

ISSN 2444-4995

Volumen 3, Número 10 – Octubre – Diciembre - 2017

Revista de Prototipos Tecnológicos

ECORFAN[®]



ECORFAN-Spain

Indización

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT

ECORFAN-Spain

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD.

Director de la Revista

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

Edición de Logística

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD.

Diseñador de Edición

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC.

Revista de Prototipos Tecnológicos, Volumen 3, Número 10, de Octubre a Diciembre 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralarzal -Madrid.

WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María, Co-Editor: MIRANDA GARCÍA- Marta, PhD. ISSN-2444-4936. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA – BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 2017.

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

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

Consejo Editorial

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Consejo Arbitral

MPC, PhD

Universidad de Valladolid- Spain

GGO, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana- México

DGS, PhD

Universidad de Guadalajara- México

RLR, PhD

Universidad Autónoma de Sonora-México

CBMT, PhD

Universidad Autónoma de Baja California-México

HGV, BsC

Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología-México

GOH, PhD

Facultad de Química, UNAM-México

EZNG, PhD

Instituto Nacional de Cardiología-México

Presentación

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

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

Como primer artículo presentamos, *Diseño e implementación de un prototipo de automatización y control sustentable para invernadero*, por FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe, PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar y VACA-ROSAS, Jose, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas, como siguiente capítulo presentamos, *Energy Plus: Control de suministro de energía mediante aplicación Android*, por PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, CRUZ-PECH, Manuel Alejandro, GAXIOLA-SOSA, Rodrigo Fidel, MEDINA-NEGRÓN, Pablo Alejandro, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Mérida, como siguiente capítulo presentamos, *Prototipo del sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta*, por RAMÍREZ-CHOCOLATL, Yuridia, ALANIS-TEUTLE, Raúl, SANTANDER-CASTILLO, Julieta y ALONSO-CALPEÑO, Mariela Juana, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, como siguiente capítulo presentamos, *Caracterización del recurso eólico utilizando el software Windographer*, por GARCÍA-DOMÍNGUEZ, Jairo, AZUARA-JIMÉNEZ, Jorge, LÓPEZ-GARCÍA, Arturo y GONZÁLEZ-RAMÍREZ, Israel, con adscripción en Instituto Tecnológico Superior Huichapan, como siguiente capítulo presentamos, *Sistema Experto para Evaluar el Nivel de Riesgo de las PYMES Basado en COSO ERM*, por HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, MONROY-ESTRADA, Blanca, REYNA-ÁNGELES, Omar, ACOSTA-ACOSTA, Araceli, con adscripción en Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Ingeniería, como siguiente capítulo presentamos, *Diseño de un controlador para una celda de envasado modelada con Redes de Petri*, por BARBOZA-JIMÉNEZ, Pedro, AGUIRRE-SALAS, Luis Isidro, VELÁZQUEZ-PÉREZ, Domingo, NUÑEZ-GONZÁLEZ, Gerardo, con adscripción en Universidad de Guadalajara y como último capítulo presentamos, *Robot clasificador de objetos de color utilizando técnicas de filtrado RGB*, por ROSAS-ARIAS, Leonel, VALLEJO-MERAZ, Jair de Jesús, PÉREZ-BAILÓN, Waldemar, ROJAS-CID, Jesús Daniel, con adscripción en el Instituto Tecnológico De Lázaro Cárdenas.

Contenido

Artículo	Página
Diseño e implementación de un prototipo de automatización y control sustentable para invernadero FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe, PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar y VACA-ROSAS, Jose	1-10
Energy Plus: Control de suministro de energía mediante aplicación Android PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, CRUZ-PECH, Manuel Alejandro, GAXIOLA-SOSA, Rodrigo Fidel, MEDINA-NEGRÓN, Pablo Alejandro	11-19
Prototipo del sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta RAMÍREZ-CHOCOLATL, Yuridia, ALANIS-TEUTLE, Raúl, SANTANDER-CASTILLO, Julieta y ALONSO-CALPEÑO, Mariela Juana	20-28
Caracterización del recurso eólico utilizando el software Windographer GARCÍA-DOMÍNGUEZ, Jairo , AZUARA-JIMÉNEZ, Jorge, LÓPEZ-GARCÍA, Arturo y GONZÁLEZ-RAMÍREZ, Israel	29-36
Sistema Experto para Evaluar el Nivel de Riesgo de las PYMES Basado en COSO ERM HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, MONROY-ESTRADA, Blanca, REYNA-ÁNGELES, Omar, ACOSTA-ACOSTA, Araceli	37-43
Diseño de un controlador para una celda de envasado modelada con Redes de Petri BARBOZA-JIMÉNEZ, Pedro, AGUIRRE-SALAS, Luis Isidro, VELÁZQUEZ-PÉREZ, Domingo, NUÑEZ-GONZÁLEZ, Gerardo	44-49
Robot clasificador de objetos de color utilizando técnicas de filtrado RGB ROSAS-ARIAS, Leonel , VALLEJO-MERAZ, Jair de Jesus, PÉREZ-BAILÓN, Waldemar, ROJAS-CID, Jesús Daniel	50-59

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Diseño e implementación de un prototipo de automatización y control sustentable para invernadero

FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe *†, PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar y VACA-ROSAS, Jose

Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas

Recibido Octubre 15, 2017; Aceptado Noviembre 18, 2017

Resumen

El presente documento describe el diseño e implementación de un prototipo de automatización y control sustentable para invernadero, donde se toman en cuenta variables físicas de relevancia para el cuidado de los cultivos bajo techo. Los aspectos físicos más importantes a considerar son la temperatura, el tiempo de iluminación artificial deseada para el remplazo de la radiación solar, la humedad relativa en el entorno interno del invernadero y la humedad del sustrato donde se cultiva. El proceso de automatización cuenta con interfaz gráfico diseñado mediante el software LabView, utilizando como controlador un ARDUINO MEGA. El control de las variables climatológicas dentro del invernadero se realiza mediante extractores de calor, elevación de cortinas, encendido y apagado de luminarias y sistema de riego, de una manera práctica, esto sin perder la confiabilidad y eficiencia del sistema automático. El medio de energía renovable utilizado es un Sistema Fotovoltaico (SFV) en este caso son dos pequeños paneles solares conectados a una acumulador, el cual por medio de un inverso alimenta toda la carga del prototipo. Se pretende en un futuro cercano implementar este sistema a un invernadero real ubicado en la Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas (UTBB).

