de este insecto, para M3O(359.92) registró menor cantidad que M1E(436.96) que a su vez registró mayor cantidad en el interior, lo que confirma su mayor efecto barrera para exclusión de mosca blanca con respecto a M1E.

Para este tipo de muestreo (MTCA), las mallas; M1E del invernadero 1, M3O del invernadero 2 y M4O del invernadero 1, registraron el mayor efecto barrera para la exclusión de *B. tabacci* durante este ciclo de cultivo.

En los muestreos con Trampas Transparente Adhesiva (MTTA) Tabla 3, las variables mosca blanca interior y exterior (MBI) y (MBE), no registraron diferencia estadística significativa (Tuckey ≤ 0.05), lo que asegura que todas las mallas registraron un mayor efecto barrera para la exclusión de este insecto. Para mosca blanca interior (MBI), las mallas de prueba; M2O(0.23), M3O(0.49) y M4O(0.48), registraron menor cantidad de mosca blanca en el interior de los invernaderos que las mallas testigo o control; M1E(0.70), M1E(0.56) y M1E(0.89), lo que confirma su mayor efecto barrera para la exclusión de este insecto, este resultado es consistente con autores como; Berlinger et al (2002), Fernández-Rodríguez et al (2002a) Díaz et al (2003), éstos dos últimos autores han probado que las malla 10x20 hilos·cm⁻², son útiles para la exclusión de mosca blanca en ambiente mediterráneo. Para este tipo de muestreo con Trampas Transparente Adhesiva (MTTA), las mallas prueba; M1E, M3O y M4O, registraron el mayor efecto barrera para la exclusión de mosca blanca, en este ciclo de cultivo.

En la Tabla 4, las componentes de rendimiento solo registraron diferencia estadística significativa (Tuckey ≤ 0.05), para tomate c.v. Pitenza, para el ciclo Otoño-Invierno, en el invernadero 2, para las variables RT y NF con 10.66 y 12.88 kg · m⁻² y número de frutos 103.38 y 123.83, respectivamente, el tratamiento M3O con malla anti-insectos de 13 x 30 (hilos · cm⁻²), es más densa que la malla control M1E con 10 x 20, de la Tabla 5, la temperatura media diurna de cada tratamiento fue de 19.22 y 18.29 °C, se observa que la malla M3O con mayor densidad que M1E registró mejores condiciones de temperatura y mayor rendimiento de tomate y además en casi todas las variables de rendimiento para este ciclo de cultivo las mallas de pruebas superaron a la malla control o de prueba. Para el ciclo Primavera – Verano, con tomate Cherry c.v. Salomee, la Tabla 4, no se registraron diferencias estadísticas significativas (Tuckey ≤ 0.05), sin embargo se observa que la malla testigo M1E registró mayor magnitud en las variables de rendimiento.

Conclusiones

Se confirma que la malla control o testigo M1E con densidad 10x20 hilos·cm⁻², son útiles para la exclusión de mosca blanca.

La malla de prueba M2O con densidad 10x16 hilos·cm⁻², resultó la de menor efecto barrera para la exclusión de mosca blanca.

Las mallas de prueba o control M3O y M4O, aun cuando registraron mayores cantidades de mosca blanca en el primer ciclo en el segundo resultaron con mayor efecto barrera para la exclusión de mosca blanca.

Las mallas de prueba; M2O, M3O y M4O, en el ciclo Otoño-Invierno, registraron menor temperatura media diurna que la malla testigo M1E y la tendencia se confirma en el siguiente ciclo Primavera-Verano.

Recomendaciones

Las mallas de protección anti-insectos de 10x20 como la malla control o testigo M1E, registraron mayor efecto barrera para la exclusión de *B. tabacci* en ambos ciclos de cultivo, mientras que M3O y M4O, registraron un menor efecto barrera para exclusión de *B. tabacci* en el primer ciclo de cultivo, lo cual pudo deberse a la entrada de insectos por las puertas de acceso y por el arrastre de los mismos por el viento, porque su mayor densidad 13x30 y 14x27 respectivamente, son imposible de ser superadas por la mosca blanca.

Referencias

Álvarez, A. J., Valera, D. L. & Molina, F. D. (2003). Efectos de las mallas anti-insectos sobre la ventilación en invernaderos. (España), Vida Rural 219: 44-48.

Berlinger, M. J., Taylor, R.A., Lebiush-Mordechi, S. & Shalhevet, S. (2002). Efficiency of insect exclusion

screens for preventing whitefly transmission of tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel.

Bulletin of Entomological Research 92(5):367-373.

BIOBEST. (2012). Biobest Sustainable Crop Management. www.biobest.be/web/images/homepages/Catalogoes2012. Pdf (Consulta enero 2013)

BOJA. (2007). Boletín Oficial de la Junta de Andalucía de España, Número 211, 25 de octubre de 2007.

Cabrera, F. J., López, J. C., Baeza, E. J. & Pérez-Parra, J. (2006). Efficiency of anti-insects screens the vent

of Almería greenhouses. International Symposium on Greenhouse Cooling. Methods, Technologies and Plant Response. Almería, 24-25 April 2006.

Cabello, T. & Cañero, C. (1994). Technical efficiency of plant protection in spanish Greenhouses. Crop Protection 13(2) :153 – 159.

Camacho, F. F., Díaz, P. M. & Fernández, E. J. R. (2004). Efectos sobre la entomofauna de las modificaciones espectrales de plásticos y mallas en invernaderos mediterráneos. III Congreso

Internacional de Horticultura Mediterránea . Producción Hortícola y Seguridad Alimentaria. Pp. 139-165.

Díaz, P. M., Fernández, R. E. J., Carmona, M. J. J., Gallardo, V. D. & Camacho, F. F. (2003). Utilización de mallas anti-insectos como protección de invernaderos mediterráneos. pp. 165 – 175. En Fernández, R. E. J.

Coordinador. Innovaciones tecnológicas en cultivo de invernadero. Ediciones Agrotécnicas, S. L. Madrid, España. Pp. 165 – 175.

Fernández, O & Salgado, C. (2006). Agrotexiles para la protección de los cultivos. Terralia 58 : 23 – 31.

Fernández-Rodríguez, E. J., Camacho, F. F., Díaz, P. M. & Martínez, A. E. J. (2002a). Efecto de la utilización de mallas de 20x10 hilos cm⁻¹ (50 Mesh) sobre los niveles poblacionales de mosca blanca y trips bajo invernadero en cultivo de tomate y sobre la incidencia del TYLCV en el

sureste español. Phytoma 135 : 206 – 207.

Hanafi, A., Bouharroud, R., Amuat, S. & Miftah, S. (2007). Efficiency of insects nets in excluding

whiteflies and their impact on some natural biological control agents. Acta Horticulturae.747 : 383 – 387.

INFOAGRO. (2010). http://servicios.hoy.es/canalagro/datos/industria_auxiliar/plásticos.html.

Fecha última revisión: 5 de noviembre de 2010. Fecha último acceso: [3 de diciembre de 2010].

Klose, F. & Tantau, H. J. (2004). Test of insect screens - Measurement and evaluation of the air permeability and light transmission. European Journal of Horticultural Science 69(6) : 235-243.

Katsoulas, N., Bartzanas, T., Boulard, T., Mermier, M. & Kittas, C. (2006). Effect of vent openings and insect screens on greenhouse ventilation. Biosystems Engineering 93 (4) :427 - 436.

Koppert. (2011). Koppert Biological Systems Guidelines and Pest Management Products. <http://www.koppert.nl/> (Consultado: Febrero 2013).

Molina, J., Uclés, D. & Aznar, J. A. (1999). La agricultura intensiva: una industria de futuro, en la economía andaluza e historia industrial. Ed. Asukaria, Sevilla.

Mound, L. A. (1962). Studies on the olfaction and colour sensitivity of Bemisia tabaci (GENN.) (Homoptera, aleurodidae). Ent. Exp. Appl. 5,99-104.

Soni P, Salokhe, V. M. & Tantau, H. J. (2005). Effect of screen mesh size on vertical temperature distribution in naturally ventilated tropical greenhouses. Biosystems Engineering 92(4): 469-482.

Teitel, M. (2001). The effect of insect-proof screens in roof openings on greenhouse microclimate. Agricultural and Forest Meteorology 110 (1) : 13 - 25.

Taylor, S., Spharim, I., Belinger, M. J. & Lebiush-Mordechi, S. (2001). Economic Evaluation of insect-proof screens for preventing tomato yellow leaf curl virus of tomatoe in Israel. Crop Protection 20: 561–569.

Tello, M. J. C. (2003). Evolución de las enfermedades hortícolas en el sureste español. Perspectiva a las Aplicaciones fitosanitarias actuales. En: Camacho, F. Técnicas de producción en cultivos protegidos. Pp. 185-224.

Teitel, M. (2007). The effect of screened openings on greenhouse microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology* 143(3 - 4) : 159 -175.

Vaishampayan, S. M., Kogan, M., Waldbauer, G. P. & Wooley, J. T. (1975). Spectral specific responses in the visual behavior of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera :Aleurodidae), *Entomol. Exp. Appl.* 18, 344-356.

Vaishampayan, S. M., Waldbauer, G. P. & Kogan, M. (1975b). Visual and olfactory responses in orientation to plants by the greenhouse whitefly, spectral specific responses in the visual behaviour of de greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleurodidae). *Ent. Exp. Appl.* 18, 412-422.

El empleo del ferrocemento en la construcción de presas para retención de agua de lluvia para uso piscícola

Ferrocement for the construction of dams to hold rainwater and breeding fish

Ortiz Guzmán Margarito
Morales Domínguez Valentín
Zárate Nicolás Balamero

RESUMEN

La Región de los Valles Centrales de Oaxaca presenta una fuerte deforestación debida a la tala inmoderada de árboles lo que ha provocado una reducción de la precipitación pluvial, erosión del suelo y la disminución o extinción de especies de la flora y fauna. La región tiene una precipitación pluvial promedio de 700 mm, lo que explica el interés de los campesinos en construir obras para retener el agua de lluvia. La técnica de construcción denominada ferrocemento es una alternativa ante esta problemática por su facilidad de construcción y lo barato que es comparado con otras obras tradicionales como el hormigón o mampostería reforzada. El presente trabajo reporta los resultados constructivos de una represa con ferrocemento de una cortina de 12 m de ancho por 1.60 m de alto y un vaso de captación de 42 m de largo en el arroyo el "Guayabal" del Municipio de San Pablo Huitzo Etlá Oaxaca, México con la finalidad de retener agua de lluvia para su uso en la producción de especies piscícolas y posteriormente su reutilización en la producción de hortalizas en camas de cultivo y maíz.

Palabras Claves: precipitación pluvial, piscicultura, hortalizas.

ABSTRACT

The Region of the Central Valleys of Oaxaca has a strong deforestation due to indiscriminate felling of trees which has caused a reduction in rainfall, soil erosion and the decline or extinction of species of flora and fauna. The region has an average rainfall of 700 mm, which explains the interest of farmers in building works to retain rainwater. The construction technique called ferrocement is an alternative to this problem because of its ease of construction and how cheap it is compared to other traditional projects such as concrete or reinforced masonry. This paper reports the results of a dam construction with ferrocement a curtain of 12 m wide by 1.60 m high and a glass of uptake of 42 m long in the stream the "Guayabal", San Pablo Huitzo, Etlá Oaxaca, Mexico. In order to retain rainwater for use in the breeding of fish and later reuse to grow vegetables and corn.

Keywords: rainfall, fish, vegetables.

INTRODUCCIÓN

La Mixteca Oaxaqueña se ubica en la confluencia de las Sierras Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur, por lo cual la región es montañosa. Las cadenas montañosas han generado un relieve abrupto siendo la existencia de Valles casi nula [1]. La Mixteca se inicia en la comunidad de San pablo Huitzo, Etl. Oaxaca, región en donde se ubica el proyecto, la Mixteca se encuentra catalogado de alta marginación, según la SEDESOL, debido a las condiciones geográficas adversas, una tasa alta de deforestación y un alto índice de erosión, por el mal manejo de suelo. En la Mixteca se pierden dos centímetros de suelo en cada temporada por efecto de las lluvias, es decir se destruyen 300 años de formación de tierra en la región [2]. La Universidad Autónoma de Chapingo reporta los siguientes números; un 13.3% de la superficie total con un muy alto grado de erosión, un 46% con un alto grado de erosión y un 2% con una fuerte erosión. El periodo de lluvia es en verano, lo que ocasiona periodos fuertes de sequía en los otros meses, por los periodos fuertes de lluvia provoca que los suelos queden desnudos, por la falta de suelos y la escasa siembra de temporal, se tiene que buscar otra alternativa para resolver el problema de la alimentación. Por lo anterior se propone la construcción de una pequeña represa de un material novedoso como es el ferrocemento para la retención y almacenamiento de agua de lluvia, con el fin de emplear dicha agua en la cría de peces y el residuo de esta para uso agrícola. El ferrocemento tiene un gran potencial para el desarrollo de los pequeños proyectos hidráulicos, por el bajo espesor de sus elementos estructurales, bajos requerimientos de materiales para su construcción y la poca necesidad de mano de obra especializada. Lo que redundará en la rapidez en su construcción y lo económico que resulta comparado con otro tipo de obras tradicionales como es el concreto armado y la mampostería; ya que pueden tener bajos impactos negativos y aportar beneficios importantes en la calidad de vida de las comunidades dispersas, teniendo en cuenta siempre las condiciones de preservación de los ríos y el ambiente, atendiendo al principio básico “La comunidad será responsable de su aprovisionamiento hídrico” [3]. Con este tipo de obra se favorece la recarga de los acuíferos así como cualquier proyecto productivo que pretendan desarrollar estas comunidades donde es alta la demanda de agua.

En el caso que se presenta, al contar con el agua almacenada en la represa se tuvo la posibilidad de construir pequeños estanques para el criadero de peces. El “desecho” de esta agua fertilizada se empleó en el riego de hortalizas, aprovechando los nutrientes que contenía el agua para el cultivo de hortalizas obteniendo un producto de calidad para el consumo humano mejorando su calidad de vida.

DESARROLLO DEL TEMA

En las comunidades rurales se pretende promover más la técnica del ferrocemento para la construcción de obras de retención de agua de lluvia en los arroyos secos o de corrientes perenes, pero debido al desconocimiento de esta técnica por parte de los habitantes, se tiene que realizar una labor de convencimiento a los pobladores de las comunidades que mayoritariamente se dedican a la agricultura, comentándoles sobre las ventajas y desventajas del empleo del ferrocemento en obras de este tipo. Para que acepten esta técnica, es necesario capacitarlos durante el proceso constructivo el cual se realiza en forma artesanal, mencionándoles sobre los beneficios que se logran como son: la recarga de acuífero y el almacenamiento de agua. Teniendo disponibilidad del recurso hídrico se pueden realizar diversas acciones productivas como la cría y engorda de peces para comercializarlos en sus comunidades y mejorar la alimentación de sus habitantes, construyendo pequeños tanques se pueden criar peces para un desarrollo controlado, tanto para autoconsumo como para su comercialización, la represa genera también un microclima y un lugar de esparcimiento donde las personas además de poder consumir los pescados pueden distraerse. Los peces después de consumir el alimento que se les suministra, excretan residuos nitrogenados, por lo cual el agua se carga de nutrientes que al hacer limpieza a los estanques, el agua de deshecho con el “lodo” que contiene puede emplearse para la fertilización del suelo durante el riego, donde son absorbidos por el suelo y dando como resultado una mejor producción de los cultivos.

METODOLOGIA

En una zona del arroyo “El guayabal”, ubicado en la comunidad de San Pablo Huitzo, Oaxaca, México, se ubicó un sitio para el desarrollo del proyecto, la elección no fue fácil, debido a que no se tenía una boquilla adecuada y el vaso de almacenamiento era casi nulo. El trazo de la boquilla fue de 12 m de ancho, la profundidad de desplante fue de 0.50 m en el centro, debido a que afloró roca en las márgenes la profundidad de excavación fue escasa. El material suelto se retiró y para el desplante de la cimentación se lavó energicamente la zona excavada, con el fin de evitar que el material lodoso actuara como un aislante entre la mampostería de la cimentación y la roca del lugar; el ancho de la mampostería fue de 0.80 m. El trazo fue de forma curva para el mejor comportamiento estructural de la obra, dicha forma la conservó la mampostería que se empleó para nivelar el desplante de la cimentación, con el fin de transmitir los esfuerzos de la estructura al subsuelo de apoyo. El mortero para el junteo con la piedra fue de cemento-arena en una proporción 1:4 en volumen, la excavación y parte de la mampostería fue realizada por los integrantes de la familia como se observa las figuras 1 y 2.



Figura 1. Vista inicial con bordo de lodo.



Figura 2. Mezcla de mortero para el junteo de piedra en la cimentación.

Terminado la mampostería se construyó una losa de desplante de 0.10 m de espesor, con una ancho de 0.60 m conservando la forma curva de la cimentación, la losa se colocó como elemento de transición para anclar la malla electrosoldada en forma de escuadra con las 5 varillas repartidas y colocadas en forma longitudinal sobre el muro con sus respectivos bastones en forma transversal a cada 0.40 m, figuras 3 y 4.



Figura 3. Retiro de lodos y lavado antes de iniciar con la cimentación.



Figura 4. Mampostería concluida y malla anclada en la losa para formar el muro de ferrocemento.

El sistema constructivo consiste en la habilitación de un esqueleto de acero formado por varillas de 3/8", malla electrosoldada calibre 6x6 6/6, malla de gallinero calibre 22 y metal desplegado, esta última malla cumple con la finalidad de reducir las aberturas para facilitar la colocación y adherencia del mortero al entramado de mallas, alcanzando un espesor de los muros de alrededor de 5 cm, el cual se logra mediante varias capas sucesivas de aplanados, con una dosificación volumétrica cemento-arena de 1: 2.5. El material obtenido adquiere una alta resistencia permitiéndole al conjunto un adecuado trabajo estructural; la altura útil de ésta represa fue de 1.60 m, teniendo el muro con la base de mampostería una altura de 0.80 m y posteriormente el muro de ferrocemento una altura de 0.80 m haciendo un total de muro efectivo para la retención de agua de 1.60 m -figura 6- hasta el vertedor de demasías, para encausar la corriente del agua al

centro del arroyo. Además de colocar un muro paralelo a la margen izquierda con ferrocemento y en la margen derecha del arroyo con tabicón con su respectivo aplanado para detener y delimitar el tamaño vaso. En los extremos del muro se reforzó con su respectiva columna de una sección de 40 x 40 cm en forma inclinada para soportar los empujes laterales y contrarrestar el efecto que ejerce la carga hidráulica hacia las laderas donde se empotra el muro de la represa.

Una vez terminado el muro fue necesario dragar con maquinaria el vaso para incrementar su capacidad de retención, alcanzándose una profundidad máxima de 2.50 m la parte más profunda y de 1.20 m la parte la menos profunda y una longitud efectiva de espejo de agua de 42 m, lo cual se observa el inicio y final del vaso de almacenamiento, mostrándose en las siguientes las figuras 5 a la 10.



Figura 5. Muro concluido antes de delimitar la parte lateral.



Figura 6. Muro terminado de la represa, extremo lateral ya delimitado conservando el nivel del vertedor de demasías y dragado del vaso de almacenamiento.



Figura 7. Refuerzo lateral por falta de empotramiento natural de la margen derecha.



Figura 8. Aplanado lateral interno margen izquierda.



Figura 9. Aspecto de la obra en funcionamiento.



Figura 10. Vertedor de demasías de la represa de almacenamiento operando.

Cabe mencionar que el volumen de agua almacenada es de 504 m³, producto del escurrimiento en el periodo de lluvia y cantidad necesaria para dotar del vital líquido a dos proyectos productivos, el primero que consiste en media hectárea al cultivo de milpa aguas abajo a una distancia de 150 m y el segundo para llenar y mantener en forma constante a los 4 estanques donde se encuentra el cultivo de los peces, ambas formas están controladas por válvulas como se observa en la figura 11. Para casos emergentes se cuenta con otro estanque de 8 m de largo por 4 m de ancho y una profundidad de 1.20 m, almacenando 38.40 m³ adicionales, después de la represa mencionada, la cual se mantiene en todo el periodo del año llena siendo el producto de la recarga y/o filtración figura 12.



Figura 11. Válvulas para el control del riego, llenado a los estanques y emergencia.



Figura 12. Represa adicional llenada por el excedente, escurrimiento e infiltración.

Aguas abajo a 40 m se desplantaron 2 estanques circulares de 3.00 m de diámetro cada uno y en las esquinas 2 estanques de forma rectangular cuyas dimensiones son de 7 y 5 m de largo, de 0.80 m de ancho y 1.10 m de alto, el espejo del agua es a una altura 80 cm, para los 4 elementos, el llenado de estos estanques es por medio de dos mangueras, una manguera activa de 2" de diámetro que vierte a los 4 estanques y una segunda manguera de 1.5" de diámetro para casos emergentes, ambos suministros son por medio de gravedad. Todos los estanques se construyeron con ferrocemento, los estanques están bajo protección mediante una estructura de tubular y cubierta de una malla media sombra color blanca, la descarga hidráulica de los estanques es de tubo PVC sanitario de 4" de diámetro que converge a un solo registro de 40 x 40 x 20 cm y de este registro desaloja el excedente a la parte exterior de la cubierta con el mismo tipo de tubo, los estanques deben mantenerse periódicamente limpios para evitar la acumulación de lodos producto de su alimentación.

Cada vez que se realiza limpieza de los estanques, se tiene que cambiar momentáneamente los peces al otro estanque o mantenerlos en tinas y cubetas. Se retiran los peces que se consideran tienen el tamaño y peso adecuado para el autoconsumo de los integrantes y cuando la producción aumente se comercializarán, figuras 13 a la 16.



Figura 13. Sistema tipo para el llenado y descarga de cada tanque.



Figura 14. Limpieza de tanque en forma periódica para el desalojo de lodos y excretas.



Figura 15. Cambio de estanque de los peces.



Figura 16. Tamaño (22 cm) adecuado para el consumo.

El agua desalojada, producto de la limpieza de los estanques se transporta al terreno de cultivo; el agua nitrogenada por las excretas y restos del alimento de los peces, sirve para la fertilización al terreno de cultivo, donde se ha notado una mejora en la producción durante los dos últimos años con este proyecto, figuras 17 a la 20.



Figura 17. Alimentación de los peces dos veces al día.



Figura 18. Riego de la parcela con el agua, producto de la limpieza de los estanques.



Figura 19. Cultivo de tomate de cascara.



Figura 20. Aspecto del riego con el agua de la limpieza de los estanques.

Dentro de los resultados más importantes al construir este tipo de obras, tenemos la recarga del acuífero y el afloramiento superficial del recurso hídrico aguas abajo de la pantalla, lo que ha alentado a las personas a sembrar e incluso en algunos sitios la gente ya empezó a obtener agua por medio de pozos artesianos así como la construcción de un invernadero donde cultivan ya jitomate figuras 21 y 22.



Figura 21. Retención de agua, aguas abajo, en periodo de estiaje.



Figura 22. Aprovechamiento de la recarga para el riego de jitomate en un invernadero.

Con este tipo de obra se incentiva a los vecinos para que tomen la iniciativa y procuren construir obras de este tipo cuyo costo es cercano a \$1.10 por litro, en el caso de tanques, y para la represa su costo varía de \$950.00 a \$1500.00/m² ambas obras incluyen materiales y mano de obra, para la represa el costo depende el tipo de suelo y condiciones de la boquilla. La asesoría es mínima y no requiere de mano de obra especializada.

CONCLUSIONES

La escasez de agua se agudiza cada vez más tanto por el incremento en su demanda como por los cambios climatológicos a nivel mundial. Hoy en día la gran escasez de agua en las regiones rurales, en especial en zonas áridas o semiáridas obliga a las comunidades a construir obras de retención para el almacenamiento e infiltración de agua de lluvia. Se requiere de obras civiles que permitan dotar de este vital líquido a las personas a un costo razonable y que propicien el desarrollo de las comunidades. Se ha visto que el ferrocemento es una buena alternativa para la construcción de estas obras, además de su bajo costo que presenta, alienta la participación comunitaria para sacarle provecho al agua almacenada, cultivando peces y generando recursos para una mejor forma de vivir y nutriendo al suelo con desecho natural.

RECOMENDACIONES

La técnica de ferrocemento es adecuada para la construcción de obras de retención y almacenamiento de agua de lluvia como es el caso que se presenta, lográndose economizar en la construcción de las obras, pero se debe tener cuidado en la estructuración y la adecuada elección del sitio y terreno de desplante, así como en la elaboración y colocación del mortero cemento-arena.

REFERENCIAS

López, R. E.: Pueblos indígenas de México y Agua: mixtecos de Oaxaca, 1989. El pueblo de la lluvia. Atlas de culturas del agua en América latina y el Caribe. Extraído de: http://www.unesco.org.uy/phi/aguaycultura/fileadmin/phi/aguaycultura/Mexico/09_Mixtecos.pdf. julio 2010.

Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. Programa de Desarrollo Rural Integral de las Mixtecas Oaxaqueñas Alta y Baja (PRODIMO). 1984-1988. Gobierno del Estado de Oaxaca. 1989.

Carabias, J., Landa R., Agua.: Medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Universidad Nacional Autónoma de México, El Colegio de México y Fundación Gonzalo Río Arronte, México. 221 p. 2005.

Evaluación de calidad del funcionamiento para la máquina sembradora SARILSE

Santos Espinosa Lorena
Pérez González Ana Cristina
Aguilar Cisneros Manuel

Resumen

El Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan cuenta con una máquina sembradora semiautomática llamada SARILSE creada para tecnificar la siembra del jitomate en la región donde se ubica el Tecnológico, con la finalidad de mejorar las condiciones de trabajo de los sembradores y hacer competitivos a los pequeños productores incrementando su productividad en menos tiempo. La siembra se realiza a través de charolas poliestireno expandido de 200 alveolos en los que se deben poner semillas de hortalizas. Con SARILSE la colocación de semillas se lleva a cabo de manera automática en un solo paso. El buen funcionamiento de la máquina está en proporción del número de cavidades a las que les coloca semillas. De tal forma la máquina se evalúo para poder indicar a los productores que la adquieran, el tiempo de utilidad y la calidad de su funcionamiento.

El alcance al sector productivo es demostrar que SARILSE es una máquina semiautomática de bajo costo con calidad de funcionamiento y que además es redituable.

Palabras clave: Sembradora, Calidad, Funcionamiento

Evaluation of the performance of SARILS**Abstract**

The Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan (ITSSNA) has a semi-automatic seeding machine called SARILSE created to technify the planting of tomatoes in the region where ITSSNA is located, in order to improve the working conditions for planters and make small holders competitive, increasing their productivity in less time. Planting is done through 200 alveoli polystyrene trays in which vegetable seeds should be placed. With SARILSE seed placement is performed automatically in a single step. The proper functioning of the machine is in proportion to the number of cavities in which the seeds are placed. The machine was evaluated to indicate, to the producers that buy it, the time of use and the quality of its performance.

The scope in the productive sector is to demonstrate that SARILSE is a low cost, semi-automatic machine with high performance and also, profitable.

Keywords: Seed, Quality, Performance, Productivity

Introducción

En la región de la Sierra Negra de Ajalpan el estrato económico preponderante es el campesino, esencialmente en la “fruticultura con agricultura de subsistencia”. Uno de los primordiales factores de riesgo para este sector es que la agricultura en la Sierra Negra es de temporal orientada hacia la subsistencia de las unidades que la habitan. La actividad es principalmente de autoconsumo dado que un 76% de la población indígena económicamente activa se ubica en el sector primario, ya que el secundario es prácticamente inexistente en la región. Por lo tanto, las condiciones de vida son sumamente difíciles (Gómez Gonzáles & Mata García, 2000).

Buscando resolver dicha problemática en el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan se diseñó y construyó una máquina sembradora semiautomática denominada SARILSE con la finalidad de ayudar a los sembradores a mejorar sus condiciones de trabajo incrementando su productividad en menos tiempo.

De tal forma, se brinda maquinaria que apoye a los pequeños productores para ser competitivos con la ventaja de ser una máquina de bajo costo pero que ofrezca calidad en su funcionamiento y con un tiempo de vida mínimo de 10 años.

Desarrollo del tema

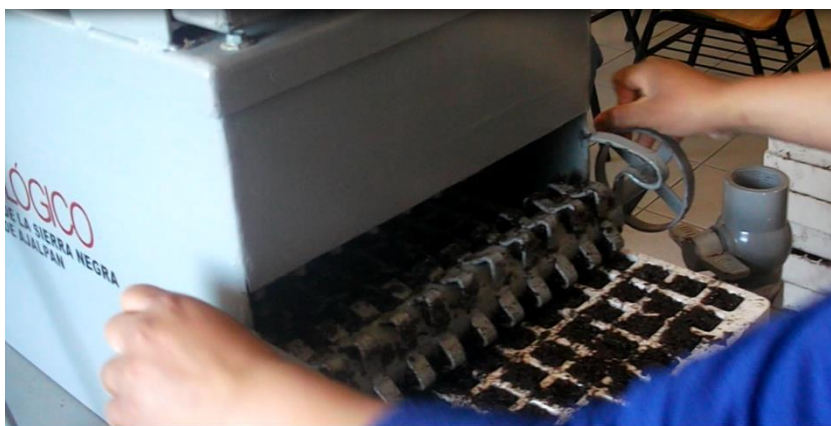
Para determinar la calidad de funcionamiento de SARILSE es necesario especificar algunos aspectos como el lugar donde se llevaron a cabo las pruebas de germinación, describir cual es el funcionamiento de la máquina para determinar cómo se establecerá el porcentaje de calidad e implantar el tiempo de vida para que los viveristas tengan seguridad de adquirir una máquina que los apoyará en la siembra de hortalizas y que aun cuando sea de bajo costo es una sembradora con calidad de funcionamiento.

Lugar

La siembra con la máquina SARILSE se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan.

Funcionamiento de la máquina

Los dos procesos fundamentales que realiza la máquina SARILSE son moldear el sustrato en forma mecánica



y la colocación de las semillas de manera automática (véase figuras 1 y 2).

Figura 1. Moldeado de sustrato.

Para realizar el moldeado del sustrato la máquina cuenta con un rodillo, se introduce la charola donde al generar vacío se detienen las semillas que serán colocadas en todas las cavidades de la bandeja al dejarlas caer.



Figura 2. Colocación de semilla.

Dimensiones y capacidad del semillero

Las dimensiones del semillero de la máquina son de 66.1 cm de largo, 32.8 cm de ancho y 2 cm de alto sin tomar en cuenta 0.5 cm de alto para que no se caigan las semillas.

La capacidad de la máquina se determina por la cantidad de semillas que puede contener el semillero (cm^3), de tal forma el volumen del semillero es:



$$V = \text{largo} * \text{ancho} * \text{alto} = 4336.1 \text{ cm}^3$$

Figura 3. Semillero.

Calidad de funcionamiento

Juran definió la calidad como “aptitud de uso” en 1964. Consideramos la siguiente definición de calidad: Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades explícitas o implícitas (Girón Juárez, 2010).

Para el análisis se realizó la siembra con SARILSE de 12 charolas, se encontró un porcentaje promedio de alveolos con 3-5 semillas por charola de 88.71% y el porcentaje de alveolos sin semillas es en promedio de 4.29%, como se muestra en la Tabla 1.

Charola No.	Alveolos con (3-5) semillas	%(3-5)	Alveolos sin semillas (0)	%(0)
1	179	89.5%	8	4%
2	174	87.0%	10	5%
3	169	84.5%	10	5%
4	187	93.5%	6	3%
5	186	93.0%	7	3.5%
6	183	91.5%	7	3.5%
7	168	84.0%	9	4.5%
8	187	93.5%	5	2.5%
9	179	89.5%	12	6%
10	166	83.0%	11	5.5%
11	186	93.0%	8	4%
12	165	82.5%	10	5%
PROMEDIO	177.42	88.71%	8.58	4.29%

Tabla 1. Porcentaje de calidad.

De tal forma, al sembrar en charolas de manera manual como se realiza en los viveros de la región se colocan de 3 a 5 semillas por alveolo esperando que alguna de ellas germine. La máquina SARILSE coloca de 1 a 6 semillas en cada uno, pero de acuerdo a pruebas de germinación (Pérez González & Santos Espinosa, 2014) se tiene un porcentaje de germinación de 98% sobre los alveolos donde la máquina colocó semillas, por lo que es suficiente que el alveolo al menos tenga una semilla. Por lo tanto, el parámetro de calidad es la variación en la colocación o no de semillas en cada una de las cavidades que va de $\pm 5\%$. Entonces, si las charolas sembradas están dentro de ese rango se considera como calidad aceptable en otro caso como calidad deficiente.

Depreciación

Depreciación es la pérdida de valor debida a todos los posibles motivos incluyendo deterioro, y la obsolescencia funcional y económica (Cortes Hermosilla, 2006).

De acuerdo a los materiales que se utilizan en la construcción de SARILSE la vida útil de la máquina es de 10 años, lo cual coincide con lo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de agosto de 2012 en la cuenta 1.2.36 bajo el concepto de Maquinaria, Otros Equipos y Herramientas, en maquinaria y equipo agropecuario indica que los años de vida útil es de 10.

Dentro del análisis económico la depreciación trasciende directamente en las utilidades.

La depreciación en línea recta es uno de los métodos más utilizados, principalmente por su sencillez, por la facilidad de implementación.

La depreciación en línea recta supone una depreciación constante, una proporcional periódica de depreciación invariable.

En este método de depreciación se supone que el activo sufre un desgaste constante con el paso del tiempo, lo que no siempre se ajusta a la realidad, toda vez que hay activos que en la medida en que se desgastan, el nivel de desgaste se incrementa, es creciente. Además, según Morales (2001), para el valor de recuperación se considera el 15% del valor total de adquisición.

Entonces:

$$D_{LR} = (V_a - V_r)/n$$

D_{LR} : Depreciación en línea recta en cualquier año.

V_a : Valor de adquisición del activo.

V_r : Valor de recuperación del activo al final del periodo n.

N: Vida útil del activo.

En la Tabla 2 se presentan datos de SARILSE para el cálculo de la depreciación en un periodo de 10 años.

Concepto	SARILSE
Costo adquisición	\$22000
Vida útil	10 años
Valor de recuperación	\$3300
D_{LR}	\$1870

Tabla 2. Depreciación anual

De acuerdo a la depreciación encontrada para cualquier año de \$3300 la depreciación en 10 años queda como se muestra en la Tabla 3

Año	Depreciación anual (Pesos)	Valor (Pesos)
1		22000
2	1870	20130
3	1870	18260
4	1870	16390
5	1870	14520
6	1870	12650
7	1870	10780
8	1870	8910
9	1870	7040
10	1870	5170

Tabla 3. Depreciación de SARILSE en 10 años

Metodología para determinar la calidad del funcionamiento de SARILSE.

Para evaluar la máquina fue necesario realizar un análisis de su comportamiento en condiciones reales, es decir para las cuales fue diseñada y que varía continuamente. Para ello es necesario conocer las dimensiones de la máquina, la calidad del funcionamiento así como la depreciación en un periodo determinado.

Para la siembra de las semillas de jitomate se utilizaron charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades, el sustrato fue peat moss.

Al sembrar de forma manual se pusieron 3 semillas por alveolo y utilizando la máquina SARILSE colocó de 1 a 6 semillas. Posteriormente se trasladaron las charolas al semillero ubicado en las Instalaciones del Tecnológico, fueron apiladas y cubiertas con plástico oscuro para ayudar a la pronta germinación y conservar la humedad.

Cuando se observó que las semillas habían eclosionado, se destaparon y colocaron las charolas separadas para permitir su crecimiento; se aplicó riego todos los días con agua corriente hasta que alcanzaron una altura de 10 cm, es en este momento cuando se realiza el conteo para conocer el número de plantas emergidas por alveolo.

Conclusiones

Con SARILSE se obtuvo el 98% de germinación considerando los alveolos donde la máquina depositó semillas de acuerdo al registro en la Tabla 1, cumpliendo con el parámetro de calidad de $\pm 5\%$ por lo tanto la calidad de funcionamiento es aceptable con un tiempo de utilidad de 10 años.

Recomendaciones

Hace falta trabajar más con la precisión de la máquina para que sea aún menor el porcentaje de alveolos sin semillas lo que se reflejará en la disminución del parámetro de calidad ofreciendo a los consumidores una calidad de funcionamiento muy cercana al 100%.

Referencias bibliográficas

- Cortes Hermosilla, T. (2006). Planeación Financiera Cooperativa. Santiago, Chile: Sm Chile
- Girón Juárez, P. (2010). Construcción y evaluación de una máquina dosificadora de micorrizas. Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Gómez Gonzáles, G., & Mata García, B. (2000). Identidad y Cultura y Derechos de los Pueblos Indios de México., (pág. 180). España, Oñati.
- Pérez González, A., & Santos Espinosa, L. (2014). Pruebas de germinación en semillas de jitomate sembradas con SARILSE: máquina semiautomática. Tuxpan, Veracruz: Academia Journals.

Notas Biográficas

La M.C. Lorena Santos Espinosa es profesora asociada B del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, Puebla, México. Realizó su maestría en Ciencias en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados CINVESTAV, México, D.F. 2002.

La M.C. Ana Cristina Pérez González es profesora asociada A del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, Puebla, México. Realizó su maestría en Ciencias Ambientales en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla BUAP, Puebla, México. 2008.

Evaluación de mezclas de sustratos eco-compatibles para el cultivo de tomate en contenedor en Oaxaca (México)

Zárate Nicolás Baldomero
Alonso Gutiérrez Manuel
Escamirosa Tinoco Cirenio

RESUMEN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L) bajo condiciones de invernadero en Oaxaca (México), se realiza mayoritariamente en suelo, bajo este sistema de producción el cultivo se ha realizado consecutivamente durante varios años, por lo que actualmente se presenta la siguiente problemática: agotamiento del suelo por alta incidencia de nematodos, problemas de salinidad y hongos fitopatógenos aunado al agotamiento de mantos freáticos que se traduce en escases de agua. En el presente trabajo se realizó la caracterización de dos residuos agrícolas como son aserrín de pino y cascarilla de cacahuete, las cuales se caracterizaron en sus principales propiedades físicas y químicas. Los resultados de las propiedades físicas nos indican que los sustratos de aserrín de pino y cascarilla de cacahuete 100%, presentan valores superiores a los recomendados de porosidad, capacidad de aireación y capacidad de retención de humedad con valores de 89 y 84; 50 y 39; y 39 y 45, estos valores permite concluir que son sustratos muy aireados y si se realiza una adecuada gestión del recurso agua, son una adecuada alternativa en la producción de tomate en contenedor bajo condiciones de invernadero. En relación a las propiedades químicas; el pH en valores de 5.1 y 5.7; CE de 0.06 y 3.6; CIC de 9.80 y 24.8; MO de 96.6 y 96.2 y una relación C/N de 56 y 56 respectivamente

Palabras clave: residuo, hortalizas, medios de cultivo.

ABSTRACT

The tomato crop (*Solanum lycopersicum* L) under greenhouse conditions in Oaxaca (Mexico), is performed mainly in soil, under this system of production, the crop has been grown consecutively for several years, so now the following problem occurs: soil depletion by high incidence of nematodes, salt problems, phytopathogenic fungi and depletion of groundwater resulting in shortage of water. In this paper, the main physical and chemical characterization of two agricultural residues was obtained, pine sawdust and peanut husks. The results of the physical properties indicate that substrates of pine sawdust and peanut husks 100%, have porosity values higher than recommended, capacity values aeration and moisture holding capacity of 89 and 84; 50 and 39; and 39 and 45. We can conclude, with these values, which are very aerated substrates and if proper management of water resources are taken, is an appropriate alternative for growing tomatoes in containers under greenhouse conditions. Regarding the chemical properties; have pH values of 5.1 to 5.7; CE of 0.06 and 3.6; CIC of 9.80 and 24.8; MO 96.6 and 96.2 and a C / N of 56 and 56 respectively.

Keywords: Production, greenhouse, physical characteristics

INTRODUCCIÓN

Por los problemas mencionados es prioritaria la búsqueda de las posibles alternativas, entre la se cuenta es el cambio de suelo a cultivo sin suelo (CSS), con la utilización de sustratos orgánicos en contenedor. En el Estado de Oaxaca, existen residuos orgánicos como aserrín de pino y cascarilla de cacahuete que pueden presentar una alternativa de uso como sustratos orgánicos (Zárate, 2013). De forma tradicional, durante años, los agricultores en todo el mundo han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Los avances tecnológicos en los sistemas de producción de plantas han afectado a todos y cada uno de los aspectos que coinciden con el cultivo: factores climáticos (automatización de invernaderos), factores biológicos (mejora genética de plantas) y factores nutricionales (introducción de técnicas de fertirrigación), además de los factores edafológicos, destacando entre ellos la introducción de nuevos medios de cultivo (Masaguer, 2010).

Uno de los principales factores que determinan el éxito o fracaso en sistemas hidropónicos es el sustrato o medio de crecimiento (Howard, 1998; Cabrera, 1999; Morel et al., 2000 y Pastor, 2000). Antes de utilizar un sustrato en el desarrollo de una planta es necesario caracterizarlo, caracterizar un sustrato es evaluar sus propiedades, para establecer si son adecuadas para el desarrollo de un cultivo, o bien es necesario hacer alguna adecuación para utilizarlo. El origen del desarrollo de los sustratos hortícolas nace en el cultivo de plantas en contenedor (Burés, 1997), siendo la propia demanda del sector productivo, la que se ha obligado a desarrollar nuevos materiales que pueden ser utilizados satisfactoriamente. Desde un prisma hortícola, la finalidad del sustrato de cultivo es producir una planta o cosecha abundante y de calidad, en el periodo de tiempo más corto posible y con los menores costes de producción (Abad et al., 1993; Abad et al., 2005 y Abad et al., 2004). Junto a esto, es imprescindible que el material utilizado no provoque un importante impacto ambiental (Cadahía, 2005; Terés, 2001).

En el cultivo de plantas, en el que se incluye el tomate, uno de los cambios más importantes ha sido la sustitución del empleo de suelo natural por medios de cultivo de diferente origen y propiedades y en último caso, por soportes inertes que cumplen tan sólo una función física. Este proceso ha sido paulatino y se atribuye a distintas razones: Aumento de factores limitantes para la continuidad de los cultivos en el suelo natural (salinidad, agentes fitopatógenos, agotamiento de los suelos agrícolas entre otros); necesidad de transportar las plantas a lugares distintos donde fueron cultivadas y facilidad en el control de factores relacionados con el suministro de agua y nutrientes (Raviv et al., 1986; Terés, 2001 y Abad et al.; 2004).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar las principales propiedades físicas y químicas de dos sustratos (aserrín de pino y cascarilla de cacahuete), para su uso como sustrato de cultivo, en base fundamentalmente a

las mejores propiedades, fácil adquisición, bajo costo y de fabricación sencilla y obtener sustratos alternativos en la producción de tomate bajo condiciones de invernadero.

III. METODOLOGIA

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de edafología de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Los sustratos en estudio se presentan en el cuadro 1

Cuadro 1 Sustratos para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L) bajo condiciones de invernadero.

Sustratos	Clave
Aserrín de pino	AP
Cascarilla de Cacahuete 100%	CC

Se realizó la caracterización física y química de los sustratos en estudio en base a las normas UNE-EN. Esta metodología se describe en las siguientes normas (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 2. Normas Europeas para la caracterización física de enmiendas orgánicas y sustratos de cultivo

UNE-EN 12579	Muestreo
UNE-EN 12580	Determinación de la cantidad
UNE-EN 13040	Preparación de las muestras para los ensayos físicos y químicos: Materia seca, humedad y densidad aparente compactada de laboratorio
UNE-EN 13041	Determinación de propiedades físicas: Densidad aparente, volumen de aire, contracción y porosidad

Fuente. UNE-EN (AENOR) (2000-2002).

Para la evaluación de la granulometría se utilizaron las siguientes intervalos de tamices (en mm): > 6,35; 6,35-4,76; 4,76-3,36; 3,36-2,0; 2,00-1,00 y <1,00 mm. El índice de grosor (IG) se obtuvo sumando los porcentajes (en peso) de las partículas con diámetro superior a 1 mm (adaptación del método propuesto por Richards et al. 1986, según:

$$\%IG = \sum \%P_i ; i > 1mm$$

Densidad real (Dr) norma UNE-EN 13041, El Agua Fácilmente Disponible (AFD) es el volumen de agua retenido por el sustrato que puede ser utilizado por la planta al estar retenido a tensiones que la planta puede vencer y se calculó como la diferencia entre el volumen de agua a 10 cm de tensión y el volumen de agua a 50 cm de tensión. El Agua de Reserva (AR) se calculó como la diferencia entre el volumen de agua a 50 cm de tensión y el volumen de agua a 100 cm de tensión. Por último, el Agua Difícilmente Disponible (ADD) se define como el volumen de agua retenido por el sustrato a más de 100 cm de tensión. El parámetro denominado punto R, se determinó gráficamente a partir de las curvas de humectación y aireación como el valor de tensión en el que ambas curvas se cortan.

Cuadro 3. Normas Europeas para la caracterización química de enmiendas orgánicas y sustratos de cultivo.

UNE-EN 13037	Determinación del pH
UNE-EN 13038	Determinación de la conductividad eléctrica
UNE-EN 13039	Determinación de la materia orgánica y cenizas
UNE-EN 13652	Extracción de nutrientes y elementos solubles en agua

Fuente. UNE-EN (AENOR) (2000-2002).

Para la caracterización química se consideró: pH y conductividad eléctrica (CE) en extracto de saturación (Warncke, 1986), donde el pH se determinó en el extracto (Marca Crison, modelo micro-pH 2000), y la CE del filtrado (Marca Orion, modelo model-150.), materia orgánica (MO), por calcinación a 550 ° (Ansorena, 1994) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) por BaCl₂ según el método descrito por (Ansorena, 1994).

RESULTADOS

Estudio de las características físicas de los sustratos

Densidad aparente (Da).

En relación a la Da, los sustratos de aserrín de pino y la cascarilla de cacahuete en valores recomendados de $< 0,4 \text{ g cm}^{-3}$ por Abad et al. (1997) (Cuadro 4). Al tratarse de sustratos que serán evaluados en producción de tomate bajo condiciones de invernadero, en contenedores de 40 litros, las Da obtenidas de los sustratos en evaluación, son adecuadas, facilitaran las actividades de llenado y colocación del contenedor en el invernadero.

Densidad real (dr)

Como se observa en el cuadro 4, los valores de dr obtenidos en los sustratos en estudio se encuentran en valores menores de lo recomendado por Abad et al., 1997 ($1,45\text{-}2,65 \text{ g cm}^{-3}$).

Porosidad total o espacio poroso total (EPT)

La porosidad total estima el espacio no ocupado por partículas orgánicas o minerales en el sustrato y se expresa como porcentaje del volumen aparente del mismo (De Boodt et al., 1974), por lo que cuanto menores sean las densidades aparente y de partícula, mayor será la porosidad. Los sustrato SP y CC (Cuadro 4), presentan valores mayores a los recomendados por la literatura de 60 a 80% (De Boodt y Verdonck, 1972; Ansorena, 1994).

Capacidad de aireación (V_{a10})

Destaca la buena capacidad de aireación de serrín sin compostar y cascarilla de cacahuete con 50 y 39% (Cuadro 4), valores superiores a los recomendados de 10-30%, por Boodt et al (1974). De ahí la generalización del empleo de aserrín de pino como sustrato para la producción de tomate en Oaxaca. Sin embargo, sería recomendable realizar un seguimiento del requerimiento de agua de estos materiales durante el cultivo. Si bien es cierto que en el caso del aserrín de pino presenta una muy buena aireación se requieren mayores cantidades de agua para cubrir las necesidades de la planta. En general, y tomando en cuenta la capacidad de aireación, considerada como la propiedad física más crítica, los sustratos en estudio presentan adecuados valores de aireación.

Capacidad de retención de humedad.

La capacidad de retención de agua, de los sustratos en estudio (Cuadro 4) no se encuentra dentro de los valores recomendados., de 50-60%, por Abad et al., (1993). Esto debido a que los dos materiales presentan una capacidad de aireación muy elevada y al estar muy aireados no retiene agua para el cultivo.

Cuadro 4. Retención de humedad a diferentes tensiones de los sustratos en estudio para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L)

Sustrato	Densidad aparente	Densidad real	Porosidad Total	Capacidad de aireación	Capacidad de retención	de de
----------	-------------------	---------------	-----------------	------------------------	------------------------	-------

					humedad
	g cm ⁻³	g cm ⁻³	%	%	%
AP	0,14	1,35	89	50	39
CC	0,17	1,27	84	39	45

Granulometría.

En relación a la granulometría de los sustratos evaluados, FCRG y BMT, presentan mayor heterogeneidad entre las fracciones > 1,0 y < 1,0 mm (31-69 y 33-67% respectivamente), un mayor porcentaje de partículas por debajo de 1 mm, es decir granulometría más fina (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje del tamaño de las partículas de los sustratos en estudio para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L), bajo condiciones de invernadero

Apertura del tamiz (mm)	SSC	CC
> 6,35	0,90	0,06
6,35-4,76	0,51	0,08
4,76-3,36	3,79	1,56
3,36-2,00	20,5	37,2
2,00-1,00	42,9	28,2
< 1,00	31,4	32,9

En relación al Índice de grosor, los sustratos en estudio presentan los mayores Índice de grosor (Figura 1). El índice de grosor de estos materiales parece estar relacionado con la densidad aparente, debido a que esta es baja en estos sustratos.

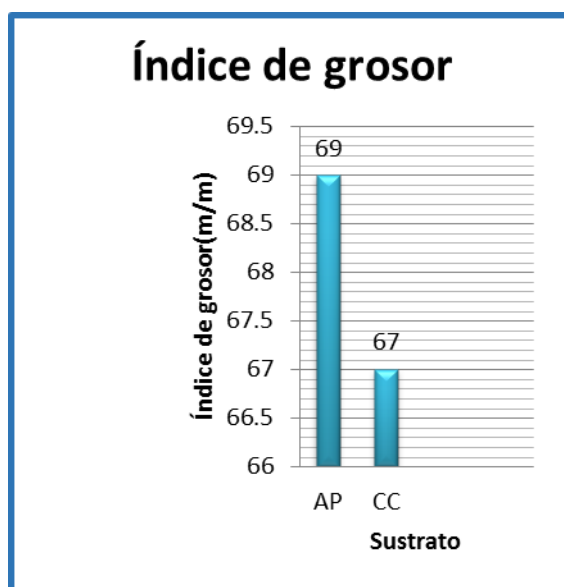


Figura 1. Índice de grosor de los sustratos para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L), bajo condiciones de invernadero en el Estado de Oaxaca (México).

Estudio de las características químicas de los sustratos.

Potencial de hidrógeno (pH)

Para el análisis de los valores de pH de los sustratos estudiados se tomó el intervalo 5-6,5, intervalo en el que la mayoría de los nutrientes presentan su máximo nivel de disponibilidad (Masaguer, 2010). Los sustratos SSC y CC en los rangos recomendados para sustratos orgánicos (Cuadro 6), aunque sin dejar de tener en cuenta que las exigencias para cada sustrato variarán con el tipo de producción a que se dedique

Conductividad eléctrica (CE)

La CE en el sustrato de AP se obtiene un valor menor a los recomendado por (Abad et al., 1997) de 0,75-3,49 dS/m (Cuadro 6). Mientras que en el sustrato de CC se observa un valor ligeramente superior a lo recomendado. En sistemas de fertirrigación se recomienda realizar un seguimiento en campo de la evolución de la CE durante el cultivo para conocer la dinámica de lavado de sales a lo largo del tiempo, y ajustar la CE de la solución nutritiva en base al requerimiento del cultivo.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La CIC en los dos sustratos en estudio en el rango recomendado por la literatura $<30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Abad et al., 1997). (Cuadro 6), sustratos con elevada CIC pueden ser empleados en sistemas de riego sin fertilización ya que permiten realizar un abonado de fondo que proporciona nutrientes al cultivo. Aunque su valor óptimo depende mucho de la frecuencia de fertirrigación (Masaguer, 2010).

Materia orgánica (MO)

La materia orgánica de los sustratos SP y CC presentan valores en el rango recomendados por Abad et al., 1997 ($> 80 \%$) (Cuadro 6). Esto debido a que estos materiales no sufrieron ningún proceso de compostaje por lo que no hubo degradación o pérdida de materia orgánica.

Relación carbono nitrógeno (C/N)

En el cuadro 6, se presentan los valores de la relación C/N de los sustratos analizados. Los sustratos SP y CC con valores mayores a lo recomendado por Abad et al., (1993). Pero Abad y Noguera (1998) mencionan que una relación C/N >30 es considerada adecuada para el cultivo en sustratos orgánicos, y es un índice de un material maduro y estable; bajo este criterio, estos materiales en valores recomendados. Sin embargo, Lemaire (1997) y Sanchez-Hernandez et al., (2007) indican que la relación C/N no es suficiente para considerar a un material orgánico como estabilizado.

Cuadro 6. Propiedades químicas de los sustratos en estudio para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.), bajo condiciones de invernadero.

Sustrato	pH	CE	CIC	M.O.	C/N
		dS/m ¹	cmolc kg ⁻¹	%	
SSC	5,1	0,06	9,80	96,6	56,0
CC	5,7	3,6	24,8	96,2	56,0

CONCLUSIONES

En relación al aserrín de pino y la cascarilla de cacahuete (ambos materiales en abundancia en Oaxaca), su utilización representa un costo muy bajo, estos sustratos presentan valores excelentes de porosidad y aireación, pero por esta características presentan baja retención de agua. Presentan también un elevado índice de grosor. Por ello estos materiales se recomienda utilizarlos con mezclas con otros sustratos como corteza de pino, bagazo de maguey y fibra de coco, para aprovechar sus propiedades y mejorar sus limitaciones.

RECOMENDACIONES

En futuras investigaciones se recomienda evaluar el gasto de agua y nutrientes de estos sustratos durante el cultivo para determinar costos de producción

Estos sustratos se recomiendan para la producción de tomate, porque son sustratos de fácil adquisición y bajo costo que es lo que el productor de tomate requiere.

REFERENCIAS

ABAD, M.; NOGUERA, P y CARRIÓN, C. 2004. Los sustratos de cultivo sin suelo. En URRESTARAZU, M.: Tratado de cultivo sin suelo. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 113-158 p.

ABAD, M.; NOGUERA, P.; NOGUERA, V.; ROIG, A.; CEGARRA, J y PAREDES, C. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. Actas de Horticultura. Número 19: 92-109 p.

ABAD, M.; MARTÍNEZ, M. D.; MARTÍNEZ, P. F y MARTÍNEZ, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura, 11: 141-154 p.

ABAD M y NOGUERA, P. 1998. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In Fertirrigación de cultivos hortícolas y ornamentales. C. Cadahia (ed.). Mundi Prensa, Madrid, España. 287-342 pp.

ABAD, M.; NOGUERA, P y CARRIÓN, C. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En: Cadahía, C. (Dir. y Coord.). Fertirrigación. Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 299-354 p.

ANSORENA, J. 1994. Sustratos, propiedades y su caracterización. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 172 p.

BURÉS, S., 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas, 342 p.

CABRERA, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1): 5-11 p.

CADAHÍA, C. 2005. Fertirrigación: Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 681 p.

DE BOODT, M and VERDONCK, O. 1972. The physical properties of substrates in horticultura. Acta Horticulturae 26. 37-44 p.

DE BOODT, M., VERDONCK, O. and CAPPAERT, I., 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae 37: 2054-2062.

HOWARD, M. 1998. Hydroponic food production. Santa Bárbara, California. 520 p.

LEMAIRE, F. 1997. The problem of bioestability in organic substrates. Acta Hortic. 450: 63-69.

MASAGUER, A. 2010. Apuntes para el Máster Universitario Oficial en Tecnología Agroambiental. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

MOREL, P.; PONCET, L y RIVIÈRE, L. M. 2000. Les supports de culture horticoles. Les matériaux complémentaires et alternatifs à la tourbe. París (Francia): INRA (ed.) 87 p.

PASTOR, J. 2000. Utilización de sustratos en vivero. Universidad de Lleida, Dpto. de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería. Madrid, España. 231-235 p.

RAVIV, M.; CHEN, Y and INBAR, Y. 1986. Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants. In: Chen, Y and Avnimelech, A. (Eds.). The Role of Organic Matter in Modern Agriculture. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht . Holland 257-287 p.

RICHARDS, D.; LANE, M and BEARSELL, D. V. 1986. The influence of particle size distribution in pinebark sand brown coal potting mixes on water supply, aeration and plant growth. *Scientia Horticulturae*, vol.29, p.1-14.

SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, R.; ORDAZ, M.; BENEDICTO, G.; PALMA, D y SÁNCHEZ, J. 2007. Chemical Characteristic of Several Vermicompost in México. *Compost Sci. Util.* 15: 47-52 p

TERÉS, V. 2001. Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control del riego. Metodología de laboratorio y modelización. Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal Fitotecnia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

UNE-EN 12579, 2000. Toma de muestras.

UNE-EN 13040, 2001. Preparación de muestras para ensayos químicos y físicos, determinación del contenido de materia seca, contenido de la humedad y de la densidad aparente compactada en laboratorio.

UNE-EN 13041:2001/A1, 2007. Mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Determinación de las propiedades físicas. Densidad aparente seca, volumen de aire, volumen de agua, valor de contracción y porosidad total.

UNE-EN 15428, 2008. Determinación de la granulometría de las partículas.

ZÁRATE, B. H. (2013). Valorización de subproductos agrícolas y forestales como sustratos de cultivo en el estado de Oaxaca (México). Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid; Madrid España.

Evaluation of the mechanical strength of bone with decalcification

Evaluación de la resistencia mecánica en hueso con descalcificación

Cortés Ibarra María de Lourdes

Abstract

Osteoporosis is a global health problem that is growing rapidly. It is characterized by reduced bone mass and microarchitectural deterioration of bone tissue, resulting in skeletal fragility and susceptibility to fractures, especially in the wrist, spine and hip. Osteoporosis is a disease that degenerative progressive decalcification of the bones is continuous and can achieve some control but not eradicate the disease. In Mexico there are few methods available, with the requirement to determine the mechanical properties of bone to determine the effect of a particular method. In the present work shows the results for samples osteoporotic bone of Wistar rats with application of magnetic fields to decrease decalcification. Equipment was employed low-frequency electromagnetic radiation by varying the exposure time of the specimen to said radiation. We determined the bending strength of bones and decalcified bone by applying electromagnetic radiation. A comparison between undecalcified bones naturally and osteoporotic bones by the technique of low-frequency electromagnetic radiation, which stimulate osteoblasts in their regeneration. With this, is to reduce the risk of fractures in bones with decalcification. The quantification analysis of amount of bone density was performed using the technique of measuring mechanical strength wistar rat long bones healthy and decalcified.

Resumen

La osteoporosis es un problema de salud global que está creciendo rápidamente. Está caracterizada por una reducción en masa ósea y el deterioro de la microarquitectura del tejido óseo, resultando en fragilidad esquelética y susceptibilidad a fracturas, especialmente en muñeca, espina dorsal y cadera. La osteoporosis es una enfermedad degenerativa progresiva en que la descalcificación de los huesos es continua y se puede alcanzar cierto control más no la erradicación de la enfermedad. En México existen pocos métodos disponibles, con el requerimiento de determinar las propiedades mecánicas de los huesos para determinar el efecto de un método en particular. En el presente trabajo se muestran los resultados para muestras óseas de ratas wistar osteoporóticas con aplicación de campos magnéticos para disminuir la descalcificación. Se empleó un equipo de radiación electromagnética de baja frecuencia variando el tiempo de exposición del espécimen a dicha radiación. Se determinó la resistencia a flexión de huesos sanos y huesos descalcificados con la aplicación de radiación electromagnética. Se presenta una comparación entre huesos descalcificados naturalmente, así como huesos osteoporóticos mediante la técnica de radiación electromagnética de baja frecuencia, la cual estimulará los osteoblastos en su regeneración. Con esto, se pretende reducir el riesgo de fracturas en huesos con descalcificación. El análisis de cuantificación de cantidad de densidad ósea se realizó mediante la técnica de medición de resistencia mecánica en huesos largos de rata wistar sanos y descalcificados.

Keywords- mechanical strength, flexion, rigidity, descalcification

Palabras clave- Resistencia mecánica, flexión, rigidez, descalcificación.

Introducción

La osteoporosis es una condición caracterizada por pérdida progresiva de la densidad ósea, adelgazamiento del tejido óseo y mayor vulnerabilidad a las fracturas. Esta condición puede ser consecuencia de una enfermedad, edad avanzada, deficiencia dietética u hormonal.

Los huesos, contrario a la idea común, no son órganos pasivos y en ellos se tiene gran actividad biológica. Continuamente los huesos se están renovando y el tejido óseo viejo se está continuamente reemplazando por tejido nuevo. Durante la niñez y la adolescencia la generación de tejido nuevo es mayor a la cantidad de hueso que se descarta. Aproximadamente a los 21 años se tiene el máximo tamaño de los huesos pero la cantidad de calcio, que proporciona dureza al tejido, continua en aumento. Algunos estudios han marcado la tendencia de incrementar el calcio en tejido óseo siendo a la edad promedio de 35 años cuando se alcanza el máximo de calcio en huesos y posteriormente se reduce la absorción de calcio [1]. En las mujeres, al llegar la menopausia se acelera el proceso de descalcificación ya que los ovarios dejan de producir la hormona femenina conocida como estrógeno, una de sus funciones es preservar la masa ósea. Por otra parte también se sabe que fumar, consumo excesivo de bebidas alcohólicas y falta de ejercicio aumentan considerablemente el riesgo de padecer osteoporosis. Por otra parte, medicamentos esteroides utilizados para la artritis y el lupus pueden contribuir a la desmineralización de los huesos. Otro factor que incrementa la incidencia a descalcificación es el estrés al promover una disminución en los niveles de estrógeno y otras hormonas que conllevan a problemas cardíacos posteriores [2].

Algunos estudios recientes indican que las canas prematuras y/o un ciclo menstrual irregular pueden indicar una tendencia a desarrollar osteoporosis. Aparentemente los genes que controlan la coloración del cabello son los mismos que controlan la densidad de los huesos o al menos están muy relacionados con éstos. Lo anterior no significa que se está inevitablemente destinada a la osteoporosis, pero sí indica que se deben tomar rápidamente medidas preventivas. Se considera prematuramente canosa a una mujer que a los cuarenta años tenga la mitad del pelo blanco [2].

Lo mismo sucede con los ciclos menstruales irregulares, muy cortos o muy largos, y con los periodos menstruales que aparentemente son regulares pero llegan sin dar aviso o señal de que se acercan. Esto puede ser señal de deficiencia en la producción de la hormona progesterona.

Entre las consecuencias clínicas potenciales de la osteoporosis son un alto costo para cualquier sociedad así como la calidad de vida que puede tener un paciente. Hoy en día, hay terapeutas que han demostrado que la osteoporosis y sus consecuencias se pueden prevenir en un buen porcentaje [4,5]. Adicionalmente existen nuevos medicamentos que además de prevenir la pérdida, aumentan la densidad del hueso osteoporótico

[1,6,7]. Se ha demostrado que prevenir la pérdida de masa ósea es más sencillo que restituir la masa ósea perdida durante la descalcificación.

El enfoque actual para el diseño de drogas antiosteoporóticas está dirigida por dos procesos básicos de remodelación del hueso incluyendo agentes destinados a prevenir la reabsorción ósea (estrógeno, calcitonina, bifosfonatos, calcio, vitamina D, y el raloxifeno), así como agentes estimulante de formación ósea (fluoruro, esteroides anabólicos). Entre estos, la terapia de reemplazo de estrógeno (ERT) se utilizó popularmente para la prevención y tratamiento de la osteoporosis postmenopáusica. Sin embargo, evidencias recientes sugieren que la ERT está asociada con mayor riesgo de desarrollo de cáncer de mama, ovario y endometrio. Además, los medicamentos anti-osteoporóticos utilizados con más frecuencia se desarrollan en países desarrollados y los costos son demasiado altos para beneficiar a una gran población, sobre todo en los países en desarrollo. Por lo tanto, es necesario un enfoque alternativo para el tratamiento de la osteoporosis [8].

Mediante la aplicación de campos electromagnéticos pulsados (PEMF) se ha logrado detener la resorción ósea progresiva en los huesos después de tener un grado de osteopenia temprana [9]. De esta forma al medir la resistencia mecánica de los huesos se han encontrado resultados que indican que existe una mayor resistencia a la fractura en las muestras que se les aplicó PEMF en comparación con las que han tenido una degradación cotidiana sin ningún tipo de tratamiento [10,11,12,13].

La mecánica, estudio de las fuerzas y su efecto sobre un cuerpo cuando se somete a cargas o fuerzas externas, permite aplicar sus principios a sólidos y fluidos bajo condiciones estáticas o dinámicas. En el presente trabajo se estudia un sólido, fémur de rata Wistar con disminución de masa ósea, bajo la aplicación de carga en ensayos de flexión para determinar la resistencia mecánica así como el efecto del tratamiento electromagnético aplicado.

En este trabajo se presenta la situación en la cual un sólido, el hueso, es sometido a fuerzas externas en condiciones estáticas.

Los estudios biomecánicos incluyen la aplicación de los principios y métodos de la mecánica empleados para estudiar tejidos, con el propósito de proporcionar datos cuantitativos relacionados con el comportamiento de un cuerpo sometido a diversas condiciones de cargas.

En este trabajo se realiza la medición del esfuerzo mecánico en muestras de hueso largo con disminución de masa ósea.

Metodología

En el estudio realizado se emplearon huesos largos de rata wistar con descalcificación y variación en tiempo de incidencia de radiación electromagnética. Las ratas se consideran un modelo animal con características fisiológicas comparables a las del ser humano [14]. Se utilizaron 30 ratas hembras Wistar de 10 a 13 semanas

de edad con un peso entre 300 y 350 g. Los grupos empleados se eligieron al azar, quedando 5 grupos de 6 ratas cada uno. Se realizó OVX (ovariectomía) por laparatomía bilateral con la finalidad de producir un aumento de la ingesta y una disminución de la actividad física seguidos de un incremento en el peso corporal y en la adiposidad, provocando menopausia temprana que aunado a una dieta baja en calcio lleva a una pérdida de masa ósea [15].

Cirugía. Previo a la cirugía todos los animales se pesaron con la finalidad de calcular la dosis de anestésico (hidrocloruro de xilacina y ketamina).

La cirugía se realizó con la hembra en posición de decúbito dorsal, fijando los cuatro miembros, y posterior rasurado general y la antisepsia del abdomen. Se procedió a la incisión por laparotomía bilateral (1 cm), abarcando piel, tejido celular, músculo cutáneo y peritoneo, localizando posteriormente el cuerno uterino con su ovario correspondiente el cual fue ligado y disecado, para finalmente cerrar la cavidad abdominal y en el grupo control (SHAMP) solo se incidió y cerró la cavidad abdominal.

Después de la cirugía fue evaluado el estado posquirúrgico de las hembras durante 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo se mantuvieron en las condiciones de higiene y alimentación descritas anteriormente, y al día 30 fueron tratadas por la técnica PEMF.

El sacrificio fue realizado mediante anestesia ligera de éter y dislocación cervical. Posteriormente se procedió a recuperar y limpiar los huesos para realizar de manera inmediata las pruebas de esfuerzo mecánico.

Todos los procedimientos utilizados para el manejo de animales fueron hechos tomando en cuenta las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999).

La técnica empleada para evitar la resorción ósea se denomina PEMF (pulsed electromagnetic field), radiación electromagnética de 72Hz la cual es considerada baja frecuencia, ya que son radiaciones no ionizantes. Se utilizó una señal cuadrada con ancho de pulso de 700ms el cual se ha elegido para que el potencial de acción ejercido a las células que se estimularán no tengan fatiga, es decir, que tengan un tiempo de recuperación entre el pulso de estímulo y la parte baja de él [9]. Una magnitud de campo electromagnético de 1.5 Gauss, los cuales son rangos que se han utilizado y han dado evidencia de la reducción de progresión de la pérdida de masa ósea. Este método de trabajo, tiene grandes bondades por su acción sistémica y no es invasivo, lo que evita intervenciones quirúrgicas.

Existe una fuerte asociación entre la deformación y adaptación a las señales eléctricas en el músculo esquelético y la observación de la ley de Wolf en la remodelación ósea.

El arreglo experimental para pruebas biomecánicas de flexión en tres puntos consta de tres partes. La primera es una placa de acero que se coloca sobre la base de la máquina de ensayos. La segunda es un dispositivo para aplicar la carga, el cual se coloca dentro de la celda de carga. Por último, el sistema de flexión, el cual consta

de una base con cuatro columnas donde se pondrá la probeta, las cuales pueden ajustarse a una barra de acero redonda de 3 mm de diámetro (Figura 1).



Figura 1. Arreglo experimental de base en la maquina universal de ensayos INSTRON 4502.

La flexión en tres puntos se lleva a cabo cuando tres fuerzas actúan en una estructura. si la carga se incrementa continuamente después del punto de cedencia, la estructura aunque es homogénea y simétrica, se rompe en el lado contrario en donde se aplica la fuerza.

MÉTODO DE ENSAYO. La técnica de flexión a utilizar fue descrita por Bak [16,17]. La distancia entre apoyos en el sistema de flexión será de 14 mm y la velocidad de aplicación de la carga de 2.5 mm/min con un desplazamiento máximo de 4 mm (Figura 1).

Resultados

Biomecánicamente, el tejido óseo puede ser considerado como un material compuesto de dos fases (bifásico), por un lado minerales que dan la rigidez y forma al hueso, fosfato y carbonato de calcio, y colágeno, que proporciona la parte elásticas. Estas características pueden entenderse examinando su comportamiento bajo carga, esto es, bajo la influencia de fuerzas aplicadas externamente. La carga causa una deformación o un cambio en las dimensiones de la estructura.

La rigidez es la pendiente de la curva carga-desplazamiento en su porción recta inicial, la cual se encuentra señalada con una línea roja. La resistencia es la carga máxima que se registró durante el ensayo. La energía máxima es la energía que se requiere para que se alcance la resistencia a carga máxima, y se determina calculando el área bajo la curva tomando como limite la carga máxima aplicada. La energía total, es la energía que se absorbe durante el ensayo para llevar al espécimen a la falla, se señala como el área total bajo la curva.

La rigidez es la pendiente de la curva carga-desplazamiento en su porción recta inicial, la cual se encuentra señalada con una línea roja. La resistencia es la carga máxima que se registró durante el ensayo. La energía máxima es la energía que se requiere para que se alcance la resistencia a carga máxima, y se determina

calculando el área bajo la curva. La energía total, es la energía que se absorbe durante el ensayo para llevar al espécimen a la falla, se señala como el área total bajo la curva.

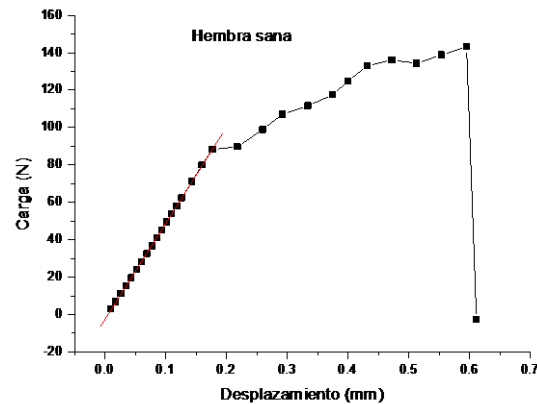


Figura 2. Diagrama para hueso de hembra sano (Testigo), Carga-desplazamiento

En la Figura 2 se observa la medición en un hueso sano, es decir que ha sido alimentado a libre demanda y no tiene intervención quirúrgica. De acuerdo a la tabla 1 donde se tienen una síntesis de las características obtenidas de tres muestras observamos una rigidez de 514 N/mm debido a la distribución del colágeno y el mineral. La distribución de material mantiene una deformación elásticas hasta un límite marcado en 90 N de carga; inmediatamente se tiene la cedencia del colágeno y se tiene la deformación plástica observándose que el material requiere menor carga para un mayor desplazamiento. El hueso es un material compuesto, por tanto se tienen zonas en las cuales se puede tener mayor deformación o mayor carga. Se presenta la falla del material a 143 N, cuando el colágeno y el mineral se separan completamente y el mineral rompe su estructura cristalina.

La Figura 3 muestra la grafica para un hueso con descalcificación sin aplicación de PEMF, el hueso presenta una rigidez menor a la de un hueso sano pero, una vez que alcanza el límite de elasticidad, 83 N, se tiene una deformación plástica lineal hasta la fractura en 1121.87N.

La Figura 4 muestra el análisis en hueso con pérdida de masa ósea y PEMF, se puede observar que la rigidez es menor que la muestra testigo, pero mayor a las muestras descalcificadas. Se muestran oscilaciones de la curva en la zona plástica, por tanto dicha deformación tiende a ser no lineal. La muestra presenta una rigidez de 499.43 N/mm y una carga máxima de 135.02N. La muestra presenta una baja carga de fractura pero mayor a la carga del hueso descalcificado que aunque soporta menos carga aún es mayor que para una muestra donde se dejó la progresión de resorción ósea.

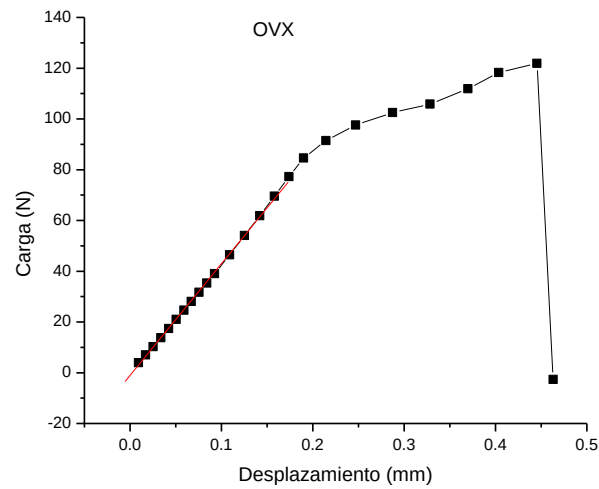


Figura 3 Diagramas para un hueso de hembra con disminución de masa ósea (OVX). Carga-desplazamiento

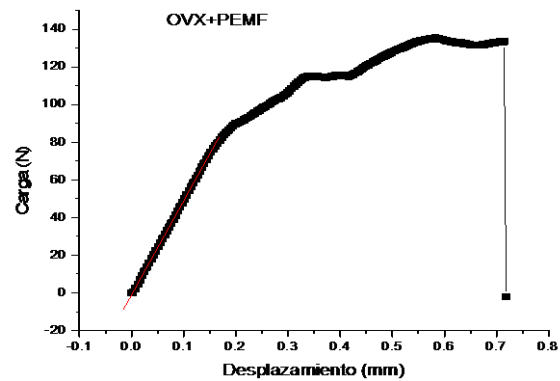


Figura 4 Diagrama para un hueso descalcificado (OVX+PEMF), Carga- desplazamiento radiada a 1G a 72Hz

Tabla 1. Comparación de las propiedades mecánicas de las muestras óseas tratadas.

Fémur	Rigidez (N/mm)	Carga máxima (N)	Desplazamiento falla (mm)	Energía a Carga Máxima (N-mm)
Testigo	514.27	143.21	0.594	58.39
OVX	440.10	121.87	0.445	34.73
OVX+PEMF	499.43	135.02	0.578	71.26

Discusión

Al observar la tabla comparativa de resultados, se ha detectado la diferencia entre una muestra sana que presenta una resistencia mayor en comparación con la muestra que tiene progresión normal (OVX).

La utilización de una técnica externa al cuerpo nos da la posibilidad de evitar la resorción ósea, ya que al observar la tabla 1 vemos que al aplicar campos electromagnéticos de baja frecuencia ayudo a disminuir la pérdida de resorción ósea.

La rigidez en las muestras tratadas aumento con lo que podemos decir que las fracturas si no se evitan por lo menos serán menos frecuentes.

La composición del hueso permite que absorba parte de carga promoviendo una deformación elástica. Yerramshetty mostró que la variación de la cristalinidad en el hueso puede explicar del 6.7% al 48.3% de las variaciones de las propiedades mecánicas así como del 11.3% al 63.5% de variación en pruebas de fatiga [18]. La ausencia de calcio en la estructura cristalina genera vacancias que, por un lado permite la posibilidad de dislocaciones bajo la aplicación de carga y, por tanto, cierta maleabilidad del material. Cuando la cantidad de sitios cristalinos aumenta considerablemente, las dislocaciones que se generan conllevan a la fractura del material. Cuando se tiene un hueso descalcificado, la cantidad de carga requerida para promover un desplazamiento en el hueso es menor debido a la modificación de la estructura cristalina; si se aplica PEMF se requiere mayor carga para promover el mismo desplazamiento que en hueso descalcificado. La deformación plástica en el hueso sano no es lineal debido a la interacción de colágeno y el mineral, la interface existente entre los dos materiales comienza a fracturarse a diferente tiempo creando un comportamiento anisotropico en el hueso tiende a ser maleable al determinar el cambio de pendiente en la sección plástica. Un hueso descalcificado presenta la menor rigidez en la zona elástica, cuando se alcanza el punto de cedencia el material cambia su comportamiento y tiende a tener un comportamiento frágil debido a que el colágeno ha cedido y el mineral, al tener deficiencia de átomos de calcio, no es capaz de generar dislocaciones y por tanto deformarse. La aplicación de campos magnéticos modifica el transporte del ion calcio en el hueso. La interacción de PEMF y los minerales del hueso evitan que aumente la descalcificación y, mediante el transporte del ion calcio, se puede tener una mejor distribución del ion y mejorar las propiedades mecánicas del hueso [19]. Este tipo de material, bajo la aplicación de carga, presenta rigidez por debajo de un hueso sano pero cuando alcanza el punto de cedencia permite una ligera deformación debido a la regeneración del hueso y con ello el retardo de fractura.

Conclusiones

El estimulador electromagnético óseo de bajas frecuencias, es un equipo funcional que proporciona un método no invasivo para el tratamiento de la osteoporosis. La evaluación de las propiedades mecánicas de los huesos demuestran que mejora la calidad de un hueso que presenta osteoporosis cuando se aplica PEMF, no se alcanza el comportamiento de un hueso sano pero ofrece una posibilidad de fortalecer el tejido sin requerir cambios extremos en la dieta del paciente. También es un equipo confiable ya que debido a sus bajas frecuencias no produce efectos secundarios, como los medicamentos a los que se someten las personas con osteoporosis, o aquellas personas que se someten a un tratamiento de reemplazo hormonal, los tratamientos para la osteoporosis se centran en retardar o detener el proceso de desmineralización, previniendo las fracturas óseas al minimizar los riesgos de caídas y controlando el dolor asociado con la enfermedad. Existen algunos tipos diferentes de medicamentos utilizados para tratar la osteoporosis, los cuales varían por su costo, beneficios y efectos secundarios.

La evaluación de resistencia mecánica en muestras con tratamiento nos ha dado evidencia de que se evita la pérdida de masa ósea.

Bibliografía

Rodríguez-García ME, de Lira C, Hernández-Becerra E, Cornejo-Villegas MA, Palacios-Fonseca AJ, Rojas-Molina I, Reynoso R, Quintero LC, Del-Real A, Zepeda TA, Muñoz-Torres C., (2007), "Physicochemical characterization of nopal pads (*Opuntia ficus indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation", *plant foods humn nutr*, Sep;62(3):107-12

Palacios Chávez Jennette, Castro Rodríguez Elva Lilitiana, Vargas Cano Ana Claudia, (2003); "Estudio comparativo del manejo farmacológico y mecanoterapia en pacientes posmenopáusicas con osteoporosis en cadera y columna", *revista mexicana de medicina física y rehabilitación*, 15:7-11.

Ojeda, Linda, (2006) "Menopausia sin medicina", Hunter House Inc., Publisher, ISBN-13:978-0-89793-456-5

Serrano Miranda, Aurelio Tirzo, Ramírez Pérez Esperanza, Diez García Pilar, Orduña Vázquez Arturo, (2001) "Evaluación de la calidad de vida en personas con osteoporosis tratadas en el centro nacional de rehabilitación-ortopedia. *Revista mexicana de medicina física y rehabilitación*", 13:14-20.

Pacheco Gallegos María del Refugio, Chávez Arias Daniel, Diez García Pilar, Reman León S Raúl, (2000), "Factores de riesgo en pacientes con osteoporosis en el centro nacional de rehabilitación. *Revista mexicana de medicina física y rehabilitación*", 12:28-31.

Cranney A, Papaioannou A, Zytaruk N, et al., (2006), "Clinical Guidelines Committee of Osteoporosis Canada. Parathyroid hormone for the treatment of osteoporosis: a systematic review". *CMAJ*. 4;175(1):52-59.

“Management of osteoporosis in postmenopausal women: 2010 position statement of The North American Menopause Society. Menopause”. (2010) Jan-Feb;17(1):25-54.

XIE,a,cChun-Fu WU,aYan ZHANG,a,cXin-Sheng YAO, aPik-Yuen CHEUNG,b,c Albert Sun-Chi CHAN,b,cand Man-Sau WONG, (2005), “Increase in Bone Mass and Bone Strength by Sambucus williamsii HANCE in Ovariectomized Rats Fang”, Biol. Pharm. Bull. 28(10) 1879—1885

Chang K, Walter H-S, Chang, Y-Hn Yu, Chung S., (2003), “Effects of diffrent Intensities of Extremely Low Frecuency Pulsed Electromagnetic Fields on Formation of Osteoclast Cells”. Bioelectromagnetics 24:431-439.

Rubin CT, Mcleod KJ, Lanyon LE, (1989) “Prevention of osteoporosis by pulsed elevctromagnetic fields”, 1: J Bone Joint surg Am. Mar; 71(3):411-7.

Sakai A, Suzuki K, Nakamura T, Norimura T, Tsuchiya T, (1991) “Effects of pulsingelectromagnetic fields on cultured cartilage cells”, 1: Int Othorp.;15(4): 341-6.

Schick F, Lutz O., (1996) “Assement of the magnetic field distribution in yellow and red bone marrow by the MAGSUS technique”. 1:Magn Reason Imaging.;15(5):507-19.

Sert C, Mustafa D, Duz MZ, Aksen F, Kaya A, (2002) “The preventive effect on bone loss of 50-hz, 1-mT electromagnetic field in ovariectomeized rats”, 1: J Bone Miner Metab.;20(6): 345-9.

[Universidad](#) nacional autónoma de México. “Manual de prácticas de [fisiología](#) animal”. Facultad de [medicina veterinaria](#) y zootecnia 1980.

Puerta Marisa, (2005) “Los esteroides sexuales femeninos y el equilibrio energético”. Departamento de Fisiología Animal, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. Rev Esp Obes; 3 (4): 183-193

Bak B, Andreassen TT. (1988) “Reducen energy absorption of healed fracture in the rat”. Acta Othop Scand; 59(5):548-551

Bak B, Jorgensen H, Andreassen TT (1991). “The stimulating effect growth hormone on fracture healing is dependent on onset and duration of administration”. Clin Orthop; 264:295-301.

Janardhan S. Yerramshetty, Ozan Akkus, (2008), “[The associations between mineral crystallinity and the mechanical properties of human cortica bone](#)”, Volume 42, Issue 3, March, Pages 476-482.

James T. Ryaby, Biophysiccal stimulation using electrical, electromagnetic, and ultrasonic fields. Bone Regeneration and Repair: Biology and Clinical Applications Edited by: J. R. Lieberman and G. E. Friedlaender © Humana Press Inc., Totowa, NJ

Influencia de un sistema pull en la cadena de suministros

Flores Díaz Anel
Tenopala Hernández Crisanto
Castañeda Gutiérrez Jorge Luis

Resumen

En el presente artículo se aborda el tema acerca de la influencia que llegan a tener los sistemas pull en la cadena de suministros las cuales exigen tener procesos controlados en todos los aspectos, es por tal motivo que al tener funcionando una cadena de suministros correctamente los beneficios para la empresas serán múltiples de esta manera se satisfacen los requerimientos del cliente ya que en este tipo de sistemas el cliente tiene una función importante para el funcionamiento del mismo.

Palabras Clave: sistemas pull, cadena de suministros, lean manufacturing.

Introducción

Debido al cambio vertiginoso que se vive en la actualidad en cuanto a los desarrollos tecnológicos en las industrias, de acuerdo con Fierro (2007 citado en Berumen 2006), y la creciente globalización que es entendida como la apertura progresiva a los intercambios a nivel mundial, la situación de las empresas en los países en desarrollo atraviesan por una crisis por falta de competitividad frente al embate de las grandes compañías teniendo esto consecuencias sobre la economía y el desarrollo local.

Como se sabe Toyota es el pionero en cuanto a herramientas de manufactura esbelta ya que de acuerdo con Womack y Jones (1996) acuñaron el término “manufactura esbelta” para describir el paradigma de la fabricación establecido por la empresa Toyota en los años 50, la cual inició una colección de métodos y técnicas avanzadas para reducir al mínimo los recursos necesarios para que un producto atravesara el proceso productivo. Toyota creó una cultura basada en la identificación y eliminación sistemática de todos los desperdicios del proceso productivo, vistos en el contexto esbelto, como cualquier actividad que no lleve a la generación de valor, es decir, crear los atributos requeridos por el cliente.

En el pasado, las empresas estaban preocupadas por producir sin importar la cantidad de producto que tuvieran almacenada o el que se encontrara en el proceso, de esta manera los costos de producción se encontraban elevados. A consecuencia de esto la cadena de suministros podría verse afectada en su funcionamiento.

Por tal motivo, se propone construir un modelo de simulación de abastecimiento que incluya las principales variables del sistema y nos permita visualizar el impacto que generan dichas variables en métricas como nivel de inventarios, entregas a tiempo, confiabilidad del cliente, satisfacción de la demanda y así prevenir los problemas, lo anterior nos permitirá construir estrategias para evitar que se ponga en riesgo el funcionamiento del sistema kanban.

Desarrollo del tema

El principal objetivo de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. Womack y Jones (1996) mencionan que la producción esbelta representa un cambio de paradigma de la producción en masa del tipo empujar lotes (push) a la producción alineada del tipo halar los productos (pull). Este cambio requiere, que los procesos funcionen controlados en un ajuste operacional mantenido y limpio, que incorpora principios de la producción justo a tiempo y la mejora continua. En el proceso tenemos como principal fuente de desperdicios la sobreproducción, las esperas, el transporte, el procesamiento inadecuado, movimientos innecesarios del personal y exceso de inventarios de materias primas, productos en proceso y productos terminados.

El inventario puede reducirse y nivelarse (materia prima, trabajo en proceso, producto final) junto con costos asociados y la pérdida debido al daño, a los desperdicios y a los productos que están fuera de especificación.

De acuerdo con Reyes (2002), la empresa Toyota denominó Lean Manufacturing al grupo de métodos que había utilizado desde la década de los años sesenta y posteriormente fue afinada en la década de los setenta con la participación de Taiichi Onho y Shigeo Shingo con el objetivo de minimizar el uso de recursos a través de la empresa para lograr la satisfacción del cliente reflejándose en las entregas a tiempo.

Sin embargo para introducir el enfoque de la manufactura esbelta en un proceso productivo, se deben tener presentes 5 criterios que orientan las acciones de mejora en la organización como:

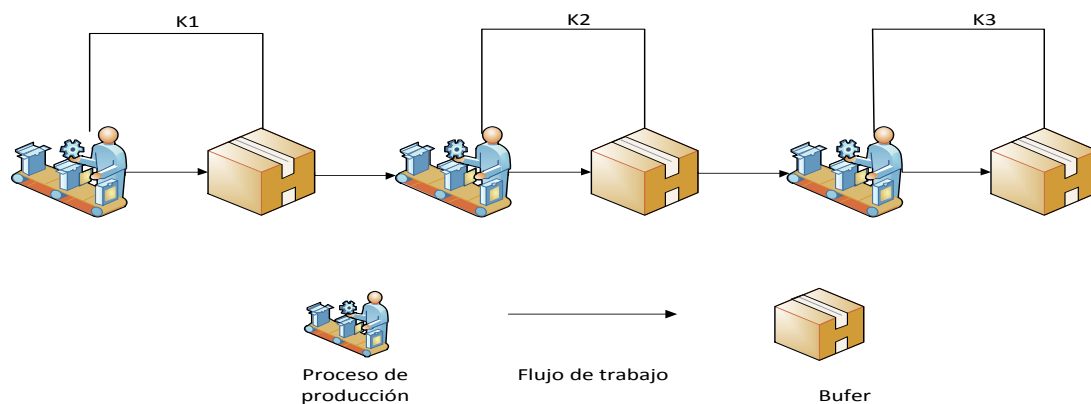
- Definir el Valor desde el punto de vista del cliente; la mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
- Identificar la corriente de Valor: eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
- Crear Flujo: hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
- Producir el “Hale” del Cliente: una vez hecho el flujo, ser capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.
- Perseguir la perfección: una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados.

Cuando la estrategia de manufactura está bien integrada con otras áreas funcionales de la empresa y soporta los objetivos totales de la compañía, además con una función de operaciones bien cimentadas y administradas, se incrementa la productividad y crea una ventaja competitiva.

Entre los métodos de la manufactura esbelta por ser implantados a través de equipos de trabajo coordinados por un facilitador se tienen: el de análisis del valor agregado, el de las 5'S, Kaizen, cambios rápidos (SMED), mantenimiento productivo total (TPM), calidad total, kanban, entre otras.

Nos enfocaremos al sistema kanban fig. 1 ya que su funcionamiento es el de un sistema pull, los sistemas de producción se pueden clasificar en, sistemas de control de la producción tipo “push” y sistemas de control tipo “pull”.

Figura 1 Sistema Kanban



Fuente: elaboración propia

Los sistemas pull, “tirar”, trabajan de forma descentralizada ya que el inventario realiza un efecto de arrastre, en función de las necesidades de los clientes, es por esto que tienen como beneficios los siguientes:

El inventario puede reducirse y nivelarse (materia prima, trabajo en proceso, producto final) junto con costos asociados y la pérdida debido al daño, a los desperdicios y a los productos que están fuera de especificación.

Uso del material necesario (incluyendo energía, agua, metales, productos químicos, entre otros) reduciendo requisitos materiales y creando menos desperdicio de material durante la fabricación.

Uso optimizado de los bienes utilizados para los propósitos directos de la producción.

Necesidad reducida de las instalaciones de la fábrica, es decir, disminuyendo el espacio requerido para la producción.

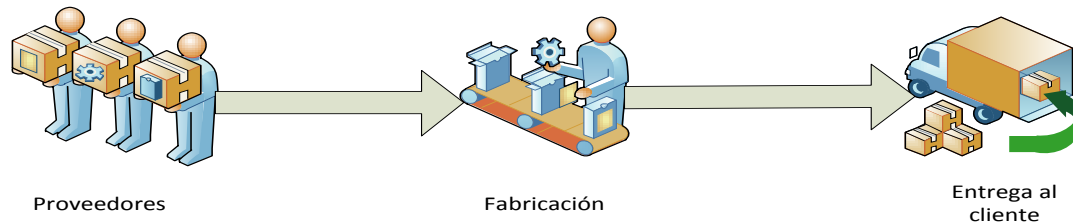
Velocidad creciente de la producción (el tiempo requerido para procesar un producto de la materia prima inicial a la entrega a un consumidor) eliminando pasos, movimientos, tiempos de la espera, y tiempo muerto de proceso.

Flexibilidad realzada de la producción (la capacidad de alterar o de configurar nuevos productos y procesos rápidamente para ajustarse a las necesidades de cliente y a las circunstancias cambiantes del mercado), sistema orientado justo a tiempo que disminuye inventarios y requisitos de capital.

Los procesos Pull son procesos reactivos porque reaccionan a la demanda, mientras los procesos Push son procesos especulativos porque responden a la especulación (o pronóstico) de la demanda.

Como nos podemos dar cuenta cada uno de estos puntos se ve involucrado dentro de la cadena de suministros fig. 2 la cual es de suma importancia para el funcionamiento y éxito de la empresa ya que si no se tiene un buen funcionamiento en algún proceso que forme parte de esta se llega al colapso de la misma.

Figura 2 Cadena de suministros



Fuente: elaboración propia

La cadena de suministros en esta época se tiene que enfrentar a diversos retos como:

Reaccionar frente a los cambios imprevistos. (Disponibilidad de piezas, canales de distribución, transporte, impuestos y cambios monetarios.)

Utilizar las últimas tecnologías informáticas y de transmisión, para planificar y gestionar la llegada de componentes a las empresas y el envío de productos acabados al cliente.

No podemos dejar de lado las principales características con las que debe contar una cadena de suministros para su buen funcionamiento, la cual debe de ser:

Dinámica ya que implica un flujo constante de información, productos y fondos entre las diferentes etapas.

Una cadena de suministro involucra flujos de información, fondos y productos.

El cliente es parte primordial de la cadena de suministro y el propósito fundamental de esta es satisfacer sus necesidades.

Una cadena de suministro típica puede abarcar varias etapas que incluyen: proveedores de componentes y materias primas, fabricantes, clientes, detallistas, mayoristas/distribuidores.

Cada etapa de la cadena de suministro se conecta a través del flujo de productos, información y fondos.

El diseño apropiado de la cadena de suministro depende de las necesidades del cliente como de las funciones que desempeñan las etapas que abarca.

Con esto podemos definir los principales objetivos de la cadena de suministros los cuales son:

- Proveer un adecuado servicio al consumidor final.
- La Entrega de productos en forma confiable y oportuna (tiempo, lugar y calidad).
- Capacidad de entrega en variedad de productos.
- Balance adecuado
- Aumentar la capacidad de los integrantes de la cadena de suministros para tomar decisiones, formular planes y así delinear la implementación de una serie de acciones orientadas a: el incremento de los niveles de servicio al cliente, mejora de productividad en el sistema logístico operacional.

Sin embargo en la actualidad uno de los objetivos más buscados por todas las empresas es la mayor eficiencia al menor costo, sin dejar por un lado los estándares de calidad y servicio al cliente.

La competitividad de los mercados internacionales han llevado a las empresas a la conclusión de que para sobrevivir y tener éxito en entornos más agresivos, es necesario ir más allá de las fronteras de la empresa e iniciar relaciones de intercambio de información, materiales y recursos con los proveedores y clientes.

Metodología

Se propone un método de investigación de estudio de caso del tipo experimental de acuerdo con (Bernal, 2010), la investigación experimental se caracteriza porque el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, por lo tanto los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar la hipótesis.

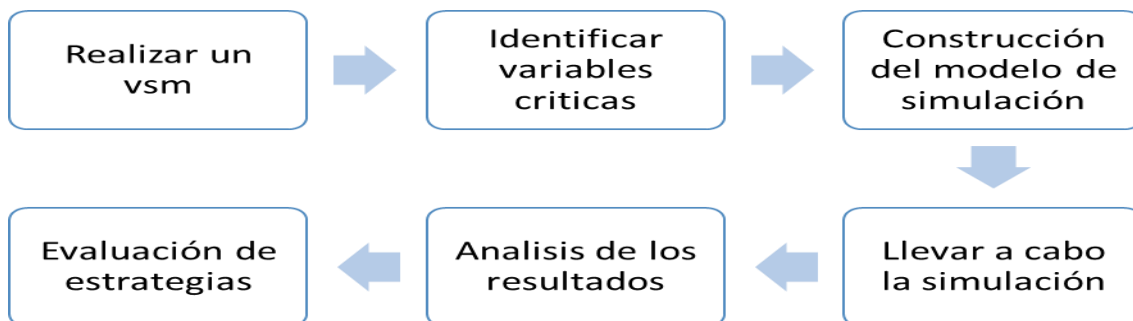
(Hernández, Fernández, & Baptista, 2013) definen al diseño preexperimental como el diseño de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo. Generalmente es útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad.