Automatización, Arduino, LabView, Sustentable

Abstract

The present document describes the design and implementation of a prototype of automation and sustainable control for greenhouse, where physical variables of relevance for the care of the crops under roof are taken into account. The most important physical aspects to consider are the temperature, the desired artificial illumination time for the replacement of the solar radiation, the relative humidity in the internal environment of the greenhouse and the humidity of the substrate where it is cultivated. The automation process has a graphic interface designed using the LabView software, using as a controller a MEGA ARDUINO. The control of climatological variables inside the greenhouse is done by means of heat extractors, elevation of curtains, lighting and turning of lights and irrigation system, in a practical way, without losing the reliability and efficiency of the automatic system. The medium of renewable energy used is a Photovoltaic System (SFV) in this case is two small solar panels connected to an accumulator, which by means of an inverse feeds the entire charge of the prototype. It is intended in the near future to implement this system to a real greenhouse located at the Technological University of Bahía de Banderas (UTBB).

Automation, Arduino, LabView, Sustainable

Citación: LETES-CAMACHO, Noé Guadalupe, PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar y VACA-ROSAS, Jose. Diseño e implementación de un prototipo de automatización y control sustentable para invernadero. Revista de Prototipos Tecnológicos. 2017, 3-10: 1- 10.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ngfletes@utbb.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Es bien conocido ya, que la agricultura en México es considerada en el sector productivo, como una de las actividades de mayor importancia desde el punto de vista económico, social y ambiental, ya que de ella depende la alimentación adecuada y primaria de millones de personas, el incremento de la población en cuestiones de productividad y la preservación y cuidado del entorno (Hidroponia, 2015).

En muchos lugares los campos de cultivos son utilizados solamente en temporal de lluvias, por lo tanto mientras no es temporada los campos se encuentran vacíos, además de que las condiciones climatológicas actuales que se presentan en el país son causa de pérdidas totales o parciales de las cosechas de los productores agrícolas (Greenpeace, s.f).

Para esto se han desarrollado métodos o técnicas que hasta cierto punto han logrado que cultivemos plantas en lugares que no tienen exactamente las condiciones que necesita y que estas no se vean afectadas por las condiciones climatológicas, todo gracias a agricultura protegida con 25 mil hectáreas sembradas en México. (SAGARPA, 2017)

En la actualidad existen proyector que utilizan las tecnologías en la producción de vegetales sobre un sistema hidropónicos utilizando micro invernaderos mediante la monitorización de variables ambientales (GARCÍA-MEJÍA, 2016), sin embargo no cuentan con un interfaz gráfico hombre-máquina en el cual pueda estar monitoreando y manipulando las variables climatológicas sin necesidad de tener conocimientos sobre automatización y control.

El objetivo de este artículo es diseñar e implementar un sistema de control de un invernadero sustentable y accesible que permita monitorear y modificar en tiempo real todas las variables que se tienen en estos.

La automatización en invernaderos en México se traduce en la compra de tecnología extranjera cuyo costo es elevado para el promedio de los productores del país (Oziel Lugo, 2012). Con este prototipo se logra reducir un costo considerable, además de que el usuario no necesita tener conocimientos programación y control para su manipulación. A continuación se presentan los componentes del prototipo; como lo son el material, los tipos de sensores y actuadores utilizados, la parte del software y hardware, la programación e interfaz gráfico, el diagrama de conexión, así como los resultados del mismo.

Composicion de prototipo

Estructura de invernadero

La agricultura protegida se practica bajo diferentes tipos de estructuras que contribuyen al cuidado de los cultivos ante los cambios climáticos. La clasificación general de estas estructuras es la siguiente: *Invernadero, Casa o malla sombra, Macro túnel o túnel alto, Micro túnel, túnel bajo o mini invernadero*. (SAGARPA, 2017) Para este prototipo se utilizara una estructura tipo Invernadero (Figura 1), la cual es alta y fija que permite controlar de manera eficiente los principales factores ambientales que impiden el desarrollo de los cultivos, tales como lluvias e inundaciones.

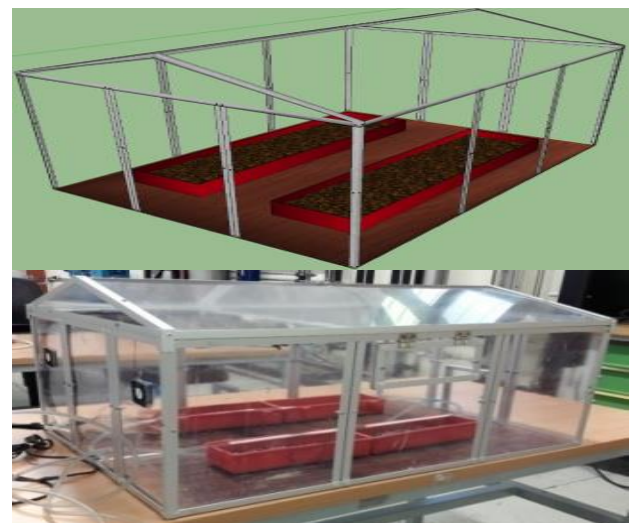


Figura 1 a) Prototipo de invernadero en Inventor b) Estructura de prototipo para invernadero

Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones físicas son: Largo 70 cm, ancho 51 cm y alto 40 cm. El material del cual esta constituida es de una estructura de perfil de aluminio (ángulo de ½”), paredes de acrílico (espesor de 3 mm) y una base de triplay.

Dispositivo de Control

El dispositivo de control que se utiliza en un Arduino el cual es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro controlador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. (ARDUINO, s.f)

El Arduino MEGA ATMEGA 2560 (Figura 2) tiene las siguientes características: voltaje de entrada de – 7-12V, 54 pines digitales de Entrada/Salida (14 de ellos son salidas PWM), 16 entradas análogas, 256k de memoria flash.



Figura 2 Arduino MEGA ATMEGA 2560

Fuente: www.arduino.cc

Por medio del Arduino se puede realizar el gobierno y la monitorización de señales en modo remoto, haciendo uso de la comunicación de protocolo TCP/IP característica de la red Internet (Gutiérrez, 2013)

Software

LabView de National Instruments es un lenguaje intuitivo de programación gráfica diseñado para ingenieros y científicos. Este lenguaje, es una herramienta de software de alta productividad, usada para construir sistemas de instrumentación, adquisición de datos, sistemas de control y otras aplicaciones.

Tales operaciones, se conocen en el ámbito de la computación como: Instrumentación virtual. 16 entradas análogas, 256k de memoria flash. (National Instruments, s.f). Este no es un software libre sin embargo una vez realizada la programación se realiza un ejecutable que se monta en cualquier computadora sin necesidad de tener instalado el software (JIMÉNEZ-REYES, 2016)

Sensores

Temperatura

La Temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20°. Para ello es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada (InfoAgro, s.f)

El sensor a utilizar es el LM35 (Figura 3) esto debido a sus características que cumplen con las necesidades de señal analógica del invernadero. (Instruments, s.f)

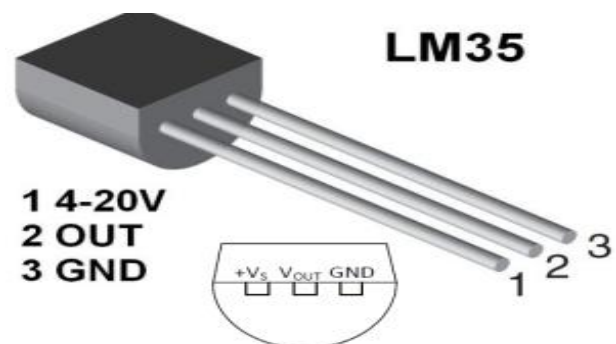


Figura 3 Sensor de temperatura LM35

Fuente: www.ti.com

Iluminación

Este es un elemento fundamental para un invernadero, puesto que es la que determina sus posibilidades bioagronómicas. (INVERNADEROS, s.f).