En el ámbito de lo experimental nos encontramos que estos se pueden dar dentro de dos lugares ya sea en el campo o en un laboratorio; con esto tenemos que los experimentos de campo se llevan a cabo en situaciones realistas en donde el experimentador manipula las variables independientes tanto como la situación lo permita, mientras que en los experimentos dentro de un laboratorio se logran un control más riguroso sobre las variables por lo que se debe de tratar de crear una situación en donde se visualicen claramente la manipulación de las variables en situaciones definidas.

Por tal motivo podemos concluir que el tipo de investigación que se llevara a cabo será del tipo preexperimental ya que nos ayudara a tener un acercamiento en la realidad sobre el problema, el campo en el cual se llevara a cabo la investigación será en un laboratorio (con un software de simulación).

La metodología que seguiremos para el desarrollo del modelo de simulación será a partir de los siguientes pasos, mostrados en la fig. 3.

Figura 3 Metodología a seguir



Fuente: elaboración propia.

Se propone realizar un Value Stream Mapping para la identificación de las oportunidades en la mejora del proceso.

Posteriormente identificaremos las variables críticas que impacten en el funcionamiento de la cadena de suministros.

Construiremos un modelo de simulación en donde se probaran las variables críticas.

El modelo de simulación se probara por medio del programa PROMODEL en donde se simulara el modelo de abastecimiento.

Analizaremos los resultados de la simulación y así evaluar las estrategias que podemos seguir para el correcto funcionamiento del sistema kanban en la cadena de suministros.

En este momento nos encontramos en la etapa de realizar el Value Stream Mapping, el cual nos muestra el estado actual del proceso, como se muestra en la fig. 5.

Como primer paso se identifican las familias que se encuentran en el proceso fig. 4, en donde se pueden identificar claramente 3 familias, sin embargo nos enfocaremos a trabajar con la familia de grip.

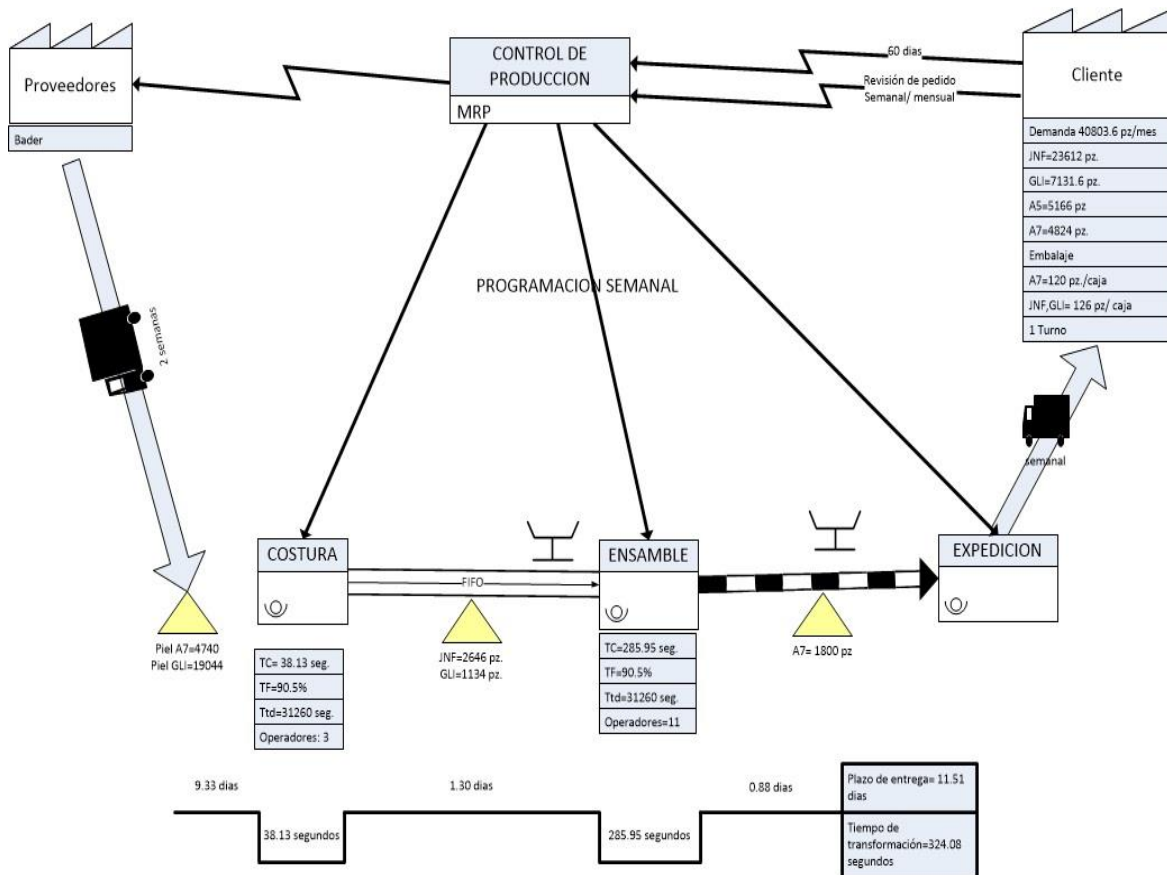
Figura 4 Identificación de familias para realizar el Value Stream Mapping

	Actividades del ensamblado																										
Producto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Palanca A6	x	x	x	x	x							x	x	x											x	x	
Palanca BNF	x	x	x	x	x					x	x		x	x											x	x	
Palanca NMS	x	x	x	x	x							x	x												x	x	
Palanca UP	x	x	x	x	x							x	x												x	x	
Palanca Golf basico	x	x	x	x	x					x	x		x	x											x	x	
Palanca GTI	x	x	x	x	x					x	x		x	x											x	x	
Stulpe GLI	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x														x	x	
Stulpe JNF	x					x	x	x	x	x	x														x	x	
Stulpe NMS	x					x	x	x	x	x	x														x	x	
Stulpe golf basico	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x														x	x	
Stulpe GTI	x	x	x	x		x	x	x		x	x														x	x	
Grip JNF				x												x	x		x	x	x		x	x	x	x	
Grip GLI		x	x	x												x	x		x	x	x		x	x	x	x	
Grip A7																x	x		x		x	x	x			x	x

Fuente: elaboración propia

Posteriormente se realizó el mapeo de la cadena de valor del estado actual, el cual nos ayudó para la identificación de las variables tabla 1.

Figura 5 Value Stream Mapping del estado actual



Fuente: elaboración propia

Resultados

Tabla 1

Variables identificadas

Variables independientes	Variables dependientes
--------------------------	------------------------

Stock de seguridad

Cumplimiento en las entregas de los pedidos

Fluctuación de la demanda

Tiempo de entrega

Rupturas de producción

Fuente: elaboración propia

Durante la investigación en la línea de recubrimiento de freno A7 esta se encontraba conformada por 14 personas realizando una producción de 480 piezas diarias en un turno de 8.5 horas laborables con una

demanda de 4824 piezas al mes, se tenía problemas en el control en los inventarios, debido a los retrasos en la producción se tenían fluctuaciones en la demanda, el producto es entregado con el cliente en Alemania, en la Tabla 2 se puede ver la cantidad producida por 14 personas durante 4 meses.

Tabla 2

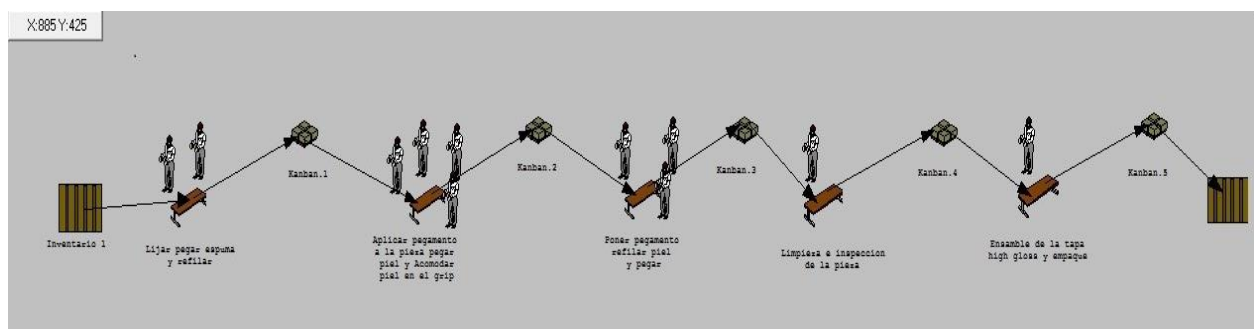
Producción de Febrero a Marzo del año 2014 de la línea de recubrimiento de freno A7

Mes	Operadores	Cantidad de piezas producidas
Febrero	14	480
Marzo	14	480
Abril	14	480
Mayo	14	480

Fuente: elaboración propia

Posteriormente al analizar la situación de la línea y llevar acabo la simulación del sistema kanban como se muestra en la figura 4 en donde se visualiza la línea de recubrimiento de freno de mano A7 arrojó como resultado una línea conformada solo por 11 operadores los cuales son capaces de realizar 749 piezas diarias aumentando en un 36% la producción de la línea como se muestra en la Tabla 3, cabe mencionar que la línea produce 720 piezas debido al estándar pack requerido por el cliente, en el primer trimestre del año se tenía una producción por debajo de lo esperado lo cual tenía como consecuencia el aumento en el costo del transporte ya que se enviaba menor cantidad de producto en los embarques, con el aumento en la producción se pueden enviar embarques marítimos con más producto, representando un menor costo en cuanto al transporte.

Figura 4 Línea de producción controlada por kanban, simulación Promodel con 11 operadores.



Fuente: elaboración propia

Tabla 3

Producción de Junio a Agosto del año 2014 de la línea de recubrimiento de freno A7

Mes	Operadores	Cantidad de piezas producidas
Junio	11	720
Julio	11	720
Agosto	11	720

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

El tener un sistema pull en el proceso es de suma importancia para el funcionamiento de la cadena de suministros ya que nos ayuda a tener una visión más allá de lo que se necesita en cada fase del proceso, el poder detectar a tiempo los contratiempos que se llegaran a tener generaría un ahorro importante para la empresa tanto en cuestión monetaria, tiempo, recurso humano es por este motivo que el impacto que genera un sistema pull influye tanto positiva como negativamente dependiendo de cómo se encuentre funcionando. Es así como a pesar de la evolución que han tenido las cadenas de suministro existirán características que son claves y que obstaculizaran el funcionamiento o implementación de la misma. Al funcionar un sistema pull correctamente se logran concentrar cambios significativos en los resultados de los procesos a través de la identificación de propósitos claros de su aplicación, esto ayuda a comprobar que con pequeñas soluciones, pueden lograrse cambios en los resultados de los procesos, los cuales se podrán reflejar en los resultados de los indicadores, en cuanto a las operaciones de producción por lo tanto impactaran en los resultados económicos, y ayudaran a impulsar nuevos proyectos dentro de la organización.

Recomendaciones

Se recomienda para trabajos futuros el continuar el estudio sobre los sistemas pull ya que son de suma importancia dentro del funcionamiento de una cadena de suministros, la simulación se presenta como una buena opción para el estudio del funcionamiento de un proceso, ya que podemos trabajar con las distintas variables sin afectar el proceso en tiempo real es por esto que vemos un amplio campo de estudio tanto en la simulación como en la cadena de suministros ya que a pesar de los cambios radicales que han tenido estas aún cuentan con procesos claves que entorpecen el funcionamiento de la misma.

Referencias

Bernal, A. C. (2010). Metodología de la investigación. Colombia: Pearson.

Fierro, J. (2007) El problema del rezago tecnológico de las microempresas industriales y alternativas de solución.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2013). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.

Peter, C., & Muñoz, F. (2009). Evaluación bajo Simulación de un Sistema Just In Time . Treballs Docents curs, 18-21.

Reyes, P. (2002) Manufactura delgada (Lean) y Seis sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones.

Rother, M., & Shook, J. (1999). Observar para crear valor cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar muda. Brookline, MA 02446 USA: The Lean Enterprise Institute.

Womack, J., Jones, D. (2005). Lean thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Gestión 2000.

La administración sustentable del agua, como política pública, ante el cambio climático

Sustainable water management, as public policy on climate change

Alonso Gutiérrez Manuel Gerardo
Zárate Nicolás Baldomero
Amado Poblano Vásquez

Resumen

Este trabajo presenta información relacionada con el análisis de las políticas públicas y de los planes de desarrollo de los últimos dos sexenios del gobierno mexicano, la Agenda del Agua 2030 (AA2030) y las consideraciones de cambio climático, con el objetivo de realizar una primera evaluación prospectiva del alcance de los objetivos gubernamentales en la administración sustentable del agua, considerando la inversión necesaria y los costos de no intervención en lo propuesto por el gobierno nacional para la solución de la problemática hídrica del país, encontrándose que lo planteado por la AA2030 no es alcanzable por las condiciones de inversión y la falta de consideraciones sociales difíciles de implementar y evaluar. Así mismo se presenta la revisión de un diagnóstico preliminar del recurso hídrico, encontrándose que la calidad del agua no es considerada en la determinación de la disponibilidad hídrica.

Palabras clave: Administración, agua, políticas

Abstract

This paper presents information related to the analysis of public policies and development plans of the last two presidential administrations of the Mexican government, the Water Agenda 2030 (AA2030) and climate change considerations, in order to make an initial assessment prospectively about the scope of government objectives in sustainable water management, considering the investment required and the costs of non-intervention proposed by the national government to solve the water problems of the country, finding that the issues raised by the AA2030 is not achievable by investment conditions and lack of social considerations difficult to implement and evaluate. Also reviewing a preliminary assessment of water resources, finding that water quality is not considered in determining water availability is presented.

Keywords: *Managing, water, policies*

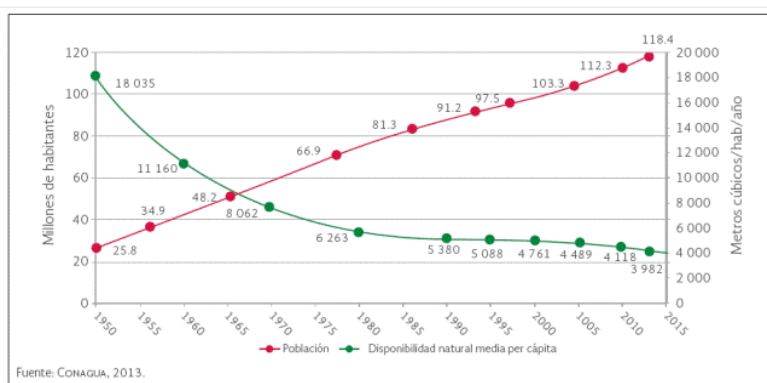
I. Introducción

El acceso a una cantidad suficiente de agua de buena calidad, es uno de los mayores retos de la humanidad, además el agua se considera un factor limitante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y la conservación de los ecosistemas naturales, e incluso para la estabilidad social y política. Se han llevado a cabo importantes esfuerzos para resolver los problemas asociados con el agua, pero

hasta el momento han sido insuficientes. Otro factor determinante es que el crecimiento poblacional continua, estimándose que para mediados del siglo XXI el planeta contará con 3 000 millones de habitantes más, que demandarán agua y servicios de recolección de aguas residuales y tratamiento. La producción de alimentos será necesario duplicarla en los próximos 30 años, hecho que requerirá inversiones cuantiosas. Se estima que para el año 2050, 60% de la población del mundo vivirá en condiciones de estrés hídrico (Carabias, 2005, p. 15)

La disponibilidad de agua per cápita ha disminuido de 18 035 m³/hab/año en 1950 a 3 982 m³/hab/año en 2013 (Figura 1), esto indica que 35 millones de mexicanos se encuentran en situación de poca disponibilidad de agua en términos de cantidad y calidad.

Figura 1. Evolución de la población y disponibilidad natural media per cápita



La problemática identificada se concentra en tres aspectos: sobreexplotación, sobre-concesión y contaminación de los recursos hídricos. Existen aprovechamientos que carecen de títulos de concesión o asignación, la medición del agua extraída y la verificación de los aprovechamientos y descargas son bajas e insuficientes. En las zonas de libre alumbramiento no se tiene control de los aprovechamientos; además de que prevalece un incremento de obras que invaden zonas y cauces federales que generan riesgos a la sociedad. Por otro lado, existen títulos vencidos, situación provocada por la ausencia de interés o desconocimiento del usuario para tramitar la prórroga correspondiente. No obstante que la LAN permite la transmisión de títulos, ésta debe ser una figura regulada con miras a desincentivar el mercado informal, la especulación y el acaparamiento del recurso. La administración del agua ha sido incompleta al no aplicarse rigurosamente la LAN, principalmente, por la reducida capacidad de la autoridad del agua para realizar visitas de inspección y no instrumentar acciones que permitan un aprovechamiento del agua acorde con la disponibilidad de la misma (SEMARNAT, 2014, p. 28)

La gran mayoría de las cuencas en nuestro país se encuentran en una situación no sustentable en donde la demanda crece día con día conforme crece la población y sus necesidades. Hasta el año 2012, la demanda total de aguas nacionales en el país era del orden de los 78 400 millones de metros cúbicos, misma que se cubriría con un volumen sustentable de 66 900 millones de metros cúbicos de fuentes superficiales y subterráneas y con un volumen no sustentable de 11 500 millones de metros cúbicos, de los cuales 6 500 provinieron de acuíferos sobreexplotados. El mayor porcentaje de la demanda se sigue concentrando en el sector agrícola. Se estima que en unos veinte años la demanda llegará a 91 200 millones de metros cúbicos debido al incremento en las actividades productivas y el crecimiento de la población, mientras que la oferta puede llegar a 68 300 millones de metros cúbicos; lo que significa que la brecha estimada entre oferta y demanda será de 23 mil millones de metros cúbicos. Esta brecha integra el volumen de agua que se empleará para cubrir el crecimiento de la demanda agrícola, la pública urbana e industrial y el volumen no sustentable que se dejará de extraer por la disminución de la sobreexplotación de los acuíferos. Los principales retos se presentan en las cuencas del Valle de México y de los ríos Lerma, Bravo, Fuerte, Mocoltzi, Presidio-San Pedro, Tula y Balsas. (SEMARNAT, 2014, p 39)

Las Políticas Públicas (PP) son las acciones de gobierno que buscan cómo dar respuestas a las diversas demandas de la sociedad, se pueden entender como el uso estratégico de recursos para aliviar los problemas nacionales, así mismo son un factor común de las decisiones de un gobierno. A su vez, parte fundamental del quehacer del gobierno se refiere al diseño, gestión y evaluación de las PP. Los gobiernos son instrumentos para la realización de PP, así como el logro principal de las empresas privadas no es su organigrama, sino sus utilidades, lo importante en los gobiernos son sus resultados, más que su estructura. Para que una PP sea de excelencia debe tener las siguientes características (Lahera, 2004, p. 7).

Fundamentación amplia y específica (¿cuál es la idea?, ¿a dónde vamos?)

Estimación de costos y de alternativas de financiamiento

Factores para una evaluación de costo-beneficio social

Beneficio social marginal comparado con el de otras políticas (¿qué es prioritario?)

Consistencia interna y agregada (¿a qué se agrega?, o ¿qué inicia?)

De apoyos y críticas probables (políticas, corporativas, académicas)

Oportunidad política

Lugar en la secuencia de medidas pertinentes (¿qué es primero?, ¿qué condiciona qué?)

Claridad de objetivos

Funcionalidad de los instrumentos

Indicadores (costo unitario, economía, eficacia, eficiencia)

En México la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), sigue garantizando su compromiso de ofrecer elementos que contribuyan a impulsar la necesidad de administrar de manera sustentable los recursos hídricos

de nuestro país, facilitando su disponibilidad, en tiempo, forma y calidad a toda la sociedad. La administración sustentable de las aguas nacionales, contribuirá a lograr el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación del entorno ecológico por medio de un equilibrio entre el consumo y la disponibilidad. La misma Comisión enfrenta el reto de administrar y preservar las aguas nacionales, con el cuidado y preservación de las cuencas y acuíferos, para lograr su uso sustentable y así asegurar el desarrollo económico y social del país. Para enfrentar el reto de lograr la sustentabilidad del agua, la Ley de Aguas Nacionales establece los instrumentos normativos y regulatorios para formular, implantar y evaluar la política hídrica nacional, administrar y custodiar las aguas nacionales, expedir títulos de concesión, prórrogas, transmisiones, así como verificar el cumplimiento de las disposiciones legales aplicables. En ese sentido, los usuarios de aguas nacionales operan en un marco de derechos y obligaciones establecidos en dicha Ley. (CONAGUA, 2012, p. 3)

Para lograr la sustentabilidad del agua, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) establece la normatividad para formular, implantar y evaluar la política hídrica nacional, administrar y custodiar las aguas nacionales, emitir títulos de concesión o asignación y permisos, así como sus modificaciones, y verificar el cumplimiento de las disposiciones legales aplicables. Para ello se establecen instrumentos administrativos y trámites en materia de concesiones o asignaciones de aguas nacionales y para la extracción, explotación, uso o aprovechamiento de materiales pétreos y la ocupación de zona federal, así como autorizar permisos de descarga, certificados de calidad del agua y de aguas interiores salobres y demás permisos que en esta materia prevé la Ley y su Reglamento. (CONAGUA, 2013, p. 1).

La administración y sustentabilidad de las aguas nacionales es uno de los mayores retos que enfrenta el gobierno federal, a través de la CONAGUA, misma que ha determinado medidas y acciones para dar cumplimiento a sus objetivos, entre ellas, la operación de Bancos del Agua; figura institucional que facilita la transferencia legal de derechos de agua dentro de las cuencas y acuíferos y que relaciona a ofertantes y adquirentes de derechos, enfocándose a lograr un uso sustentable del recurso hídrico y promover la gestión integrada del mismo. La CONAGUA (2013) resalta que la población de nuestro país no ha reconocido plenamente el valor económico, social y ambiental del agua, lo cual produce el uso inadecuado, desperdicio, sobreexplotación y deterioro de su calidad. Por lo que a medida que la disminución de la disponibilidad del agua se hace evidente, adquieren relevancia instrumentos diversos como los de mercado (como es el caso del Banco del Agua), que permitieran valorar el recurso y fomentar su uso racional y eficiente (CONAGUA, 2013, p. 13).

El cuarto informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en 2007 define al cambio climático (CC) como un cambio identificable en el estado del clima, por medio de diversos análisis como puede ser el estadístico, a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un periodo prolongado, generalmente cifrado en decenios o en periodos más largos. Denota

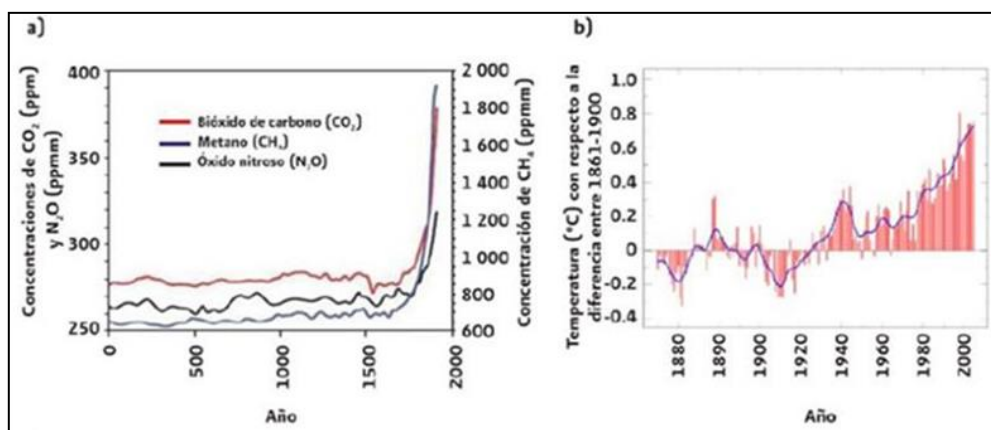
todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana. El CC y las alteraciones que este produce, obedece a diversas causas, cuyo origen es natural y antropogénico. Éstas alteraciones son el resultado del incremento de la concentración, en la atmósfera, de gases de efecto invernadero (GEI), denominados así, porque cuando superan la capacidad de captura de la biosfera, obstaculizan la emisión de energía hacia el espacio exterior, lo que genera efectos en la temperatura, la precipitación pluvial y el nivel del mar, entre otros.

Los efectos derivados del CC producen diversos impactos, entre los que destacan: los fenómenos hidrometeorológicos extremos, escasez de agua dulce, sequías, incremento de enfermedades infecciosas y de las transmitidas por vectores, así como la disminución de suelos productivos, entre otros.

Dicho informe establece las siguientes cuatro conclusiones científicas:

1. El calentamiento del sistema climático es inequívoco (figura 2).
2. El aumento de los GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , halocarbonos, O_3 , vapor de agua y aerosoles) registra un incremento significativo desde 1850, asociado al proceso de industrialización ocasionando un aumento de la temperatura global el planeta y otros impactos climáticos (figura 2).
3. El calentamiento global significará un aumento en la temperatura del planeta, con mayor probabilidad, de entre 1.1 a 4.5 grados centígrados, aunque existen incluso predicciones más pesimistas que llegan a 6 grados, y un incremento en el nivel del mar de 28 a 43 centímetros para este siglo, además se observarán cambios importantes en los patrones de precipitación y en los eventos climáticos extremos.
4. El cambio climático está teniendo una influencia discernible sobre muchos de los sistemas físicos y biológicos.

Figura 2. Evolución de las emisiones de GEI desde hace 2000 años (a), y evolución de la temperatura promedio mundial entre 1850-2000 (b)



Fuente: Galindo L.M., 2009

En materia de adaptación al cambio climático o variabilidad climática, como se ha mencionado, México es un país con grandes contrastes en sus climas y régimen de lluvias lo cual afecta a los procesos productivos y a las actividades de sus habitantes. Diversos estudios coinciden en sugerir que entre el 2013 y 2030 las variaciones de temperatura y precipitación en el territorio mexicano se intensificarán. Tales modificaciones traerán como consecuencia diversas afectaciones al sector hídrico, entre ellas variaciones en la disponibilidad del agua, tanto superficial como subterránea, para los diferentes usos. Impactarán también al medio ambiente asociado con el recurso hídrico, esto es, ríos, lagos, embalses artificiales, lagunas costeras y humedales.

Los escenarios climáticos regionalizados de precipitación y temperatura indican que para finales de este siglo, en los estados del noroeste la precipitación tenderá a disminuir hasta en un 30 por ciento en la temporada invernal mientras que los estados del sureste tendrán un decremento similar en el verano. Con relación a la temperatura de superficie, todos los escenarios proyectan aumentos con respecto al siglo anterior hasta de 5°C en algunas zonas muy acotadas del país, si consideramos el escenario más crítico. Se han elaborado varios estudios de vulnerabilidad en aspectos agrícolas, de calidad del agua, de escurrimiento superficial, de aguas subterráneas, de impacto en la sociedad y de eventos extremos. Sus resultados indican que el escurrimiento tenderá a disminuir hasta en un 7 por ciento para el año 2030 en algunas regiones hidrológicas bajo condiciones de cambio climático. Complementariamente, la generación de escenarios climáticos actualizados denominados escenarios de trayectorias regionalizados (RCP, por sus siglas en inglés), donde se analizaron los patrones espaciales del período histórico 1961 a 2000, muestran que anualmente se registra mayor precipitación en la zona tropical. (Galindo, 2009, p 31)

De 1994 a 1996 se desarrolló el proyecto denominado Estudio de País: México, entre cuyos objetivos estaban: estimar los impactos que el cambio climático tendrá en nuestro país, para así poder determinar las regiones más vulnerables a dichos cambios, con el fin de proponer estrategias de adaptación. El trabajo mostró que a nivel nacional los sectores más afectados por condiciones extremas en el clima son: el agua, la agricultura y a los bosques. Dado que gran parte del territorio mexicano es semiárido con poca precipitación la mayor parte del año, los grandes cambios en la temporada de lluvias resultan en amenaza y con frecuencia, en desastres para los diversos sectores dependientes del agua. En los últimos años, el problema de la sobreexplotación de los recursos naturales y la necesidad inaplazable de proteger al medio ambiente ante el incremento de los niveles de contaminación, han adquirido relevancia internacional, inducidos por la creciente evidencia de su carácter irreversible. (Magaña, 2006, p.5)

En el escenario sustentable (optimista de la CNA) se considera que se duplica el nivel de inversiones actual, se logra contener el crecimiento de la demanda de agua, se logra revertir la sobreexplotación de los acuíferos y se reducen los rezagos en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento. La consideración sobre inversión para el escenario sustentable requiere ser revisada cuando se consideran escenarios de cambio

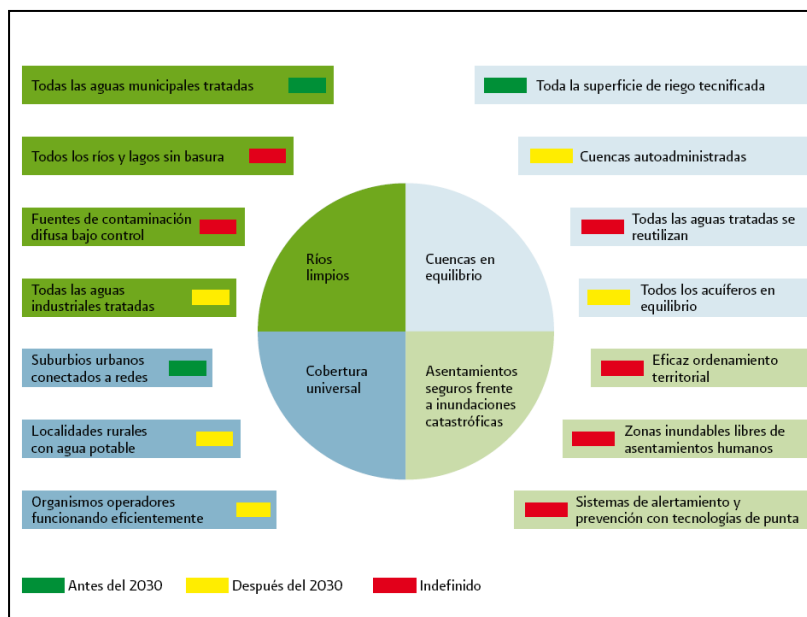
climático que muy probablemente harán la situación más complicada de lo que se proyecta por factores socioeconómicos únicamente. (Magaña, 2006, p.26)

La vulnerabilidad del sector agua está en función directa de la capacidad para responder a una amenaza, sea ésta de origen natural o antropogénico. En el caso del recurso hídrico en México, la vulnerabilidad del país a fluctuaciones en las lluvias depende de la zona hidrológica, en combinación con el aspecto humano de la misma (densidad poblacional, capacidad de transporte y almacenamiento de agua, uso en la generación de energía eléctrica, en la agricultura y ganadería, y en actividades domésticas). El agua, principal recurso afectado, constituye el elemento rector que determina el movimiento de insumos primarios, sedimentos, constituyentes químicos, entre otros, que mediante su movilización y disposición, afecta otros recursos al interior de la cuenca. (Magaña, 2006, p.31)

II. Desarrollo del tema

Lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018 (PND 12-18), el programa Nacional Hídrico 2012-2018 (PNH 12-18) y las políticas públicas de la administración sustentable del agua 2013, no se considera suficiente para la solución a los problemas hídricos del país, la Agenda del Agua 2030 (AA2030) publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de la CONAGUA (figura 3), fue elaborada con la finalidad de establecer una visión de futuro que enfrentará México en materia de agua. También establecer las inversiones necesarias para lograr un futuro deseable para la administración del recurso agua, para reducir las brechas que lo separan de la sustentabilidad hídrica en el horizonte 2030 (Juárez, 2011, p. 3). Por otro lado es necesario considerar que en las políticas públicas del PNH 12-18, lo establecido en el PND 12-18 y la AA30, no se consideran de manera amplia criterios, objetivos específicos e inversiones respectivamente, por mitigación y adaptación al cambio climático, generándose con esto último una incertidumbre, técnica y financiera que genera un replanteamiento y evaluación continua de lo propuesto por el gobierno Mexicano, en materia de agua sobre todo para el 2030.

Figura 3. Componentes básicos de la Agenda del Agua 2030



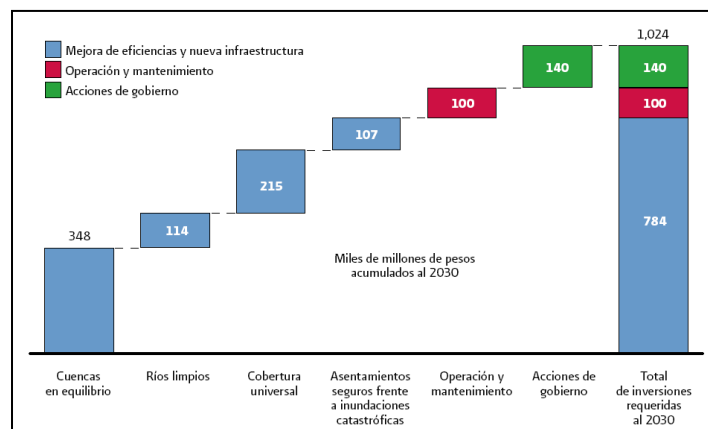
Fuente: CONAGUA. 2011

Para lograr los propósitos de los componentes de la AA30, se establecen los objetivos rectores del sector hidráulico, los cuales son los siguientes:

1. Mejorar la productividad del agua en el sector agrícola.
2. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
3. Promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.
4. Mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del Sector Hidráulico.
5. Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.
6. Prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos y atender sus efectos.
7. Evaluar los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico.
8. Crear una cultura contributiva y de cumplimiento a la Ley de Agua Nacionales en materia administrativa.

Por otro lado hablando de factores económicos y administrativos, se requiere de más de 1 billón de pesos para implementar las acciones y estrategias de la AA30, distribuidos de la manera que se muestra en las figuras siguientes:

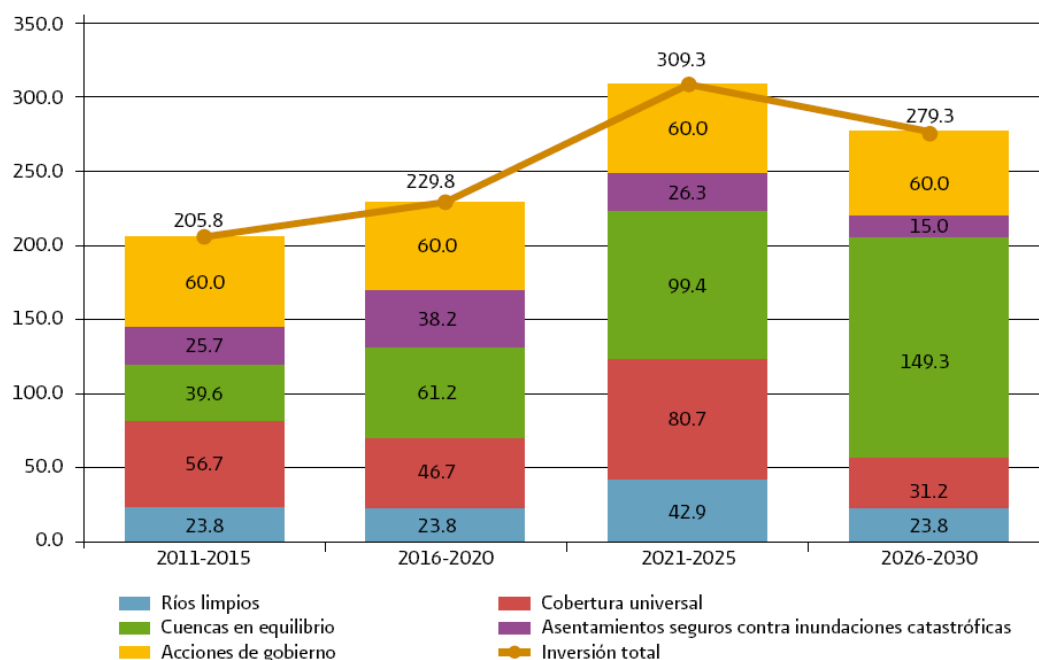
Figura 4. Inversión por eje de la Agenda del Agua 2030



Fuente; CONAGUA, 2010

Con una distribución de la inversión como lo muestra la figura 5

Figura 5. Distribución de la inversión al 2030 (miles de millones de pesos)



Fuente: CONAGUA, 2011

En caso de no realizarse las acciones propuestas por la AA30, es decir de no actuar, implicaría que en el año 2030 se tendría una demanda no satisfecha aproximada de 13 mil millones de metros cúbicos (figura 7), esto implica que la actividad productiva futura no podría realizarse en parte por este déficit de agua, y tendría que ser racionado el recurso hídrico disponible, perdiéndose un costo de oportunidad expresado como actividad económica no realizada (tabla 1), este costo económico crece con el tiempo llegando a representar 1.5 billones

de pesos anuales al 2030 (figura 6), representando un impacto negativo para todo el país. Cabe señalar de manera importante que el crecimiento industrial restringido por el déficit de agua, representa el 99% del costo de no actuar, por ser el sector que agrega mayor valor por metro cúbico de agua usado.

Tabla 1. Costo de oportunidad por tipo de uso*

Tipo de uso de agua	Costo de oportunidad (pesos/m ³)
Público-urbano	2
Industrial	523
Agrícola	2

* Definido como el valor de la actividad no realizada por metro cúbico de agua no suministrado:

- Uso agrícola. Valor de la producción agrícola, ponderado por tipo de cultivo e intensidad en consumo de agua.
- Uso industrial. Calculado a partir del PIB de la industria manufacturera, ponderado por la intensidad de consumo de agua.
- Uso municipal. Asume que el crecimiento poblacional siempre se abastece a costa de la producción agrícola.

Fuente: CONAGUA, 2011

Figura 6. Costo económico de no actuar (billones de pesos)

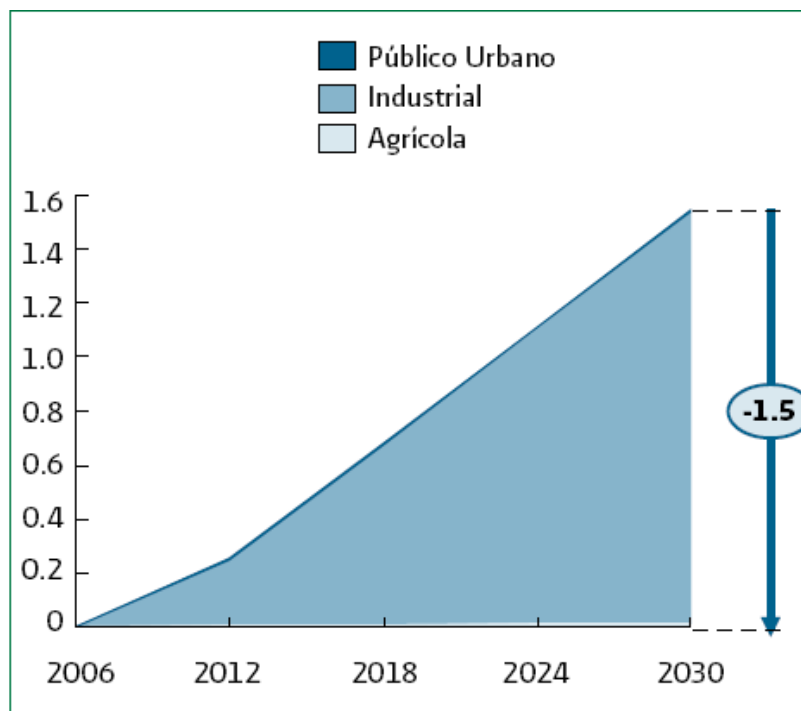
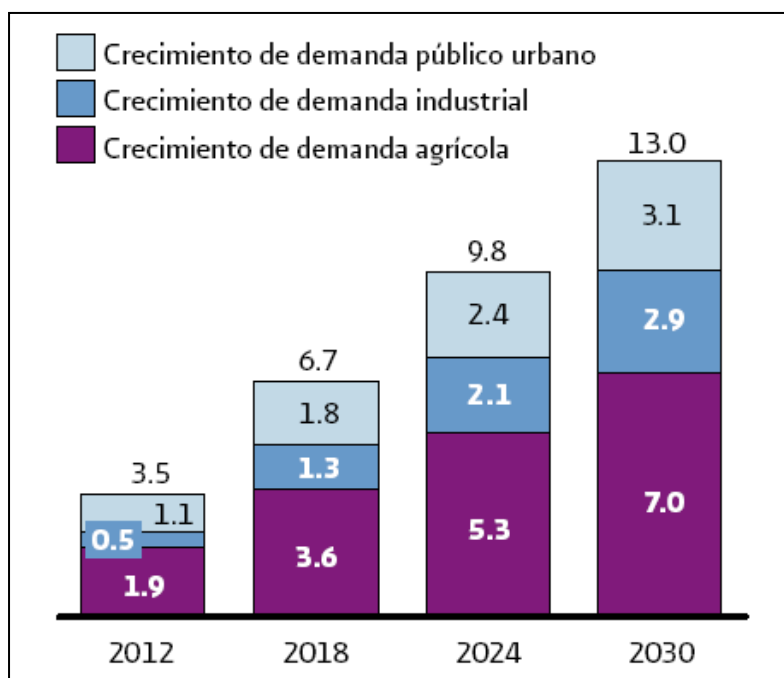


Figura 7. Actividad en riesgo por el déficit de agua (miles de millones de metros cúbicos)



Fuente: CONAGUA, 2011

Finalmente establece el impacto para la actividad económica en México debido a la falta del recurso hídrico, en caso de no actuar hacia el horizonte 2030. CONAGUA estima que la inversión anual requerida para lograr esta visión, alcanzaría más de 50 mil millones de pesos anuales durante los próximos veinte años, pero el costo de no actuar se elevaría a 1.5 billones anuales al 2030, considerando la actividad económica de las empresas, que no se realizaría por la falta del recurso agua, además de las necesidades para la agricultura y la cobertura de agua a la población (CONAGUA 2011, p. 34)

III. Metodología

Se inició con una investigación bibliográfica sobre el PND12-18, el PNH12-18, por estar este último generado y relacionado en cuanto a objetivos y estrategias del primero, además se revisó la AA20130 para relacionar sus ejes temáticos con la inversión necesaria para lo establecido para el 2030. Por otro lado se revisó la información sobre el estado actual del recurso hídrico en México en publicaciones de la SEMARNAT y CONAGUA. La consulta de los PND del sexenio 2007-2012 y el PND12.18, fue necesario compararlos debido a que el tema de sustentabilidad y cambio climático está incluido en ambos, mencionándose aunque de manera más general sin gran fundamento de estrategia en el último. Es importante mencionar que en los últimos dos años, lo relacionado con el cambio climático y los Programas Estatales de Cambio Climático, así como las políticas académicas institucionales, han provocado que este tema se aborde desde las unidades de investigación y posgrado, aplicándose un criterio transversal en los temas de medio ambiente como

contaminación del agua y usos del agua para diversos sectores de la economía. Una vez teniendo lo anterior se relacionaron los alcances técnicos y financieros de las políticas públicas y planes gubernamentales publicados, para conocer en forma prospectiva una factibilidad aunque no técnica, con criterios básicos contables para definir una primera aproximación a la factibilidad de solución de los problemas hídricos en México, sobre todo en materia de inversión gubernamental.

Finalmente con los datos del diagnóstico del recurso hídrico, el tema cambio climático en México, los planes gubernamentales y la AA2030, se sacaron conclusiones y recomendaciones relacionando las políticas públicas, la administración sustentable del agua, los programas nacionales de desarrollo y los avances en México sobre el cambio climático, para poder plantear proyectos de investigación y desarrollo tecnológico con más posibilidades de éxito en el área de manejo integral del agua.

IV. Conclusiones

La administración sustentable del recurso hídrico en la AA2030 difícilmente se alcanzará, debido a que los ejes temáticos no consideran el aspecto social que son temas interdisciplinarios con diversos grados de dificultad en su diseño y evaluación.

El cambio climático debe ser incorporado de manera transversal con estrategias más amplias en los planes de desarrollo nacionales.

La información de evaluación de calidad de agua y cumplimiento de la normatividad en materia de agua, no presenta resultados que puedan indicar la situación real de la sustentabilidad en materia de agua en México.

Es necesario incorporar planes de estudio a nivel técnico, licenciatura y posgrado, relacionados con los temas de este trabajo de manera integral, considerando la multidisciplina, para formar capacidades que tengan las competencias de poder intervenir en la problemática hídrica nacional.

Los planes de desarrollo la AA2030 y la administración del recurso hídrico, deben construirse en función de un diagnóstico más acabado que considere la contaminación del agua, debido a que las disponibilidades hídricas no consideran la calidad del agua.

Los costos de inversión para la AA2030, incrementan de manera importante el presupuesto nacional del sector y no se mencionan afectaciones necesarias al PIB.

Los costos por no actuación son catastróficos, aunque los costos para el cumplimiento de la AA2030 de acuerdo a la economía nacional en este momento difícilmente se alcanzarían

V. Referencias

Carabias, J. y Landa R., Agua, Medio Ambiente y Sociedad: Hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2006

Comisión Nacional del Agua, Agenda del Agua 2030, México 2011

Comisión Nacional del Agua, Compendio Estadístico de Administración del Agua, México 2012: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Galindo, L.M. (Coord.). 2009. La Economía del Cambio Climático en México. Síntesis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Secretaría de Hacienda y Crédito Público. México.

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, 2013, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, 2007, Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012

Juárez, G. J. A. (2011), La administración del agua y el desarrollo sustentable en México: Una visión prospectiva, Universidad Nacional Autónoma de México 2011, XVI congreso internacional de contaduría administración e informática.

Lahera, P. E. (2004, agosto 2004). Política y políticas públicas. En Políticas Sociales, 95, 7-9. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2009), La economía del cambio climático en México. Síntesis. México,

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. (2010), Estadísticas del Agua en México, ed 2010. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. (2011), Estadísticas del Agua en México, edición 2011. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. (2008), Programa Nacional Hídrico 2007-2012. México,

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. (2011), Agenda del Agua 2030. (2011). México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Compendio Estadístico de Administración del Agua (CEAA), edición 2013.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Programa Nacional Hídrico 2014-2018

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, programa Nacional Hídrico 2007-2012

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Estimaciones del impacto del cambio climático, desde el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México. 2010-2100. México 2009.

La voz del cliente a través de la metodología SERVQUAL/KANO

Cruz Álvarez Jesús Gerardo
Hinojosa Cruz Adriana Verónica

Resumen

La competitividad en el sector servicios puede ser evaluada desde diferentes puntos de vista, un elemento clave es esta mecánica es la satisfacción del cliente, para entender claramente los elementos de valor agregado que resultan en una ventaja competitiva.

Se presenta una propuesta metodológica aplicando el modelo SERVQUAL/KANO para la determinación de la voz del cliente, logrando encontrar aquellos elementos vitales que el cliente pondera como más importantes, para ser tomados dentro del proceso de planeación estratégico y operativo de las organizaciones.

Palabras clave: Calidad en el servicio, Kano, SERVQUAL, Competitividad, Satisfacción del cliente.

Abstract

The competitiveness in service industry could be evaluated using different methodologies and ratios, one key aspect is the specific metric of customer satisfaction in order to fully understand the value added elements that triggers the competitive advantage. This empirical research paper takes into a consideration SERVQUAL/KANO methodology in order to determine the customer satisfaction index.

The result of this study offers a methodological approach in order to identify the value added elements from customer's perspective as an input for either strategically or operative planning towards competitiveness.

Key words: Quality in Services, Kano, SERVQUAL, Competitiveness, Customer satisfaction.

Introducción.

En la actualidad, cuando se trata acerca de calidad se puede escuchar que se refieren a calidad en educación, calidad en la industria, calidad en los productos, pero no se puede dejar de mencionar la calidad en el servicio, es un tema muy importante y base para cualquier negocio, ya que de esta depende el fracaso o éxito de las organizaciones.

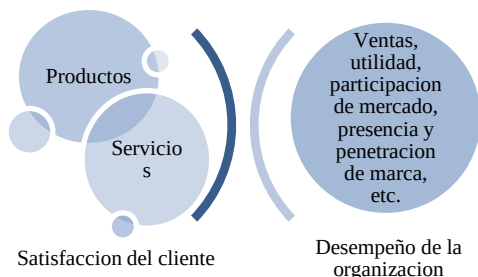
En este artículo de investigación se utiliza una propuesta de metodología integral SERVQUAL/KANO para la evaluación de la satisfacción del cliente y encontrar los elementos de valor agregado que los clientes identifican como los elementos principales. El caso de estudio se desarrolla en el postgrado de negocios de la Universidad Autónoma de Nuevo León con el objetivo de la implementación metodológica del modelo en servicios.

Marco teórico

La satisfacción del Cliente no solo es un concepto hoy en día se ha convertido en una pieza clave para el desarrollo y crecimiento de las organizaciones, además de esto debe encontrar los elementos principales de la

satisfacción del cliente. Viet, L. (2013) Establece una propuesta teórica en la cual identifica la satisfacción del cliente como una variable mediadora hacia el desempeño de las organizaciones (figura 1).

Figura 1. Relación entre la satisfacción del cliente y el desempeño de la organización.



Fuente: Adaptado de su versión original citado en Viet, L. (2013).

Un estudio realizado previamente por Cruz, J. (2014) señala que el 90% de las investigaciones conceptuales y aplicadas que tratan sobre la satisfacción del cliente, inciden en los siguientes conceptos: Satisfacción de clientes, modelo SERVQUAL, control estadístico de proceso (SPC), y Despliegue de la función de calidad (QFD), mientras que menos del 0.4% trata temas de la satisfacción del cliente como un modelo y en un segundo nivel de análisis crítico, son en menor cantidad aquellas investigaciones que tratan la satisfacción del cliente como un modelo que integra elementos teóricos, conceptuales y de aplicación con metodología de investigación de campo, que logre captar los requerimientos de cliente para utilizar la satisfacción de cliente como una estrategia para identificar las oportunidades y enfocarse a la búsqueda de las ventajas competitivas

Satisfacción de clientes

Primeramente tenemos que empezar definiendo el concepto satisfacción de clientes así como los alcances que este conlleva.

En base al análisis referencial y comparativo realizado por Giese, J. (2000), se logra identificar tres elementos que caracterizan el concepto de satisfacción de cliente: 1. Es una respuesta (emocional o cognitiva), 2. La respuesta es relevante en relación a la expectativa del uso de un producto o experiencia de servicio, y 3. La respuesta ocurre durante un periodo específico de tiempo (puede ser anterior, inmediato o posterior al uso de un producto o experiencia de servicio).

El concepto de Satisfacción del cliente se puede conceptualizar desde dos niveles según lo describe Hom, W. (2010), niveles: macro-modelos y micro-modelos.

SERVQUAL

El modelo SERVQUAL (por sus siglas en inglés: Service Quality o en español calidad en el servicio) fue propuesto por Parasuraman, A. et. al. (1985) haciendo referencia a cinco aspectos clave de la respuesta emocional que define la satisfacción del cliente, las cuales pueden explicarse de forma esquemática en el siguiente apartado (figura 2).



Figura 2. Modelo SERVQUAL

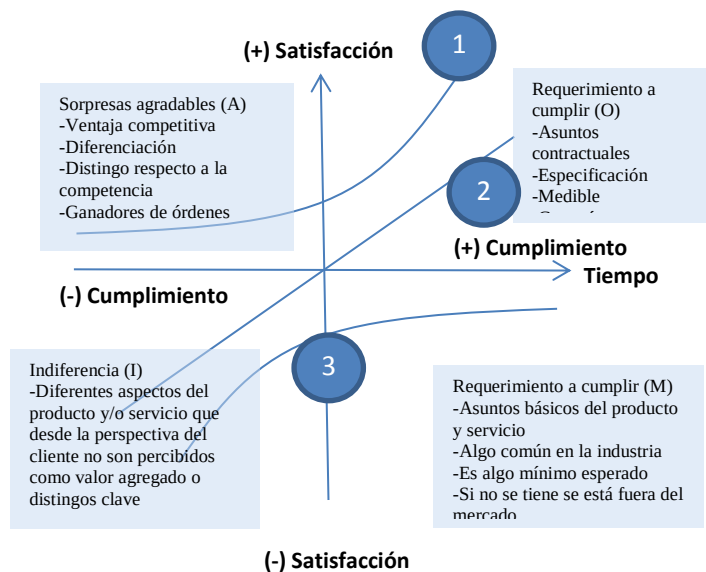
Fuente: Elaboración propia basada en el modelo SERVQUAL citado en (Parasunaman, A. et. al., 1985).

En la figura anterior se muestra el modelo SERVQUAL y sus elementos principales, sobre los cuáles la metodología propone la realización diagnóstica de las diferencias principales de percepción respecto a lo que el cliente espera recibir y recibe en términos del servicio.

Modelo Kano

El Modelo Kano (Kano, N. 1984) fue introducido como un modelo conceptual y de estrategia en el cual se logra identificar tres escenarios posibles: 1. Requerimientos que deben ser cubiertos, 2. Requerimientos del producto y/o servicio, y 3. Exceder expectativas; por otra parte Ching-Chow, Y. (2005), y Hauser, J. (1993) son consistentes en el enfoque de aplicación del Modelo de Kano para poder identificar por medio de encuestas las expectativas de los clientes y distinguir las expectativas de los elementos mínimos a cumplir (Suerwein, E. 1996). En la siguiente figura se puede observar la relación existente de los tres escenarios posibles y el horizonte de tiempo (figura 3).

Figura 3. Modelo de Kano.



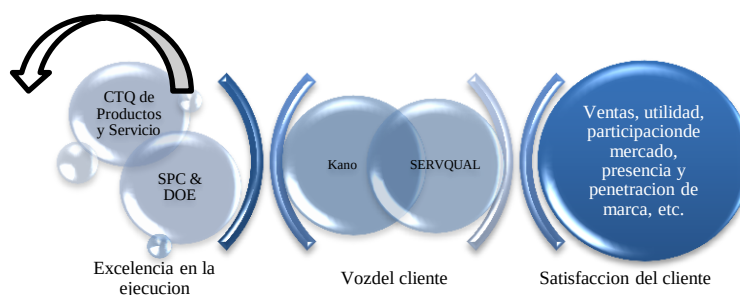
Fuente: Adaptado de su versión original citado en Suerwein, E. (1996).

El Modelo de Kano presenta un esquema estratégico en el cuál logra situar el producto y/o servicio en el cuadrante y evolución adecuada respecto a las tendencias actuales, lo cual está en congruencia con el macro-modelo de satisfacción de clientes.

El modelo Kano utiliza una escala ponderada que califica las expectativas del cliente en cuatro escenarios posibles: 1. Deber-ser. 2. Atractivo. 3. Cumplimiento, y 4. Indiferente.

Los modelos anteriormente presentados SERVQUAL y Kano se integran en una metodología presentada en un trabajo previo de investigación (Cruz, J. 2014, 2013), para la determinación de la voz del cliente (figura 4).

Figura 4. Modelo integral (Conceptual - Teórico) de la satisfacción del cliente.



Fuente: Elaboración propia basada en el Modelo Integral (Conceptual-Teórico) citado en Cruz, J. (2014).

Caso de estudio

El caso de estudio fue desarrollado en el postgrado de negocios de la Universidad Autónoma de Nuevo León, la cual cuenta con diferentes reconocimientos y acreditaciones en su sistema de gestión de calidad y programas académicos con una población total de 319 alumnos distribuidos en diez diferentes programas de maestría. La metodología de investigación aplicada en el caso de estudio se presenta en la tabla siguiente (tabla 1).

Tabla 4. Estrategia metodológica de investigación de campo.

i	Descripción	Resultado esperado
1	Matriz de priorización Kano	Identificación de los elementos principales del servicio
2	Diagnóstico Kano	Determinar la ponderación en base a las perspectivas del cliente
3	Adaptación del instrumento de recolección de datos SERVQUAL	Instrumento de recolección de datos
4	Cálculo del tamaño de la muestra	Estudio representativo aleatorio
5	Estrategia de Muestreo, efectividad y	Efectividad de la muestra

i	Descripción	Resultado esperado
	potencia de la muestra	
6	Validación del instrumento de recolección de datos (Alfa-Crobach)	Interpretación confiable basada en el instrumento de recolección de datos
7	Índice de calidad en el servicio	Identificar la perspectiva del cliente
8	Identificación de las brechas principales en el servicio	Identificar los elementos principales de valor agregado

Fuente: Elaboración propia.

La matriz de priorización y el diagnóstico Kano fue identificado a través de la aplicación de encuestas para conocer los componentes del servicio actuales con los que cuenta la organización, se realizaron entrevistas al equipo administrativo y se contrastaron los resultados mediante un recorrido en sitio para la identificación final de estos, el resultado se muestra en la siguiente tabla 2.

Tabla 5. Matriz de priorización de Kano.

	Proceso de Servicio	Criterio de Priorización	Descripción
Matriz de Priorización Kano	Docencia	Me gusta	Me gustaría, lo disfrutaría, sería de ayuda para mí (Me gusta)
	Gestión	Lo espero	Debo tenerlo, es una necesidad básica (Debe - Ser)
	Investigación	No me importa	No me afecta, no me concierne, no me importa (Neutral)
	Vinculación	Puedo tolerarlo	No me gusta, pero puedo vivir con esto, es un inconveniente para mí (Puedo tolerarlo)
		No me gusta	No lo acepto, es un gran problema para mí (No me gusta)

Fuente: Elaboración propia.

El resultado del análisis y ponderación Kano logró identificar diez componentes principales del servicio categorizados en dos elementos del sistema de administración: gestión y docencia. Los componentes del servicio se listan a continuación: 1. Servicios administrativos. 2. Biblioteca. 3. Cafetería. 4. Club de informática. 5. Estacionamiento. 6. Equipos de enseñanza y aprendizaje. 7. Perfil docente. 8. Programa. 9. Horarios, y 10. Modalidad.

El siguiente aspecto metodológico corresponde a la estrategia de recolección de datos, para la cual se utilizó un procedimiento de muestreo estratificado del universo de estudiantes 319 distribuido en los diez diferentes programas de estudio (tabla 3).

Tabla 6. Estrategia de muestreo estratificado.

Plan de Muestreo estratificado	Universo Total	Frec. Relativa
Finanzas	67	21%
Gestión de Capital Humano	65	20%
Impuestos y Estudios Fiscales	61	19%
Mercadotecnia	36	11%

Plan de Muestreo estratificado	Universo Total	Frec. Relativa
Negocios Internacionales	31	10%
Tecnologías de la Información	17	5%
Costos y Presupuestos	15	5%
Gestión Pública	14	4%
Contabilidad Internacional	8	3%
Auditoría	5	2%
Población bajo estudio	319	100%

Fuente: Elaboración propia.

El tamaño de la muestra se determinó bajo los siguientes parámetros 95% el nivel de confianza, 6 % el intervalo de confianza, universo de 319 estudiantes, resultando en 146 elementos muestrales. Se logró tener una eficiencia de la muestra al 96% logrando 140 encuestas válidas de 146 aplicaciones. La eficacia de muestreo por estrato resultó en 77%, declarando desierto la información para los estudiantes de gestión pública y auditoría por cuestiones ajenas a la operación normal de la organización, debido a diferentes eventos que esos dos programas de maestría tuvieron durante la realización del estudio (tabla 4 y 5).

Tabla 7. Estrategia de muestreo estratificado.

Plan de Muestreo estratificado	Universo total	Frec. Relativa	Estrato muestra	Encuestas válidas	Encuestas válidas (%)
Finanzas	67	21%	29	86	292%
Gestión de capital humano	65	20%	29	3	11%
Impuestos y estudios fiscales	61	19%	27	14	52%
Mercadotecnia	36	11%	16	8	51%
Negocios internacionales	31	10%	14	7	51%
Tecnologías de información	17	5%	7	6	80%
Costos y presupuestos	15	5%	7	14	213%
Gestión pública	14	4%	6	0	0%
Contabilidad internacional	8	3%	4	1	28%
Auditoría	5	2%	2	0	0%
Población bajo estudio	319	100%	140	139	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Estrategia de muestreo estratificado.

Descripción poblacional	Frecuencia	Eficiencia y eficacia	Porcentaje (%)
Universo	319	Eficacia de la muestra	96%
Intervalo de confianza	6	Eficacia del muestreo por estrato	77%
Tamaño de la muestra	146		

Fuente: elaboración propia.

El proceso de validación del instrumento de recolección de datos se desarrolló en dos fases. La primera consistió en la aplicación del cuestionario a un grupo de 22 participantes y la segunda fue la aplicación final del muestreo total logrando 140 aplicaciones válidas, en la siguiente tabla se ilustra el nivel de confiabilidad estadística Cronbach- α tanto para el premuestreo como el muestreo final, en las dos corridas de aplicación para identificar la percepción y la expectativa de los clientes. En todos los casos el indicador Cronbach- α resultó ser mayor a 0.80, por lo que se considera el instrumento de recolección de datos como aceptable (tabla 6).

Tabla 9. Validación del instrumento de recolección de datos (Alfa-Cronbach).

Paso	Percepciones (Cronbach- α)	Expectativas (Cronbach- α)
Premuestreo	0.94	0.94
Muestreo	0.92	0.91

Fuente: Elaboración propia basado en Siegle (2014).

El índice de servicio fue determinado para cada uno de los cinco elementos del modelo SERVQUAL, logrando una calificación ponderada de 85 % para el sistema de servicio; Adicionalmente se logran identificar tres aspectos con área de oportunidad: apariencia (50 %), empatía (52 %), seguridad (44 %) y capacidad de respuesta (58 %). Cada una de los porcentajes representan la distancia existente entre la expectativa del cliente respecto a la percepción recibida en el servicio (figura 5).

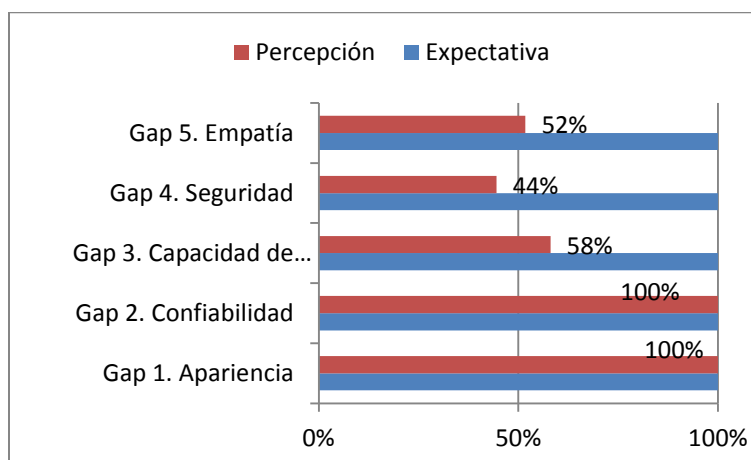
En la siguiente figura se logra identificar que los elementos: confiabilidad y apariencia tienen una igualdad de la expectativa respecto a la percepción lo cual es vital ya que la estrategia de mejora radica en asegurar los controles operacionales para mantener el resultado (figura 6).

Figura 5. Índice de calidad en el servicio SERVQUAL.



Fuente: Elaboración propia basada en la información de campo

Figura 6. Índice de calidad en el servicio SERVQUAL.



Discusión

Acorde a lo que menciona Barsky, J. (2003), las organizaciones con clientes satisfechos, lograrán generar la lealtad de los clientes y en consecuencia mejores márgenes en el mercado tanto en participación como en utilidades, por lo tanto la satisfacción deja de ser un concepto teórico y se convierte en una herramienta estratégica de competencia por medio de la cual la organización puede lograr una ventaja competitiva, por lo que es fundamental el conocer, medir, cuantificar, estructurar un modelo conceptual y de aplicación, que logre dar entendimiento sobre la diferencia entre la expectativa del servicio y/o producto y las especificaciones – estándares de calidad aplicables.

Cruz, J. (2014) Logra identificar un marco teórico relevante y amplio sobre la teoría de la satisfacción del cliente y sus variables principales, también se logró encontrar dos aspectos fundamentales: 1) Los modelos

teóricos de satisfacción del cliente se presentan no desde una perspectiva integral que tenga como objetivo elevar la competitividad de las organizaciones al traducir las necesidades del cliente en especificaciones de producto, servicio y proceso. 2) Carencia de evaluación de la diferencia posible entre la expectativa del cliente respecto a los elementos críticos de calidad para la manufactura y ofrecimiento de productos y servicios.

Comprender el término de satisfacción del cliente queda claro que no es solo un concepto como tal, es una pieza clave para el desarrollo y crecimiento de las organizaciones a nivel mundial algo que la globalización pide y el mercado abierto tiene que cumplir constantemente, se tiene que rediseñar sus estrategias o simplemente dejar morir la empresa, para que la empresa viva y sea una empresa estable el objetivo principal será la Satisfacción del cliente.

El modelo SERVQUAL y Kano son dos metodologías fundamentales para la determinación de la voz del cliente; en el caso de estudio se aplicaron ambas metodologías de una forma integral para lograr identificar por un lado los elementos principales del ciclo de servicio y la evaluación de cada uno de los aspectos de la calidad en el servicio.

Se logró identificar que el índice de satisfacción al cliente es de 85% y que en tres aspectos del servicio existe área de oportunidad: empatía, seguridad, y capacidad de respuesta. La estrategia a seguir en los elementos con área de oportunidad radica en la mejora, por otro lado la estrategia de los elementos con un nivel que iguala la percepción del cliente se orienta al aseguramiento de calidad. Un siguiente paso del caso de estudio radica en el análisis particular de cada gap del servicio mencionado en la figura 6. A efecto de identificar aquellas acciones causales que puedan incidir en elevar la calidad en el servicio como una estrategia para lograr una ventaja competitiva.

Referencias

- Barsky, J. (2003). Customer satisfaction: Applying concepts to industry-wide., (pág. 173/183). Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly.
- Ching-Chow, Y. (2005). The refined Kano's model and its application. Total Quality Management & Business Excellence, 1127-1137.
- Cruz, J., Monge, C. (2014). Aproximación teorica para el diseño de un modelo integral de satisfacción de cliente. Ingeniare, 21. ISSN: 07183305
- Cruz, J., Monge, C., López, F. (2014). Total Quality Customer Satisfaction. CBU International Conference on Innovation, Technology Transfer and Education. 2(1). ISSN 1805-9961
- Giese, J. (2000). Defining Consumer Satisfaction. Academy of Marketing Science Review, 27.
- Hauser, J. (1993). How puritan-bennet used the house of quality. Sloan Management Review, Spring, 61-70.
- Hom, W. (2010). Customer Satisfaction Models. The Research & Planning Group, 100-110.

- Kano, N. (1984). Attractive quality and must-be quality. The Journal of the Japanese Society for Quality Control, págs. 39-48.
- Parasuraman, A. (1985). A Conceptual Model of service Quality and its Implications for future research. Journal of Marketing., págs. 41-50.
- Suerwein, E. (1996). The Kano model: How to delight your customers. International Seminar on Production Economics, (págs. 313-327).
- Siegle, D. (2014). Cronbach - Alfa. Recuperado Agosto 23, 2014, de <http://www.delsiegle.com/>
- Viet, L. (August de 2013). Innovation and business success: The mediating role of customer participation. Journal of Business Research, 66, págs. 1134–1142.

Laboratorio Virtual Interactivo Si-CSmith

(Simulador para el Análisis y Aplicación del Método Gráfico de la Carta de Smith).

Porragas Beltrán Luis Héctor

García Valenzuela Verónica

Vidal Santo Adrián

RESUMEN INFORMATIVO.

Una ventaja inherente del uso de la carta de Smith en la solución de problemas de líneas de transmisión y en muchas otras aplicaciones de RF es la facilidad, rapidez y relativa exactitud del manejo de la variable compleja en el plano de reflexión; donde el mayor grado de error se debe a la interpretación del usuario. El objetivo fundamental de este trabajo es establecer las ventajas que presenta la combinación de este método gráfico al programarlo y ejecutarlo en una PC a través del diseño de una interface amigable. El programa permite establecer los requerimientos de la teoría de líneas de transmisión y graficar las escalas y valores necesarios desplegando su valor numérico, con lo cual se evita el error de interpretación del usuario. La PC ofrece grandes ventajas en el procesamiento matemático (velocidad y exactitud), las cuales adicionadas a las que presenta ya el método gráfico de la carta de Smith convergen en una herramienta muy poderosa para el estudio, análisis y diseño de sistemas de RF. Además, actualmente los simuladores constituyen una herramienta imprescindible en los procesos de enseñanza aprendizaje ya que los ambientes gráficos e interactivos facilitan el entendimiento y la interrelación del usuario con las diferentes variables involucradas en el sistema.

SUMMARY

An inherent advantage of using the Smith chart in solving problems of transmission lines and many other RF applications is the ease, speed and accuracy on the management of the complex variable in the reflection plane; where the greatest degree of error is due to the interpretation of the user. The main objective of this work is to establish the advantages of the combination of this graphical method to program it and run it on a PC through a user-friendly interface design. The program allows you to set the requirements of the theory of transmission lines and plot scales and values needed to deploy its numerical value, which the user misinterpretation is avoided. The PC offers great advantages in mathematical processing (speed and accuracy), which spiked to presenting the graphical method and the Smith chart converge in a very powerful tool for the study, analysis and design of RF systems. In addition, currently simulators are an essential tool in

the teaching and learning processes as graphics and interactive environments facilitate the understanding and interaction of the user with the different variables involved in the system

PALABRAS CLAVE: simulación virtual, líneas de transmisión, carta de smith

KEYWORDS: virtual simulación, transmission line, smith chart

I. INTRODUCCIÓN

Esta primera versión del simulado maneja una interfase amigable e interactiva al usuario dentro de la cual se trabaja directamente sobre el gráfico de la carta de Smith desplegando la información relativa a los parámetros básicos tales como: El coeficiente de reflexión (K_r), la Razón de Onda Estacionaria (ROE), el valor de la impedancia en un punto determinado, así como su ubicación en términos de longitud de onda hacia la carga o hacia el generador.

Prácticamente todas las aplicaciones de alta frecuencia implican el empleo de la teoría de líneas de transmisión para su descripción y análisis, por lo que la carta de Smith es un tópico básico muy importante para los estudiantes de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones. Es indispensable que los estudiantes ubiquen espacialmente diferentes voltajes, corrientes, impedancias y admitancias (parámetros distribuidos) a lo largo de una línea de transmisión. Estos conceptos son más difíciles de determinar que los conceptos correspondientes a la teoría de circuitos convencional (parámetros concentrados). La carta de Smith es esencialmente una "calculadora gráfica" que permite que cálculos matemáticos relativamente complicados que utilizan álgebra y números complejos, puedan ser reemplazados por construcciones geométricas. Esto ayuda a realizar adaptaciones de impedancia con un mínimo de trazos sobre la carta de Smith en lugar de cálculos laboriosos y tardados. Además se pueden visualizar los diferentes efectos ocasionados por las modificaciones de los parámetros característicos de la línea de transmisión. La carta de Smith era un auxiliar de diseño en papel, donde el ingeniero realizaba empleando lápiz, regla y compás los procedimientos necesarios para diseñar y analizar los acoplamientos de impedancias; sin embargo, actualmente este procedimiento o método de cálculo no es eficiente ya que presenta una exactitud limitada debido a la acumulación de errores de interpretación (humanos) en cada uno de los pasos realizados.

Debido a lo anterior, existe un gran interés en automatizar esta herramienta gráfica para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje con la finalidad de lograr una eficiente aplicación práctica en la solución de diferentes problemas de ingeniería. Los recientes avances en las tecnologías multimedia proporcionan una gran oportunidad para mejorar significativamente los procesos de enseñanza aprendizaje promoviendo en el estudiante una participación activa. En la actualidad existen repositorios de objetos de aprendizaje, los cuales en forma de simuladores están disponibles a través de Internet, ya sea comercialmente o en la forma de herramientas de dominio público. Estos desarrollos se basan por lo general en applets de Java o animaciones flash siendo muy pocos hasta ahora los desarrollados en LabView[®]. Java se emplea generalmente cuando se necesita velocidad o tener una simulación muy compleja, Flash tiene más ventajas para aplicaciones e-learning y LabView[®] (acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de

programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. LabView[®] fue creado por la compañía National Instrument (1976) y está disponible para plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux cuyas últimas versiones se pueden usar para el diseño del firmware de un instrumento RF de última generación, a la programación de alto nivel del mismo instrumento, todo ello con código abierto. Es una plataforma que está impulsando fuertemente el desarrollo de equipos educativos interactuando con diferentes lenguajes y aplicaciones tales como NET, ActiveX, Multisim, Matlab/Simulink y AutoCAD; también cuenta con varios tipos de interfaces para comunicaciones como TCP/IP, Bluetooth, USB, Irda, VXI, GPIB etc. En base a lo anterior se desarrolló el laboratorio virtual Si-CSmith bajo esta plataforma para poderlo escalar aprovechando el potencial de LabView[®]. El simulador Si-CSmith es básicamente una carta de Smith electrónica cuya interface gráfica es completamente amigable al usuario y a través de la cual se despliegan los parámetros básicos para el diseño y análisis de los problemas de líneas de transmisión. Si-CSmith se puede considerar el primer gráfico interactivo de la carta de Smith completamente desarrollado en LabView[®]. Existen programas más sofisticados, sin embargo las principales ventajas de Si-CSmith es su simplicidad y facilidad de uso. Una razón importante del interés de desarrollar herramientas que apliquen la carta de Smith, es ayudar a entender los cambios que se producen al variar parámetros tales como: la carga, la longitud de la línea o la posición a lo largo de la línea, obteniendo así información valiosa del comportamiento de los sistemas. Los estudiantes deben comprender a fondo el fundamento y aplicación de la carta de Smith siendo uno de los objetivos fundamentales de este laboratorio virtual Si-CSmith.

En la actualidad existe un gran número de literatura en donde se demuestra que los modelos de la Teoría de Líneas de Transmisión o de Parámetros Distribuidos son aplicables a una amplia variedad de problemas físicos. Esto incluye la: caracterización y diseño de dispositivos de microondas, guías de onda, sistemas acústicos, ondas electromagnéticas planas y la teoría de líneas de transmisión. Las áreas anteriores no necesariamente limitan el uso de esta herramienta gráfica inclusive actualmente se maneja la llamada carta complementaria mediante la cual se caracterizan los dispositivos electrónicos de resistencia negativa.

En muchas de las aplicaciones comprendidas en el área de las comunicaciones eléctricas, el principal problema que se maneja es el del acoplamiento entre las etapas de los sistemas para lograr la máxima transferencia de señal de una etapa a otra. En el caso de las líneas de transmisión eléctricas, el principal interés radica en conseguir transferir el máximo de potencia de un extremo al otro en la línea. Una de las limitantes de la carta de Smith es que al ser un método gráfico se puede caer en errores de interpretación de escalas (error humano) el cual puede reducirse al 100 % automatizando el proceso al realizar un programa que grafique la carta de Smith y proporcione la información del área gráfica a través del procesamiento matemático de la información en función de las ecuaciones de diseño de la carta de Smith.

Las ventajas para los estudiantes y catedráticos es clara, primero, los estudiantes tienen un método más rápido para evaluar la teoría y validar las soluciones de los problemas planteados por el catedrático; y segundo, los catedráticos cuentan con una herramienta útil para explicar la teoría de una manera interactiva, evitando

diapositivas estáticas o diagramas complejos en el pizarrón que muestren en clase ejercicios prácticos de una manera más rápida que permita el análisis de un mayor número de variables.

II. Desarrollo del tema.

Se empleó un programa gráfico que facilita la implementación modular, con la finalidad de realizar sub-instrumentos SubVI's (subrutinas) para ejecutar tareas específicas y lograr así una reducción y simplificación en la estructura final. La Figura 1 muestra los módulos principales diseñados para el laboratorio virtual Si-CSmith.

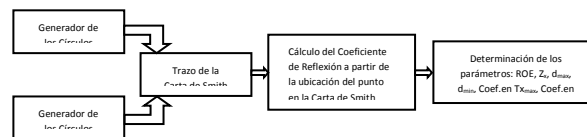


Figura 1. Módulos (SubVI's) del laboratorio Virtual Si-CSmith.

El programa bajo el cual se desarrolló el instrumento es LabView® de la Compañía de National Instruments; se eligió LabView ya que presenta las ventajas de interacción en tiempo real, modularidad y capacidad para posteriormente incorporar señales de entrada-salida al instrumento de manera dinámica o interactuar con prototipos implementados a nivel físico; además de poderse escalar con diversas opciones de interconectividad y lenguajes.

La carta de Smith se puede utilizar también para visualizar simultáneamente múltiples parámetros, tales como: *parámetros de dispersión, círculos de Figura de ruido, perímetros de ganancia constante y regiones de estabilidad incondicional*. La región en la que se suele utilizar más frecuentemente la carta de Smith es dentro de la región de radio unitario. Sin embargo, el resto también es matemáticamente relevante ya que se utiliza, por ejemplo, en el diseño de osciladores y análisis de estabilidad (da origen a la denominada carta complementaria).

En la Figura 2 se muestra la carta de Smith convencional de Impedancias Normalizada.

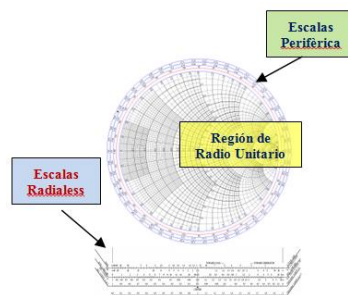


Figura 2. Carta de Smith convencional de Impedancias.

La carta de Smith cuenta con escalas periféricas en longitudes de onda (λ) y en grados. La escala de longitudes de onda se utiliza regularmente en problemas con parámetros distribuidos y representa la distancia medida a lo largo de la línea de transmisión conectada entre el generador o fuente y la carga hasta el punto en consideración. La escala de grados representa el ángulo del coeficiente de reflexión de tensión en ese punto. La carta de Smith también puede ser utilizada en análisis de problemas que involucren parámetros concentrados como en el caso de la teoría de circuitos.

La carta de Smith se traza en el plano complejo del coeficiente de reflexión en dos dimensiones y se escala en términos de la **impedancia**, **admitancia** o **inmitancia** normalizada; estos gráficos de Smith se conocen como la **carta Z** (Figura 2), **carta Y** o **carta YZ** respectivamente (ver Figura 3).

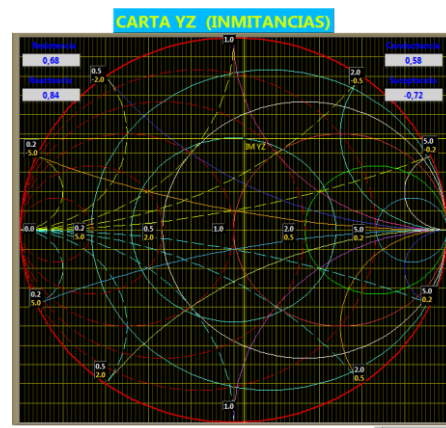


Figura 3. Carta YZ del Laboratorio Virtual Si-CSmith.

Las escalas normalizadas permiten que la carta de Smith se utilice para diferentes tipos de problemas que impliquen cualquier impedancia característica o impedancia del sistema la cual representará el punto central del gráfico. La impedancia de normalización más comúnmente utilizada es la de 50Ω . La Figura 4 muestra el panel frontal o interface de usuario del simulador **Si-CSmith**.



Figura 4. Panel Frontal del Laboratorio Virtual Si-CSmith.

En los gráficos a) y b) de la figura 5 se muestran algunas de las variables de la teoría de líneas de transmisión sobre el área activa de la carta de Smith

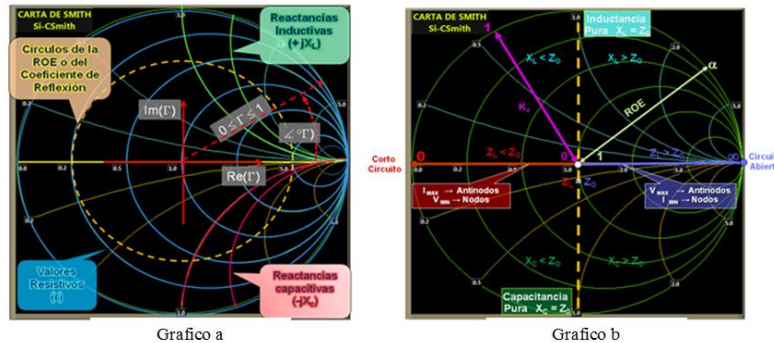


Figura 5. Representación de diferentes variables en el gráfico de Smith.

III. METODOLOGÍA

Partiendo de los fundamentos matemáticos que originan la carta de Smith, se puede establecer que el coeficiente de reflexión y la impedancia terminal se relacionan a través de una transformación bilineal. Estos parámetros se expresan en forma compleja sin ningún tipo de unidades. Ambos cambian con la frecuencia, de manera particular, por lo que es necesario que para cualquier medición, indicarse junto con la impedancia característica la frecuencia a la que se lleva a cabo el ejercicio. Cualquier coeficiente de reflexión debe tener una magnitud entre 0 y 1 ($0 \leq \Gamma \leq 1$) así, a la frecuencia de prueba, este puede ser expresado por un punto dentro de un círculo de radio unitario. El gráfico de escala Smith está diseñado de tal manera que el coeficiente de reflexión se puede convertir a un valor de impedancia normalizada o viceversa. Esta técnica es una alternativa gráfica para la sustitución de los valores en las ecuaciones. Para el caso de líneas de baja pérdida, la Ec.1 representa la relación de la impedancia normalizada en términos del coeficiente de reflexión::

$$\overline{Z_L} = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad \text{Ec.1}$$

Empleando la identidad de Euler y la Ec.1, se puede llegar a establecer una ecuación para determinar la impedancia de entrada considerando una longitud determinada de línea de transmisión de baja pérdida como se muestra en la Ec.2

$$Z_{ent}(l) = Z_o \frac{Z_L \cos(\beta l) + jZ_o \operatorname{Sen}(\beta l)}{Z_o \cos(\beta l) + jZ_L \operatorname{Sen}(\beta l)} \quad \text{Ec.2}$$

Con el siguiente procedimiento se puede emplear la carta de Smith para determinar la impedancia de entrada en una línea de baja pérdida con una longitud determinada, sin emplear la Ec.2:

1. Normalizar la impedancia de carga y ubicar el punto en la carta de Smith
2. Dibujar el círculo de la ROE tomando el centro de la carta y como radio la distancia al punto ubicado de la impedancia de carga normalizada
3. Desplazarnos en sentido horario (implica desplazarnos de la carga hacia el generador) la distancia “ l ” a la que se quiere determinar la impedancia de entrada. A lo largo del arco del círculo se pueden apreciar los diferentes valores de impedancia mientras nos desplazamos a lo largo de la línea de transmisión. En este caso se debe utilizar la escala periférica (en longitud de onda hacia el generador), recordando que esta es la longitud de onda en el medio o dentro de la línea de transmisión la cual puede diferir de la longitud de onda de espacio libre.
4. Establecido el punto final se desnormaliza siendo este el valor de la impedancia a la entrada de la línea de transmisión.

En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo para la utilización del simulador **Si-CSmith**.

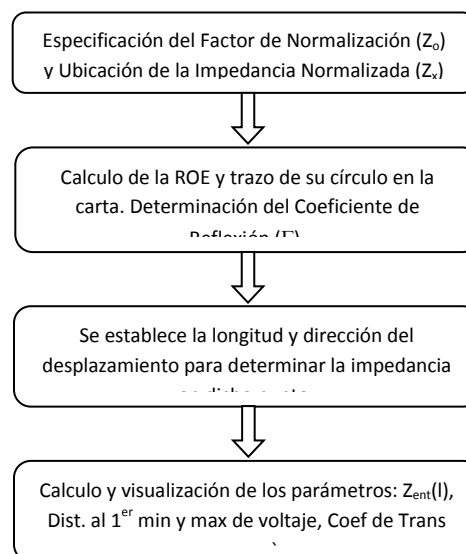


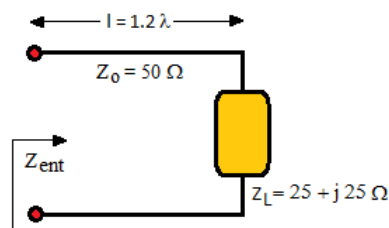
Figura 6. Diagrama para el uso de Si-CSmith.

IV. CONCLUSIONES

En la Figura 4 se muestra el panel frontal del simulador, siendo ésta la interfase gráfica con el usuario y en la que se pueden visualizar todos los resultados obtenidos de las diferentes variables eléctricas a considerar en un análisis al mismo tiempo.

Se realizaron varias pruebas para validar al instrumento comprobando los resultados obtenidos, con problemas resueltos en diferentes bibliografías y otros simuladores ^[5,6].

El problema se plantea en la Figura 7. Los parámetros a calcular son: a) Coeficiente de Reflexión, b) Razón de Onda Estacionaria, c) Impedancia a una determinada distancia hacia la carga o hacia el generador, d) Factores de voltaje máximo, mínimo y en la carga y e) Distancia al primer máximo y mínimo de voltaje (respecto a la carga).

Figura 7. Planteamiento del problema. ^[2]

Los resultados obtenidos fueron los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Valores obtenidos del Problema propuesto.

Inciso	Si-CSmith	Instrumento to En Java ^[7]	Instrumento to En Flash ^[10]
a) ROE	2.618	2.618	2.618 (a)
b) Γ	Γ_L	$0.4472 \angle 16.565^\circ$	$0.4472 \angle 16.565^\circ$
	Γ_x	$0.4472 \angle -27.434^\circ$	No lo calcula

c) $Z_x(l)$	$\rightarrow$ Z_L	25 + j 25	25 + j 25	25 + j 25 (b)
	$\rightarrow$ Z_G	99-11 - j 50.44	97.98 - j 50.73	95 - j 50.75 (b)
d) CoT_x	$\rightarrow$ Z_{max}	1.4472	No lo calcula	No lo calcula
	$\rightarrow$ Z_x	0.5939	No lo calcula	No lo calcula
	$\rightarrow$ Z_{min}	0.5528	No lo calcula	No lo calcula
e) $Z_x(l)$	d_{vmin}	0.4119 λ	0.4119 λ	No lo calcula
	d_{vmax}	0.1619 λ	0.1619 λ	No lo calcula

La información de la Tabla 1 se obtuvo de las interfaces gráficas del **Si-CSmith** realizado en *LabView*®, y 2 programas uno en *Java*^[7] y otro en *Flash*^[9] cuyos paneles gráficos se muestran en las Figuras 8 y 9 respectivamente.

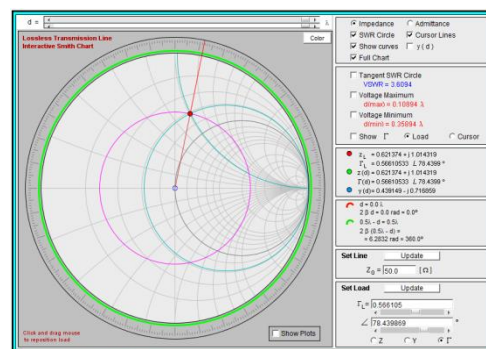


Figura 8. Panel gráfico del simulador hecho en Java.^[5]

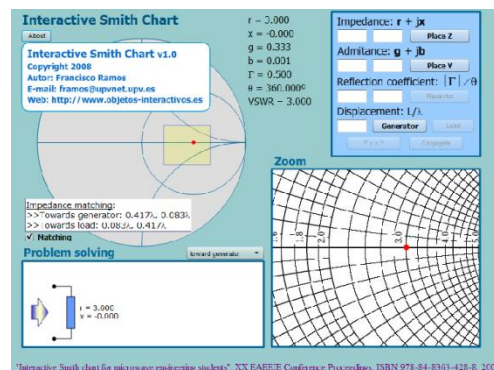


Figura 9. Panel gráfico del simulador hecho en Flash.^[6]

De la comparación de los resultados anteriores, se pudo comprobar y validar la precisión y exactitud del instrumento, así como su versatilidad, facilidad, simplicidad y capacidad para la presentación de los resultados lo cual repercute directamente en el fácil entendimiento y fijación del conocimiento sobre el uso y aplicación del método gráfico de la carta de Smith.

V. RECOMENDACIONES.

Las técnicas analíticas suelen ser la mejor forma de abordar un problema y comprender el comportamiento del mismo. Por otra parte, las técnicas de análisis son a menudo el primer paso cuando se buscan resultados numéricos. Se desarrolló un laboratorio virtual interactivo del método gráfico de la carta de Smith diseñado totalmente en LabView®. Este recurso educativo dirigido a estudiantes de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones permite el análisis e interpretación del comportamiento de circuitos de líneas de transmisión de una forma más rápida y sencilla. Los estudiantes encontraron a **Si-CSmith** una herramienta atractiva, innovadora, fácil de usar y con grandes ventajas en comprobar el nivel de conocimiento alcanzado.

VI. REFERENCIAS

- [1] P.H. Smith, "Transmission-Line Calculator". Electronics. Vol. 12, No.1, p 29, 1939.
- [2] Líneas de Transmisión
Rodolfo Neri Vela / Luis H. Porragas Beltrán
Universidad Veracruzana 2013
- [3] Transmission Lines for Communication
C. W. Davidson.
MacMillan Education Ltd.
1992.
- [4] Interactive Transmission Line Computer
Program for Undergraduate.
Teaching IEEE Trans Educ Vol 43 pag 1-14
Feb 2000.
- [5] [http://www.amanogawa.com/archive/...
...StandingWavePattern2/...
...StandingWavePattern2-2.html](http://www.amanogawa.com/archive/...StandingWavePattern2/...StandingWavePattern2-2.html)
- [6] F.Ramos. Interactive Smith Chart (online)
<http://www.objetos-interactivos.es/smith/smith.html>

Manual orientador del Síndrome Vasovagal para la comunidad de La Universidad de las Ciencias Informáticas

Rodríguez Zulueta María Teresa

Avila Tibeau Carlos Alain.

Santana Velázquez Pedro

RESUMEN INFORMATIVO

El presente manual aborda el tema relacionado con el Síndrome Vasovagal que en los últimos años por su naturaleza incapacitante, su gravedad potencial y a los problemas complejos implicados en su génesis y difíciles de diagnosticar, se ha convertido en un grave problema. El Síndrome Vasovagal es la forma más común de desmayo, conocido además como Síncope Vasovagal o disautonomía (grupo de trastornos provocados por un mal funcionamiento del sistema nervioso autónomo). El síncope se ha definido como la pérdida súbita, breve y transitoria del estado de conciencia, con incapacidad para mantenerse en pie, ausencia del tono postural y recuperación espontánea. En tal sentido nos propusimos la tarea de confeccionar un manual que ayude a conocer más sobre esta enfermedad en nuestra comunidad universitaria.

Tres palabras clave: Manual; Síndrome; Vasovagal.

I. Introducción

El síncope Vasovagal es el más común y produce una de las respuestas de vasodilatación más poderosa en los humanos. En su producción se halla implícita una disfunción breve de reflejos cardiovasculares vaso depresores con disminución del metabolismo cerebral, como consecuencia de la derivación de sustancias energéticas esenciales. La pérdida de conciencia puede ser causada por muchos trastornos, en su mayoría de origen benigno, tal como la reacción vaso-presora, que es la más frecuente y no recurrente; sin embargo en una proporción pequeña de casos, el síncope puede ser causado por un trastorno peligroso para la vida como la taqui-arritmia ventricular y ser causa de muerte súbita. Su mecanismo de producción más frecuente es el reflejo bradicárdico. El estudio del síncope es un problema complejo que requiere de una guía clínica que lo racionalice. Consenso para el Diagnóstico y Tratamiento del Síncope Sociedad Argentina de Cardiología, (2012).

No hay evidencia de la utilidad diagnóstica de las pruebas de neuro-imagen, EEG o estudios vasculares en los pacientes con este trastorno cuando no hay signos de focalidad neurológica. La prueba de mayor rentabilidad diagnóstica en el estudio del síncope de causa no aclarada es la mesa basculante. Se deben remitir estos casos al neurólogo solo cuando existan signos neurológicos de disfunción focal, si hay dudas de que se trate de crisis epilépticas o cuando la valoración por el cardiólogo, incluyendo el estudio con la mesa basculares, es negativa. Kapoor, (2000).

El síncope Vasovagal es de tipo reflejo. Existen síncope situacionales que ocurren en momentos como al orinar, defecar, deglutir o toser. Las causas del síncope no se han entendido por completo pero se cree que se presentan en personas con una carga venosa periférica excesiva, lo que produce una caída súbita del retorno venoso periférico, esto resulta en un estado de hiper-contractilidad cardíaca que activa los mecano receptores que responden al estiramiento imitando las condiciones de la hipotensión y provoca una disminución en el ritmo cardíaco por debajo de 60 latidos por minuto (lo normal es de 60 a 100 latidos por minuto). *Graham, Kenny, (2001).*

Es una regulación defectiva del sistema nervioso autónomo (balance entre el sistema simpático y parasimpático vagal), que es el que regula automática e involuntariamente muchas funciones importantes del organismo como el pulso, la presión, la temperatura, la respiración, y otras. Se trata de un problema médico frecuente, incapacitante, potencialmente grave y de difícil diagnóstico. En su producción se halla implícita una disfunción breve de reflejos cardiovasculares vaso-depresores con disminución del metabolismo cerebral, como consecuencia de la derivación de sustancias energéticas esenciales. *Moya, Brignole, Menozzi, García-Civera, Tognarini, Mont, et al, (2001).*



Figura 7 Desmayo o síncope, tomado de <http://seryhumano.com/web/?p=1085>.

Desmayo y síncope están entre los fenómenos médicos más frecuentes. A pesar de ser un problema frecuente de salud, el Síndrome Vasovagal realmente no ha recibido suficiente atención, especialmente en Cuba, y existen muy escasas publicaciones sobre el tema. Probablemente la mitad de la población sufre al menos un episodio durante su vida es por eso que prácticamente todos los adultos han experimentado algunos síntomas pre sincopales, sin embargo, en otras personas puede ser recurrente y causar lesiones, restricción de la actividad cotidiana y ansiedad crónica, y en una proporción pequeña de casos puede ser provocado por un trastorno peligroso para la vida como la taqui-ritmia ventricular y ser premonitorio de muerte súbita. Puede manifestarse en ataques agrupados. *Casanova, Peñalver, Estévez, (1982).*



Figura 8 Síncope en una deportista, tomado de <http://seryhumano.com/web/?p=1085>.

Por ser el síncope Vasovagal el más frecuente de los síncope y poderle ocurrir a cualquier individuo cuando se dan las condiciones para su desarrollo, le concedemos una enorme importancia al tema, es por esto que nos hemos propuesto esta investigación; para proporcionar más información que sirva de material de estudio y ayuda, además proponer ejercicios que moderen o permitan prevenir el problema Cecil (1994).