Para determinar la luz incidente dentro del invernadero se utiliza una adaptación simple de una fotorresistencia que tiene como número de componente 9P5-1L, este elemento es de tipo analógico.

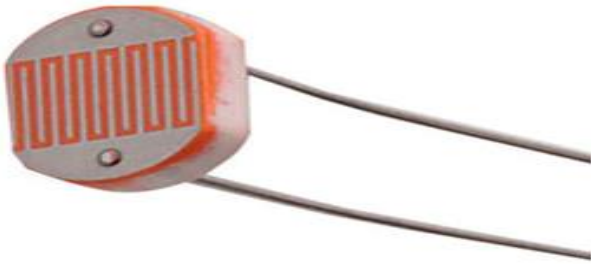


Figura 4 Fotorresistencia 9P5-1L

Fuente: www.carrod.mx

Humedad relativa (HR)

La HR del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Para que la HR se encuentre lo más cerca posible del óptimo el agricultor debe ayudarse del higrómetro. El exceso puede reducirse mediante ventilado, aumento de la temperatura y evitando el exceso de humedad en el suelo. La falta puede corregirse con riegos, pulverizando agua en el ambiente, ventilado y sombreado. (INVERNADEROS, InfoAgro).

El módulo HMZ - 433A1 (Figura 5) consiste en un sensor HCZ y circuitos integrados para proporcionar una Voltaje DC lineal de 0-100 % de humedad relativa para permitir la aplicación de usuario fácil del sensor HCZ. Ellos están diseñados específicamente para aparatos de uso y controladores.



Figura 5 Sensor de humedad relativa HMZ

Fuente: www.rossbach.com.mx

Humedad en el Sustrato

Se denomina sustrato a un medio sólido inerte que cumple dos funciones esenciales:

- Anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar.
- Contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan.

Los gránulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua en relación con el volumen total. El módulo HL-69 (Figura 6), es un sensor de humedad de suelo, que resulta ser otro módulo que utiliza la conductividad entre dos terminales para determinar ciertos parámetros relacionando a agua, líquidos y humedad.



Figura 6 Sensor de humedad del suelo módulo HL-69

Fuente: www.google.com

Actuadores

Los actuadores utilizados para la simulación del prototipo son: Apertura de ventanas: Servomotor (Figura 7) alimentado a 5 Vcc, encargado de abrir y cerrar las dos ventanas del invernadero.



Figura 7 Servomotor

Fuente: www.google.com

Sistema de riego: Una bomba sumergible (Figura 8) para pecera, alimentada a 127 Vca, encargada de realizar el riego de plantas en el invernadero.



Figura 8 Bomba de agua sumergible de pecera
Fuente: www.google.com

Sistema de ventilación: Un par de ventiladores (Figura 9) alimentados a 5 Vcc, utilizado para meter aire al invernadero.



Figura 9 Ventilador a 5 Vcc
Fuente: www.google.com

Sistema de luz: una mini luminaria tipo LED (Figura 10) alimentada a 127 Vca, encargada de proveer de luz artificial dentro del invernadero.



Figura 10 Luminaria tipo LED
Fuente: www.google.com

Sistema de calefacción: una lámpara incandescente (Figura 11) tipo vela alimentada a 127 Vca para proporcionar calor dentro del invernadero.



Figura 11 Lámpara incandescente tipo vela
Fuente: www.google.com

Sistema fotovoltaico

Como parte del sistema sustentable el prototipo es autónomo, puesto que cuenta con una pequeña celda solar y un acumulador a 12 Vcc. (Figura 12).



Figura 12 Panel solar y acumulador a 12 Vcc
Fuente: www.google.com

En la aplicación de este prototipo en el invernadero de la UTBB, se calculó un SFV de 1.5 Kw, que corresponden a 6 paneles solares y 8 baterías para su funcionamiento autónomo.

Desarrollo

Programación

Automatización de motor para apertura de ventanas

En la figura 13 se muestra un instrumento virtual del monitoreo y control de la humedad relativa, se dejaron los controles de manera que se puedan modificar según sea requerido, además se colocó un botón de encendido/apagado manual para que los usuarios también puedan iniciar el proceso de des humidificación ambiental de forma manual. Cuenta con unos LED indicadores mismos que nos permitirán conocer si están arriba o abajo, según sea el caso para su monitoreo y supervisión de forma remota.

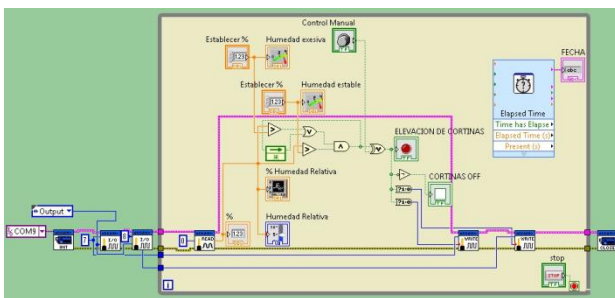


Figura 13 Diagrama de bloques; control de humedad relativa

Fuente: *Elaboración Propia*

Control de humedad de suelo e intervalos de riego

En la figura 14 se muestra un instrumento virtual del monitoreo y control de la humedad en el sustrato, se dejaron los controles de manera que se puedan modificar según sea requerido, además se colocó un botón de encendido/apagado manual para que los usuarios también puedan iniciar el proceso de riego de forma manual. Cuenta con unos LED indicadores mismos que nos permitirán conocer si la bomba se encuentra en funcionamiento de riego o apagada, según sea el caso para su monitoreo y supervisión de forma remota.