II.- Desarrollo

Descripción del síndrome

Generalmente hay historia de episodios previos. Los ataques sincopales se han clasificado según su duración en tres tipos:

1. Ligero: se describe como mareo.
2. Moderado: caracterizado por la pérdida de conciencia durante unos pocos segundos.
3. Severo: en el cual puede progresar a crisis convulsiva, donde la anoxia cerebral persiste por más de 10 a 15s.

Para algunos autores el primero será pre síncope. A pesar de que el síncope Vasovagal o vaso depresor no es causa directa de muerte, su frecuente asociación con trauma severo y su recurrencia, en ocasiones, trastorna significativamente la calidad de vida de los afectados. Luria, Shen, (2001).

Es el más común de los síncope y se presenta siempre cuando el paciente está en posición erguida y puede ser prevenido o aliviado con la posición de acostado. En estudios realizados al respecto, el síncope se encuentra entre las primeras causas de motivos de consultas neurológicas, con una variación entre el 4,3 y el 6% del total de pacientes atendidos. A algunas personas les baja el pulso y sudan las manos. Al súbitamente asumir la posición de pie, debido a la gravedad, unos 700 a 800 cc de sangre se van hacia el abdomen y extremidades inferiores (hipotensión ortostática). En el caso de tener disautonomía el organismo no es capaz de compensar esto completamente y aparecen los síntomas. Nahm, Freeman, (2001).

Pero también suelen clasificarse dentro de este grupo los síncope que ocurren en el contexto de ciertas miocardiopatías de diferentes etiologías que en última instancia predisponen a un síncope arrítmico. Como puede observarse, la clasificación del síncope muchas veces es dificultosa, dados los múltiples mecanismos que pueden interactuar en un mismo paciente para determinar una HCGT y posterior síncope.

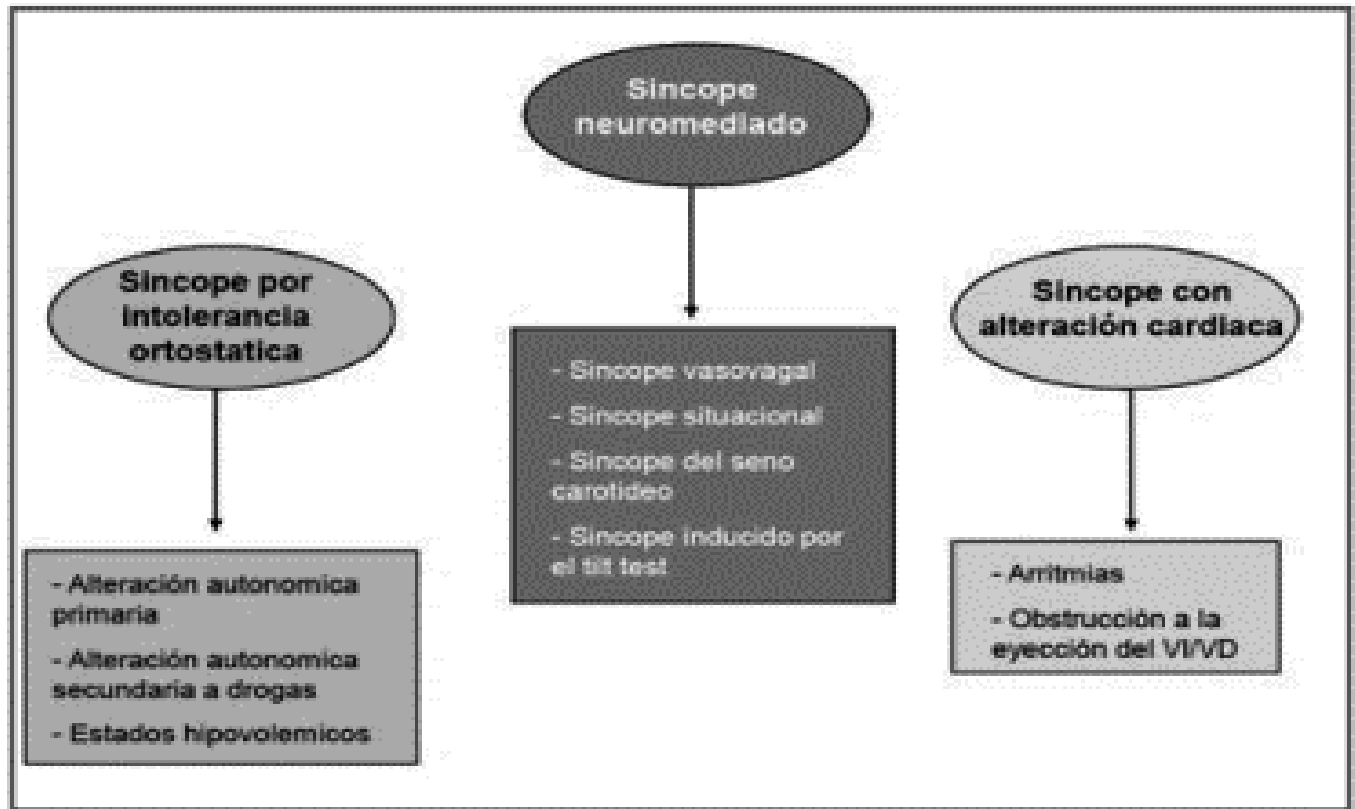


Figura 9 Clasificación del síncope, tomado del: *Consenso para el Diagnóstico y Tratamiento del Síncope Sociedad Argentina de Cardiología, (2012).*

Factores desencadenantes

- Los factores desencadenantes del síncope Vasovagal son los que producen en las personas sensibles, un aumento de la actividad parasimpática. *Cecil, (1994).*

Los principales, aunque no los únicos son:

- En el caso de salud normal bajo la influencia de emociones intensas, una comida intensa con alcohol o en condiciones en las que se produce vasodilatación periférica, como en habitaciones calientes y húmedas y con muchas personas hacinadas en su interior.
- Durante una enfermedad dolorosa o después de un traumatismo corporal (especialmente en los genitales) como consecuencia de temor u otros factores.
- Durante el ejercicio o de estancia prolongada de pie en algunas personas sensibles.
- Cambios drásticos de posición (al levantarse muy rápido, yoga, pilates, hacer ejercicios, abdominales, etc.).
- Sentado por mucho tiempo (en iglesias, teatros, restaurantes, en el instituto, etc.).
- Estrés emocional.
- Cualquier dolor.
- Estimulaciones no placenteras como: Donación de sangre o extracción de la misma.

- Mirar a alguien más donar sangre.
- Mirar a alguien experimentar dolor.
- Exposición prolongada al calor.
- Emociones extremas.
- Hambre.
- Ansiedad.
- Conglomerados de personas.
- Náuseas o vómitos.
- Deshidratación.
- Micción o defecación.
- Deglución.
- Toser mucho.
- Cólicos.
- Cambio de altitud.
- Presión en ciertos lugares de la garganta, nariz y ojos.
- Punciones venosas.
- Cirugía dental.
- Olores desagradables.
- Olores químicos (pintura, cloro, etc.).
- Uso de diuréticos.
- Restricción de la sal en la dieta.
- Ingesta de alcohol o una comida muy copiosa.
- Hacer ejercicios fuertes en un clima muy caliente.
- Consumo de drogas.
- Alergia a medicamentos.

Tomado de: *Cecil*, (1994). Tratado de Medicina Interna. Neuróloga. 10 ed. Ed. Interamericana. Barcelona: MacGraww-Hill.

Características clínicas

La mayoría de los síncope (75%) en pacientes con "corazón sano" se deben al síncope Vasovagal. Aproximadamente el 70 por ciento de los pacientes son menores de sesenta y cinco años, siendo más frecuente en mujeres que en varones. Estos enfermos tienen una alta incidencia de trastornos neuropsiquiátricos y algunos sufren de síncope psicógeno. También en algunos casos se pueden observar movimientos tónicos o clínicos, indicando que se alcanza el umbral anóxico cerebral (el cerebro deja de recibir oxígeno).

La pérdida del conocimiento es breve, con una recuperación rápida al cambiar la posición del cuerpo. Cuando las crisis se inician en la adolescencia, por lo general, van disminuyendo con el tiempo. En las mujeres jóvenes los episodios se hacen más frecuentes durante el periodo menstrual. En pacientes con síncope

recurrentes se ha encontrado una mayor incidencia de trastornos neuro-psiquiátricos (depresiones, somatizaciones, trastornos de pánico), y neuro-somáticos, tales como problemas vasculares y problemas digestivos de tipo funcional. También se ha relacionado con el Síndrome de Fatiga Crónica.

En los primeros momentos, el manejo de los pacientes con síncope estuvo a cargo del neurólogo o del clínico. Actualmente se recomienda que los casos con síncope se atiendan en primer lugar con el cardiólogo y que solo sean remitidos al neurólogo cuando cumplen una de estas tres condiciones:

- Pacientes con síntomas o signos de focalidad neurológica.
- Si existen dudas de que se trate de crisis epilépticas.
- Cuando la valoración cardiológica, incluyendo estudio de la mesa basculante, sea negativa.

Se debe recordar la importancia de la cardiopatía en el pronóstico de los pacientes con síncope, pues constituye el factor más importante que condiciona su mortalidad. La vigilancia ambulatoria continua es fundamental para identificar la arritmia responsable del episodio sincopal, especialmente en los pacientes con recidivas frecuentes. Además, por lo general, se añade estudios dependientes del cardiólogo o el clínico como: ecocardiogramas.

Tabla 10 Diferencias entre síncope y crisis epiléptica, Tomado de: *Cecil, (1994) Tratado de Medicina*

Manifestaciones	Síncope	Crisis epiléptica
Factores desencadenantes	Tensión emocional, dolor, orinar, toser, ejercicio	
Color de la piel	Palidez	Congestivo
Tono muscular	Hipotonía	Rigidez
Convulsiones	Infrecuente	Frecuente
Mordedura de lengua	Ausente	Frecuente
Relajación de esfínteres	Infrecuente	Frecuente
Síntomas asociados	Náuseas y sudación	Cefalea
Confusión poscrítica	Ausente	Presente
Aparición de las crisis	Generalmente de día	Diurna y nocturna
Posición de paciente	Estando de pie o sentado	Independiente de la posición
Inicio	Lento	Rápido
Presencia de aura	No	Sí
Convulsiones tónicas	No	Sí

El síncope Vasovagal produce una de las respuestas de vasodilatación más poderosa en los humanos. Se supone que el acontecimiento inicial es una brusca vasodilatación, particularmente de las arteriolas intramusculares, causada por una fuerte emoción o una lesión física.

La resistencia vascular periférica disminuye y la presión arterial desciende. La función cardíaca no logra alcanzar la esperada alza que normalmente tiene lugar en la hipotensión. Entonces puede haber estimulación

vagal (de ahí el término "Vasovagal") que provoca una marcada bradicardia, con cada ulterior de la presión sanguínea. La inconsciencia y la palidez se deben a un inadecuado aporte de sangre al cerebro y a las estructuras extra-craneales.

La relajación de los vasos arteriales de resistencia tiene una función menor. La interrupción transitoria del flujo sanguíneo al cerebro causa pérdida del estado de conciencia en un lapso de 8 a 10 s y cuando la presión arterial sistólica cae por debajo de 70 mmHg, aparece el síncope.

Se pierde la conciencia cuando disminuye el flujo sanguíneo cerebral general al 40% de lo normal. Esta disminución suele indicar una caída del gasto cardíaco del 50% o más y disminución de la presión arterial media en posición erecta a menos de 40 o 50 mmHg.

Como los factores gravitatorios contribuyen de manera importante al deterioro del retorno venoso, el desmayo por alteración del llenado del corazón casi siempre ocurre en la posición erecta o, en ocasiones, sentado. El síncope de cualquier causa es mucho más común sentado o de pie que acostado. Se ha reportado una respuesta neuro-humoral anormal con los cambios de posición con elevación significativa de la actividad de la renina plasmática y de aldosterona en pacientes que desarrollan síncope en comparación con sujetos controles.

Manifestaciones clínicas

El síncope Vasovagal se caracteriza por una evolución difásica. Durante un periodo breve inicial de aprensión y ansiedad, pueden aumentar la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la resistencia sistémica total y el gasto cardíaco. Sin embargo, con frecuencia no se presenta esta secuencia inicial.

A continuación hay una fase vaso-depresora durante la cual la frecuencia cardíaca es más lenta y disminuye la presión arterial, se reduce el gasto cardíaco y finalmente cae el flujo sanguíneo cerebral. Participan anomalías simpáticas y parasimpáticas, ya que la atropina evita la bradicardia pero no la respuesta depresora. El paciente suele encontrarse en posición erguida al principio del ataque, ya sea sentado o de pie; síntomas prodrómicos como debilidad, sensación de calor, palpitación, ansiedad, sensación de mareo y balanceo, aprensión y cefalea indican de manera característica la primera fase. La duración de los síntomas prodrómicos es variable, solo escasos segundos o unos cuantos minutos, y si durante este período la persona es capaz de acostarse con prontitud, podría eliminar el ataque antes de desmayarse y caer al suelo. Esta iniciación que previene al paciente le permite recostarse o por lo menos protegerse, la caída puede ser dañina en las personas jóvenes pero los ancianos sí pueden lesionarse de manera grave.

Existen personas con antecedentes de una susceptibilidad de toda la vida al síncope vaso depresor recurrente. Aunque raras veces, hay historia de una predisposición con base autosómica dominante en familiares de varias generaciones.

III Metodología

La investigación cualitativa requiere la utilización y recogida de una gran variedad de materiales como son las entrevistas, observaciones, historias de vida, experiencias, textos y documentos, que puedan describir las acciones y situaciones objeto de estudio.

Utilizamos una metodología etnográfica, naturalista o cualitativa (Guba, 1983; Pascual, 1994; Rodríguez, Gil, Stake, 1995 y García, 1996), cuyas características principales son: describir sucesos en

su contexto natural, explicando la esencia, su naturaleza y comportamiento. Su propósito es la generación de teorías y está claramente orientado al proceso, no al resultado. Denzin y Lincoln (1994) citados por Rodríguez, Gil y García (1996: 32) destacan que es multimetódica en el enfoque, interpretativa y naturalista hacia su objeto de estudio, es decir, se estudia la realidad tal y como sucede en un contexto determinado interpretando los acontecimientos, fenómenos y sucesos a través de los significados que adquieren las personas sobre ellos.

Los estudios de caso forman parte de los métodos de investigación cualitativos (Fraile, 1995a; del Villar, 1996; McKernan, 1999; Merriam, 1998; Rodríguez, Gil y García, 1996; Sandín, 2003; Stake, 1995, 1998; Walker, 1989; Yin, 1994), esta investigación pretende realizar un estudio multicaso a través de la experiencia de 6 estudiantes durante su clases de Educación Física donde se utiliza la Investigación-acción para analizar y reformular su práctica educativa. Dentro de este capítulo analizamos la metodología desarrollada en esta tesis, de esta forma establecemos las técnicas y estrategias utilizadas para la elaboración de este estudio, así, abordaremos tanto las técnicas de obtención de datos como su posterior análisis; además tendremos en cuenta cuáles han sido los criterios de credibilidad de esta investigación.

Para McKernan (1999: 96) un estudio de caso es una recogida formal de datos presentada como una opinión interpretativa de un caso único, e incluye el análisis de los datos recogidos durante el trabajo de campo y redactados en la culminación de un ciclo de acción, o la participación en la investigación.

De todas estas definiciones podemos establecer varios aspectos en común para ayudarnos a clarificar los múltiples significados que sobre este término existen. Así pues, destacamos las siguientes conclusiones propuestas por Imbernón (2002):

- Los casos son muy específicos; éstos pueden ser simples o complejos y pueden englobar a uno o varios individuos, situaciones o contextos.
- La información recogida será variada y muy detallada, con lo cual, dentro de esta técnica se pueden usar varias herramientas de recogida y análisis de información.
- Busca comprender los significados de un contexto real, abarcando la complejidad y diversidad de un caso particular al detalle.

Por lo que Chiva (2001) cree que esta metodología no es sinónimo únicamente de investigación cualitativa. Así pues el estudio de caso se convierte en un método que puede utilizar diferentes tipos de técnicas e instrumentos (observación, cuestionarios, entrevistas, etc.) pudiendo obtener diferentes tipos de datos y por tanto diferentes tipos de análisis.

Dentro de la literatura especializada podemos encontrar varios trabajos que utilizan la metodología de los estudios de caso en EF y así lo podemos comprobar en numerosas investigaciones llevadas a cabo a partir de la década de los noventa (Blández, 1996; del Villar, 1996; Devís, 1996; Fraile, 1996; Granda, 1998; López, 1999a; Delgado-Noguera y Sicilia, 2002; Buscá, 2005; Ríos, 2005; Lorente, 2008).

Sobre el diseño de casos múltiples, Rodríguez, Gil y García (1996) explican que se utilizan varios casos únicos a la vez para estudiar la realidad que se desea estudiar, describir, o modificar. Basándose en Yin

(1993) estos autores remarcan que las evidencias presentadas a través de un diseño de caso múltiple son más convincentes, y por tanto, el estudio será más robusto al basarse en la replicación. Este término lo explican como la capacidad que se tiene con este tipo de diseño de contestar y contrastar las respuestas que se obtienen de forma parcial con cada caso que se analiza.

Las fases de todo estudio de caso son (Rodríguez, Gil y García, 1996):

a) Fase preparatoria (etapa reflexiva y diseño):

En la primera fase, el investigador se prepara para la investigación. Se toman las decisiones necesarias que determinarán la elección del tema a estudiar, establecer las preguntas de investigación y la búsqueda de toda la información necesaria para establecer las ideas que nos proporcionen el marco de salida, el punto inicial (hablamos de libros, artículos, barridos bibliográficos por páginas web especializadas, etc.). Tras estos pasos es importante establecer y dar forma al tema principal de la investigación. Este tema según los autores, puede venir determinado por múltiples factores que rodean al investigador, tales como el contexto de trabajo, una preocupación, la cultura, la comprensión e interpretación del funcionamiento del mundo.

b) Fase de trabajo de campo:

Toda la etapa anterior ha estado marcada por su carácter teórico, a partir de este punto se inicia una práctica a través del trabajo de campo.

-Acceso al campo: el primer paso viene dado con la toma de contacto en el contexto y/o personas de estudio. Según los autores anteriormente citados, es una etapa dificultosa, donde el investigador aplica toda su pericia para saber qué hacer en todo momento. Esta entrada al campo ha de ser progresiva, puede ser formal o informal y lo principal es comprobar la adecuación de las preguntas de investigación. Es en esta fase donde también se pone en marcha la selección de los participantes en el estudio.

-Recogida de datos: forma la segunda parte del trabajo de campo.

Para los investigadores es la etapa más interesante y productiva. Toda la información anteriormente estructurada queda reflejada y recogida a través de los diferentes instrumentos y técnicas que hacen posible la recogida y organización de los datos.

-Fase analítica: Se trata de analizar todos los datos recogidos en la fase de trabajo de campo. Para los autores no existe un proceso claro para el análisis de datos cualitativos, pero si establecen una serie de tareas que ayudan en esta fase, estas serían: reducción de datos, disposición y transformación de datos, y obtención de resultados y verificación de conclusiones.

c) Fase informativa:

Por último, se presenta el informe de investigación y la divulgación de los resultados. De esta manera el investigador ve concluido su trabajo.

Siguiendo con el uso del Estudio de Caso como metodología cualitativa varios autores establecen diferentes criterios sobre su naturaleza (Merriam, 1998; Rodríguez et al. 1996; Sandín, 2003; Stake, 1998; Walker, 1989; Yin, 1994). En este sentido las aportaciones de Yin (1994) en este punto establecen para su diseño cinco puntos básicos:

-Las preguntas de investigación, estableciendo los interrogantes y objetivos primarios sobre el estudio a llevar a cabo.

-Las proposiciones teóricas, según el autor, cada proposición dirige su atención hacia algo que debe ser examinado dentro del alcance del estudio.

-La (s) unidad (es) de análisis.

-La vinculación lógica de los datos a las proposiciones.

-Los criterios para la interpretación de datos.

Es importante reconocer que hasta el curso 2013-2014 no habíamos conocido de casos de este tipo de síndrome, pero este curso aparecen 5 casos de estudiantes de 1er año de ellos tres hembras y dos varones que en diferentes actividades sufrieron de crisis vasovagal y tuvimos que salir a buscar información para orientar el trabajo físico de esos estudiantes. Por consiguiente el primer paso era recolectar toda la información necesaria para conformar un manual para que nos sirviera de guía y al mismo tiempo oriente a los estudiantes a como enfrentar esta sintomatología.

Además se le recomienda una serie de ejercicios que pueden realizar tanto en el medio acuático como en tierra, para mejorar su calidad de vida.

Propuesta.

Ejercicios de Natación y gimnasia acuática

CADERA Y RODILLAS. Oscilación de Pierna

- Párese de lado junto al muro de la piscina y sujétese para conservar el equilibrio.
- Levante el muslo paralelo a la superficie del agua tan alto como le sea cómodo.
- Baje la pierna suavemente columpie la pierna detrás de usted, con cuidado de no arquear la espalda.
- Repita con el otro lado.
- Realice esto lentamente. Levantamiento de Rodilla
- Párese de lado junto al muro de la piscina.
- Doble la rodilla, levante el muslo paralelo a la superficie del agua tan alto como le sea cómodo.
- Lleve una mano detrás de la rodilla si su pierna necesita apoyo adicional.
- Enderece la rodilla y baje la pierna, manteniendo la rodilla extendida
- Mantenga los tobillos y dedos de los pies relajados.
- Repita con el otro lado.

Estiramiento de Pantorrilla

- Párese de lado junto al muro de la piscina y sujétese para conservar el equilibrio
- Párese derecho con las piernas ligeramente separadas y con una pierna adelante de la otra.
- Mantenga el cuerpo erguido, inclínese hacia adelante y lentamente deje que la rodilla de enfrente se flexione. Sentirá estiramiento en la pantorrilla de la pierna de atrás. El talón de ésta pierna debe mantenerse en el piso.
- Aguante en esta posición unos 10 segundos.
- Repita con la otra pierna.

Levantamiento lateral Pierna

- Párese de lado junto al muro de la piscina, con las rodillas relajadas. Coloque la mano en el muro para conservar el equilibrio.
- Columpie su pierna de un lado al otro, hacia el centro de la piscina y hacia el muro, cruzándola enfrente de la otra pierna.
- Repita con el otro lado.

Caminata

- Camine normalmente cruzando la piscina o en círculo. Mueva los brazos normalmente al caminar.
- Puede ayudarle el usar zapatillas para el agua.

TORSO

Flexión Lateral

- Coloque las manos en las caderas con los pies separados a la altura de los hombros y las rodillas relajadas.
- Inclínese lentamente hacia un lado, con la mano bajando por el muslo al hacerlo.
- Vuelva a la posición original e inclínese hacia el otro lado. No se agache, tuerza o gire el torso.

HOMBROS

Circunferencias de Brazos

- Levante ambos brazos enfrente de usted hasta que estén a pocos centímetros por debajo del nivel del agua.
- Mantenga ambos codos extendidos. Haga pequeños círculos con los brazos (como del tamaño de una pelota de béisbol).
- Gradualmente aumente el tamaño de los círculos (hasta llegar al tamaño aproximado de una pelota de baloncesto), entonces disminúyalos hasta llegar de nuevo al tamaño de la pelota de béisbol.
- Primero haga círculos hacia la derecha, luego hacia la izquierda. No deje que los brazos salgan o crucen el agua.

Bañera de hidromasaje

La bañera de hidromasaje es un baño de agua caliente con chorros de aire a presión que producen burbujas. Su utilización puede aliviar la rigidez de las articulaciones a la vez que el masaje que realizan las burbujas puede ayudar a tonificar los músculos.

Es importante controlar la temperatura del agua, ya que una temperatura demasiado elevada puede provocar una brusca hipotensión. En caso de sentir sofocos o náuseas, se debería salir inmediatamente del agua. Consulte con su médico antes de iniciar el uso de la bañera de hidromasaje en el caso de que tenga alguna dolencia cardíaca, respiratoria, circulatoria, diabetes, hipertensión o cualquier otra enfermedad. Ver el sgte gráfico.1 y 2 ejercicios para el fortalecimiento y la relajación de elaboración propia.

EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR



Salte arriba y abajo con los brazos y piernas abiertos.



Apoyado en la pared, contraiga los músculos abdominales y glúteos, e intente deslizar lentamente la espalda hacia abajo.



Separe bien los pies, mire al frente y flexione la pierna derecha, hasta tocar el pie derecho con la mano izquierda. Después, hágalo a la inversa.



Apoye las manos, estire los brazos y con la espalda recta suba y baje el cuerpo.



Apóyese en la punta del pie, con la mano en la pared e intente flexionar la rodilla alternando las dos piernas.

EJERCICIOS DE RELAJACIÓN MUSCULAR



Engátese en cuclillas y, lentamente, acerque la cabeza lo más posible a las rodillas.



Apoye su cuerpo sobre la mesa.



Séntese en una silla, separe las piernas, cruce los brazos y flexione su cuerpo hacia abajo.



Gire lentamente la cabeza de derecha a izquierda.



Ponga sus manos en los hombros y flexione los brazos hasta que se junten los codos.

Utilizando las siguientes orientaciones

1	Trabajo a un ritmo muy intenso y no puedo realizar las pausas y descansos que necesito	
2	Debo trabajar con premura de tiempo	
3	Empleo mucha fuerza en ocasiones: levantar, mover o empujar objetos pesados	
4	Manipulo cargas durante periodos largos o de forma repetida	
5	Trabajo en posturas incómodas: encorvado, agachado, de rodillas, con los brazos por encima de los hombros, etc.	
6	Mantengo durante periodos largos posturas estáticas: por los equipos que utilizo, el poco espacio disponible, etc.	
7	Gran parte de mi trabajo es sedentario	
8	El mobiliario del que dispongo no es adecuado a la tarea	
9	Realizo con frecuencia movimientos repetitivos	
10	Estoy expuesto a ruido molesto y vibraciones	
11	Desarrollo mi trabajo con frío, calor, corrientes, poca luz,...	
12	Mis características personales, (edad, sexo, fisiología), etc. no son adecuadas para llevar a cabo mis tareas habituales	

IV.- Conclusiones

1. El síncope actualmente reviste gran importancia en la práctica médica, por su frecuencia, naturaleza incapacitante y su potencial gravedad. En los últimos años es mayor el interés por el manejo del síncope y por los problemas complejos implicados en su génesis y difíciles de diagnosticar.
2. El síncope Vasovagal es el más común y produce una de las respuestas de vasodilatación más poderosa en los humanos. En su producción se halla implícita una disfunción breve de reflejos cardiovasculares vaso-depresores con disminución del metabolismo cerebral.
3. La pérdida de conciencia puede ser causada por muchos trastornos, en su mayoría de origen benigno, sin embargo en una proporción pequeña de casos, el síncope puede ser causado por un trastorno peligroso para la vida y ser causa de muerte súbita.
4. Su mecanismo de producción más frecuente es el reflejo bradicárdico. No hay evidencia de la utilidad diagnóstica de las pruebas de neuro-imagen, EEG o estudios vasculares en los pacientes con este trastorno. El estudio del síncope constituye un problema complejo que requiere de una guía clínica que lo racionalice.

V.- Recomendaciones

1. En caso de presentar alguno de los síntomas mencionados, consultar al médico.
2. Al ser diagnosticado con el Síndrome Vasovagal consultar este manual para la orientación.
3. Emplear el sistema de ejercicios planteados en el manual para mejorar su calidad de vida.

VI.- Referencias

- Linzer M, Yang EH, Estes NA III, Wang P, Vorperian VR, Kapoor WN. Diagnosing syncope. 1. Value of history, physical examination, and electrocardiography: Clinical Efficacy Assessment Project of the American College of Physicians. Ann Intern Med 1997; 126:989-96.
- Nahm F, Freeman R. Vasovagal syncope: the contributions of Sir William R. Gowers and Sir Thomas Lewis. Arch Neurol 2001; 58(3):509-11.
- Kapoor WN. Syncope. N Engl J Med 2000; 43(25):1856-62.
- Casanova Sotolongo P, Peñalver González JC, Estévez Báez M. Síncope en aviación: publicación de dos casos. Revisión bibliográfica. Rev Med Milit 1982; 1(extra):81-909.
- Moya A, Brignole M, Menozzi C, García-Civera R, Tognarini S, Mont L, et al. Mechanism of syncope in patients with isolated syncope and in patients with tilt-positive syncope. Circulation 2001; 104(11):1261-7.
- Sarasin FP, Louis-Simonet M, Carballo D, Slama S, Rajeswaran A, Metzger JT, et al. Prospective evaluation of patients with syncope: a population-based study. Am J Med 2001; 111(3):177-84.
- Pires LA, Ganji R, Jarandila R, Steele R. Diagnostic patterns and temporal trends in the evaluation of adult patients hospitalized with syncope. Arch Intern Med 2001; 161(15):1889-95.

- Theodorakis GN, Markianos M, Zarvalis E, Livanis EG, Flevari P, Kremastinos DT. Provocation of neurocardiogenic syncope by clomipramine administration during the head-up tilt test in vasovagal syndrome. J Am Coll Cardiol 2000; 36(1):179-80.
- Cecil L. Tratado de Medicina Interna. Neurología. 19 ed. Ed. Barcelona: Interamericana MacGraw Hill; 1994.
- Stein KM, Slotwiner DJ, Mittal S, Scheiner M, Markowitz SM, Lerman BB. Formal analysis of the optimal duration of tilt testing for the diagnosis of neurally mediated syncope. Am Heart J 2001; 141(2):282-8.
- Sra JS. Can we assess the efficacy of therapy in neurocardiogenic syncope? J Am Coll Cardiol 2001; 37(2):560-1.

Consenso para el Diagnóstico y Tratamiento del Síncope Sociedad Argentina de Cardiología: Argentine Society of Cardiology. Rev. argent. cardiol. [Online]. 2012, vol.80, n.1, pp. 65-68. ISSN 1850-3748.

Medición del tremor parkinsoniano por medio de un microcontrolador

García Mejía Juan Fernando

Flores Fuentes Allan Antonio

Pérez Martínez José Arturo

Resumen

Una de las enfermedades de carácter crónico neurodegenerativa que se presentan con más frecuencia en diversos sectores de la población es el Mal de Parkinson, uno de sus signos es el tremor parkinsoniano, un movimiento rítmico, involuntario, de carácter oscilatorio, provocado por la contracción alternante de los músculos agonistas y antagonistas de la mano, cuya frecuencia es susceptible de ser registrada para valorar la eficacia de potenciales tratamientos. En este trabajo se plantea el diseño e implementación de un instrumento de medición del tremor parkinsoniano el cual se caracteriza por ser no invasivo, implementado en base a Arduino y modelado en Lenguaje de Modelado de Sistemas. Cabe destacar que en la presente propuesta se realizó como validación un estudio de repetitividad y linealidad como medio de validación de la presente propuesta

Abstract

One of the chronic neurodegenerative diseases that occur most frequently in various sectors of the population is Parkinson's Disease, one of his signs is the Parkinsonian tremor, a rhythmic movement, involuntary, of oscillatory nature, caused by alternating contraction of the agonists and antagonists muscles of the hand, which frequency is capable of being recorded to assess the efficacy of potential treatments. This paper presents the design and implementation of a Parkinsonian tremor measurement instrument which is characterized by being non-invasive, implemented based on Arduino and modeled on Systems Modeling Language. Note that in this proposal a study of repeatability and linearity was performed as validation.

Palabras clave—Tremor parkinsoniano, Arduino, Lenguaje de Modelado de Sistemas

Keywords — Parkinsonan Tremor, Arduino, System Modeling Language

i Introducción

En esta sección se muestra información teórica como una breve descripción del Mal de Parkinson y por lo tanto del Tremor Parkinsoniano, abordando sus características, así como un abordaje breve a los fundamentos del Lenguaje de Modelado de Sistemas

i.1 Mal del Parkinson

El Mal del Parkinson es un trastorno degenerativo asociado con el daño a la sección del cerebro encargada de la movilidad, el cual fue descrito por James Parkinson en Inglaterra, en 1817. En los próximos 25 años se estima un incremento del 100% en el número de casos reportados. Tiene una ocurrencia en todos los grupos

étnicos con una distribución casi igual por sexos. Las características cardinales de esta enfermedad son la rigidez muscular, parálisis muscular la inestabilidad postural y el tremor el cual tiene una frecuencia de 4 a 6 Hz, es más notable en estado de reposo aumentado en situaciones de estrés emocional (Steven 1991)

i.2 Lenguaje de Modelado de Sistemas

En el 2001 el Consejo Internacional de Ingeniería de Sistemas (INCOSE, por sus siglas en inglés) decide hacer al Lenguaje de Modelado Unificado (UML) un lenguaje estándar para la ingeniería de sistemas por su capacidad de adaptación a necesidades específicas de diversas disciplinas, la cual se debe sus mecanismos de extensión La adaptación de UML para sistemas de ingeniería recibe el nombre de OMG Systems Modeling Language (OMG SysML™) cuya primera versión 1.0 está basada en UML 2.1.1 (OMG 2008). Los diagramas que componen el estándar SysML son 3: El de Requerimientos, los de Comportamiento y los de Estructura; soporta la especificación, análisis diseño, verificación y validación de un amplio rango de sistemas complejos. Estos sistemas incluyen hardware, software, información procesos y personal (Weilkiens 2007).

ii Desarrollo del Tema

El Tremor parkinsoniano se define como un movimiento involuntario, rítmico y oscilatorio que se presenta en el 70% de los casos del Mal de Parkinson, por lo tanto una forma de realizar el seguimiento de esta enfermedad es midiendo la frecuencia de oscilación de este signo cardinal, para esto se han desarrollado diversas alternativas tales como la comparación por superposición de Espirales de Arquímedes trazadas en una tabla digitalizadora (Rocon 2007), mediante el seguimiento y evaluación de lesiones en las aéreas del cerebro que controlan el movimiento a través de resonancias magnéticas (Döhlinger 2008), empleando sensores mioeléctricos colocados en las extremidades a estudiar que se conectan a un equipo de electromiografía (Breit 2008), conectando en un guante acelerómetros (Pérez 2003) o su variante reemplazando estos por giroscopios que miden la velocidad angular (Wong 2007), interpretando variaciones de resistencias presentes en sensores de flexión representativas del movimiento (Grimaldi 2008), grabando y analizando video de alta resolución (Brunetti 2005).

La tabla 1 presenta una síntesis de ventajas y desventajas de los trabajos anteriormente mencionados

Técnica	Ventaja	Desventaja
Espirales de Arquímedes trazadas en una tabla digitalizadora	No invasivo	El trazado permite evaluar el avance del tremor de una manera cualitativa, mas no cuantitativa
Resonancias magnéticas	Exacto dado que permite asociar la frecuencia del tremor con cambios en la estructura cerebral	Alto costo Puede ser estresante para el paciente
Electromiografía	Permite conocer la frecuencia exacta del tremor, dado que mide músculos agonistas y antagonistas	Invasivo Doloroso, dado que los sensores mioelectricos son del tipo de inserción
Guante con acelerómetros	No es doloroso en comparación	La colocación del guante suele ser

	con la electromiografía	incomoda Los acelerómetros suelen ser sensibles a impactos
Guante con giroscopios	No es doloroso en comparación con la electromiografía	La colocación del guante suele ser incomoda Los acelerómetros suelen ser sensibles a impactos
Guante con Sensores de flexión	No es doloroso en comparación con la electromiografía Económico	La colocación del guante suele ser incomoda
Video de alta resolución	De las técnicas mencionadas es la menos invasivas de estas	Su elevado costo

Con lo anterior en mente se diseñó e implementó un instrumento de medición del Tremor Parkinsoniano abstraído por medio del Lenguaje de Modelado de Sistemas, de carácter no invasivo, portátil y de bajo costo debido al uso de una foto resistencia como elemento sensor y un microcontrolador como elemento de procesamiento..

iii Metodología

En esta sección se muestran los diagramas estandarizados por el Lenguaje de Modelado de sistemas empleados en las actividades de análisis y diseño del instrumento propuesto, considerando a este como un sistema. El primer diagrama mostrado (Figura. 1) es el de actividad, en el se observa la señal de entrada y la salida, mostrando las posibles operaciones que realiza el instrumento propuesto. En la figura 2 se muestra el Diagrama de Requerimientos, el cual muestra los requisitos que deben de cubrir un instrumento de medición del tremor parkinsoniano. En la figura 3 se muestra el Diagrama de Componentes, el cual conceptualiza al instrumento propuesto como un artefacto formado por una parte lógica (Arduino) y física (circuito de detección), esta enmarca a los siguientes dispositivos:

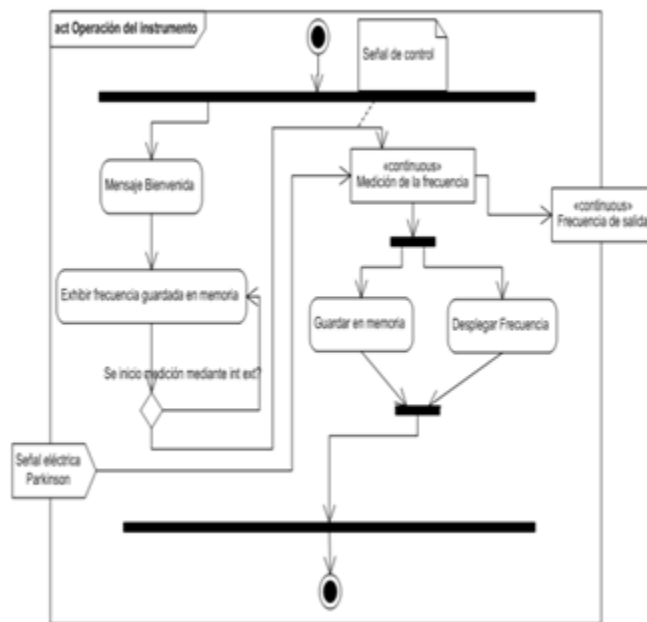


Figura 1 Diagrama de Actividad

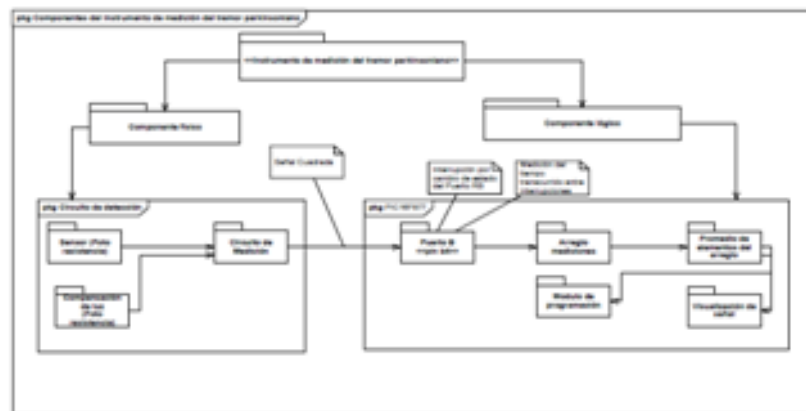


Figura. 2 Diagrama de Requisitos

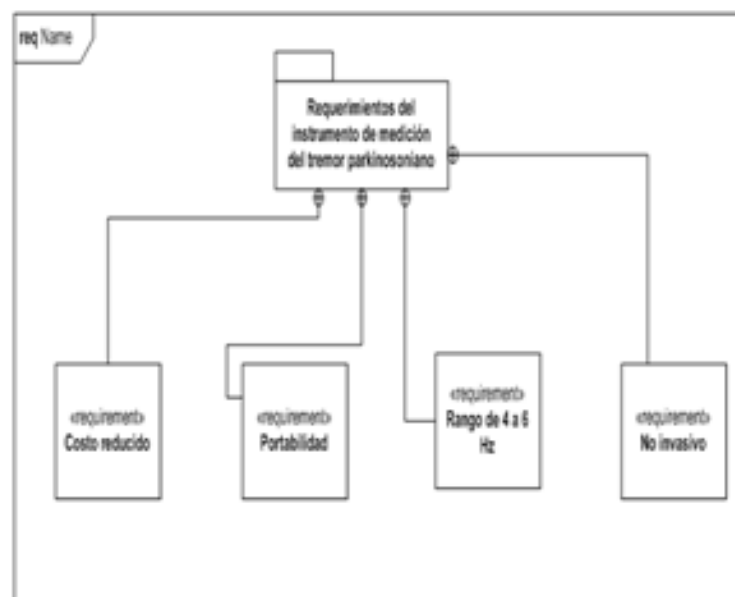


Figura 3 Diagrama de Componentes

La parte física está formada por:

- Una foto resistencia, cuya finalidad es la detección de variaciones de luz correspondientes al movimiento rítmico oscilatorio e involuntario de una extremidad superior presente en un enfermo de Mal de Parkinson.
- Una foto resistencia, cuya finalidad es la compensar las variaciones de luz del ambiente.
- Un circuito de medición basado en amplificadores operacionales, cuya señal de salida es de naturaleza cuadrada de una amplitud de 5 volts pico-pico.

La parte lógica (ARDUINO) está formada por las siguientes subrutinas:

- Medición del tiempo transcurrido entre interrupciones
- Almacenamiento de los tiempos de interrupción en un arreglo
- Promedio de los contenidos del arreglo
- Visualización del resultado del promedio y transformación en frecuencia
- Programación y lectura en la memoria EEPROM del microcontrolador

En la figura 4 se muestra el Diagrama de Secuencia implementado mediante una maquina de estados finita, la cual muestra los estados presentes en el microcontrolador partiendo de un estado inicial apagado.

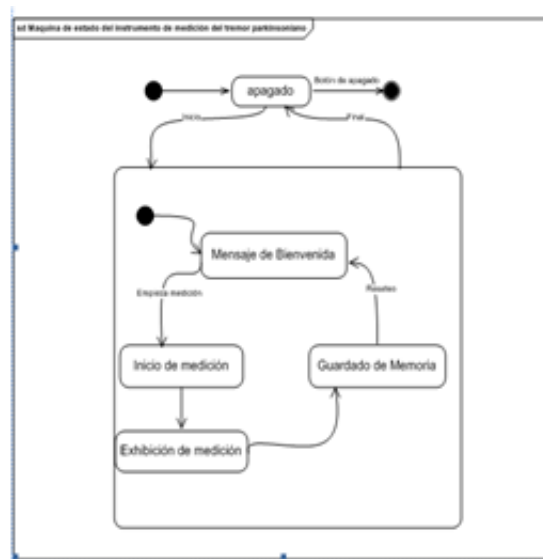


Figura 4 Diagrama de Secuencia

En la figura 5 se muestra el diagrama eléctrico del circuito sensor, cabe destacar que a este se le ha añadido un circuito de detección de nivel basado en operaciones para obtener una señal cuadrada a la salida del amplificador operacional etiquetado como U3C

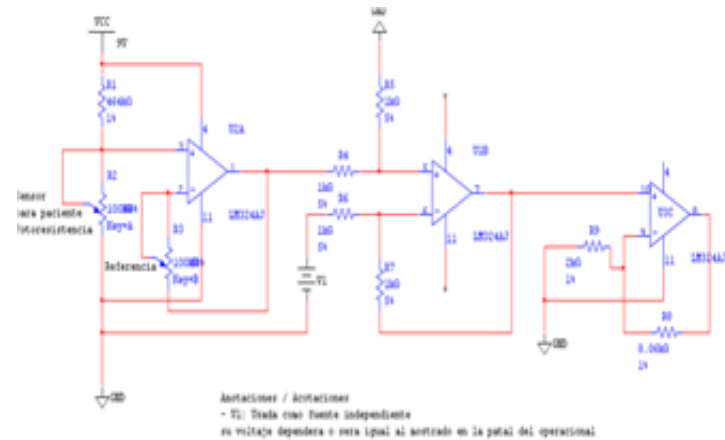


Figura 5 Diagrama eléctrico

iv Resultados y Conclusiones

En esta sección se muestran dos aspectos finales de la propuesta que se presenta: los resultados y una serie de pequeñas observaciones y recomendaciones

iv.1 Resultados

El instrumento propuesto fue probado con un paciente real, en el consultorio médico de la asociación de enfermos de Mal de Parkinson de Atlacomulco, Estado de México; de manera adicional se realizó un estudio de Repetitividad, Linealidad e Histéresis sobre el circuito de detección mediante un autómata que genera un movimiento oscilatorio y rítmico en una frecuencia de intervalo desde los 2 a las 6Hz. Estas características permiten determinar si el instrumento es confiable. La figura 6 muestra el lazo de histéresis, donde se observa la respuesta en sentidos ascendente (en rojo) y descendente (azul). Ahora bien evaluando la repetitividad mediante la desviación estándar relativa de se obtiene el 2.9%; esto quiere decir que el 97.1% de los valores se encuentran alrededor de la media de 50 pruebas. La linealidad es decir tipo de respuesta en la salida ante una entrada tiene un valor de 99.8 %.

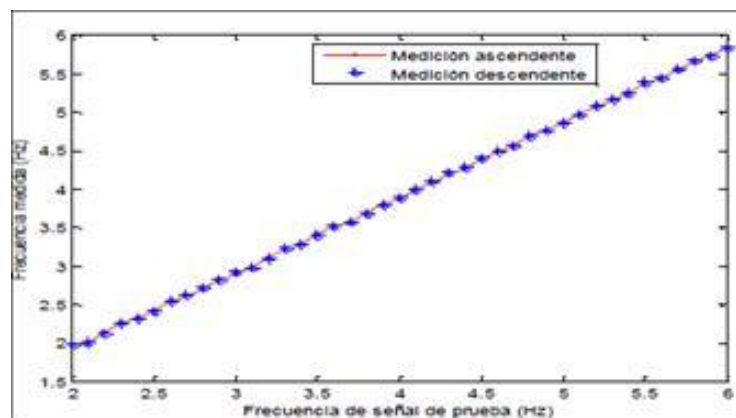


Figura. 6. Respuesta del instrumento propuesto

iv.2 Conclusiones

Lo anterior en mente a manera de conclusión se puede afirmar que medir el tremor parkinsoniano mediante una foto resistencia y un microcontrolador resulta una alternativa económica, en relación a las opciones descritas en el Estado de la Cuestión, además acorde a los datos aportados por la linealidad, la repetitividad e histéresis, es un instrumento confiable, dado que el valor máximo para la desviación estándar relativa es del 3%. Además no es invasivo como los desarrollos mostrados en la tabla 1.

Referencias bibliográficas.

Breit, S.; Spieker, S.; Schulz, J.B., Gasser, T. Long-term EMG recordings differentiate between parkinsonian and essential tremor. J. Neurol. 2008, 255, 103-11.

Brunetti;F Un conjunto de herramientas portátiles para la valoración y el estudio de desórdenes neuromotores XXVI “Jornadas de automática”, Septiembre del 2005. Universidad de Alicante.

Döhlner, S.; Hauser, T.K.; Borkert, J.; Luft, A.R.; Schulz, J.B. Magnetic resonance imaging in spinocerebellar ataxias. Cerebellum 2008, 7, 204-214

Grimaldi, G.; Manto, M. Tremor: From Pathogenesis to Treatment; Morgan & Claypool: San Rafael, CA, USA, 2008.

OMG “Systems Modeling Language (OMG SysML™), V1.0 OMG 2008pp 27-31 2008”

Pérez M, Demodulador Digital para Acelerometría Dinámica Memorias del 1er taller de compute reconfigurable 2003 Coordinación de sistemas computacionales Instituto Nacional de Astrofísica, “Óptica y electrónica”. Apixaco Tlaxcala.

Steven S.A, Diagnóstico Clínico y Tratamiento, México 1991 p. 662-663.

Wong, W.Y.; Wong, M.S.; Lo, K.H. Clinical applications of sensors for human posture and movement analysis: a review. Prosthet. Orthot. Int. 2007, 31, 62- 75.

Weilkiens T Systems Engineering with SysML/UML Modeling, Analysis, Design Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier. 2007 pp 22-44.

Plataforma Domótica para la Interconexión de Objetos Físicos a Internet Empleando Conectividad WiFi.

Gallardo Armando Román
Estrada González Pascual Fermín
Guerrero Ibáñez Juan Antonio

RESUMEN

En Internet de las Cosas e Internet de Todo es donde se está llevando a cabo la transición hacia las siguientes tecnologías, donde las personas son más participativas y tienen un mayor control de la información; en pocas palabras, es la conexión en red de personas, procesos, datos y cosas. Su beneficio se deriva del impacto mezclado de estas conexiones y el valor que crea colocar "todo" en línea. De ahí la importancia de este artículo, en el cual se expone la idea acerca del desarrollo de un prototipo de plataforma domótica para demostrar cómo es posible interconectar objetos físicos a Internet, mediante un dispositivo electrónico WiFi o también llamados WiFlies. La comunicación con estos dispositivos posibilita identificarlos de manera única en la red. Cuando un objeto puede representarse digitalmente, también puede ser controlado desde cualquier lugar, esta conectividad significa más datos recolectados de muchos lugares, creando nuevas formas para aumentar la eficiencia y estar todos más a salvo y seguros.

Palabras clave: Internet de las Cosas, WiFly RN-XV, WiFi.

INTRODUCCIÓN

El Internet actualmente está fundamentado en la web 2.0, donde las personas son mucho más participativas y tiene mayor control de la información. Es considerada la segunda fase de Internet; inició en el año 2003, cuando la web se convierte en una plataforma donde todo sucede y se desarrolla, es posible anunciarse por medio de los *ads* y las empresas pueden llegar a todo tipo de público, seleccionando los *targets*, que son los usuarios a los cuales se dirige una acción específica en una región del mundo. Según las posibilidades económicas que se tenga la cobertura puede ser total, y así los anuncios aparecerán en los temas relacionados que buscan los usuarios en la Web, posteriormente estos harán clic en los anuncios y se contactarán con las empresas; además, dichas empresas y las personas necesitan poner a disposición su trabajo en línea mediante herramientas que le permiten compartir documentos, hojas de cálculo entre otros tipos de archivos, esto les brinda la posibilidad de importarlos hacia el Internet para poder compartirlos o aún más, ya que actualmente permite crear y editar contenidos simplemente utilizando un navegador Web, además de poder almacenarlos en línea de manera segura e invitar a otros usuarios a que visualicen sus documentos y realizar modificaciones de manera conjunta. De este modo el usuario es lo más importante, pasando de ser un mero espectador y consumidor de los recursos que brinda el Internet a convertirse en creador y generador de contenidos y servicios; en la Web 1.0 solo se concretaba a ser lector, información solo de ida, los contenidos eran lo

importante, en la Web 2.0 el rol es de lector y escritor, información de ida y vuelta, el usuario es lo más importante.

Para las nuevas generaciones el Internet es parte esencial de sus vidas, quieren que Internet haga las cosas más fáciles, y que facilite la comunicación. Todo esto es posible gracias a proyectos como Google YouTube, Docs, Maps, Blogger, Wikipedia, FaceBook, Flickr, Digg, del.icio.us y MySpace entre otros, donde son los usuarios los que crean y suben videos, los que publican, etiquetan y comparten sus fotos, los que seleccionan y votan las noticias que les interesa, o escogen, clasifican y comparten públicamente sus sitios web favoritos; de esta misma forma son los usuarios los que publican millones de blogs, además de escribir y editar de forma comunitaria los artículos contenidos en las enciclopedias libres y gratuitas, son los usuarios los que comentan y valoran sus noticias en los medios de comunicación en línea, los que preguntan y responden a preguntas hechas por los mismos usuarios como en Yahoo!!! Answers, cuentan sus vidas, publican su música, videos, fotos y se relacionan en redes sociales con sus amigos, compañeros de trabajo, que añaden información a mapas de Google en forma de textos, imágenes y videos, y comparten sus archivos en redes p2p (punto a punto). Todo esto significó un incremento del 2% del tráfico de Internet en el 2005 y 12% en el 2007 (NAFRIA, 2007; Murugesan, 2007). El mundo actualmente está interconectado, y, como se comentó líneas arriba, las personas tienen una gran interacción con Internet y sus aplicaciones, es por esto que surge la necesidad de una interconexión digital entre objetos cotidianos y la Red, un concepto denominado el Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en ingles “*Internet of Things*”), esta crea una red de objetos físicos que se acceden a través del Internet como lo han definido analistas y visionarios en el tema, estos objetos contienen tecnología integrada para interactuar con los estados internos o el ambiente externo; en otras palabras, estos objetos pueden sensar y comunicarse, es con esta información que se está sensando y que cambia todo el tiempo que se pueden tomar decisiones de qué hacer en cada momento (IEEE, 2013; Qian Zhu, 2010). El *Internet de las Cosas* está conectando nuevos lugares como pisos de manufactura, redes de energía, centros de salud y los sistemas de transporte al Internet. Cuando un objeto puede representarse digitalmente puede ser controlado desde cualquier lugar, esta conectividad significa más datos, recolectados de muchos lugares, creando nuevas formas para aumentar la eficiencia y estar todos más a salvo y seguros. CISCO estima que 50 mil millones de dispositivos estarán conectados a Internet para el año 2020; sin embargo, en este momento más del 99% de los objetos del mundo físico permanecen desconectados, el crecimiento y la convergencia entre los procesos, datos y las cosas del Internet, harán conexiones de redes más importantes, con mayor valor y como nunca antes, crearán oportunidades sin precedentes para las industrias, las empresas y las personas. El IoT e Internet de las cosas es la transición hacia la siguiente generación tecnológica donde los dispositivos permitirán encontrar y controlar el mundo físico, además de ser parte de algo más grande llamado *Internet de Todo* (Internet of Everything, IOE por sus siglas en inglés) que es la conexión en red de personas, procesos, datos y cosas. Su beneficio se deriva del impacto mezclado de esta conectividad global. Es muy importante que las empresas tengan la capacidad de afrontar las transiciones tecnológicas, como lo está siendo ya la nube, la movilidad, la colaboración y ahora el Internet de Cosas, para convertir la información en acciones, que crearán nuevas capacidades, experiencias más enriquecedoras, y una cantidad sin precedentes de

oportunidades económicas para la empresas, gobiernos y personas. El objetivo de este trabajo es documentar el desarrollo de un prototipo de plataforma domótica que permite controlar luminarias e interruptores de una casa mediante un módulo de comunicaciones inalámbrico WiFly, que permite la interconexión de estos objetos físicos con el Internet (CISCO, 2014; Ilber Adonayt Ruge Ruge, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Módulo inalámbrico WiFly RN-XV

El módulo RN-XV desarrollado por la empresa Roving Networks es una solución certificada Wi-Fi diseñada especialmente para las personas que desean migrar sus aplicaciones existentes con arquitectura 802.15.4 basada en este estándar que define el nivel físico y de control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal, con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN) y que es la base sobre la que está definida ZigBee. Esta es una plataforma basada en TCP/IP estándar sin tener que rediseñar el hardware, ya que utiliza la misma disposición de terminales en el módulo (Roving Networks, 2011).



Fig. 1. Módulo WiFly RN-XV imágenes de Creative Commons CC BY-NC-SA 3.0

El módulo RN-XV se basa en módulo RN-171 Wi-Fi de Roving Networks e incorpora el radio 802.11 b/g, un procesador de 32 bits, una pila TCP/IP, reloj en tiempo real, acelerador criptográfico, unidad de administración de energía y una interface analógica. Este módulo viene pre-cargado con el *firmware* de Roving que simplifica la integración, y reduce al mínimo el tiempo de desarrollo de las aplicaciones. Su configuración es simple ya que el hardware sólo requiere cuatro conexiones (PWR, TX, RX y GND) para crear una conexión de datos inalámbrica. Las características de este dispositivo son las siguientes:

- Está basado en socket de uso común del XBee 802.15.4
- Es un dispositivo de ultra bajo consumo, con un modo de suspensión de 4uA, y de 30mA en activo
- Cuenta con la pila de instrucciones TCP/IP que incluye los protocolos DHCP, UDP, DNS, ARP, ICMP, cliente HTTP, cliente FTP y TCP
- Potencia de transmisión de 0dBm a 12dBm configurable en firmware
- Cuenta con una interface de hardware UART TTL con niveles lógicos a 3.3V
- Velocidades al hospedaje de datos de 464 kbps sobre la UART

- Soporta la modalidad Adhoc e infraestructura de redes
- Ocho E/S digitales de propósito general
- Tres entradas para sensores analógicos
- Reloj de tiempo real para modos time-stamping, auto-sleep, y auto-wakeup.
- Opera con fuente de voltaje de 3.3VDC
- Certificado de Wi-Fi Alliance para seguridad WEP, WPA y WPA2-PSK

Algunas de sus aplicaciones son las áreas de: medición industrial, control HVAC (el control de una temperatura eficiente, esencial para el logro de un clima agradable en interiores de viviendas, oficinas e instalaciones públicas tales como hospitales, hoteles, centros deportivos y centros comerciales), sensores de temperatura para habitaciones, configuración y el control de bombas, telemetría, control PV de sistemas fotovoltaicos de energía solar, y robótica (Roving Networks, 2013; Microchip Technology Inc., 2014).

Tera Term

Programa de código abierto, libre, software para implementar un emulador de terminal de comunicaciones. Emula diferentes tipos de terminales de computadoras, de DEC Vt100 a DEC VT382 es compatible con telnet, SSH 1 y 2 y las conexiones por puerto serial. También tiene incorporado un lenguaje de *script* macros (que apoya a la librería Oniguruma de expresiones regulares para la codificación de caracteres) y algunos otros *plugins* útiles (Ayer Technologies, Inc., 2014).

Sockets de Internet

Los *sockets* son una interface de programación de aplicaciones se les conoce comúnmente como API (del inglés *Application Programming Interface*), conjunto de aplicaciones, funciones y métodos en la programación orientada a objetos que son usados por un software como capa de abstracción para acceder a la familia de protocolos de Internet TCP/I, que normalmente es provista por el sistema operativo, y constituyen los mecanismos para la entrega de paquetes de datos provenientes de tarjetas y dispositivos de red a los procesos o hilos apropiados en las aplicaciones, los cuales quedan definidos por un par de direcciones IP locales y una remota, un protocolo de transporte y un par de números de puerto local y remoto, con la finalidad de cumplir algunos requisitos, como por ejemplo que un programa sea capaz de localizar a otro, que ambos programas sean capaces de intercambiar cualquier secuencia de bytes que son los datos relevantes para su finalidad, lo que da origen al concepto de *socket*, para que un par de direcciones del protocolo de red, por ejemplo direcciones IP en el caso del protocolo TCP/IP que identifican a la computadora y al dispositivo remoto, para este proyecto, el módulo de Control y Comunicación Wifly con el requisito de contar con un par de números de puertos que identifican a las aplicaciones contenidas en el módulo WiFly y la computadora. También estos *socket* tienen propiedades que dependen del protocolo que se está implementado, para este caso, el *Transmission Control Protocol* (TCP), la primera, que es orientado a la conexión; segundo, se

garantiza la transmisión de todos bytes sin errores ni omisiones y, por último, se garantiza que todo byte llegará a su destino en el mismo orden en que fue enviado, estas propiedades son necesarias para garantizar la corrección entre las aplicaciones que tratan la información (Ming Xue, 2009; Dai fei LIU, 2012; En-Hao Chang, 2014).

Descripción general de la plataforma Domótica

El presente proyecto está desarrollado con un enfoque didáctico, que será llevado a cabo por diferentes alumnos de materias de seminarios de tesis y de investigación de las carreras de ingeniería en telemática, software y los posgrados en Ciencias Computacionales y de Tecnologías de la Información de la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima. En todo momento se considerado una visión global del fin que se busca, lo cual permite realizar tareas de forma transversal, cuyos resultados sean utilizados en proyectos posteriores, facilitando la solución requerida.

El prototipo de plataforma domótica diseñado que permite la interconexión de los objetos físicos con el Internet para su control, está compuesto por los siguientes elementos:

- Interfaz gráfica de usuario GUI
- Sistema de comunicación y control WiFly
- Elementos domóticos a controlar como luminarias y contactos.

Diagrama de bloques de la plataforma domótica

La plataforma domótica está compuesta por un *sistema de comunicación y control* basado en un dispositivo electrónico que utiliza como medio de comunicación el estándar WiFi (802.11.2), mediante el módulo RN-XV de Roving Networks que permite: configurarlo como un dispositivo de red para asignar una IP, máscara de red, puerta de enlace, y DNS, lo que posibilita la interconexión a Internet; controlar cuatro puertos de entrada salida, y así activar un relevador que cierra el circuito para activar la carga o abriéndolo para desactivarla, de esta manera controlar si están encendidas o apagadas las luminarias, y a los contactos si tienen o no energía eléctrica como se muestra en la Fig. 2.

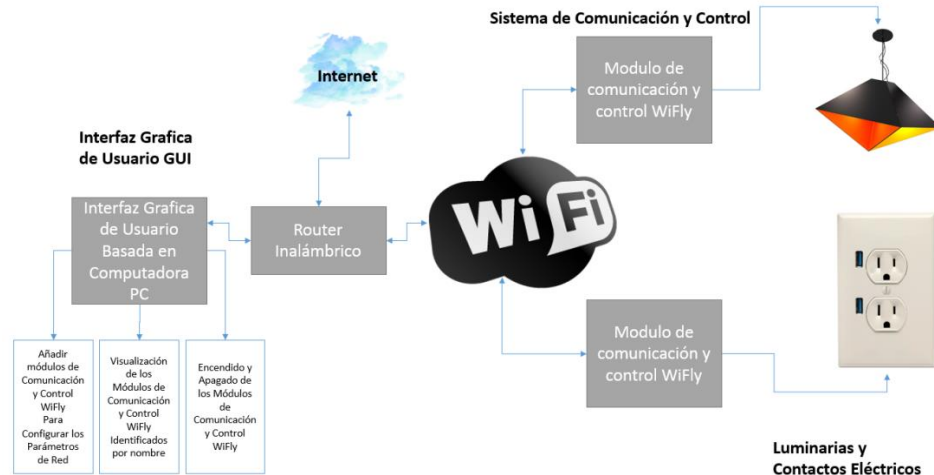


Fig. 2. Diagrama a bloques del prototipo de plataforma domótica con tecnología WiFi mediante módulos electrónicos WiFly.

Los *módulos de comunicación y control WiFly* son configurados vía puerto serial y una vez configurados es posible hacerlo de manera inalámbrica, para ello fue empleada la aplicación *Tera Term* que facilita este proceso. Esta aplicación fue utilizada para definir los parámetros y protocolos de red necesarios y asignar una IP fija o una automática mediante DHCP como se muestra en la Fig. 3., para luego enlazarlos a la red mediante el ruteador que los interconectará hacia Internet, lo que facilita su disponibilidad para identificarlos, muestrearlos y controlarlos.

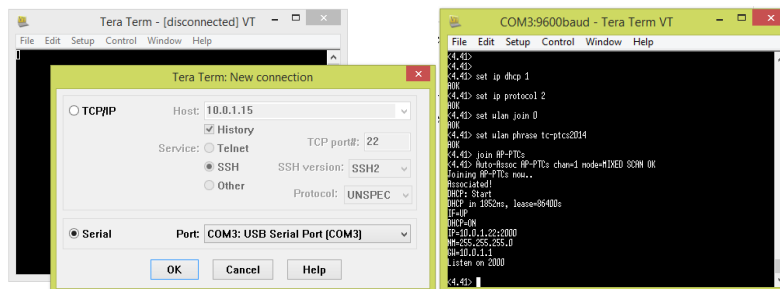


Fig. 3. Pantallas de la aplicación *Tera Term* que muestran cómo conectar el dispositivo WiFly y configurarlo para unirlo a un ruteador.

Para el prototipo mostrado en el esquema eléctrico de la Fig. 4, se montó un WiFly RN-XV en un *breakout* de *socket* Xbee compatible, al cual se conectaron: VCC, GND para el suministro de energía del módulo; los GPIO4, GPIO5, GPIO6 y GPIO 7 para controlar cargas de 127Vac a través de relevadores, para abrir o cerrar el circuito que encenderá las luminarias o activará en los tomacorrientes. Para la gestión remota de las cargas eléctricas es necesario el elemento de Interfaz Gráfica de Usuario GUI, del cual se desarrollaron dos prototipos hechos con la herramienta de desarrollo Microsoft Visual Studio 2012, una de escritorio compatible con Windows 8 y versiones anteriores, y otra para dispositivos de nueva generación que funcionen

en Windows RT, por ejemplo las tabletas Microsoft Surface llamadas también interface Metro, además de probarse con la propia aplicación que existe por parte de la empresa para dispositivos móviles Android y IOS llamada *RN WiFi* que se puede obtener en las tiendas *Play Store* de Google, y *App Store* de Apple respectivamente (Kevin Abas, 2014; ANDRÉ RODRIGUES, 2014).

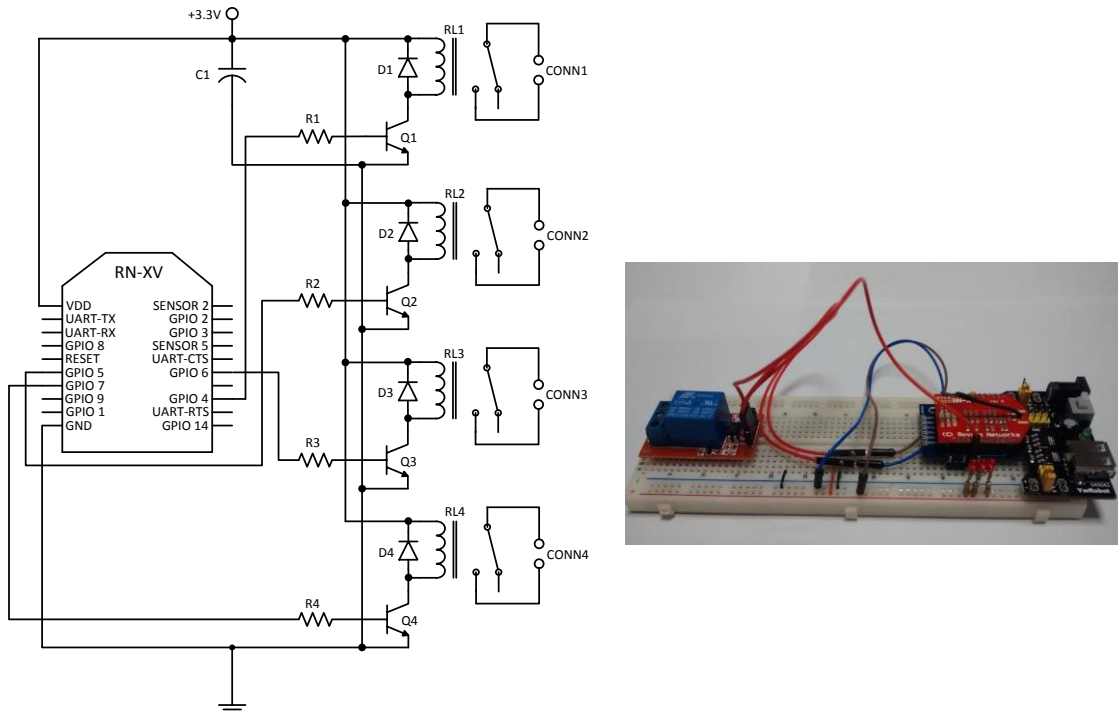


Fig. 4. Módulo de Comunicación y Control WiFly.

La *Interfaz Gráfica de Usuario Basada en Computador PC* fue desarrollada en Visual Studio 2012 como una aplicación de escritorio, en la cual se utilizaron funciones del espacio de nombres System.Net.Sockets para proporcionar una implementación administrada de la interfaz Windows Sockets (Winsock) a fin de controlar estrictamente el acceso a la red, mediante la creación de una comunicación por *sockets* que implementa una interfaz de acceso al API de la suite del protocolo de Internet TCP/IP. Para esto se crearon varias funciones, una de ellas es la función *Connect (string host, int port)* la cual establece la conexión con los Módulos de Comunicación y Control WiFly pasando el parámetro de la dirección IP y el puerto. Realizada la comunicación con el módulo es necesario enviar los caracteres \$\$\$ para fijarlo en la modalidad de comandos para su configuración y operación. Después hay que configurar el módulo para habilitar los puertos GPIO en modalidad de escritura, esto es con el comando *set sys iofunc* y para fijar las terminales como salidas, se empleó el comando *set sys output*, una vez hecho esto se pueden activar los relevadores que dejarán pasar o cerrar el paso de la corriente alterna para luminarias y contactos eléctricos, como se muestra en el siguiente código de la función que lleva a cabo esta tarea conectándose y realizando una rutina para activar y desactivar los cuatro GPIOs, con un intervalo de tiempo como se observa en la Fig. 5. que muestra el código en C# de la aplicación de escritorio para Windows que realiza estas funciones (Blum, 2006; David B. Makofske, 2004).

<pre> public static void Connect(string host, int port) { //Establecer la conexión con el host IPAddress[] IPs = Dns.GetHostAddresses(host); Socket s = new Socket(AddressFamily.Internetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp); Console.WriteLine("Establishing Connection to {0}", host); s.Connect(IPs[0], port); byte[] howdyBytes = Encoding.ASCII.GetBytes("Howdy"); s.Send(howdyBytes); byte[] buffer = new byte[50]; s.Receive(buffer); Console.WriteLine(Encoding.ASCII.GetString(buffer)); Console.WriteLine("Connection established"); Thread.Sleep(300); //Poner el modulo en la modalidad de comandos Enviar(s,"\$\$\$\n\r"); Thread.Sleep(300); Console.WriteLine(Recibir(s)); Thread.Sleep(300); //Poner los puertos GPIO en la modalidad de entrada-salida Enviar(s, "set sys iofunc 0x7\n\r"); Thread.Sleep(300); Console.WriteLine(Recibir(s)); //Iniciar una secuencia para prender y apagar secuencialmente las luminarias que se pueden controlar que son 4 for (int i = 0; i < 10; i++) { Enviar(s, "set sys output 0x80\n\r"); Thread.Sleep(3000); Console.WriteLine(Recibir(s)); Enviar(s, "set sys output 0xc0\n\r"); Thread.Sleep(3000); </pre>	<pre> Enviar(s, "set sys output 0x70\n\r"); Thread.Sleep(3000); Console.WriteLine(Recibir(s)); Enviar(s, "set sys output 0x30\n\r"); Thread.Sleep(3000); Console.WriteLine(Recibir(s)); Enviar(s, "set sys output 0x10\n\r"); Thread.Sleep(3000); Console.WriteLine(Recibir(s)); Enviar(s, "set sys output 0x00\n\r"); Thread.Sleep(3000); Console.WriteLine(Recibir(s)); } //Función para enviar comandos por un socket public static void Enviar(Socket s, String Comando) { byte[] howdyBytes = Encoding.ASCII.GetBytes(Comando); s.Send(howdyBytes); } //Función que recibe las respuestas de los comandos enviados por un socket public static String Recibir(Socket s) { String Cadena = ""; byte[] buffer = new byte[250]; try { s.Receive(buffer); Console.WriteLine(">" + buffer.Length); } catch { Cadena = ""; } Cadena=Encoding.ASCII.GetString(buffer); Console.WriteLine(Cadena.Length); </pre>
--	--

<pre> Console.WriteLine(Recibir(s)); Enviar(s, "set sys output 0xe0\n\r"); Thread.Sleep(3000); Console.WriteLine(Recibir(s)); Enviar(s, "set sys output 0xf0\n\r"); Thread.Sleep(3000); Console.WriteLine(Recibir(s)); </pre>	<pre> return(Cadena); } </pre>
---	--------------------------------

Fig. 5. Código fuente en C# que realiza una conexión a un módulo WiFly para ponerlo en la modalidad de comandos, para configurarlo y controlar los puertos GPIO.

Se desarrolló un prototipo de aplicación de *Interfaz Gráfica de Usuario GUI* para el ambiente Metro de Windows que muestra los módulos de comunicación y control WiFly, a los que es posible asignar un nombre a estos para identificarlos. En la figura 6 se muestran los botones para activar o desactivar cualquiera de los cuatro puertos disponibles, la aplicación además descubre los elementos existentes en la red que pueden ser susceptibles de configurar y controlar. Cuenta asimismo con una consola que muestra los mensajes enviados y recibidos por los módulos, para efectos de monitoreo, como se muestra en la Fig. 6.

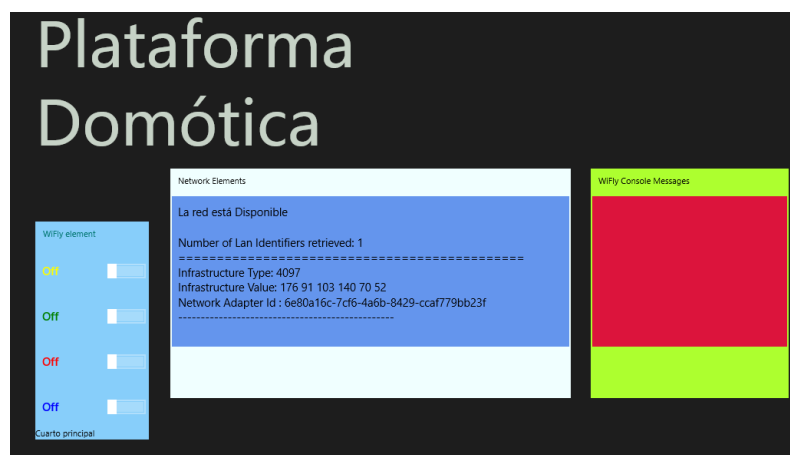


Fig. 6. Interfaz Gráfica de Usuario GUI del prototipo de aplicación de plataforma domótica.

Para el caso de la app de interfaz gráfica de usuario GUI para Metro de aplicaciones para Windows 8 y Windows RT, el código cambia un poco creando un flujo de datos para el manejo de las comunicaciones de envío y recepción de datos desde la aplicación hacia los módulos de comunicación y control WiFly, como se muestra en el código de la Fig. 7. La aplicación presenta la función de presionar los botones para activar o desactivar uno de los cuatro puertos GPIO, así como permitir el flujo de datos entre las aplicaciones del GUI y el módulo (Microsoft Corporation, 2014).

```

async private void BotonPresionado(object sender,
RoutedEventArgs e)
{
    ToggleSwitch toggleSwitch = sender as
ToggleSwitch;

    TcpClient ni = new TcpClient();
    IPEndPoint MyIp = new IPEndPoint();
    MyIp.Address = new IPAddress("10.0.1.70");
    MyIp.Port = 2000;
    ni.Connect(MyIp);

    NetworkStream Flujo = new NetworkStream();
    Flujo = ni.GetStream();

    //Conectarse
    byte[] howdyBytes =
Encoding.UTF8.GetBytes("Howdy");
    Flujo.Write(howdyBytes, 0,
howdyBytes.Length);
    Lista.Items.Add(Recibir(Flujo));

    //Configurar para como salidas los GPIOs
    await Task.Delay(300);
    Enviar(Flujo, "$$$\n\r");
    await Task.Delay(300);
    Lista.Items.Add(Recibir(Flujo));
    await Task.Delay(300);
    if (toggleSwitch.IsOn == true)
    {
        await Task.Delay(300);
        Enviar(Flujo, "set sys i 7\n\rset sys o 0\n\rset
sys o 0x20\n\rexit\n\r");
        await Task.Delay(300);
        Lista.Items.Add(Recibir(Flujo));
    }

    Else
    {
        await Task.Delay(300);
        Enviar(Flujo, "set sys o 0\n\rexit\n\r");
        await Task.Delay(300);
        Lista.Items.Add(Recibir(Flujo));
    }
}

ni.Close();
}

public static void Enviar(NetworkStream s, String
Comando)
{
    byte[] howdyBytes =
Encoding.UTF8.GetBytes(Comando);
    s.Write(howdyBytes, 0, howdyBytes.Length);
}

public static String Recibir(NetworkStream s)
{
    String Cadena = "";
    byte[] buffer = new byte[250];
    int ta=0;
    try
    {
        ta=s.Read(buffer,0,buffer.Length);
    }
    catch
    {
        Cadena = "";
    }
    Cadena = Encoding.UTF8.GetString(buffer,0,ta);
    return (Cadena);
}

```

Fig. 7. Código fuente en C# que muestra los elementos que permiten la interconexión entre la interfaz gráfica del usuario GU y los módulos WiFly mediante una aplicación diseñada para Windows 8 y RT.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existen actualmente las condiciones tecnológicas, facilidades de adquisición de componentes a través del comercio que se da en Internet de manera rápida y económica, lo que permite acceder a gran cantidad de información técnica sobre estos componentes y su integración con otros, usarse de manera individual o a través de placas de desarrollo, como lo son los de la plataformas libres de Arduino, Rasberry Pi entre otras, que permiten el desarrollo de prototipos de una manera extraordinariamente rápida, para el desarrollo de dispositivos electrónicos y aplicaciones que pueden ser escritas en infinidad de lenguajes que brindan librerías para la comunicación a través de *sockets* entre estas aplicaciones y estos dispositivos electrónicos para su desarrollo en programas de escritorio, web o nativas para móviles a fin de interconectarlos, poder acceder a los valores físicos traducidos por sus sensores y tomar decisiones con esta información, además de poder controlarlos para que realicen tareas específicas. Lo anterior plantea un sinfín de posibilidades para desarrollar trabajos de investigación en el área de los sensores, Internet de las cosas, domótica, uso eficiente de la energía y potencializar la vinculación entre las Universidades, las empresas y los proyectos del gobierno federal en materia de innovación y tecnologías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

André Rodrigues, J. S. (2014). iSenior—A Support System for. *IEEE TRANSACTIONS ON EMERGING TOPICS IN COMPUTING*, 207-217.

Ayera Technologies, Inc. (26 de 8 de 2014). *TeraTerm Pro*. Obtenido de TeraTerm Pro Web 3.1.3 - Enhanced Telnet/SSH2 Client: <https://www.ayera.com/teraterm/>

Blum, R. (2006). *C# Network Programing*. Alameda, CA.: SYBEX.

CISCO. (26 de 8 de 2014). *CISCO*. Obtenido de <http://www.cisco.com/web/solutions/trends/iot/overview.html>

Dai fei LIU, J. L. (2012). A Design and Realization of Ore Sinter Data Acquisition System Based on Socket Communication. *Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2012 Fifth International Conference on*, 6 - 9.

David B. Makofske, M. J. (2004). *TCP/IP Sockets in C#: Practical Guide for Programmers*. San Francisco, CA.: Academic Press.

En-Hao Chang, C.-C. W.-T.-C.-H. (2014). Virtualization Technology for TCP/IP Offload Engine. *IEEE TRANSACTIONS ON CLOUD COMPUTING*, 117-129.

IEEE. (2013). Guest Editorial Special Issue on Internet of Things (IoT): Architecture, Protocols and Services. *IEEE SENSORS JOURNAL*, 3505-3510.

- Ilber Adonayt Ruge Ruge, G. A. (28 de 2 de 2013). IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA ROBÓTICA DE EXPLORACIÓN WIFI PARA APLICACIONES MILITARES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE COMUNICACIONES ESCOM. *ENGI Revista Electrónica de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Cundinamarca.*, 2(1), 20-29 Bloque F.
- Kevin Abas, C. P. (2014). Wireless Smart Camera Networks for the Surveillance of Public Spaces. *COMPUTER*, 37-44.
- Microchip Technology Inc. (26 de 8 de 2014). *MICROCHIP*. Obtenido de RN-XVee Wi-Fi Module: www.microship.com
- Ming Xue, C. Z. (2009). The Socket Programming and Software Design for Communication Based on. *Circuits, Communications and Systems, 2009. PACCS '09. Pacific-Asia Conference on*, 775-777.
- Murugesan, S. (2007). SECOND-GENERATION WEB TECHNOLOGIES. *IT Pro IEEE Computer Society*, 34-41.
- NAFRIA, I. (2007). *WEB 2.0: EL USUARIO, EL NUEVO REY DE INTERNET*. BARCELONA, ESPAÑA: EDICIONES GESTION 2000.
- Qian Zhu, R. W. (2010). IOT Gateway: Bridging Wireless Sensor Networks into Internet of Things. *IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, 347-352.
- Roving Networks. (18 de 8 de 2011). www.rovingnetworks.com. Obtenido de Roving Networks Wireless for Less RN-XV Data Sheet RN-XV-DS v0.3: <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Wireless/WiFi/WiFly-RN-XV-DS.pdf>
- Roving Networks. (30 de 4 de 2013). www.rovingnetworks.com. Obtenido de WiFly Command Reference, Advanced Features & Applications User's Guide RN-WIFLYCR-UG: <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Wireless/WiFi/rn-wiflycr-ug-v1.2r.pdf>

Producción de biodiesel a partir de aceite de reusó, utilizando catalizadores modificados

Roberto Avelino Rosas

Yolanda González Díaz

Resumen

Debido a la preocupación mundial por la escasez del petróleo y por la disminución del cambio climático global. Este proyecto tiene como fin la fabricación del biodiesel a partir de aceite de reuso como combustible incorporándole un catalizador Cu como precursor soportado en SiO_2 .

El biodiesel es un combustible biodegradable, no tóxico, que se produce a partir de los aceites vegetales por medio de la trans-esterificación de los triglicéridos (grasas) con metanol. Para que las reacciones químicas de la obtención del biodiesel sean óptimas, utilizando aceite de reuso como materia prima y metanol en una proporción molar de 2:1, ya que la conversión de los triglicéridos en ácidos grasos es elevada y el tiempo de reacción es corto.

La utilización del biodiesel permite la reducción equilibrada de gases de efecto invernadero generados por la utilización de combustibles fósiles. Por lo tanto, la sustitución parcial o total de biodiesel en los motores diesel producirá una fuerte disminución en el calentamiento global del planeta.

Palabras clave: Catalizador, Biodiesel, Reactivo

I. INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de nuestra sociedad lleva consigo la demanda de más necesidades, lo cual involucra una creciente demanda de energía la cual es cubierta con los combustibles. Sin embargo esta demanda de combustibles produce también una gran cantidad de contaminación. Para solventar esta creciente demanda de energía la única solución viable es la utilización de fuentes alternas de energía.

Todos los países están preocupados por resolver parte de este problema, es por ello que se están enfocando al uso de fuentes de energía alternativa como la energía eólica, solar, geotérmica y biomasa. Todos ellos se basan en ambientes limpios y sostenibles, aunque no todos tienen buena viabilidad económica. Una de las mejores opciones que cumple los criterios económicos y sostenibles son los biocombustibles, en particular a partir de la materia prima de biomasa disponible de origen animal, microorganismos, vegetales o reutilizable.

La biomasa vegetal o lignocelulósica se refiere a toda la materia que se pueda obtener de la fotosíntesis. Los distintos materiales derivados de ella pueden ser convertidos en múltiples combustibles, ya sean sólidos, líquidos y gaseosos, mediante procesos de conversión bioquímica y termoquímica. La energía de la biomasa es la mayor fuente de energía renovable, lo que representa el 77,4% de la oferta mundial de los bioenergéticos.

Actualmente, los distintos tipos de combustibles en base a la biomasa, están recibiendo extrema atención en la preservación, mejora y el cuidado del medio ambiente, así también, por la cada vez más cerca culminación de los hidrocarburos derivados del petróleo.

Los biocombustibles se presentan de forma sólida, líquida o gaseosa para el sector de transporte, y son producidos a través de la biomasa como materia prima básica. Los biocombustibles pueden producirse de distintas fuentes biológicas, que son renovables, sostenibles, de carbono biodegradable, neutral para el ciclo de la vida y respetuosos con el medio ambiente. Muchos de los biocombustibles tienen opciones muy atractivas para el futuro del sector del transporte como el biodiesel, bioetanol, biometanol y biohidrógeno.

El objetivo de este proyecto es explorar los efectos del uso de un catalizador dopado con metales de transición en distintos porcentajes a base de cobre por ser considerado como un metal seminoble, favorece el aglomeramiento del catalizador ocasionando que sea separado fácilmente del biodiesel después de la reacción. El Cu favorece el rendimiento en la fabricación del biodiesel y mantienen su actividad catalítica.

Para la fabricación del biodiesel se utiliza aceite de desecho de restaurantes. Se realizaron distintas pruebas durante la elaboración del biodiesel. Posteriormente se optimizó el proceso, utilizando catalizadores heterogéneos con distintos porcentajes de cobre.

Se propone una técnica de elaboración de biodiesel la cual muestra resultados que cumplen con la calidad del biodiesel, según las normas internacionales, proponiendo lo siguiente:

- a) La búsqueda y optimización de un catalizador que haga eficiente la producción del biodiesel.
- b) Poseer un sistema menos contaminante.
- c) Procesar cualquier tipo de aceite de desecho.
- d) Facilidad en la limpieza de residuos.
- e) Tener una baja relación de costo / actividad.

II. DESARROLLO DEL TEMA

1. Técnica de impregnación

- Se coloca la cantidad de soporte en un vaso de precipitado (5.0 g).
- Se adiciona la sal precursora de Cu requerido.
- Se agita para homogenizar.
- Se evapora a 70 C durante 24 hrs.
- Se calcina en una mufla a 800 C durante 4 horas.

SiO₂ como soporte y Cu(NO₃)₂ como precursor

Cálculos para la preparación del catalizador

Se prepararon catalizadores al 10% y 20% de cobre soportados en SiO₂ los cálculos son los siguientes:

Catalizador al 10%

5 g SiO ₂ -----	100 %	187.554 g de Cu(NO ₃) ₂ -----	63.546 g de Cu
Cu X -----	10 %	X -----	0.5 g de Cu

X = 0.5 g de Cobre

X=1.4757 g de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

Catalizador al 20%

5 g SiO_2 ----- 100 %

187.554 g de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ -----63.546 g de Cu

Cu X ----- 20 %

X ----- 1.0 g de Cu

X = 1.0 g de Cobre

X=2.951 g de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

Por el método de impregnación se realizó lo siguiente:

- 1.- Pesar 5 g de SiO_2 más la sal precursora con el peso correspondiente según el porcentaje de esta mas agua hasta cubrir el catalizador
- 2.- Incrementar la temperatura lentamente a 80 °C hasta evaporar totalmente el agua.
- 3.- Secado del catalizador en una mufla para realizar el proceso de calcinación y activación a una temperatura de 800 C durante 4 horas.

Catalizador, antes y despues de entrar a la mufla

2. Características del sistema de reacción.

Las pruebas para la fabricación del biodiesel fueron llevadas a cabo utilizando un reactor de vidrio sellado herméticamente.

Reactor para la fabricación del biodiesel.

Proceso de recolección de la materia prima.

Para este trabajo se investigación se contó con el apoyo de una Marisquería del Municipio de San Hipólito, Puebla, donde me proporcionaron el aceite de desecho y de ahí se desarrollaron todas las pruebas.

Operación de filtrado.

El aceite usado contiene una gran cantidad de residuos sólidos del proceso de freír los múltiples productos alimenticios, por lo tanto es indispensable que exista la operación de filtración para retener estas partículas de gran tamaño. Esto se realizó con un simple embudo coladera y un trapo de algodón, como se muestra en la imagen siguiente.

Proceso de esterificación.

Este proceso se llevó a cabo dentro del reactor herméticamente cerrado, donde se incorporó aceite usado, metanol y el catalizador, dando inicio a este proceso. Se controlaron las condiciones de temperatura, agitación y tiempo.

Operación de decantación y separación.

Después que se llevó a cabo el proceso de esterificación, se pasa el producto a un embudo de separación para que durante 24 hrs, posteriormente realizamos la separación del alcohol metílico del aceite, donde el segundo queda en la parte de abajo.

Eliminación del agua.

En el aceite esterificado. Para ello calentamos la mezcla sobre la parrilla y el reactor abierto, en un tiempo aproximado de 2 hrs hasta que se evapore toda el agua.

Aceite esterificado sin agua

Proceso de transesterificación.

Dentro del reactor agregamos 100 ml de aceite esterificado más metóxido junto Con el catalizador, esta mezcla se coloca sobre la parrilla de calentamiento con agitación constante a una temperatura de 65 °C durante una hora.

Trasesterificación

Separación.

Se pasa toda la emulsión a un embudo de separación, en donde ahora, todo el producto de la esterificación se divide en el Biodiesel (que se encuentra en la parte superior del embudo) y en metanol, hidróxido, glicerol, sal, etc. en la parte inferior.

Separación de Biodiesel y residuos

Sistema de neutralización y lavado.

Se prepara una mezcla de 250 ml de agua a una temperatura de 80 °C con 5 ml de ácido acético. Se agita durante 20 min dentro del reactor.

Sistema de lavado y neutralizado

Operación de evaporación.

En el recipiente se calienta a temperatura de evaporación del agua durante aproximadamente dos horas y finalmente obtenemos el biodiesel puro.

III. METODOLOGÍA.

1. Construcción de un reactor para la elaboración de biodiesel a partir del aceite de reúso.
2. Preparación de catalizadores para la esterificación de los ácidos grasos libres contenidos en el aceite de reúso, por el método de impregnación.
3. Caracterización de los catalizadores sintetizados serán estudiados por:
 - a) Difracción de rayos-X.
 - b) Área superficial BET.
 - c) Acidez.

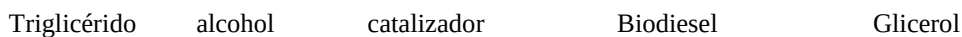
Reacciones para la producción del biodiesel

- a) Esterificación de los Ácidos Grasos Libres con metanol, en presencia de los catalizadores preparados, a 60°C, en agitación magnética, según la siguiente reacción:



- b) Separación del aceite y del catalizador sólido por filtración.

Reacción de transesterificación del aceite con metanol en presencia del catalizador según la siguiente reacción:



- c) La actividad de cada sistema catalítico será evaluada en función de las siguientes variables:

1. Relación: masa del aceite/masa del catalizador
2. Relación masa del aceite/masa de metanol
3. Temperatura de reacción: 60°C, 80°C y 100°C.
4. Tiempo de reacción.

Análisis de la calidad del biodiesel.

Con el fin de optimizar la calidad del biodiesel, cada proceso de producción será evaluado según sus propiedades físicas y fisicoquímicas.

IV. CONCLUSIONES.

El biodiesel es un combustible alternativo compuesto principalmente de esteres de ácidos grasos de alquilo mono-derivados de aceites vegetales o grasas animales, que pueden ser quemados en un encendido por compresión. El biodiesel tiene muchas ventajas técnicas importantes en comparación con el diesel de petróleo incluyendo lubricidad superior, inherente, baja toxicidad, alto punto de inflamación, muy bajo o insignificante contenido de azufre y las emisiones de gases de escape de las especies más regulados.

Evaluación Catalítica

Con el fin de fabricar un biodiesel de calidad se realizaron las pruebas fisicoquímicas, estas se llevaron a cabo después de la reacción de esterificación y transesterificación en presencia de un catalizador de 20%Cu/SiO₂, los resultados se muestran en la tabla.

	Aceite residual	Biodiesel
Densidad	0.93 g/cm ³	0.88 g/cm ³
pH	6.83	6.97
Punto de inflamabilidad	292 °C	162 °C

Espectroscopia FTIR en la producción de biodiesel

Aceite usado de cocina

Biodiesel

Se observaron diferencias en donde aparecieron los picos en 1743, 1377, 1159, 1033 y 871 cm⁻¹ en el aceite se trasladó a 1742, 1361, 1170, 1015 y 880 cm⁻¹ en el biodiesel, respectivamente. Por lo tanto, la desaparición de los picos a 1464, 1097 y 965 cm⁻¹ a partir del espectro del aceite y aparición de nuevos picos en la muestra de biodiesel a 1435 cm⁻¹ y 1195 cm⁻¹ muestran claramente la conversión del aceite en biodiesel. Además, la ausencia de un pico ancho en el 3100-3500 cm⁻¹ región, relacionada con la deformación axial característica de grupos OH, sugiere que el biodiesel sintetizado posee bajos contenidos de agua como el apoyo de las otras técnicas.

La actividad catalítica utilizando catalizador de 20%Cu/SiO₂ esto podría ser debido a la presencia de la fuerza óptima de los sitios ácidos y básicos activos presentes en el catalizador para formar especies altamente reactivas para la reacción de transesterificación. Por otra parte, sin la formación de jabón se encontró durante el transcurso de la reacción como la esterificación simultánea de ácidos grasos libres y la transesterificación

de los triglicéridos se llevó a cabo con éxito. En general, la base más fuerte no es necesariamente el mejor catalizador para la reacción de biodiesel, y un catalizador sólido que posee fuertes sitios básicos puede sostener las moléculas producto de desorción después de la reacción. Por otro lado, un catalizador sólido con sitios básicos débiles no puede adsorber las moléculas de reactivo para iniciar la reacción. Por lo tanto, se requiere la fuerza óptima de los sitios básicos activos para la reacción de transesterificación.

La alta actividad catalítica del catalizador 20%Cu/SiO₂ puede atribuirse a una mejora adicional en el número de sitios catalíticamente activos sobre la superficie del catalizador que aumenta la producción de biodiesel a partir de aceite de desechos de cocina.

V. RECOMENDACIONES

Una de las características importantes que determinar su viabilidad comercial es la reutilización del catalizador. En este caso el catalizador 20%Cu/SiO₂ fue probado en la reacción de transesterificación para la producción de biodiesel, es decir, a una temperatura de reacción de 65 ° C, tiempo de reacción de 1 h, la relación molar de aceite-metanol fue de 2:1.

Durante 10 veces se repitió el proceso de transesterificación utilizando el mismo catalizador. En la figura se muestra la eficiencia del catalizador al pasar del 90% al 70% de eficiencia, encontrando que este catalizador puede ser reutilizado varias veces

Porcentaje de eficiencia, en la utilización de catalizador 20%Cu/SiO₂

VI. REFERENCIAS

-("Resumen para responsables de políticas" por el IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Cambiar. http://ipcc-g1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_SPM.pdf de julio 2009).

-J.C: MacCarty y col. Catal. Today 47(1999)5

-B.W.L. Jang Catal Today 47(1999)103.

-Lee, J. H., and Trimm D. L, (1995). Catalytic combustion of methane. Fuel Processing Technology 42 (2-3): 339-359

-R.F. Hicks, C. Christiani, P. Forzatti, Catal. Special. Period. Rep. 13(1997)85.

-P. Briot, M. Primet, Appl. Catal. 69(1991)301.

-P.L. Haack, K. Otto, Catal. Lett. 34 (1995)31.

-C.A. Mueller, M. Maciejewski, R.A. Koeppel, A. Baiker, Catal 47(1999)245.

-H. Widjaja, K. Sekizawa. K. Eguchi, H. Arai, Catal. Today 35(1997)197.

-F.H. Ribeiro, M. Chow, R.A. Dalla Betta, J. Catal. 146(1994)537.

-T.R. Baldwin, R. Burch, Appl. Catal. 66(1990)337.

-SmH. Oh, P.J. Mitchell, R.M. Siewert, J. Catal. 146(1994)537.

-R. Burch, F.J. Urbano, Appl. Catal. A. 124 (1995)121.

-J.N. Carstens, S.C. Su, A.T: Bell, J. Catal. 176 (1998)136.