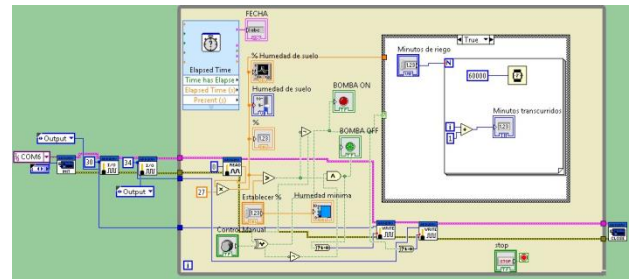


Figura 14 Diagrama de bloques; automatización de riego
Fuente: *Elaboración Propia*

Automatización de extractores para regulación de temperatura

Debido a que el invernadero se cultivan diferentes tipos de especies de hortalizas y, además de ello se cuenta con siembras en distintas épocas del año, lo más factible es dejar una programación que no se agresiva con el usuario para que este mismo establezca sus temperaturas máxima, mínima y óptima de una manera sencilla, eligiéndolas según sea su cultivo o la época del año

dero se cultivan diferentes tipos de especies de hortalizas y, además de ello se cuenta con siembras en distintas épocas del año, lo más factible es dejar una programación que no se agresiva con el usuario para que este mismo establezca sus temperaturas máxima, mínima y óptima de una manera sencilla, eligiéndolas según sea su cultivo o la época del año

En la figura 15 se muestra un instrumento virtual del monitoreo y control de la temperatura, se dejaron los controles de temperatura de manera que se puedan modificar según sea requerido, además se colocó un botón de encendido/apagado manual para que los usuarios también puedan iniciar la extracción de aire caliente de forma manual. Cuenta con unos LED indicadores mismos que nos permitirán conocer si los extractores están encendidos o apagados según sea el caso para su monitoreo y supervisión de forma remota.

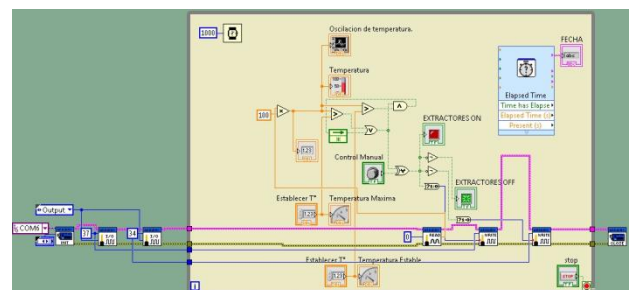


Figura 15 Diagrama de bloque de control de temperatura
Fuente: *Elaboración Propia*

Interfaz Gráfico (Hombre-Máquina)

A continuación se muestra el panel frontal (Figura 16) diseñado para la interfaz hombre maquina donde se pueden controlar y monitorear los factores más importantes en un invernadero antes mencionados en el presente documento. En este se pueden establecer a criterio de los usuarios los valores con los cuales trabajara el sistema de una manera autónoma, facilitando y mejorando las condiciones de trabajo en el invernadero

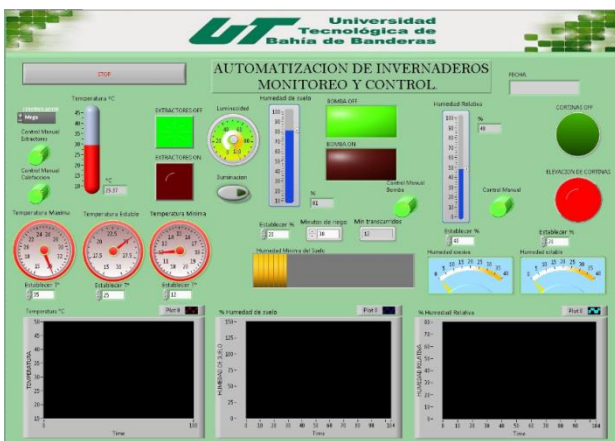


Figura 16 Panel frontal; IHM Automatización de extractores, cortinas, sistema de riego e iluminación manual

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de conexión

El software utilizado para la elaboración del diagrama de control es el Fritzing (Figura 17), que es utilizado de apoyo para realizar la conexión real del mismo.

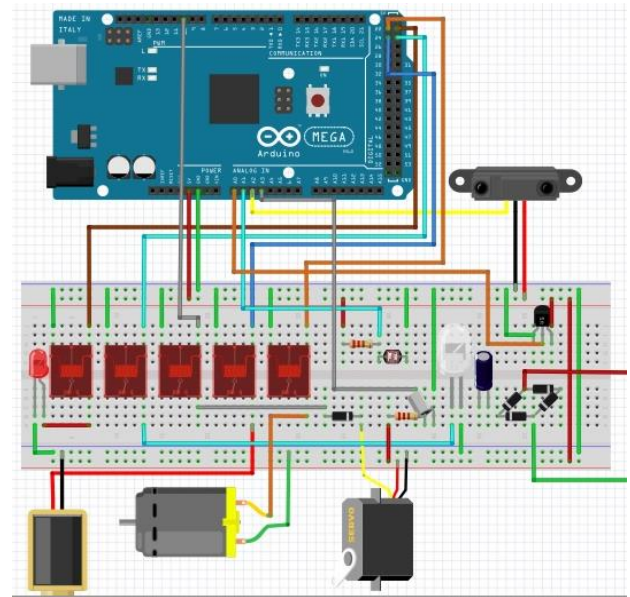


Figura 17 Diagrama de conexión de elementos de control
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 18 se muestra la conexión real de la tarjeta de control.

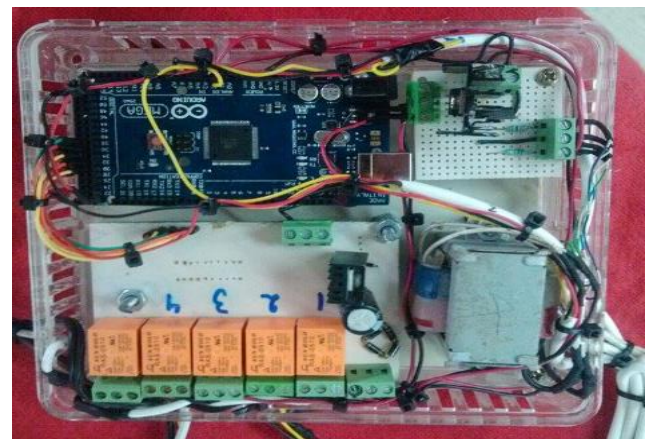


Figura 18 Conexión de controlador
Fuente: Elaboración Propia

Análisis de resultados

Análisis al control de temperatura automatizado

El uso de un sensor de temperatura que se acople a nuestras necesidades es algo que se debe de tomar en cuenta, para ello se llevó la selección de un sensor de fácil acceso tanto de manera de búsqueda como de precio, así como de su fácil interpretación de valores con los que se trabajaría.

Poder realizar las modificaciones en cuestiones de rango de operación de los extractores de calor es de gran importancia. Esto permitiría al usuario establecer a su deseo y según sea requerido su rango de inicio y paro de los mismos. Es por ello que se colocaron unos controles que permitirán variar los valores de funcionamiento de estos mismos.

Así mismo poder contar con un botón de encendido manual que le permita al usuario hacer uso de los extractores cada que este mismo lo considere prudente. Sin dejar de lado la colocación de graficas que permitirán su monitoreo y exportación de la variable temperatura a un documento de Excel en el cual podrá monitorear los rangos de temperatura que se tienen dentro de la cubierta plástica.

Análisis al control de iluminación automatizada

Para el caso de la iluminación se consideran factores tales como: horas de iluminación solar a sustituir, horas de trabajo de los operadores y control manual de las luminarias. En la presente automatización previamente vista y mencionada solo se realiza el accionamiento por medio de un botón dentro de software de programación encontrado en el panel frontal de nuestra aplicación, ese nos permitirá encender la iluminación a nuestro deseo.

También se colocó un medidor de porcentaje aproximado de radiación solar que será controlado por nuestra fotorresistencia y el astro conocido como sol.

Análisis al control de humedad relative

Por parte de la regulación de humedad relativa se obtuvo un programa igualmente simple que los anteriores mencionados donde se tomó en cuenta la existencia de un servo motor encargado de la apertura y cierre de las ventanas, pensando dar una mayor uso a estos puesto que la mayor parte del tiempo se encuentran en stand by.

El uso de un sensor que se acople a nuestras necesidades es algo que se debe de tomar en cuenta, para ello se llevó la selección de un sensor de fácil acceso tanto de manera de búsqueda como de precio, este sensor fue localizado en la tienda virtual de electrónica de nombre *AG Electrónica*, así como de su fácil interpretación de valores con los que este trabaja, puesto que se cuenta con una tabla (ver anexo, Tabla 1) de relación entre voltaje de salida, humedad de ambiente y temperatura.

Así mismo poder contar con un botón de encendido manual que le permita al usuario hacer uso de los motores que elevan las cortinas cada que este mismo lo considere prudente. Sin dejar de lado la colocación de graficas que permitirán su monitoreo y exportación de las variables a un documento de Excel en el cual podrá monitorear los rangos de humedad relativa que se tienen dentro de la cubierta plástica.

Análisis al control de humedad de suelo e intervalos de riego

El sensor que se propone para este control, tendrá un poco mayor de problemas de ubicación, esto derivado de que su rango de operación es muy limitado puesto que mide la humedad que se tienen en algún sustrato para cultivos y se limita a un área de contacto. Cabe mencionar que no es prudente colocar muchos sensores de estos puesto que al ser instalados al interior de las camas de cultivo pueden ser dañados por los operadores en el transcurso de sus jornadas o recorridos, así como con los artefactos utilizados para el movimiento de la tierra como lo son las palas y los picos.

A pesar de ello es un sensor de fácil acceso y programación ya que su diseño para Arduino nos facilitara el trabajo y su localización en el mercado, mencionando también su bajo costo y efectividad.

Como en los anteriores programas mencionados es de suma importancia contar con un sistema automatizado que se confiable, ya que del agua dependerán en su mayor parte los cultivos, es importante señalar que se colocó también un botón de encendido manual de la bomba, mismo que apagaría al transcurrir el tiempo preestablecido por el usuario en minutos, evitando así fallas por no retornar a apagar el equipo como exceso de agua en las plantas.

Anexos

Temp (°C)	Humedad Relativa (%)								Voltaje (V)
	20	30	40	50	60	70	80	90	
10	.75	1.03	1.32	1.64	1.97	2.30	2.64	2.97	
15	.72	1.00	1.30	1.63	1.97	2.30	2.64	2.96	
20	.69	1.00	1.31	1.64	1.98	2.31	2.63	2.94	
25	.66	.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	
30	.62	.96	1.30	1.64	1.98	2.31	2.63	2.94	
35	.59	.93	1.28	1.63	1.98	2.31	2.63	2.92	
40	.55	.90	1.25	1.61	1.96	2.30	2.61	2.90	

Tabla 1 Operación de sensor HMZ

Fuente: AGElectronica

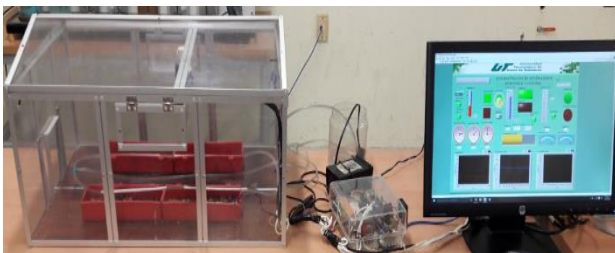


Figura 19 Prototipo completo

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

En la actualidad, y como ya es conocido desde tiempo atrás, el ambiente se ha visto afectado por el cambio brusco de temperaturas y del clima, por tal motivo es necesario enfocarnos a utilizar sistemas ya existentes y mejorarlos como es el caso de los invernaderos. Durante las investigaciones de campo que se realizaron en el presente trabajo, se observó el gran problema que tiene el invernadero de la Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas (UTBB) sin embargo, no se hicieron a un lado los factores que afectan a los demás invernaderos de la región. El prototipo en un futuro próximo se implementara en dicho invernadero.

La aceleración en los avances tecnológicos nos han permitido lograr alcanzar niveles de automatización más simples y económicos sin dejar de lado la efectividad y seguridad de las instalaciones, en este trabajo se demostró que sí es posible tener un funcionamiento adecuado del sistema del invernadero por medio del microcontrolador Arduino, siendo programado por el instrumento virtual LabVIEW y haciendo uso de sensores accesibles.

Una de las ventajas que podrían obtenerse a futuro una vez instalado un sistema de automatización como el expuesto en el documento sería su monitoreo y control de forma remota, ya sea desde un ordenador a distancia con el uso de aplicación de intercomunicación de red como lo es el programa Team Viewer o utilizando sistemas más portátiles lo cual sería mediante el diseño de una página web que permita tener un control y manejo desde un celular.

La automatización puede jugar un papel importante en el control del clima, ya que con el sistema automático se llega a tener un mejor desempeño al actuar de manera precisa e inmediata cuando alguna de las variables se ve afectada. Sería prudente recomendar iniciar la automatización del invernadero de la institución por etapas, esto permitirá dar a conocer los beneficios y funcionamientos así como la familiarización con el mismo.

El uso de un timer físico, (sin uso de instrumento de programación virtual) para los ciclos de riego parece ser de igual forma una idea benéfica para la automatización puesto que este mismo es de fácil configuración y cómoda instalación permitiendo al usuario controlar su sistema de riego de una manera un poco más remota pero de igual manera simple. Cabe resaltar que el programa de automatización puede ser mejorado cuantas veces sea requerido, adecuándose a las necesidades de los usuarios finales esto permitiendo innovar constantemente y progresando con los avances que implican a la mejora continua de los sistemas.