Producción de forraje verde hidropónico de maíz (fvhm) y su evaluación en la alimentación de corderos pelibuey

Alcaraz Romero Rosendo Alberto

GCantón Castillo Javier

Chiquini Medina Ricardo Antonio

RESUMEN

Se evaluó el rendimiento y el efecto del nivel de inclusión del FVHM en la ración sobre el crecimiento de corderos de pelo. La producción del FVHM se realizó en un invernadero provisto de módulos con charoleras y con un sistema de riego automatizada por nebulización. La producción se realizó en ciclos de 15 días a partir un kg de semilla de maíz previamente lavada y desinfectada. Para la prueba de engorda se utilizaron 20 corderos machos destetados con un peso vivo promedio de 20.0 kg $\pm$ 2.18 kg, DE, los cuales se distribuyeron mediante un diseño totalmente al azar a cuatro tratamientos; 0, 20, 40 y 60% de FVHM en la ración de corderos, constituida a base de alimento comercial con 14% de proteína cruda. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones y cada una de éstas consistió en un animal instalado en una corraleta. La ración se ofreció diariamente por las mañanas hasta el final del experimento, el cual tuvo una duración de 84 días. El rendimiento de FVHM por kg de semilla germinada fue de 6.5 $\pm$ 1.5 kg (base húmeda), el cual tuvo un contenido de 21% MS, 18.3% PC, 55.3% FDN, 20.5% FDA y 3.7% de Cenizas. Los corderos que recibieron 60% de FVHM registraron un menor consumo de MS, debido al mayor contenido de humedad del forraje ($P < 0.05$). Se observó que los animales del tratamiento con 0% de FVHM tuvieron una mayor ganancia diaria de peso (255^a, 246^{ab}, 202^{bc} y 170^c g/animal/d) y peso total (16.6^a, 16.1^a, 16.1^{ab} y 9.53^b) en comparación con los que recibieron la ración con 40 y 60% de FVHM ($P < 0.01$). No se registraron diferencias significativas para ambas variables entre los animales del tratamiento con 0 y 20% FVHM, ni entre los que consumieron las dietas con 40 y 60% de FVHM ($P > 0.05$). Se concluye que es posible obtener ganancias de peso aceptables en corderos alimentados con raciones que incluyan hasta un 60% de FVHM.

Palabras clave: Forraje hidropónico, ovinos, alimentación

INTRODUCCION

La producción de forraje en el trópico seco se caracteriza por ser marcadamente estacional, de tal manera que la mayor producción y la mejor calidad se obtiene durante la estación de lluvias. Esta situación hace que los animales en condiciones del trópico ganen peso en esta temporada y lo pierdan durante las épocas de invierno y primavera, cuando la disponibilidad de forraje y nutrientes es más reducida.

Actualmente existen diversos métodos para suplementar al ganado ovino en épocas críticas como la sequía, siendo los más populares el silo de forraje y heno de pasto, sin embargo ninguno de éstos se adapta totalmente a las necesidades y características de los productores, debido a que se implementan con la finalidad de obtener el mejor alimento posible a bajo costo, lo cual no siempre resulta ser eficiente. Por lo tanto, es indispensable

buscar nuevas alternativas tecnológicas que permitan la generación de recursos forrajeros cuando los animales lo necesiten en acorde a la naturaleza y que permitirá reducir el dispendio de los recursos naturales que ocasionan el impacto ambiental por la utilización de grandes superficies que han sido artificialmente modificadas. En este sentido, el Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea mays*) (FVHM) podría representar una alternativa muy valiosa para la producción rápida y constante de forraje verde, de un incalculable valor nutritivo para el ganado en zonas ganaderas donde la época de secas es prolongada. Según (FAO, 2002) la producción de FVHM es una práctica exitosa desde hace mucho tiempo en varios países, como Estados Unidos de América.

Algunos autores como Herrera et al., (2007) y Pérez, (1987), mencionan que con esta tecnología se obtiene rápidamente, a bajo costo y en forma sostenible una biomasa vegetal sana, limpia y de alto valor nutritivo para alimentación animal. Sin embargo, se desconoce el rendimiento del FVHM producido bajo condiciones del trópico mexicano y el efecto que pudiera tener en la alimentación de los ovinos. Con base a lo anterior, se planteó el presente con el objeto de determinar el rendimiento y evaluar el efecto del nivel de inclusión del FVH en la ración sobre el crecimiento de corderos de pelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de área de estudio. El ensayo se realizó en Chiná, Campeche, México, localizado a 19° 44' de latitud norte y 90° 26' de longitud oeste, a 15 m.s.n.m., con clima tropical subhúmedo AW, de acuerdo a la clasificación Koopen, modificada por García (1973) y con 1200 mm de precipitación anual, distribuida entre junio y noviembre (Duch, 2002). Las temperaturas máximas, media y mínima son, respectivamente, de 36, 26 y 18° C. El fotoperiodo es menor de 11 h en diciembre y superior a 13 h en julio (UNAM, 1991). Se realizó un análisis de agua y se encontró el contenido de pH de 6.92 con 105.71 de Ca (mg/L), 30.94 de Mg (mg/L), 133.49 de Na (mg/L), 294.29 de bicarbonatos (mg/L), 53.43 de sulfatos (mg/L) y RAS de 2.93.

Producción del FVHM. Se utilizaron semillas de maíz (*Zea mays* L.) con una germinación del 95% de buena calidad física y sin impurezas. La producción de forraje se realizó en ciclos de 15 días a partir un kg de semilla de maíz previamente lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio al 3% por 20 minutos. Para su pre germinación, la semilla se lavó y se remojó durante 24h, posteriormente se colocó en charolas con dimensiones de 60 cm x 37 cm x 4.5 cm en una cámara oscura por 32 horas. Una vez germinada la semilla, se dejaron las plántulas durante once días bajo riego por nebulización en una área protegida con malla antiafidos. Se tomaron muestras del forraje en cada ciclo de producción para determinar su contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas (C), de acuerdo a los procedimientos recomendados por el AOAC (2000).

Evaluación del FVHM en la alimentación de corderos de pelo. Se evaluó el efecto del nivel de inclusión del FVHM en la ración sobre el consumo voluntario de MS y la ganancia diaria de peso de corderos de pelo. Se utilizaron 20 corderos machos destetados con un peso vivo promedio de 20.0 kg $\pm$ 2.18 kg, DE, los cuales se distribuyeron mediante un diseño totalmente al azar (Montgomery, 2004) a cuatro tratamientos; 0, 20, 40 y

60% de FVHM en base seca (BS) en la ración de corderos, constituida a base de alimento comercial con 14% de proteína cruda y heno picado de pasto Estrella (*Cynodon nlemfluensis*) (Cuadro 1).

Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones y cada una de éstas consistió en un animal instalado en una corraleta provista de comedero, bebedero, con piso de cemento y área de sombra. Previo al inicio de la prueba, los corderos se desparasitaron internamente (ivermectina) y se vacunaron contra *Pasteurella multocida*. Asimismo, tuvieron un periodo de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días. Se proporcionó primero por las mañanas el alimento balanceado, posteriormente se suministró el FVHM adicionado con el heno picado de Estrella (*Cynodon nlemfluensis*). Se registró cada dos días el consumo de alimento, pesando la cantidad ofrecida y rechazada de cada uno los ingredientes de la ración. Los consumos de alimento se ajustaron cada 14 días con base al peso vivo de los animales. Se determinó la ganancia diaria de peso (GDP) de los corderos pesándolos al inicio, cada 14 días y al final del periodo de mediciones, el cual tuvo una duración de 84 días.

La GDP por periodo se analizó mediante un modelo de medidas repetidas, en tanto que las demás variables se analizaron empleando un modelo lineal (GLM) para efectos fijos, que consideraron el efecto del nivel de inclusión del FVHP en la dieta, usando los procedimientos Proc Mixed y Proc GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2003).

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales utilizadas en la alimentación de corderos de pelo (% BS)				
Tratamiento	0%	25%	50%	60%
FVHM	0%	25%	50%	60%
Heno	0%	5%	10%	10%
Concentrado	100%	70%	40%	30%
Total de ración	100%	100%	100%	100%

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento promedio obtenido del FVHM fue de 6.35 ± 0.88 kg DE/kg forraje verde/kg semilla germinada, el cual es superior al reportado por Vargas (2008), quien obtuvo valores de 4.3 kg forraje/kg semilla, en maíz forrajero cosechado a 20 días de edad, sin embargo, Juárez (2013) reporta rendimientos de 7.0 kg forraje/kg de semilla, a una edad del cultivo de 14 días, siendo este ligeramente superior al encontrado en este trabajo. Se observó un alto contenido de PC (18.3%) en el FVHM, por lo que puede ser considerado

como un forraje de alto valor nutritivo para el ganado. Los demás componentes químicos hallados en el FVHM fueron: 23.0% MS, 55.3% FDN, 20.5% FDA y 3.7% C.

Los corderos que recibieron el 60% FVHM registraron un menor consumo de MS en comparación con los demás tratamientos ($P<0.05$), lo cual puede ser atribuible al mayor contenido de humedad del forraje. No se encontraron diferencias significativas entre los animales que recibieron las dietas con 20 y 40% de FVHM ($P>0.05$). Los valores de consumo de MS obtenidos se encuentran dentro los rangos establecidos para los ovinos de pelo (Castellanos, 1989; Huerta, 2001). Los corderos del tratamiento con 0% de FVHM tuvieron una mayor ganancia diaria de peso y peso total en comparación con los que recibieron el 40 y 60% de FVHM ($P<0.01$). No se registraron diferencias significativas entre los corderos del tratamiento con 0 y 20% FVHM, ni entre los que consumieron las dietas con 40 y 60% de FVHM ($P>0.05$) (Cuadro 2). Otros autores (Morales, 1987) reportan ganancias diarias de peso de 240 g en corderos alimentados con concentrado ad libitum más 300 g de materia seca de FVH, la cual es similar a la obtenido en este estudio con animales que recibieron 20% de FVHM en su dieta base. Este autor concluye que la inclusión del FVHM en la dieta de los corderos permitió mejorar la asimilación del concentrado y disminuir el tiempo de engorda de los corderos. A pesar, de que los animales del tratamiento con 60% de FVHM registraron las menores GDP, los valores obtenidos son muy superiores a los encontrados en otros estudios con animales alimentados a base de forraje y algún suplemento proteico, en el cual se reportan GDP de 60 a 80 g/animal (González et al. 2011;). Lo anterior puede ser atribuido al mayor valor nutricional que tiene el FVHM. Herrera et al., 2007 observaron una mayor GDP en ovinos que recibieron como suplemento afrechillo de trigo en comparación con FVHM en su dieta base constituida con pasto *Panicum maximun* (41 vs 12 g/anim), en el cual el FVHM representó el 19% de la dieta total, lo cual a diferencia de este trabajo, éstos autores no utilizaron alimento concentrado, lo cual explica las bajas GDP obtenidas.

Cuadro 2 del nivel de inclusión de Forraje verde hidropónico de maíz (FVHM) sobre el efecto crecimiento de corderos de pelo.

Variables	Nivel de inclusión del FVHM				E.E.M.
	0%	20%	40%	60%	
Consumo de MS (g/d)	954b	1124a	1112ab	928c	117
Peso Inicial (kg)	21.44	23.48	21.26	19.00	3.11
Peso Final (kg)	39.00 a	38.60a	35.00 a	27.13 b	3.63
Ganancia Diaria de peso(g)	255 a	246 ab	202 bc	170 c	6
Ganancia Total de peso (kg)	17.60 a	16.11a	16.11ab	9.53b	3.30

Letras diferentes en la misma fila denota diferencias significativas al ($P<0.05$);

E.E.M. = error estándar de la media

CONCLUSIONES

Se concluye que el forraje verde hidropónico de maíz tiene un alto contenido de proteína, con lo cual es posible obtener ganancias de pesos adecuadas en corderos de pelo alimentados con raciones que incluyan hasta un 60% del forraje.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 999.11.
- Duch GJ. 2002. Los regímenes climáticos en la conformación territorial del Estado de Yucatán. México. pp: 107-231.
- Castellanos RA. 1989. Requerimientos Alimenticios del Borrego Pelibuey. En: Tecnologías para la Producción de Ovejas Tropicales. FAO. Mérida, México y Santiago, Chile. 78-90.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2002. Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago de Chile, Chile.
- González GR, Torres HG, Arece GJ. 2011. Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína. Avances en Investigación Agropecuaria 13(3): 3-20.
- Herrera AAM.; Depablos ALA.; López MR.; Benezra SMA.; Leyla R. 2007. Degradabilidad y Digestibilidad de la Materia Seca del Forraje Hidropónico de Maíz (*Zea mays*). Respuesta Animal en Términos de Consumo y Ganancia de Peso. Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XVII, Nº 4, pp. 372 - 379, 2007. Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela.
- Huerta BM. 2001. Requerimientos nutricionales de ovinos Pelibuey y de lana. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mérida, Yucatán. pp:1-16.
- Juárez PL, Morales RH, Sandoval VM, Gómez DA, Cruz CE, Juárez RC, Aguirre OJ, Alejo SG, Ortiz CM. Producción de forraje verde hidropónico. Revista Fuente nueva época. Año 4, No. 13: pp:16-26
- Montgomery DC. 2004. Diseños y Análisis de Experimentos. Edit. Limusa. 2ª ed., Mex. 686 p.
- Morales, A. 1987. Forraje hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados. Tesis. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillán, Chile. 64 p.
- Pérez Lagos, N. 1987. Efecto de la Sustitución del Concentrado por Forraje Obtenido en Condiciones de Hidroponía en una Crianza Artificial de Terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Astrofísica. 1991. Anuario del observatorio astronómico nacional 1992. México, D.F. pp. 18-19.
- Vargas RC. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía Mesoamericana 19(2): 233-240.

Prototipo de generador para energía infinita

Meza Zaleta Orlando

Hernández Rivera Raúl

Aguilera Hernández Leodegario

Alumnos colaboradores:

Rocha Casanova Jorge Ali

Martínez Victoriano Eliud.

Del Ángel Pérez Guillermo

Osorio Cruz Yeniset Patricia

Robles Lozano Ariana María

Resumen

Este prototipo tiene como finalidad de demostrar que la utilización de energía infinita es sustentable como energía alternativa para el ahorro de energía eléctrica y combustibles fósiles. El prototipo es un mecanismo diseñado con madera, como generador impulsado por imanes (perpetuos). Los imanes están colocados en el rotor y el estator. Los campos magnéticos se repelen entre sí, lo que provoca el giro del rotor solo con la fuerza magnética entre los imanes. Una vez girando, se busca aprovechar la energía cinética para generar energía. Dicho prototipo, es como propuesta como base para la implementación de generador magnéticos, a proporciones reales, para su utilización de hogares el cual está anclado al rotor por una banda, el cual nos proporciona como resultado la energía suficiente para utilizarla.

Palabras clave: energía, innovación, economía.

Prototype generator to infinite energy

Summary

This prototype aims to demonstrate that the use of infinite energy is sustainable as an alternative for saving electricity and fossil fuel energy. The prototype is a wooden mechanical device, a generator powered by magnets (perpetual). The magnets are arranged on the rotor and stator. The magnetic fields repel each other, causing the rotor to rotate only the magnetic force between the magnets. Once running, it seeks to harness the kinetic energy to generate power. The prototype is as given as basis for the implementation of magnetic generator to actual proportions, for household use which is anchored to the rotor by a belt, which provides sufficient to result in energy use.

Keywords: energy, innovation, economy.

Introducción

Las energías alternativas plateadas como alternativas a las tradicionales clásicas son las llamadas energías renovables o energía verde, también a las que no impliquen la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo). Entre las energías renovables se encuentra la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, la biomasa y los biocombustibles.

El concepto “energía alternativa” nació aproximadamente en 1972 debido a que las energías de procedencia fósil se agotasen en un plazo más o menos corto. Aun así es importante señalar que las energías renovables son limitadas y tienen un potencial máximo de explotación, por lo cual surge el concepto de desarrollo sustentable, el cual consiste en:

- El uso de energía renovable, ya que las fuentes actualmente explotadas terminan agotándose, según los pronósticos actuales en el transcurso de este siglo XXI.
- El uso de fuentes limpias, abandonando los procesos de combustión convencionales y la fisión nuclear.
- La explotación extensiva de las fuentes de energía, proponiéndose como alternativa el fomento de autoconsumo, que evite en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica.

Todas las fuentes de energía alternativa producen algún impacto ambiental, la energía geotérmica puede ser muy nociva si se arrastran metales pesados y gases de efecto invernadero a la superficie; la eólica produce un impacto visual en el paisaje, ruido a baja frecuencia, puede ser una trampa para aves; la energía solar se encuentra entre las menos agresivas debido a la posibilidad de su generación distribuida producidas en grandes plantas de conexión en red, que utilizan gran extensión de terreno.

El presente prototipo o trabajo está basado en realizar un generador magnético, el cual se elaboró un diseño en madera (mecanismo de madera). La finalidad es que en el estator están incrustados imanes en la parte interna, teniendo un ángulo de inclinación los imanes del rotor con respecto a los que están incrustados en el estator. También forma parte de la estructura un rotor en el cual los imanes están contrapuestos en un ángulo interpuesto con respecto a los ubicados en el estator. Hay una distancia entre el estator y el rotor que permite girar libremente al haber fuerzas de repulsión entre los imanes. El diseño de este trabajo es madera principalmente, el estator esta sostenido por una base de madera en la cual están ubicados los soportes en los cuales gira el rotor sobre bujes para sostenerse. El accionar de este dispositivo, es aprovechar que el giro de repulsión para generar energía gratuita o más económica, buscando sustituir por la energía convencional; teniendo como objetivo de apoyar a toda persona que no cuente con la energía eléctrica así como, aquellos que desean cambiar de manera alternativa por una energía más económica. Cabe mencionar que este tipo de prototipos aun esta aprueba y se busca dar ese paso para aprovechar ese recurso de manera gratuita.

Metodología

La idea principal nace en la construcción de un generador, un generador a base de madera, primeramente como parte económica, esto sin perder la idea original que es la de buscar que el prototipo genere repulsiones a base de imanes, es decir; que revolucione para aprovechar las mismas como mecanismo para generar energía eléctrica y aprovecharla. A continuación se van descifrando la construcción del prototipo.

El prototipo consta de medidas 25 cm x 25 cm x 5 cm, a continuación se muestra parte de cada una que lo constituye.

Imanes de Neodimio

Para la determinación de las fuerzas en Gauss Teniendo la calificación de gauss si se multiplica por 3.9 y el número resultante supera los 12,800 gauss, ya no será posible confiar en esta aseveración. Dado que el mayor gaussaje en un imán de Alnico o Neodimio es alrededor de esta cifra que corresponde a su potencia en Gauss INTERIOR. A modo de ejemplo, un imán 987 gauss fuerza externa nominal equivale a 3.950 gauss fuerza interna nominal magnética.

El alemán Karl Friedrich Gauss (1777-1855) aplicó principios matemáticos a un campo magnético. Así nació la calificación de Gauss para medir la fuerza del magnetismo

La calificación de Gauss de un imán puede ser engañosa. La fuerza del campo magnético se cae muy rápidamente de la superficie del imán mientras este se aleja de la zona objetivo. La fuerza en gauss real que penetra dentro de los tejidos humanos puede ser mucho menor que el número de gauss que el imán posee en su superficie cuando este se aleja de la zona objetivo. No sólo es importante la fuerza magnética para conseguir una buena determinación, sino también el tamaño del imán es determinante. Cuanto más grande es el imán más grande es el campo.

Un imán tiene que ser bastante fuerte para penetrar profundamente en los tejidos humanos. Ejemplo Ferrita Cerámico con un mínimo de (gauss Interno=3,850, Gauss externo = 987) Para penetrar a una profundidad de una pulgada que debe tener una calificación mínima de 987 gauss fuerza externa. Para 2” pulgadas de penetración el imán deberá poseer 2,770 a 3,153 gauss calificación externa fuerza que corresponde al imán de Neodimio NdFe en sus diferentes graduaciones (27 al 35).

Los imanes son de neodimio, los que utilizamos para este prototipo son los utilizados de discos duros, colocados tanto en el estator y rotor a una colocación de 30° grados de inclinación, esto es para que al girar se coloquen de manera paralela al pasar uno con otro.



Fig. 1. Imanes de Neodimio

- Son utilizados en entornos industriales, médicos y educativos.
- Poseen la mayor potencia magnética.
- Su aleación consta de boro, hierro y neodimio.
- Son frágiles, susceptibles a fracturas.
- Pierden su magnetismo con el exceso de calor.
- Su fuerza aumenta conforme al tamaño.



Fig. 2. Imanes de Neodimio tipo bloque

Material:
Forma: Bloque
Tamaño: 25,4 x 25.4 x 12.7 mm
Revestimiento: Niquelado
Fza. Sujeción: aprox. 20kg.
Temp. De serv. Max.: 80°C
Peso: 62 g

Estator

En la figura 3, medidas 25 cm x 25 cm x 5 cm, Se inició con un troquelado de las ranuras para la colocación de los imanes; los cuales se realizó un estator en donde se colocaron los imanes incrustados, está hecho de madera con ranuras a distancias equivalentes para que en campo magnético sea igual y haya una buena distribución del campo magnético.



Fig. 3. Corte de las ranuras de la parte estática.

En la figura 4, se le colocó una capa para encapsular a los imanes y que por fuerza de repulsión no se salgan del lugar en donde están colocados, teniendo una estabilidad de su funcionamiento y un buen resguardo para que no se introduzcan objetos dentro de este dispositivo y que puedan afectar en su funcionamiento.



Fig. 4. Tapa circular para cubrir los imanes y evitar su caída

El rotor.

Las medidas para este rotor de 15 cm de diámetro, como se muestra en la figura 5. El rotor está constituido por un círculo de madera en donde se incrustaran los imanes de neodimio y en su centro tiene un eje el cual será sostenido con bujes para lograr un giro y poder aprovechar el movimiento mecánico para poder generar energía.



Fig. 5. Diámetro del rotor.

Soporte metálico para sostener los bujes del rotor y que a su vez los bujes sostengan a la armadura del rotor, también nos sirve para disipar el calor producido y evitar que la madera tenga un desgaste por fricción o calor, figura 6.



Fig. 6. Soporte de la armadura.

En la figura 7, se alinearon los bujes para que el eje este en un ángulo recto y que tengan una alineación respecto al centro respecto a el rotor, teniendo así un mejor funcionamiento.



Fig. 7. Alineación de la base fija y la giratoria.

Se buscó una alineación lo más cercano esto es para que la repulsión sea más efectiva.



Fig. 8. Presentación de la parte fija y giratoria.

Las piezas después del corte y el ensamble del prototipo, lo observamos en la figura 9.



Fig. 9. Partes y ensamble del prototipo.

Vista del prototipo armado y de diferente ángulo, figura 10.

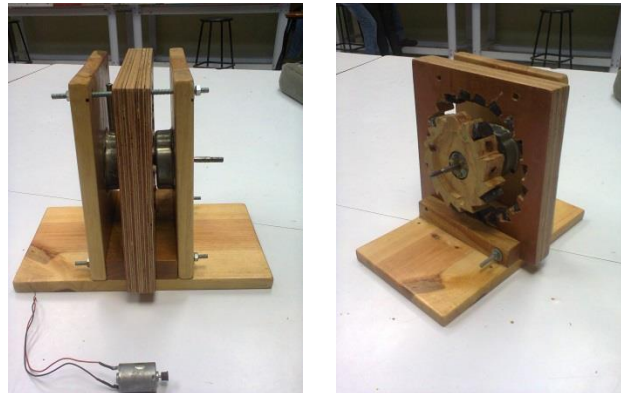


Figura 10. Prototipo armado izquierdo y derecho sin tapas frontal.

Conclusiones

El resultado de este prototipo es la obtención de un dispositivo como impulsor para ser utilizado para aprovechar la energía cinética y genera energía eléctrica. Se debe tener en cuenta que el estudio de la energía renovable mediante este tipo de medios como el que se presenta, es una de las formas para aprovechar la generación de la energía de manera gratuita y poderla sustituir por la convencional que llega a nuestros hogares. La finalidad es la hacerla más económica y duradera por tiempos indefinidos. La pretensión es buscar mejorar lo que ya existe innovar y buscar el apoyar al que aún carece de esta energía y los que ya contamos con ella, reducir nuestros costos y tener independencia de la que nos gobierna actualmente.

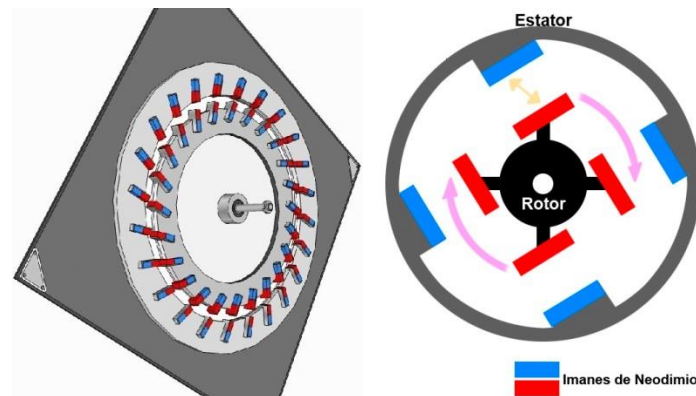


Fig. 11. Diseño del prototipo final.

Recomendaciones

Para este tipo de prototipo es recomendable estabilizar la parte giratoria con la estática, debido a que la fuerza de los imanes de Neodimio, por la misma fuerza de repulsión hace que se desestabilice los sujetadores o soportes como bujes y los mismo imanes se salgan de su estado o colocación haciendo que no gire o pierda fuerza en las revoluciones. Es recomendable que todos los imanes en este caso sean de la misma capacidad de gauss para que todos estén a la misma fuerza, con uno solo esto provoca desigualdad y variaciones en las revoluciones.

Referencias

1. Collocott S.J. et al., 1999, Materials Science Forum, 315-317, 77
2. **Escotet Suarez, Monsuelo.** Experimentos de física: investigación científica en secundaria. Narcea Ediciones, 1999. P. 176.
3. **Echenoz, Jean.** *Relámpagos*, Anagrama, Barcelona, 2012, 149 pp.
4. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials.** Vol. 220, Issues 2-3, Octubre 2000. P. 115-123
5. **K.H.J. Buschow.** (1998) *Permanent-Magnet Materials and their Applications*, Trans Tech Publications Ltd., Suiza
6. **Pyrhönen Juha, Jokinen Tapani, Hrabovcová Valéria.** (2009).. *Design of Rotating Electrical Machines*. p. 232.
7. **Weng, Lin, Ph.D.** Tailoring properties and functionalities of nanostructures through compositions, components and morphologies. UNIVERSITY OF MARYLAND, COLLEGE PARK, 2013, 144 pp.
8. www.enfoqueeducativo.es/revista@enfocueeducativo.es

9. www.supermagnete.de/spa/faq/Disponen-de-un-iman-con-X-gauss

Sistema telemétrico para la planeación de trayectorias de un robot móvil

López Iván Marissa Yareth
González Zárate Rafael Fernando
Sánchez Soto Eduardo

RESUMEN

En este trabajo se presenta la implementación de un sistema telemétrico y un sistema de generación de trayectorias para un robot móvil. La telemetría une sinérgicamente los sistemas de adquisición de datos con los sistemas de comunicación. Estos sistemas se utilizan para la medición de las variables del entorno de manera remota. La telemetría es utilizada en este trabajo para realizar el envío de la información obtenida de un robot móvil a una estación de trabajo. En la estación de trabajo se realizan los cálculos de la trayectoria para la navegación del robot.

La adquisición de información se realiza por medio de cinco sensores ultrasónicos para la detección de objetos y su distancia con el robot, así como la utilización de dos encoders de cuadratura (para la obtención de la posición y desplazamiento del robot). Dos microcontroladores son centro del sistema telemétrico, el primero es el encargado de leer los pulsos entregados por los encoders, así como, gestionar la comunicación de la información generada por los sensores ultrasónicos, así como transmitir por radiofrecuencia esta información. El segundo, enlaza esta información con la estación de trabajo, donde se realiza el cálculo de la trayectoria que genera el desplazamiento del robot, con el objetivo de evadir los obstáculos que se encuentren presentes en su trayectoria.

Palabras clave: telemetría, robot, trayectoria.

ABSTRACT

In this work the implementation of a telemetry system and a trajectory generation system for a mobile robot is submitted. The telemetry binds synergistically the data acquisition systems with systems. These systems are used for measure environment variables in a remote manner. In this work the telemetry are used to send the information obtained by means of data acquisition system of a mobile robot to a work station. In this workstation the trajectory for the mobile robot navigation is computed.

The acquisition of information is performed by means of five ultrasonic sensors for the object detection and two quadrature encoders (for the position and the displacement of the robot). Two microcontrollers are center of the telemetry system, the former is in charge of reading the pulses delivered by the encoders, as well as manage communication of information generated by the ultrasonic sensors and transmit this information by radio frequency. The second, link this information to the workstation, where the calculation of the path generated by the movement of the robot, in order to avoid obstacles that are present in the path is performed.

Keywords: telemetry, robot, trajectory.

INTRODUCCIÓN

Con el transcurso de los años el hombre ha tenido la necesidad de manipular sistemas a distancia, con la finalidad de reducir el tiempo de ejecución de los trabajos y sobre todo con mayor seguridad. Por este motivo surge un área de la tecnología que une sinérgicamente la metrología con los sistemas de comunicación, conocida como telemetría. Esta, ayuda a entablar la comunicación cableada o inalámbrica, obteniendo mediciones de variables a través de sensores como son: distancia, velocidad, posición, entre otras. Las aplicaciones se presentan en gran variedad de campos, entre los cuales se incluyen trabajos subterráneos, exploraciones espaciales, aplicaciones militares.

El problema que se aborda en este trabajo es el cómo realizar la comunicación entre el sistema de adquisición de datos en el robot y la estación de trabajo, así como el proceso mismo de generación de trayectorias. La comunicación entre diversos dispositivos puede realizarse por dos medios: cableado e inalámbrico. Un sistema cableado limita el espacio de trabajo y provoca que el desplazamiento de cualquier tipo de robot móvil sea ineficiente. Por otra parte las comunicaciones inalámbricas infrarroja o láser o por radiofrecuencia permiten un desplazamiento más amplio en diversos entornos de trabajo. La comunicación por medio de radiofrecuencia se estima como la más recomendable para realizar la comunicación entre la estación de trabajo y el robot móvil (telemetría).

DESARROLLO

En la robótica móvil la posición y el desplazamiento son variables importantes debido a que sirven para conocer la ubicación y orientación del robot. Cuando se habla de robots autónomos se refiere a su capacidad de realizar tareas sin que intervenga el hombre, esto es, el robot debe ser provisto de sensores, sistemas mecánicos y unidad de procesamiento, de tal forma que este pueda tomar decisiones, a fin de llevar a cabo en forma precisa una tarea asignada. Para dar mayor capacidad de decisión a los robots se necesitan de procesadores más grandes, lo que requiere de un consumo mayor de energía, provocando que su tamaño y peso sean mayores. Una forma de resolver este problema es con el uso de la teleoperación [1] donde el control o la toma de decisión se realiza a distancia y se envía para que el robot pueda actuar. La implementación del sistema telemétrico de este trabajo consiste en tres etapas: adquisición de datos para el robot, diseño del protocolo de comunicación y el sistema de generación de trayectorias. El robot móvil con el que se trabaja es de tipo terrestre con locomoción a ruedas y configuración diferencial. Se construyó el prototipo que se muestra en la figura 1, donde se montaron los sensores ultrasónicos y los encoders (uno en cada motor). Debido a que los objetos pueden presentarse en cualquier parte del camino se colocaron tres sensores en la parte frontal, para evitar colisiones con objetos estáticos y móviles, y dos en la parte trasera para evitar colisiones por alcance. Los encoders se encuentran colocados en las llantas traseras del robot. Cada encoder obtiene la posición de cada una de las llantas, información requerida para el cálculo de la generación de trayectorias.



Figura 1 robot móvil tipo diferencial vista superior e inferior.

ADQUISICION DE DATOS

Los codificadores ópticos convierten el desplazamiento lineal en una señal digital con un diodo emisor de luz infrarroja debe ser detectado por un elemento foto-sensible (fotodiodo). Las transiciones oscuro-luz y luz-oscuro son generadas cuando la luz incide en la sección dentada y rebota. Se utilizó un encoder de cuadratura



para ruedas Pololu de 42x19 mm. Ver figura 2.

Figura 2 Motorreductor con soporte para montaje y encoder Pololu.

Para detectar obstáculos se emplean medidores de distancias. Existen gran variedad de medidores de distancia: los sensores de laser de medida de desfase, laser de tiempo de vuelo y ultrasónicos entre otros. Los sensores de ultrasonidos son de costo bajo, y su funcionamiento es muy similar a los laser. En la figura 3 se muestra la detección cónica de los medidores ultrasónicos; Emiten pulsos $> 20\text{kHz}$ y se determina el tiempo que tarda en recibir la señal reflejada por el objeto. El robot utiliza sensores ultrasónicos modelo SRF10 presentado en la figura 3. Estos son capaces de detectar objetos a una distancia de seis metros y al comunicarse con un microcontrolador por medio de un protocolo I²C (Inter Integrated Circuit).

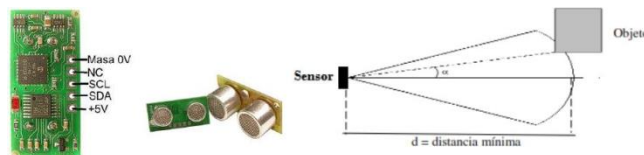


Figura 3 Sensor de ultrasonido y campo de acción del pulso.

Existen inconvenientes que influyen de una forma determinante en las medidas realizadas. Entre dichos factores cabe destacar:

- El campo de acción del pulso transmitido tiene forma cónica. Este indica la presencia del objeto más cercano, por lo tanto, no especifica en ningún momento la localización angular.
- La cantidad de energía acústica reflejada por el obstáculo depende en una gran medida de la estructura de su superficie.
- Los factores ambientales tienen una gran repercusión sobre las medidas. Por ejemplo la temperatura influye sobre la velocidad de propagación de la onda en el aire.
- Falsos ecos producidos por diversas razones. La onda emitida se refleja varias veces en diversas superficies antes de que vuelva a incidir en el transductor por ejemplo.

e) Las ondas de ultrasonido obedecen a las leyes de reflexión (ángulo de incidencia igual al ángulo de reflexión respecto a la superficie normal).

COMUNICACION

La comunicación se realiza con los módulos de transmisión y recepción modelo TWS-BS y RWS-374 que son fabricados por Co. Electronics Wenshing. Estos utilizan una modulación ASK con un rango de frecuencia de 433 MHz a 315 MHz. Estos permiten trabajar con transmisiones seriales con velocidades de transmisión de hasta 4800 bps. En este trabajo se realiza la transmisión con un protocolo similar al serial a distinta velocidad y tamaño de palabra.

METODOLOGIA

DISEÑO DEL SISTEMA DE PERCEPCIÓN ULTRASÓNICA

El diseño del sistema de percepción ultrasónica se dividió en tres etapas: la ubicación de los sensores ultrasónicos, las pruebas de medición de distancia y las mediciones de los conos de detección generados por los sensores.

UBICACIÓN DE LOS SENSORES

Los sensores ultrasónicos emiten una señal de sonido no audible, esperando el eco y midiendo el tiempo que tarda en retornar. La colocación y utilización alternada de los sensores (figura 1) fue seleccionada para minimizar las interferencias provocadas por la emisión de los sensores contiguos.

PRUEBAS DE MEDICIÓN DE DISTANCIA

Para la caracterización de los sensores ultrasónicos. Estas pruebas se hicieron modificando los parámetros de configuración del sensor (ganancia y alcance máximo de detección). Los objetivos de las pruebas fueron tres; la detección de objetos, obtener un margen de error en su medición y la detección del alcance máximo.

Prueba 1 (Funcionamiento de los sensores).- Estableciendo un alcance de un metro con una ganancia de 500, se ubico el robot en una mesa de trabajo con objetos a diferentes distancia y tamaños ver tabla 1.

SENSORES	S1	S2	S3	S4	S5
Distancia medida por el sensor (centímetros)	15	49	39	37	32
Distancia real (centímetros)	17	50	39	36	35

Tabla 1 Lectura de los cinco sensores con alcance de un metro y ganancia de 500.

PRUEBA 2 (Margen de error).- Utilizando un objeto de 12.3x8.2x2cm se realizaron distintas pruebas para detectar la diferencia de la medición del sensor con el valor real a distancia mínima. Se comenzó con el sensor uno colocando un objeto a una distancia de 9cm, el sensor registró 10cm, las especificaciones del sensor precisa, que hay un margen de error de uno o dos centímetros. Debido a que la distancia mínima de detección del sensor es 6cm, para los objetos posicionados a una distancia menor se registran los mismos 6 cm.

PRUEBA 3 (Medidas máximas).- Cuando se utiliza el sensor ultrasónico a nivel de piso las imperfecciones de este provocan un eco antes de detectar un objeto. La mayoría de los pisos no son lisos, por lo cual para realizar las mediciones máximas se propuso levantar los sensores para tener una mejor distancia de detección. Para realizar estas mediciones el robot móvil se ubicó a 67 cm por arriba del nivel del suelo. Los objetos más

cercanos se ubicaron a más de un metro de distancia. Se tomaron las distancias máximas con cada uno de los sensores, con una ganancia de 700 y una distancia de un metro de alcance máximo.

Ninguno de los sensores marcaba la distancia establecida. Por lo tanto se modificó el alcance máximo a una distancia de 6 metros, con la finalidad de que al detectar objetos cuente con suficiente distancia para evadirlos.

PRUEBA 4 (Distancia máxima de 6 metros).- Con esta nueva distancia máxima seleccionada, los sensores a 67 cm de altura y una ganancia de 700, comenzaron a realizarse medidas aceptables a un metro, sin embargo seguían sin registrar objetos a seis metros.

Cabe mencionar que a pesar de no registrar objetos a la distancia de 6 metros, es posible usar esas distancias para evadir los objetos.

PRUEBA 5.- El robot móvil debe trasladarse a nivel del piso no importando la superficie. Por lo tanto se regreso a nivel de piso el robot. Los rebotes seguían persistentes, sin importar la ganancia ni la distancia fijada en el sensor. Es por este motivo que se modificó la altura de los sensores, siendo a 25 cm del suelo, altura en la cual se mantuvo la distancia de un metro sin rebotes. Estos datos se muestran en la tabla 2.

SENSORES	S1	S2	S3	S4	S5
Distancia medida por el sensor (centímetros)	94	86	51	79	86
Distancia real (centímetros)	450	190	290	720	210

Tabla 2 Lectura de los cinco sensores con alcance de un metro, ganancia de 700 y una altura de 25cm.

CARACTERIZACIÓN DE LOS CONOS DE DETECCIÓN GENERADOS POR LOS SENSORES

Con las distancias de medición fijas, se procedió a caracterizar los límites de detección angular de cada sensor. En la figura 5 se ilustran, con diferentes colores para cada sensor, los semicírculos con el radio de la distancia máxima de medición y con otro color diferente el cono de detección. Por ejemplo, para el sensor uno (S1) su semicírculo es de color rosa y su cono de detección es de color verde y su ángulo se llama α . Los ángulos α_1 y α_2 son diferentes debido a la dirección en la que se encontraba el robot móvil con respecto al dibujo. Para saber el límite de ambos lados se utilizó un objeto de 59x76 cm. Con este objeto se realizó un barrido para medir el punto del cual cada sensor empezaba a detectar el objeto, hasta el punto en que el sensor dejará de detectarlo. Para terminar, se realizó el cálculo angular de cada cono por medio de la fórmula de longitud de arco.

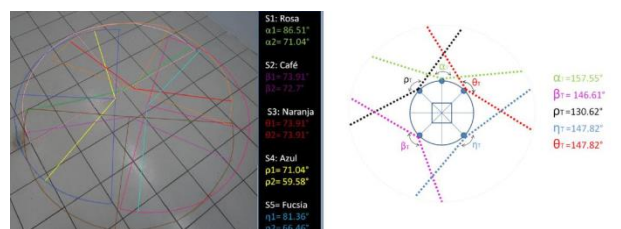


Figura 5 Dibujo de los ángulos de cada sensor.

DISEÑO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE DESPLAZAMIENTO.

Para el diseño del sistema de medición de desplazamiento se utilizaron ruedas pololu. Esta rueda, ilustrada en la figura 6, consta de una sección dentada cuyo diámetro es de 4cm, recubierta de una rueda de goma con diámetro exterior es de 7cm. La sección dentada consta de 12 dientes con separación de 1cm.

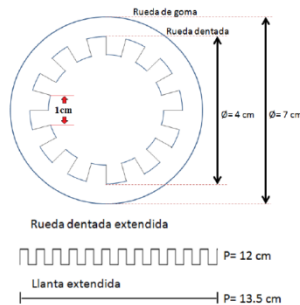


Figura 6 Diámetro y perímetro de las ruedas.

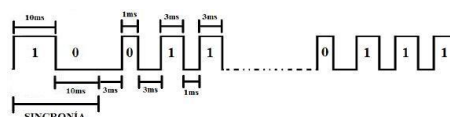
El encoder óptico, montado en la rueda, detecta cada ausencia o presencia de diente en la sección dentada de la rueda, generando un pulso. Para determinar el desplazamiento del robot, se debe contar el número de pulsaciones y multiplicarlo por un factor de 1.125 para obtener la distancia del arco exterior generada por este desplazamiento. El conteo de los pulsos de los encoders se realiza en dos contadores del microcontrolador pic16f877a. Este microcontrolador cuenta con tres de ellos: TMR0, TMR1 y TMR2, los dos primeros pueden funcionar de dos maneras como temporizador interno o contador externo forma en la cual están configurados [2].

DISEÑO DEL PROTOCOLO TELEMÉTRICO DE COMUNICACIÓN

Existe una gran variedad de protocolos de comunicación por ejemplo: RS232C, I2C, SPI, Ethernet, por mencionar algunos. Todos estos métodos no son más que reglas que se deben cumplir para lograr la comunicación entre dos o más dispositivos. Cada uno de estos sigue diferentes estándares para establecer su forma de sincronización, codificación, así como la detección y la posible corrección de errores en la transmisión del mensaje enviado de un transmisor a un receptor.

En este trabajo se emplean el transmisor y receptor modelo TWS-BS RWS-374 respectivamente, los cuales pueden trabajar por medio de una comunicación RS232C. Este protocolo está diseñado para manejar palabras de 8 bits. Sin embargo, para representar la información de la lectura del encoder se utiliza una representación en punto flotante de 32 bits según el estándar de C. Es por este motivo que se optó por realizar una comunicación distinta, descrita a continuación.

La forma de comunicación desarrollada se basa en el envío de información bit a bit, para lo cual se utilizan dos bits de sincronía. Estos dos bits tienen un tiempo de duración de 10ms, uno en alto (1) y el otro en bajo (0). La transmisión comienza con el envío del bit de sincronía en *uno*, seguido por el bit de sincronía en *cero*, con la finalidad de que el transmisor y el receptor se sincronicen en la transmisión. A continuación se envía la



cadena de bits a transmitir, en este caso los 32 bits de la lectura del encoder. Cada bit de información tendrá una duración de 4ms. Para un dato *cero* se tendrá una duración de 1ms en alto seguido por un nivel bajo con duración de 3ms. En el caso de un dato *uno*, tendrá una duración de 3ms en alto seguido de 1ms en nivel bajo, ver figura 7.

Figura 7 Forma de comunicación en el envío de la información.

La etapa de recepción se realiza mediante el proceso descrito anteriormente. El receptor entra en un estado de espera, en el que se verifica el bit de sincronía, y comienza a recibir el dato. Una vez que en esta etapa se recibe el dato, este es separado en paquetes de ocho bits para su posterior envío a través del PIC por medio del RS232 a la estación de trabajo. La comunicación con el microcontrolador central y los sensores ultrasónicos se basa en el mismo tipo de transmisión, la única diferencia es que los sensores generan como señal de medición un dato entero de 16 bits. En la figura 8 se muestran las funciones para la transmisión y recepción

```

1 void enviar(float dato32){
2   int i;
3   Salida = 0; // Asegura inicio en cero.
4   Salida = 1;
5   delay_ms(10); // Pulso de sincronía alto de 10 mseg.
6   Salida = 0;
7   delay_ms(10); // Pulso de sincronía bajo de 10 mseg.
8   for(i=32;i>0;i--){
9     if(bit_test(dato32,i-1) == 1){
10      Salida = 1;
11      delay_ms(3); // Envía un pulso alto de 3 mseg.
12      Salida = 0;
13      delay_ms(1); // Envía un pulso bajo de 1 mseg.
14     }
15     else{
16      Salida = 1;
17      delay_ms(3); // Envía un pulso alto de 3 mseg.
18      Salida = 0;
19      delay_ms(1); // Envía un pulso bajo de 1 mseg.
20     }
21   }
22   delay_ms(10); // Pulso bajo de 10ms entre trenes de pulsos
23 }

1 float recibir(){
2   Tiempo = 0;
3   while(Tiempo < 999){
4     while(Entrada == 0); // Detectar el primer pulso alto de 10 mseg.
5     // Está bajo y espera que suba
6     set_timer(0); // Pone a cero el Timer 1.
7     while(Entrada == 1); // Se mantiene en el pulso alto.
8     Tiempo = get_timer(); // Toma el tiempo en alto, al salir de alto,
9     // fin while Tiempo de sincronía
10    set_timer(0);
11    Tiempo=0;
12    for(i=32;i>0;i--){
13      while(Entrada == 0);
14      set_timer(0);
15      while(Entrada == 1);
16      Tiempo = get_timer();
17      if ((Tiempo) > 280){
18        bit_set(dato32,i-1);
19      }
20      if ((Tiempo) < 110){
21        bit_clear(dato32,i-1);
22      }
23    }
24    // Fin del for
25    return dato32;
26  }

```

de datos de los encoders con 32 bits de tamaño.

Figura 8 Funciones de transmisión y recepción de 32 bits.

SISTEMA DE GENERACIÓN DE TRAYECTORIAS

A diferencia de los robots manipuladores, los cuales se mueven dentro de espacios completamente conocidos (estructurados), es común que los robots móviles se desplacen en medios desconocidos o que en el mejor de los casos estén sujetos a cambios (entornos no estructurados). Para desplazarse de un punto inicial a un punto final, sin colisionar con objetos en su espacio de trabajo, el robot móvil debe generar una trayectoria espacial y temporal desde su origen a su destino. Además, debido a que por lo general el ambiente en el que se desplaza el robot móvil es no estructurado, debe ser capaz de modificar esta trayectoria cuando por medio de sus dispositivos de sensado detecta un objeto en la ruta trazada, esto es planificación de caminos. Existen gran cantidad de enfoques para realizar esta tarea. En este trabajo, de acuerdo al alcance planteado, la planeación de trayectorias se realiza por medio de una técnica de interpolación. Para la planificación de caminos (detección y evasión de obstáculos) se utilizó un método basado en modelos geométricos [3]. Cuando un sensor detecta un objeto es porque se encuentra dentro de su cono de detección regresando una lectura lineal de la distancia entre el sensor y el objeto. Esto genera dos problemas importantes:

El primero es, que no se conoce en realidad la posición del objeto con respecto al robot (solo la distancia).

El segundo es el caso en que dos sensores adyacentes detectan un objeto sin poder determinar si es el mismo objeto. Para resolver este problema se utilizará un enfoque geométrico considerando la siguiente configuración de los sensores en donde es posible caracterizar cada uno de los triángulos que se generan entre

dos sensores adyacentes y el centro del robot, ver figura 9, igualmente el caso en que dos sensores detectan a un mismo objeto.

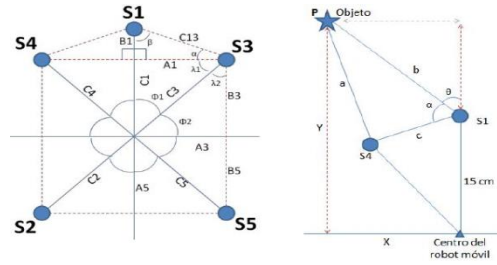


Figura 9 Configuración de los sensores y sus triángulos, así como la triangulación entre dos sensores hacia un mismo objeto.