Referencias

- A. Alpi, F. T. (2010). *Cultivo en Invernadero*. España: Mundi-Prensa.
- ARDUINO. (2016). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- ARDUINO. (s.f). Recuperado el 16 de Junio de 2017, de ARDUINO: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Control, A. y. (2010). Obtenido de http://autycontrol.com/?page_id=7
- GARCÍA-MEJÍA, J. Z.-S.-S.-G. (2016). Aprendizaje de variables ambientales de las condiciones de un micro. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 1-12.
- Greenpeace. (s.f). Recuperado el 12 de junio de 2017, de Greenpeace: http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/2/La_agricultura_mexicana_y_el_cambio_climatico_2012.pdf
- Gutiérrez, J. M. (2013). *Arduino + Ethernet Shield*. Creative Commons Attribution 3.0 Unported License.
- Hidroponia. (26 de septiembre de 2015). Recuperado el junio de 2017, de Hidroponia: <http://hidroponia.mx/importancia-de-la-agricultura-en-mexico/>
- Hidroponia.mx. (26 de Septiembre de 2015). Obtenido de <http://hidroponia.mx/importancia-de-la-agricultura-en-mexico/>
- InfoAgro. (s.f). *Control climatico en invernaderos*. Recuperado el 2017, de http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm
- Instruments, T. (s.f). *Texas Instruments*. Recuperado el 2017, de <http://www.ti.com/product/lm35?keyMatch=Lm35&tisearch=Search-EN-Everything>
- Invernaderos, C. C. (s.f). *Infoagro*. Obtenido de http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm
- INVERNADEROS, C. C. (s.f). *InfoAgro*. Obtenido de http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm
- INVERNADEROS, C. C. (s.f). *InfoAgro*. Recuperado el 2017, de InfoAgro: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm
- JIMÉNEZ-REYES, J. L.-G.-M.-M. (2016). Control de asistencias y pagos para Asociación de Padres de Familia utilizando el. *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's*, http://ecorfan.org/spain/researchjournals/Sistemas_Computacionales_y_TICs/vol2num3/Revista_de_Sistemas_Computacionales_y_TIC%60S_V2_N3.pdf.
- National Instruments . (s.f). Recuperado el 2017, de National Instruments : <http://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>
- National Instruments. (s.f). Recuperado el 2017, de <http://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>
- Oziel Lugo, G. V. (2012). Paquete tecnológico para el monitoreo ambiental en invernaderos con el uso de hardware y software libre. *Terra Latinoam, vol.32 no.1 Chapingo*.
- SAGARPA. (2 de Enero de 2017). Recuperado el 15 de Junio de 2017, de SAGARPA: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/agricultura-prottegida-cosecha-segura/>
- SAGARPA. (3 de Enero de 2017). Recuperado el 15 de Junio de 2017, de SAGARPA: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/tipos-de-estructura-para-la-agricultura-prottegida>

Energy Plus: Control de suministro de energía mediante aplicación Android

PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette†*, CRUZ-PECH, Manuel Alejandro, GAXIOLA-SOSA, Rodrigo Fidel, MEDINA-NEGRÓN, Pablo Alejandro

Instituto Tecnológico de Mérida

Recibido Agosto 18, 2017; Aceptado Diciembre 1, 2017

Resumen

Los precios de la electricidad en México exceden por mucho a los costos de otros grandes países desarrollados. Esto constituye un factor preocupante hoy en día, ya que es vital para la sociedad, porque representa el núcleo que mueve la tecnología y el desarrollo de todo país. Sin embargo, no somos conscientes de lo que cada aparato conectado a un enchufe está consumiendo, sin importar si está en uso o no. Es este factor el que promueve el presente trabajo de investigación y desarrollo cuyo objetivo es diseñar e implementar un prototipo de dispositivo tecnológico conectado en casa y asociado a una aplicación móvil que monitoree y controle el suministro de energía eléctrica de acuerdo a las necesidades del usuario. El Modelo Espiral de desarrollo de software es la base de la aplicación aquí descrita. Este prototipo con base en Arduino y conectado vía Bluetooth a la aplicación Android cristaliza la necesidad de reflexionar y pensar en no malgastar la energía eléctrica. Aunque la utilidad inmediata es controlar remotamente los tomacorrientes y así reducir el gasto innecesario de energía, se espera una concientización del usuario hacia el uso responsable de la energía y el ahorro directo reflejado en el recibo eléctrico.

Control Arduino, Consumo de energía, Aplicación móvil

Citación: PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, CRUZ-PECH, Manuel Alejandro, GAXIOLA-SOSA, Rodrigo Fidel, MEDINA-NEGRÓN, Pablo Alejandro. Energy Plus: Control de suministro de energía mediante aplicación Android. Revista de Prototipos Tecnológico. 2017.3-10:11-19.

Abstract

Energy cost in Mexico is way above costs in other larger developed countries. This is an alarming factor because is important to society and it represents the key of technology and countries's development. However, we are not aware of the amount of energy each device or appliance plugged to an outlet, is in fact spending, regardless if it is in use or not. This is the reason that propels this research project that aims to design and implement a prototype of a technological device, plugged into at home, associated with a mobile application in order to monitor and control energy consumption according to user needs. The Spiral Model of software development is the basis of the application described here. This prototype uses an Arduino microcontroller and is connected via Bluetooth to the Android app; it highlights the need to think more about saving electric energy. Even though the immediate use is to control the outlets remotely and consequently reduce unnecessary energy expenditure, user consciousness is expected towards the responsible use of energy and direct savings reflected on the energy bill

Arduino control, energy consumption, mobile app

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: larissa.peniche@itmerida.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Es imposible llevar a cabo nuestra vida cotidiana como la conocemos sin energía eléctrica, pues su consumo y suministro confiable se ha vuelto indispensable. Según la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), el sector residencial o doméstico gasta el 25% de toda la electricidad que se consume en el país (Abaroa, 2015). Desde el punto de vista energético, el consumo en países en desarrollo continuará creciendo, como resultado del proceso de maduración de su economía.

Los avances tecnológicos que se viven día tras día, han hecho que muchos electrodomésticos permanezcan conectados a la corriente eléctrica aún no se estén utilizando, y aunque aparentemente estén apagados o no estén realizando su función principal, éstos siguen consumiendo energía. A esto se le conoce como energía en reposo. De acuerdo con los datos obtenidos de la Secretaría de Energía (SENER), la energía en reposo representa el 10%, o bien, aproximadamente 160 kWh en el consumo total de energía en un hogar en México al año (Abaroa, 2015). Es importante saber que en el sector residencial los mayores consumidores de energía son los aparatos que usamos todos los días de manera indiscriminada, como el aire acondicionado y calefactor, horno de microondas, aspiradora, plancha, refrigerador, lavadora y licuadora.

De acuerdo con la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE), se gasta un 40% de la energía en la iluminación de los hogares, 29% en el refrigerador, 13% en los televisores y el resto en otros electrodomésticos. Lo que implica un gran desembolso de dinero por parte de las familias (Abaroa, 2015). Estos adelantos han hecho que el consumo de energía eléctrica en México vaya en constante crecimiento en los últimos años, pero lo señalable de la situación son los altos costos que los proveedores de energía establecen y que bimestre con bimestre los hogares en México se ven en la necesidad de pagar.

Los costos de la electricidad en nuestro país exceden por mucho a los costos de otros grandes países desarrollados. Esto se constituye en un factor preocupante hoy en día, ya que es vital para la sociedad moderna, porque representa el núcleo que hace mover a la tecnología y el desarrollo de México. Y es donde se debe poner de manifiesto la necesidad de reflexionar y pensar en no malgastar el uso de la energía eléctrica.

¿Cómo se calcula la energía que se gasta en los hogares?

La CFE cuenta con 8 tarifas para el uso doméstico en México, y de las cuales 7 (1, 1A, 1B... 1F) se aplican a los hogares de acuerdo a la temperatura media mínima en verano. Por ejemplo, la tarifa de Yucatán será diferente a la tarifa de la Ciudad de México, por el simple hecho de que son dos lugares con temperaturas totalmente diferentes. En la tabla 1 se observan las tarifas asociadas a la temperatura media mínima.

Tarifa	Temperatura media mínima
1	Menor a 25 °C
1A	25 °C
1B	28 °C
1C	30 °C
1D	31 °C
1E	32 °C
1F	33 °C

Tabla 1 Tarifas domésticas en México

Fuente: *Elaboración propia*

La octava tarifa no depende a la temperatura de cada estado, sino de la cantidad de electricidad que se consume. Se trata de la tarifa doméstica de alto consumo, mejor conocida como DAC. Se aplica cuando se excede el límite establecido para cada localidad en el consumo promedio de cada hogar (PROFECO, 2012). En la tabla 2 se observan los límites de cada tarifa DAC.

Tarifa	Límite para ingresar a DAC
1	500 kWh/bimestre
1A	600 kWh/bimestre
1B	800 kWh/bimestre
1C	1700 kWh/bimestre
1D	2000 kWh/bimestre
1E	4000 kWh/bimestre
1F	5000 kWh/bimestre

Tabla 2 Tarifas domésticas DAC en México

PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, CRUZ-PECH, Manuel Alejandro, GAXIOLA-SOSA, Rodrigo Fidel, MEDINA-NEGRÓN, Pablo Alejandro. Energy Plus: Control de suministro de energía mediante aplicación Android. Revista de Prototipos Tecnológico. 2017.

La unidad de medida que utiliza la CFE para calcular la cantidad de energía consumida durante un período determinado es el kWh que equivale a mantener en consumo 1000 watts durante 1 hora. Por ejemplo, una plancha en promedio, consume 1500 watts que equivale a 1.5 kW; si se mantuviera en uso durante dos horas al día durante un mes seguido entonces 1.5 kW se multiplicaría por 2 horas y éste a su vez por 30 días, daría un consumo de 90 kWh al mes. Si se conectara un medidor, el monto sería 90 kWh multiplicado por el precio establecido según la tarifa vigente más gastos e impuestos menos algún subsidio en caso de haber.

Planteamiento del problema

En cuanto a la electricidad, a menos que las tendencias actuales se reviertan, se espera que los requerimientos aumenten más de 91% para el 2040, llegando a más de 2.970 Teravatio-hora (TWh). Esto significa que la región va a necesitar agregar casi 1.500 TWh a su producción actual. Para poner esta cifra en contexto, cubrir esa necesidad de energía va a requerir el equivalente a planear, construir y mantener dieciocho nuevas plantas hidroeléctricas del tamaño de la de Itaipú de Brasil y Paraguay (Balza, 2016).

Gran parte del ahorro antes mencionado se le atribuye a la creación del Fideicomiso Privado para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), impulsada en 1990 por iniciativa de la CFE junto con la ayuda de Luz y Fuerza del Centro (LyFC), y se encarga de impulsar el ahorro de la electricidad en la industria, el comercio, el sector doméstico y otras áreas igual de importantes (Realpozo, 2007).

Esto quiere decir que se puede reducir este gasto si la población contribuyera aún más al ahorro de energía. Es por eso que se presentó la posibilidad de realizar esta investigación, que tratará de plantear una posible solución al gasto innecesario de corriente eléctrica.

Estado del arte

La aplicación móvil desarrollada en Android controla el paso de la energía, es decir, es un dispositivo temporizador programable, donde el usuario determina la cantidad de tiempo que quiere que los equipos conectados a él sean abastecidos de energía.

La aplicación es capaz de abrir o cerrar el paso de corriente a cada equipo (electrodoméstico, de oficina u otro) conectado al dispositivo controlador, de acuerdo con el tiempo estipulado por el usuario. Esto permite decidir cuánto es lo que queremos gastar en el hogar o en la oficina en donde se encuentre instalado el dispositivo.

Existen proyectos similares que cumplen parcialmente con las funcionalidades antes mencionadas:

Diseño de un sistema domótico para el monitoreo de consumo de energía en el hogar: Sistema diseñado para el funcionamiento de cualquier dispositivo del hogar (electrodomésticos, luces y computadoras). Su principal ventaja es que es escalable y no es necesario reestructurar el cableado del hogar a la hora de realizar la implementación de éste; además de que se plantea un dispositivo de fácil instalación y uso (Torres, 2016).

Viviendas inteligentes. (Domótica): La finalidad de este proyecto es fusionar el control domótico de las viviendas con dispositivos convencionales con acceso a internet y dispositivos de nueva incorporación en el mercado como son los Smartphone y tablets (Herrera, 2005).

Diseño e implementación de un prototipo de enchufe inteligente mediante la placa Arduino: Prototipo llamado Clever Socket que es un conjunto hardware y software que facilita el control del encendido y el apagado de los aparatos electrónicos conectados a él a través de redes de comunicación LAN y WAN.

Para lograr este propósito, el artefacto se apoya en la placa de desarrollo electrónico Arduino UNO y la placa Arduino WiFi Shield que posibilita su conexión inalámbrica a la red (González, 2014).

Implementación

La aplicación Android junto con el dispositivo Arduino se desarrollan siguiendo las fases de la metodología de Espiral (Boehm, 1988).

Fase 1 – Determinar o fijar los objetivos

Se plantea que el objetivo general es diseñar e implementar un dispositivo tecnológico conectado en casa y asociado a una aplicación móvil que controle el suministro de energía eléctrica de acuerdo a las necesidades del usuario. Para entender mejor la finalidad del proyecto se determinan los objetivos específicos:

- Analizar los requerimientos de los usuarios por medio de un diagnóstico de los dispositivos que más energía consumen en los hogares.
- Diseñar una interfaz hombre – máquina que sirva como medio de comunicación entre el Arduino y el usuario final.
- Diseñar el dispositivo que se encargará de suministrar la energía eléctrica.
- Desarrollar la aplicación móvil.
- Determinar el medio de comunicación entre el arduino y la aplicación móvil
- Implementar parámetros que ayuden a calcular un estimado de consumo de energía por aparato.