Primero se calculan los ángulos internos de los triángulos del S3 con respecto al eje horizontal. Conociendo las variables A3 (10.6cm del centro a la línea B3) y C3 (15cm del centro del robot a los sensores) se obtiene B3. Esto nos ayuda para calcular los ángulos internos. A continuación se desarrollan los cálculos.

$$B3 = \sqrt{(C3^2 - A3^2)} = \sqrt{((15)^2 - (10.6)^2)} = 10.61 \text{ cm}$$

$$\phi2 = \sin^{-1} \frac{B3}{C3} = \sin^{-1} \left(\frac{10.61}{15} \right) = 45.01^\circ$$

$$\lambda2 = \sin^{-1} \frac{A3}{C3} = \sin^{-1} \left(\frac{10.6}{15} \right) = 44.96^\circ$$

$$\phi1 = 90 - \phi2 = 44.99^\circ$$

$$\lambda1 = 90 - \lambda2 = 45.04^\circ$$

Para los sensores subsecuentes se realizan los cálculos de manera similar. Cuando dos sensores en posiciones adyacentes detectan un mismo objeto, se utiliza una triangulación para determinar la posición (x,y) de este, ya que se conocen los tres lados del triángulo (figura 9).

Esta misma configuración se sigue para cada uno de los lados del pentágono irregular que se genera al tomar cada sensor como una arista. A fin de conocer si el objeto detectado por los dos sensores es el mismo se evaluarán las coordenadas (x,y) obtenidas en la ecuación del círculo de radio r para cada sensor [4], estas son: $15(\cos 45) = 10.6$ y $15(\sin 45) = 10.6$.

S1 =

$$x^2 + y^2 - 30y + 225 = r^2$$

S2 = S3 = S4 = S5 =

$$x^2 + 21.12x + 112.36 + y^2 + 21.12y + 112.36 = r^2$$

Si el resultado de esta evaluación es el mismo en la ecuación de sensores adyacentes, el objeto es el mismo, en caso contrario son objetos diferentes.

GENERACIÓN DE TRAYECTORIA MEDIANTE EL MÉTODO DE POLINOMIOS CÚBICOS CON PUNTOS DE PASO.

A fin de generar la trayectoria deseada para el robot, la representación de la curva en el plano (x,y) se realizará por medio de sus ecuaciones paramétricas.

$$p(\lambda)=[x(\lambda),y(\lambda)]=[r(\lambda),\theta(\lambda)] \quad (1)$$

Donde λ es el parámetro, $x(\lambda)$ e $y(\lambda)$ son funciones asociadas en coordenadas rectangulares y $r(\lambda)$, $\theta(\lambda)$ son funciones asociadas en coordenadas polares.

Para la generación de las trayectorias es necesario considerar que la curva generada tiene primera derivada, es decir la velocidad de la curva es al menos continua a pedazos. Por consiguiente, las restricciones son:

$$p(\lambda_0)=p_0 \quad (2)$$

$$p(\lambda_f)=p_f \quad (3)$$

$$p'(\lambda_0)=p'_0 \quad (4)$$

$$p'(\lambda_f)=p'_f \quad (5)$$

Para que se cumplan estas restricciones se requiere un polinomio de grado tres (cúbico):

$$p(\lambda)=a_0+a_1\lambda+a_2\lambda^2+a_3\lambda^3 \quad (6)$$

$$\text{La segunda derivada es } p''(\lambda)=2a_2+6a_3\lambda \quad (7)$$

$$\text{Considerando } \lambda_0=0, \text{ entonces tenemos } p(\lambda_0)=a_0+a_1(0)+a_2(0)+a_3(0)=p_0 \quad (8)$$

$$\text{Por lo tanto } a_0=p_0 \quad (9)$$

$$\text{Ahora para } \lambda_f \text{ se tiene que } p_f=a_0+a_1\lambda_f+a_2\lambda_f^2+a_3\lambda_f^3 \quad (10)$$

$$\text{De la misma forma para las derivadas } p'(\lambda_0)=a_1+a_2(0)+a_3(0) \dots (11) \text{ y } a_1=p'_0 \dots (12) \text{ y } p_f=a_1+2a_2\lambda_f+3a_3\lambda_f^2 \dots (13) \text{ y resolviendo se obtiene: } a_0=p_0 \dots (14), a_1=p'_0 \quad (15)$$

$$a_2=(3/\lambda_f^2)(p_f-p_0)-(2/\lambda_f)p'_0-(1/\lambda_f)p'_f \quad (16)$$

$$a_3=(-2/\lambda_f^3)(p_f-p_0)+(1/\lambda_f^2)(p'_0+p'_f) \quad (17)$$

Ejemplo: Se tiene el robot móvil el cual se desea pasar de un ángulo de 0° y una posición inicial P cero, a un desplazamiento $P=(1,1)$ con un ángulo de $\theta=45^\circ$ en 2 segundos, tal como se muestra en la figura10. Por medio del método de polinomios cúbicos se obtienen dos polinomios uno para el desplazamiento lineal y otro para el desplazamiento angular.

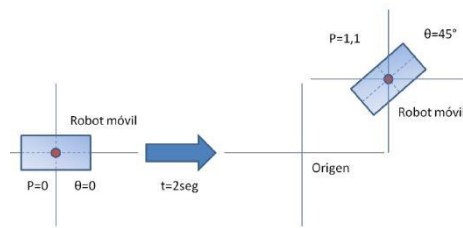


Figura10 Desplazamiento del robot móvil.

Las ecuaciones paramétricas de la ecuación (1) son los valores a calcular. Teniendo un polinomio de 3er orden para el desplazamiento angular:

$$\theta(t) = a_0 + at + a_2 t^2 + a_3 t^3 \quad (18)$$

Con condiciones iniciales y finales provenientes de las ecuaciones (2), (3), (4) y (5):

$$\theta(t_0) = 0 \text{ posición inicial}$$

$$\theta(t_f) = 45 \text{ ángulo inicial}$$

$$\theta'(t_0) = 0 \text{ velocidad inicial}$$

$$\theta'(t_f) = 0 \text{ velocidad final}$$

Estas condiciones se aplican a las ecuaciones(14), (15), (16) y (17). Por lo tanto los parámetros son los siguientes: $a_0 = 0$, $a_1 = 0$, $a_2 = 33.75$, $a_3 = -11.25$ y sustituyéndose en (18) se tiene:

$$\theta(t) = 33.75t^2 - 11.25t^3.$$

El cálculo del polinomio de desplazamiento lineal se utiliza las mismas ecuaciones que ayudaron a obtener el desplazamiento angular. Por lo tanto el polinomio quedaría de la siguiente forma:

$$r(t) = \ddot{a}_0 + \ddot{a}t + \ddot{a}_2 t^2 + \ddot{a}_3 t^3$$

Con los parámetros: $\ddot{a}_0 = 0$, $\ddot{a}_1 = 0$, $\ddot{a}_2 = (3/2^2)(\sqrt{2})$, $\ddot{a}_3 = (-2/2^3)(\sqrt{2})$

En grados sería: $\ddot{a}_2 = 1.06066017$ y $\ddot{a}_3 = -0.3535534$, entonces: $r(t) = (3/2^2)(\sqrt{2})t^2 - (-2/2^3)(\sqrt{2}) t^3$.

Las gráficas del comportamiento del desplazamiento lineal y angular son las siguientes.

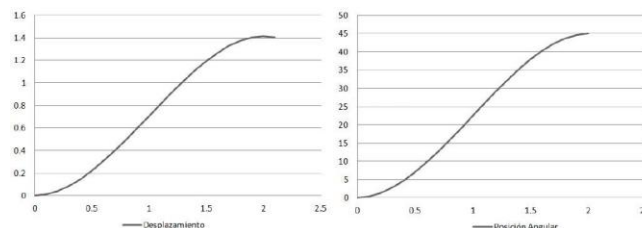


Figura 11 Gráfica del desplazamiento en cm (r) y posición angular en grados (θ).

Para la etapa de control se requiere utilizar como entradas de control las velocidades tanto lineal como angular. Estas gráficas se presentan a continuación en la figura 12.

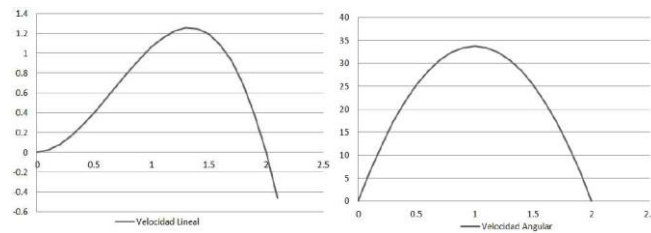


Figura 12 Gráfica de velocidad lineal y velocidad angular.

Estas gráficas representan la trayectoria que debe seguir el robot entre dos puntos con velocidades iniciales y finales cero. Ahora consideremos que se tiene un robot móvil, situado en el punto inicial y con destino a un punto final que debe evitar un obstáculo detectado mediante el sistema sensorial. La generación de la trayectoria puede ser planteada como en el caso anterior dado un punto inicial Q_{in} y un punto final Q_{fin} , pasando por uno o más puntos intermedios Q_{pas-i} , como se ve en la figura 13.

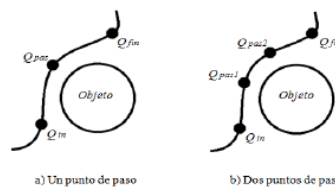


Figura 13 Generación de trayectoria para evitar obstáculos con uno y dos puntos de paso.

Estos puntos se les llaman puntos de paso. Los puntos de paso normalmente se definen con una cierta tolerancia con respecto a los obstáculos, con lo cual es frecuente que no se exija que el robot pase exactamente por el punto de paso, sino suficientemente próximo. Para ocupar el algoritmo anterior se calculan más de una trayectoria. Por ejemplo si solo se tiene un punto de paso, el robot móvil calcula dos trayectorias. El primer punto se toma como punto inicial y la primera trayectoria se dirige al punto de paso. En la siguiente trayectoria el punto de paso se toma como un nuevo punto inicial y la trayectoria se dirige al punto final, como se puede ver en la figura 13a. Cuando se tiene más de un punto de paso, como se ve en la figura 13b, se incrementa el número de trayectorias de manera secuencial siguiendo este mismo procedimiento.

CONCLUSIONES

En este trabajo se construyeron tres sistemas independientes con el propósito de realizar el sistema de telemétrico para la generación de trayectorias en un robot móvil. El primero, un sistema de adquisición sensorial capaz de percibir tanto el desplazamiento del robot como objetos que se encuentren en su entorno, cuantificando estos parámetros. El segundo es un sistema de comunicación inalámbrico vía radio frecuencia. Para este sistema se implementó un protocolo de comunicación para satisfacer las necesidades de transmisión de los datos de acuerdo a las características particulares de cada uno de ellos. El tercer sistema es una comunicación diseñada sobre un protocolo rs232 que permite la comunicación del sistema telemétrico con una estación de trabajo dedicada al procesamiento de estos datos. Como parte del sistema de generación de trayectorias, utilizando los datos recibidos, se calculó una nueva trayectoria del robot móvil a fin de que este pueda evadir un obstáculo detectado por el sistema de adquisición de información. Este camino fue obtenido por medio del método de polinomios cúbicos.

REFERENCIAS

- [1] Jesús M. G. de G., Aníbal O. B. y Alfonso J. G. C. 2006. Teleoperación y Telerrobótica. Pearson Prentice Hall. Madrid. 236p.
- [2] José M. A. U., Susana R. Y. e Ignacio A. M. Microcontroladores PIC Diseño práctico de aplicaciones. Mc Graw Hill. 231p.
- [3] Aracely Y., Nelson S. Artículo. “Planeación y seguimiento de trayectorias para un robot móvil”. Escuela politécnica nacional, Quito-Ecuador. 10p.
- [4] Sullivan, M., (1997). Trigonometría y geometría analítica. Pearson Educación. Chicago State University. 94p.

Valoración física de sustratos de corteza de pino utilizando métodos estandarizados UNE-EN para definir contenedor y criterios de riego.

Physical assessment of pine bark substrates using standard UNE-EN for defining, of container type and irrigation criteria.

Zárate Nicolás Baldomero

Ortiz Hernández F. E

Masaguer Rodríguez A

RESUMEN

La corteza de pino *Pinus oaxacana* Mirov, es un residuo orgánico forestal en abundancia en Oaxaca (México), en los últimos 18 años se ha estimado una generación de 72,000 t promedio anual. A pesar de que en países como España, la corteza de pino compostada es uno de los materiales más utilizado para formular sustratos orgánicos, en México todavía no ha sido aprovechado para este fin. En el presente trabajo el compost final obtenido denominado corteza de pino, sirvió como base para la formulación de cuatro sustratos diferentes que fueron caracterizadas analizando sus principales propiedades físicas en base a las normas UNE EN. Los sustratos CPTU, CPTAEV1, CPTAEV2 y CPTAEV3 presentan valores de d_a de 0.21 a 0.38 g cm³ de d_r de 1.42 a 1.81 g cm³ de porosidad total de 77 a 84%, capacidad de aireación de 20 a 39%, capacidad de retención de humedad de 38 a 64% e índice de grosor de 50 a 62%. Los sustratos CPTAEV1, CPTAEV2 y CPTAEV3 presentan adecuado equilibrio de agua y aire 17, 20 y 30%. En relación al parámetro de AFD y AR, las mezclas CPTAEV2, CPTAEV3 presentaron valores de 23 y 22 y de 4 y 8 respectivamente. Los resultados obtenidos permiten definir que estos sustratos son recomendados para utilizarse en contenedor y su caracterización permite definir criterios de riego para un adecuado desarrollo del cultivo.

Palabras clave: residuo, sustratos, medios de cultivo.

ABSTRACT

Pine bark *Pinus oaxacana* Mirov, is an abundant forest organic waste in Oaxaca (Mexico), in the last 18 years has been estimated to generate 72,000 t annual average. Although in countries like Spain, composted pine bark is one of the most widely used materials for making organic substrates in Mexico has not yet been exploited for this purpose. In this paper, compost pine bark, was the basis for the formulation of four different substrates were characterized by analyzing their main physical properties based on the UNE EN. The CPTU, CPTAEV1, CPTAEV2 and CPTAEV3 substrates, exhibit values d_a of 0.21 to 0.38 g cm³, d_r 1.42 to 1.81 g cm³, total porosity of 77-84%, aeration capacity of 20 to 39%, moisture holding capacity of 38 to 64% and thickness index of 50 to 62%. The CPTAEV1, CPTAEV2 and CPTAEV3 substrates, have proper balance of water and air (17, 20 and 30%). Regarding the AFD and AR parameter, the CPTAEV2 and CPTAEV3 mixtures had values of 23 and 22 and 4 and 8 respectively. The results obtained allow to conclude that these

substrates are recommended for use in container and its characterization allows to define criteria of irrigation for crop adequate development.

Keywords: waste, substrates, (growth) culture media.

INTRODUCCION

Producto de las actividades agrícolas y forestales, en México existen materiales alternativos que pueden sustituir al “Peat Moss” (turba de *Sphagnum*), tal es el caso de la corteza de pino, entre cuyas ventajas destaca su amplia disponibilidad en México, En Oaxaca se tienen aproximadamente 72.000 t anuales (Zárate, 2013). En la reutilización de este residuo, hay un ejemplo interesante debido a que en España ha tenido una gran utilización, pero en el caso de México no existe suficiente investigación de este residuo. Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas de alta calidad. Dado que el **volumen de una maceta es limitado**, el sustrato y sus componentes deben de poseer características físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan un crecimiento óptimo (Cabrera, 1999). Actualmente en **México** se depende de grandes cantidades de sustratos orgánicos a partir de **turbas comerciales** (“peat moss”) para la producción de ornamentales en contenedor, planta forestal y plántula hortícola, provenientes de Canadá en su gran mayoría, de Chile, de países Bálticos y de Alemania, materiales no siempre bien caracterizados, de precio elevado y disponibilidad y calidad discontinua (Zárate, 2013). El utilizar estos materiales resulta un alto costo, pero hasta el momento se considera la mejor opción para ofrecerle a la planta las adecuadas condiciones al cultivo (Masaguer, *et al.*, 2005 y 2011). La turba se comporta como un medio perfecto para cultivar casi cualquier tipo de planta, pero aunque sea un producto natural, se extrae de ecosistemas que son muy sensibles y atesoran una gran biodiversidad, de manera que su explotación supone un grave impacto y acarrea pérdidas irreversibles Masaguer, 2011).

DESARROLLO DEL TEMA

Las propiedades físicas son consideradas como las más determinantes para un sustrato de cultivo (Ansorena, 1994; Bunt, 1988; Cabrera, 1999). Esto es debido a que si la estructura física (retención de agua y aire) de un sustrato es inadecuada, difícilmente podremos mejorarla una vez que se ha establecido el cultivo. En cambio, las propiedades químicas sí pueden ser ajustadas posteriormente al establecimiento del cultivo. En la actualidad, no se ha desarrollado una técnica que ayude a predecir el comportamiento de las propiedades físicas en mezclas de materiales para sustratos, debido a la variación de tamaño, forma y naturaleza de las partículas de los materiales utilizados; además, del desconocimiento “*a priori*” de las interacciones que ocurren entre los componentes de las mezclas. Es necesario desarrollar investigaciones sobre este tema que sirvan como base para comprender el comportamiento de mezclas de materiales. Sin duda, esto brindará mayor certeza en la preparación de sustratos y contribuirá al uso eficiente del agua utilizada.

Uno de los problemas más importantes en la determinación de las propiedades de los sustratos es que se utilizan metodologías específicas para suelos lo que ha conducido a una sobre o subestimación de la

información. Una de las contribuciones de este trabajo consiste en la **utilización de las normas UNE-EN** para realizar la determinación de las propiedades físicas y químicas del compost y mezclas obtenidas de la corteza de pino. En la evaluación de las características físicas de la corteza de pino Grez y Gerding (1995), determinaron que la corteza compostada, presenta una baja densidad aparente, alta capacidad de retención de agua y buenas propiedades en cuanto al régimen de agua y de aire.

Las propiedades físicas de un sustrato no pueden predecirse de forma sencilla a partir de sus componentes; además en las mezclas se producen interacciones que hacen que las propiedades de la mezcla final no sean la media de sus componentes (Masaguer, 2001). La caracterización física estudia la distribución volumétrica del material sólido, el agua y el aire, así como su variación en función del potencial matricial (Abad *et al.* 2004). La distribución del tamaño de partículas y en consecuencia la porosidad interparticular (o macroporosidad) del material, afectan al balance entre el contenido de agua y el aire del sustrato con independencia del nivel de humedad (Raviv *et al.*, 1986, López cuadrado, 2006). Los sustratos deben tener una buena distribución de tamaños de partícula: si éstas son grandes, también lo será el tamaño de los poros, y puede ocurrir que el sustrato esté bien aireado pero retenga poco agua. Por el contrario, un exceso de finos hará que aumente el número de microporos que retienen el agua, pudiendo resultar insuficiente la cantidad de aire disponible para la respiración de las raíces.

El objetivo del presente trabajo es diseñar sustratos de corteza de pino con materiales complementarios y estudiar las propiedades físicas para que el manejo de dicho sustrato sea de acuerdo a sus propiedades e interrelacionar las distintas propiedades y establecer así criterios de manejo.

METODOLOGÍA.

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Santa Lucia Ocotlán, que se localiza en la región de Valles Centrales, en las coordenadas 96°41' de longitud oeste y 16°44' de latitud norte, a una altura de 1.500 msnm. En el proceso de compostaje realizado, se utilizó la corteza de pino (*Pinus oaxacana* Mirov). Las mezclas realizadas con la corteza de pino y los sustratos preparados se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Compost de corteza de pino y porcentajes de componentes de las mezclas realizadas.

Mezcla de sustratos	Clave
Corteza de pino + Turba (80:20 v/v)	CPTU
Corteza de pino + Turba+ Arcilla Expandida + Vermiculita (70:20:5:5 v/v)	CPTAEV1
Corteza de pino + Turba+ Arcilla Expandida + Vermiculita (30:40:15:15 v/v)	CPTAEV2
Corteza de pino + Turba+ Arcilla Expandida + Vermiculita (30:60:5:5 v/v)	CPTAEV3

Se han realizado mezclas considerando el bagazo de maguey como componente principal y empleando otros materiales como arcilla expandida y vermiculita. Se realizó la caracterización física de las mezclas resultantes. Se realizó la caracterización física y química de Los sustratos en estudio en base a las normas UNE-EN. Esta metodología se describe en las siguientes normas (Cuadro 2).

Para la evaluación de la granulometría se utilizaron las siguientes intervalos de tamices (en mm): > 6,35; 6,35-4,76; 4,76-3,36; 3,36-2,0; 2,00-1,00 y <1,00 mm. El índice de grosor (IG) se obtuvo sumando los porcentajes (en peso) de las partículas con diámetro superior a 1 mm (adaptación del método propuesto por Richards *et al.* 1986, según:

$$\%IG = \sum \%P_i ; i > 1mm$$

Densidad real (Dr) norma UNE-EN 13041, El Agua Fácilmente Disponible (AFD) es el volumen de agua retenido por el sustrato que puede ser utilizado por la planta al estar retenido a tensiones que la planta puede vencer y se calculó como la diferencia entre el volumen de agua a 10 cm de tensión y el volumen de agua a 50 cm de tensión. El Agua de Reserva (AR) se calculó como la diferencia entre el volumen de agua a 50 cm de tensión y el volumen de agua a 100 cm de tensión. Por último, el Agua Difícilmente Disponible (ADD) se define como el volumen de agua retenido por el sustrato a más de 100 cm de tensión. El parámetro denominado punto R, se determinó gráficamente a partir de las curvas de humectación y aireación como el valor de tensión en el que ambas curvas se cortan.

Cuadro 2. Normas Europeas para la caracterización física de enmiendas orgánicas y sustratos de cultivo

UNE-EN 12579	Muestreo
UNE-EN 12580	Determinación de la cantidad
UNE-EN 13040	Preparación de las muestras para los ensayos físicos y químicos: Materia seca, humedad y densidad aparente compactada de laboratorio
UNE-EN 13041	Determinación de propiedades físicas: Densidad aparente, volumen de aire, contracción y porosidad

Los resultados de la investigación son los siguientes

Densidad aparente (Da). En el cuadro 3., se presenta los valores encontrados de Da, la Da del compost de corteza se mejora sustancialmente con la mezcla de materiales inorgánicos. La menor Da la presento el sustrato CPTAEV3 con 0,21 g cm⁻³, el resto de los sustratos en estudio presentan valores adecuados de Da. En base a los valores recomendados por Abad *et al.* (1997) de Da < 0,4 g cm⁻³, incluso se puede añadir que los sustratos preparados tomando como base la corteza de pino son ligeros y con facilidad de manejo en el cultivo en contenedor.

En estudios realizados con corteza de *Pinus radiata* por Arrieta y Teres, 1993 obtiene una Da baja de 0,19 g cm³ y Zapata *et al.* (2005) al caracterizar corteza de *Pinus pinea* de 0,25 g cm⁻³. Estos mismos autores obtienen una Da (0,42 g cm⁻³) al mezclar compost de corteza de pino con lodo de depuradora en un 30%. Mientras Sánchez *et al.*, 2008 en compost de corteza de pino de *Pinus patula* Schl et Cham obtiene una Da de 0,51 g cm⁻³.

Densidad real (dr) En el cuadro 3 se muestran los valores de dr obtenidos en los sustratos analizadas. En todos los tratamientos con excepción del sustrato CPTAEV2 (ligeramente por debajo del rango recomendado), se observan valores de dr, en el rango recomendado por Abad *et al.*, (1997) (1,45-2,65 g cm³). Los datos obtenidos en el compost de corteza de pino y las mezclas en estudios, son similares a los obtenidos por Zapata *et al.* (2005) al caracterizar compost de corteza de *Pinus pinea* (dr de 1,93 por 1,78 g cm⁻³ obtenida en este estudio). Zapata y colaboradores al mezclar el compost con residuos de lodos de depuradora, obtiene una dr con rangos de 1,93 a 2,08 g cm³, en el rango encontrado en las mezclas del presente estudio. En cambio Arrieta y Teres, (1993) al caracterizar corteza de *Pinus radiata* obtiene una dr de 0,98 g cm⁻³. En la caracterización de *Pinus patula* Schl et Cham, Sánchez *et al.* (2008) obtiene en un compost de corteza de pino una dr de 1,51 g cm⁻³.

Porosidad total (Pt). El valor de Pt (cuadro 3) obtenido en la sustratos en estudio registran una adecuada porosidad, que confirma lo reportado por (Muñoz, 2007), que indica que la corteza de pino presenta adecuada porosidad. Los sustratos (CPTAEV2 y CPTAEV3) presentan las porosidades más adecuadas (81 y 84%) debido a que en su diseño se adiciono mayor cantidad de turba 30 y 60%, el resto de los sustratos en valores recomendados. La literatura recomienda una porosidad total de 60 a 80% (De Boodt y Verdonck, 1972; Ansorena, 1994). Con base a lo anterior, todos los sustratos evaluados se encuentran en el rango recomendado incluso en valores ligeramente superiores. Zapata *et al.*, (2005) en sus estudios con compost de corteza de pino, obtiene una porosidad de 87%. Arrieta y Teres, (1993) al caracterizar corteza de *Pinus radiata* obtiene una Pt de 81%. Mientras tanto Vidueira (2010) en una muestra de corteza de pino compostada en España reporta una porosidad total de 90%. Sánchez *et al.*, 2008 en compost de corteza de pino de *Pinus patula* Schl et Cham obtiene una Pt de 70%. En estudios realizados por Eymar, 2010 obtuvo un resultado de porosidad para la corteza de pino compostada del 86% y Vidal, 2012, reporta un valor de 77%.

Capacidad de aireación (Va10). En cuanto a la capacidad de aireación o porosidad ocupada por aire a 10 cm de columna de agua, considerada la propiedad física más crítica (Ansorena, 1994; Cabrera, 1999; Abad, *et al.*, 1997), el sustrato CPTU presenta el valor más alto de Va₁₀ con 39, (cuadro 3). De Boodt *et al.*, 1974 mencionan que la Va₁₀ es la propiedad física más importante para valorar la calidad de un sustrato, por lo que recomienda una Va₁₀ de 10-30%. Los demás sustratos en estudio están en valores muy recomendados (26, 24 y 20%).

Zapata *et al.* (2005), al caracterizar compost de corteza de *Pinus pinea*, obtiene un valor V_{a10} de 12,0%, y al mezclar compost de corteza de pino con lodo de depuradora obtiene una capacidad de aireación de 20,0%. Arrieta y Teres, 1993, al caracterizar corteza de *Pinus radiata* obtiene una V_{a10} de 28,0%. Por su parte los trabajos realizados por Sánchez *et al.* (2008) en compost de corteza de pino de *Pinus patula* Schl *et* Cham obtiene una V_{a10} de 8%. Mientras que los resultados obtenidos por Vidueira (2010) registran una capacidad de aireación de 37%. En los estudios realizados por Vidal, 2012 con *Pinus oaxacana* obtiene una V_{a10} de 16,2%.

Capacidad de retención de humedad. La capacidad de retención de agua, entendiendo como la cantidad total de agua retenida por el sustrato a una tensión de 10 cm de columna de agua, se mantiene en la mayoría de los sustratos en los rangos recomendados de 50-60%, por Abad *et al.*, (1993) (Cuadro 3). El sustrato CPTU presenta un valor por debajo de este rango recomendado. Mientras en el sustrato CPTAEV3 se obtiene un valor ligeramente superior al recomendado.

Arrieta y Teres, 1993 al caracterizar corteza de *Pinus radiata* obtiene una capacidad de retención de humedad de 67%. Por su parte Sánchez *et al.*, 2008 reporta una capacidad de retención de humedad de 62% en compost de corteza de pino de *Pinus patula* Schl *et* Cham.

Cuadro 3. Propiedades físicas del compost de corteza de pino y mezclas obtenidas.

Sustrato	Densidad aparente	Densidad real	Porosidad Total	Capacidad de aireación	Capacidad de retención de humedad
	g cm^{-3}	g cm^{-3}	%	%	%
CPTU	0,38	1,81	77	39	38
CPTAEV1	0,38	1,66	78	26	52
CPTAEV2	0,24	1,42	81	24	57
CPTAEV3	0,21	1,61	84	20	64

Granulometría. En relación a la granulometría de los sustratos evaluados, los sustratos de CPTAEV1 y CPTAEV3, presentan un mayor homogeneidad entre las fracciones $> 1,0 \text{ mm}$ y $< 1,0 \text{ mm}$ (50- 50% y 45- 55%) (Cuadro 4). En cortezas de pino, el control debe centrarse en la fracción de tamaño inferior a 1 mm, y sobre todo en las comprendidas entre 0,50 y 0,25 mm y menor a 0,25 mm, pues son las que más aumentan la cantidad de agua disponible y disminuyen la porosidad ocupada por aire (Ansorena, 1994). Los sustratos con tamaños de partícula grandes, tendrán poros de tamaño grandes, y puede ocurrir que el sustrato esté bien aireado pero retenga poco agua. Por el contrario, un exceso de finos hará que aumente el número de microporos que retienen el agua, pudiendo resultar insuficiente la cantidad de aire disponible para la respiración de las raíces (Vidueira, 2010). Es importante mencionar que los sustratos en estudio presentan cierta homogeneidad, es decir, que los rangos de partículas no son muy dispares, ya que de no ser así, se

produce una reducción del espacio poroso por reordenación de las partículas más finas entre las gruesas. Con el tiempo esto provoca retenciones excesivas de agua y falta de oxígeno en las raíces (López Cuadrado *et al.*, 2006).

Cuadro 4. Porcentaje del tamaño de las partículas del compost de corteza de pino y mezclas obtenidas

Apertura del tamiz (mm)	CPTU	CPTAEV1	CPTAEV2	CPTAEV3
> 6,35	0,0	0,0	5,68	8,58
6,35-4,76	1,27	0,0	7,90	10,50
4,76-3,36	9,83	9,44	7,90	8,20
3,36-2,00	14,53	11,28	14,40	10,30
2,00-1,00	36,45	29,78	25,30	17,60
< 1,00	37,91	49,50	38,80	44,70

En la figura 1., se analiza el índice de grosor o porcentaje de partículas mayores de 1mm. Los sustratos que menor Índice de grosor presentan, son CPTAEV1 y CPTAEV3, con valores de 50, y 55% en peso. En general, los sustratos con menor Índice de Grosor son los que presentan mayor porosidad y mayor cantidad de AFD y AR (Ansorena, 1994). Esto se debe a que el menor Índice de grosor está relacionado con menor presencia de partículas de gran tamaño.

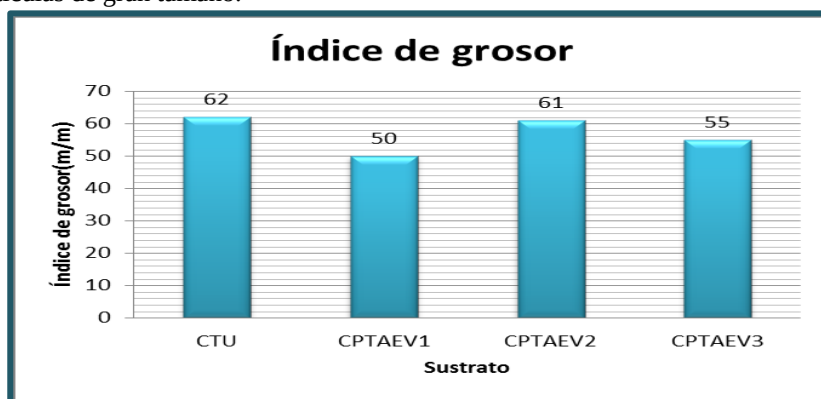


Figura 1. Índice de grosor de los sustratos de corteza de pino estudiados.

Curva característica de humedad (Equilibrio agua-aire. Parámetro R). A partir de las curvas de liberación de agua puede determinarse la tensión a la que se igualan los contenidos de agua y aire en el sustrato. Este parámetro, denominado parámetro R, se expresa como una tensión (en cm de columna de agua) y es característico de cada sustrato. Se determina gráficamente a partir de las curvas de humectación y aireación como el valor de tensión en el que ambas curvas se cortan.

Ansorena (1994) recoge una serie de valores orientativos para el parámetro R:

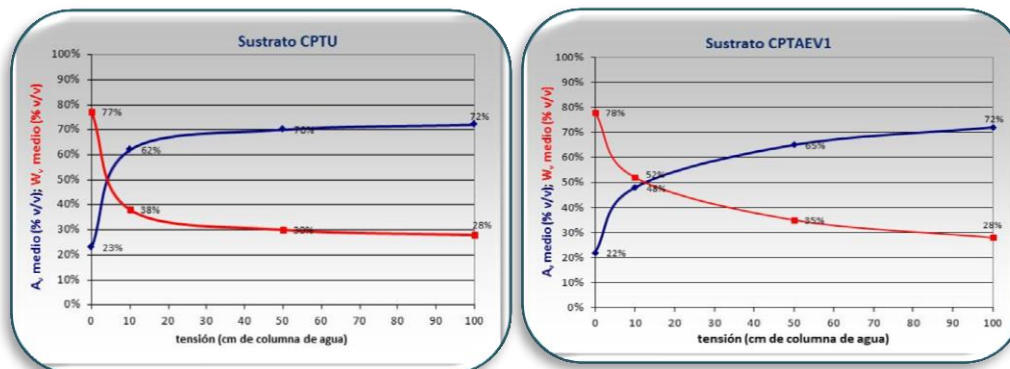
- $R > 30$ cm: El contenido en aire será limitante, luego existe riesgo de asfixia radicular.
- $30 \text{ cm} > R > 10$ cm: Las raíces disponen de suficiente agua y aire.
- $R < 10$ cm: El sustrato está demasiado aireado, apenas hay Agua Fácilmente Disponible.

La representación conjunta de todas las curvas de liberación de agua de los cuatro sustratos estudiados nos ofrecen una visión de conjunto que permite extraer algunas conclusiones.

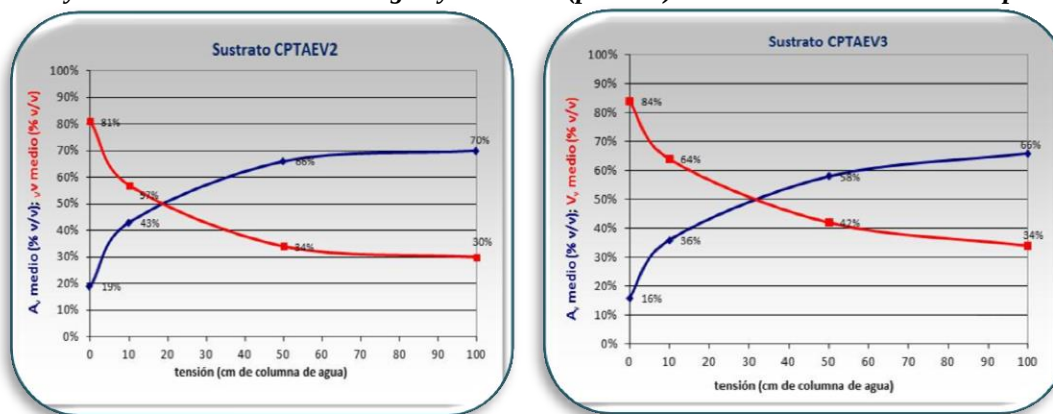
En primer lugar indicar lo mencionado por Masaguer 2010 que para que la corteza de pino sea un adecuado sustrato habrá que mezclarlo con materiales complementarios para proporcionarle mejoras a las características físicas. Por lo que el sustrato CPTU al contener bajo volumen de turba (20 v/v) presenta un valor de $R < 10$ cm. Los sustratos CPTAEV1, CPTAEV2 y CPTAEV3 presentan valores similares y dentro del intervalo de referencia recomendado por Ansorena (1994) ($30 \text{ cm} < R > 10 \text{ cm}$). Estos materiales presentan un valor similar a los obtenidos por Vidueira, 2010 al estudiar turbas de granulometría de 0-5 y 0-20 mm. Por los valores obtenidos en estos materiales parecidos a los registrados por turbas se puede mencionar que en el caso del compost de corteza de pino complementada con materiales porosos, es una buena alternativa de sustrato. Los valores de R de estos materiales los hacen adecuados para contenedores de altura entre 10 y 20 cm según Ansorena (1994). Para contenedores de menor altura, los valores de R deberán ser menores. Estos límites están referidos a la altura del contenedor, el volumen de agua y aire retenido por el contenedor depende de su geometría, es decir, *un mismo volumen de sustrato retendrá más agua cuanto menor sea la altura del contenedor* (y por tanto mayor sea su base) (Ansorena, 1994).

Estas curvas resultan determinantes a la hora de determinar la selección de los sustratos en función de las características y manejo del cultivo, es decir, los sustratos con baja retención y buena aireación requerirán riegos frecuentes, mientras que los sustratos que retienen mucha agua y airean peor necesitan riegos más espaciados. En los estudios realizados por Zapata *et al.*, 2005 al caracterizar compost de corteza de *Pinus pinea*, obtiene un valor de R de 6, por lo que el sustrato está demasiado aireado y apenas hay Agua Fácilmente Disponible.

Los valores del parámetro R para los sustratos en estudio se muestran en las figuras 2 a 5.



Figuras 2 y 3. Curvas de liberación de agua y aireación (punto R) de los sustratos de corteza de pino



Figuras 4 y 5. Curvas de liberación de agua y aireación (punto R) de los sustratos de corteza de pino

Agua fácilmente disponible (AFD). El Agua Fácilmente Disponible (AFD) es el volumen de agua retenido por el sustrato que puede ser utilizado por la planta al estar retenido a tensiones que la planta puede vencer. Se calcula como la diferencia entre el volumen de agua a 10 cm de tensión y el volumen de agua a 50 cm de tensión. Se toman estos extremos por ser el valor de 10 cm de tensión el necesario para obtener un volumen mínimo de aire en el contenedor y el valor de 50 cm de tensión aquel a partir del cual el contenido en humedad no inhibirá el crecimiento vegetal (Vidueira, 2010). En el cuadro 5 se recogen los resultados de estos parámetros para las mezclas estudiadas y se observa que al mezclar el compost de corteza de pino con turba en 40 y 60 v/v, más arcilla expandida y vermiculita, se obtiene valores de 22 y 23% (CPTAEV2 y CPTAEV3), valores muy adecuados para sustratos de cultivo, mientras que el sustrato CPTAEV1 en los límites inferiores de lo recomendado, pero con la AR en buenas cantidades suple esta limitante. El resto de las mezclas fuera del rango. Los resultados obtenidos en el sustrato de corteza de pino CPTU está acorde a lo observado por Ansorena (1994), que indica que materiales, con un índice de grosor mayor, presenta una menor cantidad de Agua Fácilmente Disponible. Cuando se utilizan materiales de AFD limitante en sistemas de fertirriego y riegos continuos esta limitante desaparece al encontrarse en forma permanente agua para la planta.

Zapata *et al.* (2005) al caracterizar compost de corteza de *Pinus pinea*, obtiene valores de 13,5% de AFD, este mismo valor lo obtiene al mezclar compost de corteza de pino con 15% de lodo de depuradora. Cuando realiza mezclas de compost de corteza de pino con 15% de residuos sólidos urbanos (RSU), obtiene una AFD (12,4%). Esto quiere decir que la corteza de pino compostada presenta como desventaja la baja capacidad de AFD. Arrieta y Teres, 1993 al caracterizar corteza de *Pinus radiata* obtiene una AFD de 12,71%, mientras que en los estudios realizados por Sánchez *et al.*, 2008 en compost de corteza de pino de *Pinus patula* Schl et Cham obtiene una AFD de 6,8% y Vidueira, 2010 obtiene una AFD de 23,4%.

Agua de reserva (AR). De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 5), el sustrato CPTAEV1, presenta el mayor valor de AR y al presentar un valor menor de AFD, la suma con el AR lo ubican en el rango

recomendado por Abad *et al.* (1997) de agua total disponible (24-40%). Los sustratos CPTAEV2 y CPTAEV3 se encuentran en los valores recomendados por Ansorena (1994) de 4-10% del volumen aparente del sustrato. Mientras el sustrato CPTU presenta valores de AR bajos, fuera del rango recomendado. Hay que tener en cuenta que el agua retenida no se distribuirá uniformemente en toda la altura del contenedor, un mismo volumen de sustrato retendrá más agua cuanto menor sea la altura del contenedor (Ansorena, 1994). En estudios de Sánchez *et al.* (2008) en compost de corteza de pino de *Pinus patula* Schl et Cham obtiene una AR de 5,68% y Vidueira, 2010 obtiene una AR de 0,0%. Mientras que Arrieta y Teres, 1993 al caracterizar corteza de *Pinus radiata* obtiene una AR de 2,59% por los 6% encontrados en este estudio).

Agua difícilmente disponible (ADD). En el cuadro 5 se reportan los valores obtenidos en ADD. Los sustratos CPTAEV1 y CPTAEV2 presentan valores recomendados de ADD. Mientras que el sustrato CPTU se obtiene un valor fuera del rango recomendado. Masaguer (2010) recomienda un valor de agua difícilmente disponible como máximo del 30%. La elevada ADD del sustrato CPTU indica lo lentamente que el material cede agua, e indica también la posibilidad de llegar a presentar drenaje insuficiente. Arrieta y Teres, 1993 al caracterizar corteza de *Pinus radiata* obtiene una ADD de 37%, mientras que en los estudios realizados por Sánchez *et al.*, 2008 en compost de corteza de pino de *Pinus patula* Schl et Cham obtiene una ADD de 39% y Vidueira, 2010 obtiene una AFD de 30%.

Cuadro 5. Retención de humedad a diferentes tensiones de los sustratos de corteza de pino en estudio

	cm de Tensión de columna de agua				AFD	AR	ADD
	0	10	50	100			
SUSTRATO	% de humedad	% de humedad	% de humedad	% de humedad	%	%	%
CPTU	77	52	38	30	8	2	39
CPTAEV1	78	52	35	28	17	10	28
CPTAEV2	81	57	34	30	23	4	30
CPTAEV3	84	64	42	34	22	8	34

CONCLUSIONES

Del trabajo desarrollado sobre la caracterización de los sustratos de corteza de pino podemos concluir: Cuando la corteza de pino se mezcla con turba, arcilla expandida y vermiculita 30:40:5:5 v/v (CPTAEV2) y turba, arcilla expandida y vermiculita 30:60:5:5 v/v (CPTAEV3), se obtienen valores muy adecuados que se encuadran en los principales rangos recomendados de porosidad, capacidad de aireación, retención de agua, una relación agua- aire muy equilibrada, AR, Por lo estos sustratos pueden ser utilizada en contenedores de altura de 10 y 20 cm. Por lo que se puede concluir que se pueden obtener mezclas en función de la aireación

necesaria con la adición correspondiente de turba, de tal forma que con un 40% de turba (CPTAEV2) es suficiente para obtener una aireación del 24%.

RECOMENDACIONES

La corteza de pino es buena alternativa a la turba como componente de sustrato. La generación de residuos de corteza de pino, y debido a la gran vocación forestal del Estado de Oaxaca, garantizaría la corteza y, debidamente gestionada y compostada, será un sustrato sustitutivo de la turba.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Instituto Politécnico Nacional, a la COFAA- IPN y a la Universidad Politécnica de Madrid, por los apoyos otorgados para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS.

- ABAD, M.; NOGUERA, P y CARRIÓN, C. 2004. Los sustratos de cultivo sin suelo. En URRESTARAZU, M.: Tratado de cultivo sin suelo. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 113-158 p.
- ABAD, M.; NOGUERA, P.; NOGUERA, V.; ROIG, A.; CEGARRA, J y PAREDES, C. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. Actas de Horticultura. Número 19: 92-109 p.
- ABAD, M.; MARTÍNEZ, M. D.; MARTÍNEZ, P. F y MARTÍNEZ, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura, 11: 141-154 p.
- ANSORENA, J. 1994. Sustratos, propiedades y su caracterización. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 172 p.
- ARRIETA, V y TERÉS, V. 1993. Caracterización física y química, y manejo agronómico de la corteza de pino (*Pinus radiata*) como sustrato de cultivo. Congreso Forestal Español. Lourizán. Ponencias y comunicaciones. Tomo III. Servicio de Investigación y Mejora Agraria (SIMA). Barrió Arteaga, 26 DERIO (Vizcaya-España)
- CABRERA, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1): 5-11 p.
- BUNT, A.C. 1988. Media and Mixes for Container-Grown Plants. Unwin Hyman Ltd, London.
- DE BOODT, M and VERDONCK, O. 1972. The physical properties of substrates in horticultura. Acta Horticulturae 26. 37-44 p.

- GREZ, R and GERDING, V. 1995. Corteza: desecho reciclable de la industria forestal como formador de sustratos para la producción vegetal. *Bosque* 16(1): 105-114 p.
- LÓPEZ CUADRADO, M. C. 2006. Estudio de sustratos de cultivo alternativos a la turba para la producción de planta ornamental en contenedor. Tesis doctoral., Departamento de Edafología. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- MASAGUER, A. 2010. Apuntes para el Máster Universitario Oficial en Tecnología Agroambiental. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- MASAGUER A, NAVAS, M y LÓPEZ M^a CRUZ. 2005. Sustratos de cultivo nueva alternativa eco-compatible. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, ISSN 1131-8988, Nº 169 26-32 p.
- MASAGUER, A. 2011. "Fabricación de sustratos alternativos a la turba empleando subproductos orgánicos". Jornada Científico-Técnica. Fertilidad de suelos y uso de sustratos orgánicos. 26 de Agosto de 2011. CIIDIR IPN UNIDAD OAXACA. Oaxaca, México.
- MUÑOZ, J.J. 2003. La producción de plántula en invernadero. En: J.J. Muñoz y J.Z. Castellanos (Eds) *Manual de producción hortícola en invernadero*. INCAPA. México. 187-225 p.
- RAVIV, M.; CHEN, Y and INBAR, Y. 1986. Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants. In: Chen, Y and Avnimelech, A. (Eds.). *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht . Holland 257-287 p.
- RICHARDS, D.; LANE, M and BEARSELL, D. V. 1986. The influence of particle size distribution in pinebark sand brown coal potting mixes on water supply, aeration and plant growth. *Scientia Horticulturae*, vol.29, p.1-14.
- SANCHEZ, T., ALDRETE, A., CETINA, V.M Y LÓPEZ-UPTON, J. (2008). Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. *Revista Madera y Bosques* 14(2) 2008: 41-49 p.
- UNE-EN 12579, 2000. Toma de muestras.
- UNE-EN 13040, 2001. Preparación de muestras para ensayos químicos y físicos, determinación del contenido de materia seca, contenido de la humedad y de la densidad aparente compactada en laboratorio.
- UNE-EN 13041:2001/A1, 2007. Mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Determinación de las propiedades físicas. Densidad aparente seca, volumen de aire, volumen de agua, valor de contracción y porosidad total.
- UNE-EN 15428, 2008. Determinación de la granulometría de las partículas.
- VIDAL, L. 2012. Cartografía y reutilización agrícola de residuos orgánicos (agrícolas y forestales) del estado de Oaxaca (México). Trabajo fin carrera., Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 226 p.

- VIDUEIRA, P. (2010) Evaluación de sustratos de cultivo según normas europeas para establecer criterios de riego Tesis fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos Universidad Politécnica de Madrid; Madrid España.
- ZAPATA, N.; GUERRERO, F y POLO, A. 2005. Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. Agricultura Técnica volumen 65: 378–387 p.
- ZÁRATE, B. H. (2013). Valorización de subproductos agrícolas y forestales como sustratos de cultivo en el estado de Oaxaca (México). Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid; Madrid España.