Se lleva a cabo la ingeniería de requerimientos donde se obtienen los requerimientos funcionales y no funcionales:

- La aplicación móvil controlará un dispositivo ahorrador de corriente.
- El dispositivo controlará la energía por tiempo o consumo (Hr/kW) y estimará costos traducidos en moneda nacional (\$).
- El sistema tendrá una interfaz gráfica intuitiva.

Fase 2 Desarrollar, verificar y validar

Una vez identificados los requerimientos funcionales y no funcionales, se elabora el diagrama de la arquitectura del dispositivo y de la aplicación para determinar sus componentes y cómo cada uno se debe enlazar en el proyecto.

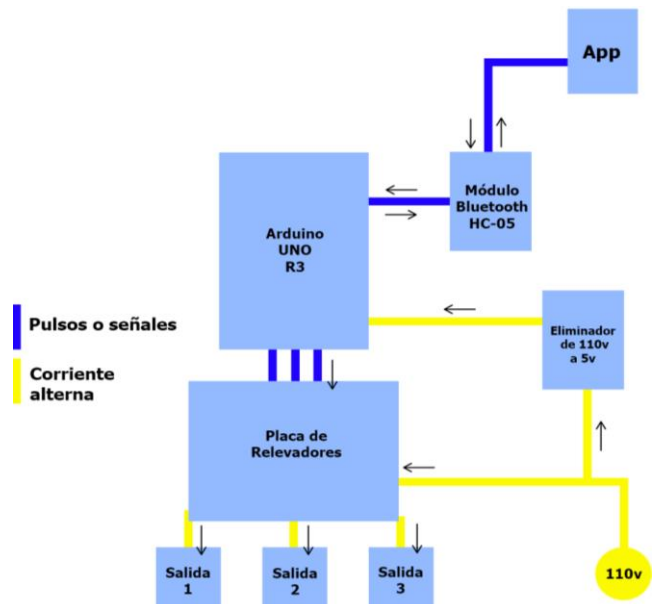


Figura 1 Arquitectura del dispositivo.

Fuente:Elaboración propia

Como se observa en la Figura 1, el medio de comunicación entre la aplicación y el dispositivo que suministra la energía es vía Bluetooth el cual le envía señales al Arduino que a su vez gestiona el tiempo en que las compuertas de la placa de relevadores deben permanecer abiertas y con esto proveer de energía eléctrica a los equipos conectados en cada una de las salidas.

Cabe señalar que la distancia de cobertura que tiene el módulo Bluetooth HC-05 varía entre 5 y 10 metros, por lo que se pudiera perder de manera parcial o total la transferencia de datos cuando se rebasa dicha distancia. Para alimentar al Arduino se utiliza un eliminador de corriente desde un enchufe de 110 volts, el cual reduce la energía a 5 volts, cantidad suficiente para mantener funcionando al Arduino.

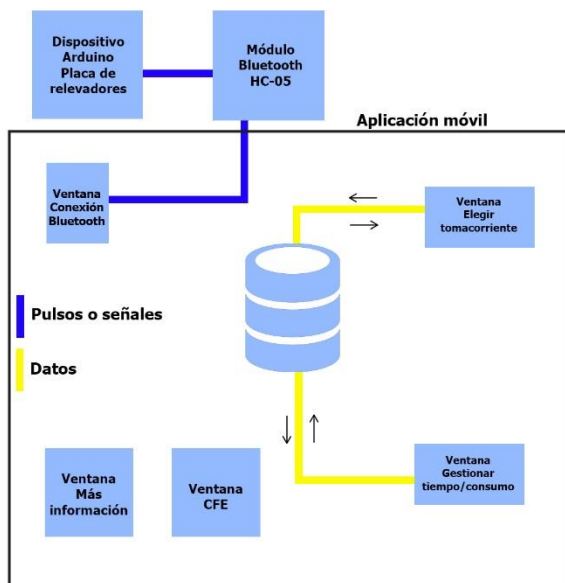


Figura 2 Arquitectura de la aplicación
 Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se muestra la arquitectura de la aplicación móvil desarrollada en Android, donde se encuentran las diferentes ventanas que interactúan y que forman en conjunto toda la aplicación. Como parte central se encuentra la base de datos, que se encarga de almacenar los valores numéricos de todos los aparatos eléctricos que se pueden conectar al dispositivo, para hacer los cálculos correspondientes sobre tarifas y montos calculados en pesos mexicanos. Se observa también la relación que tiene con el módulo Bluetooth y el dispositivo Arduino descrito anteriormente.

En función al objetivo y los requerimientos obtenidos se diseñaron las funciones necesarias de la aplicación que se presentan en el diagrama de casos de uso elaborado en base a los criterios estandarizados del lenguaje gráfico UML y como se observa en la Figura 3 (Lee, 2017).

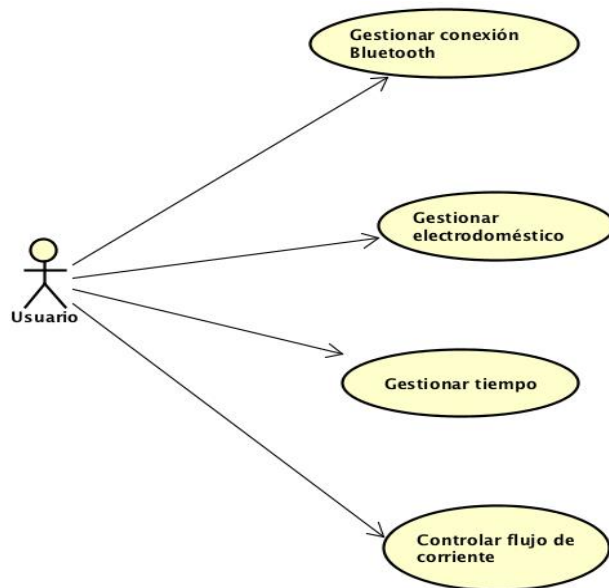


Figura 3 Diagrama de caso de uso del usuario final.
 Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la arquitectura se diseñó una pequeña base de datos que permite relacionar los dispositivos y sus correspondientes consumos estimados para el cálculo de gasto de energía. El sencillo diagrama Entidad – Relación de la base de datos se muestra en la Figura 4.

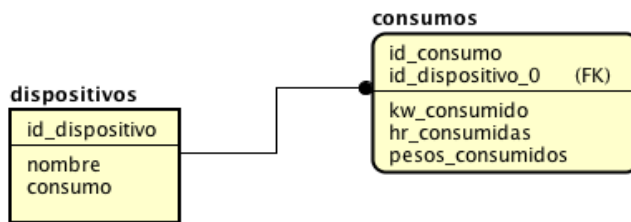


Figura 4 Diagrama entidad-relación de la aplicación.
 Fuente: Elaboración propia

Fase 3 Construcción del prototipo

Para que el prototipo funcione de manera óptima, se programó la placa Arduino de tal manera que sea él quien lleve el registro del tiempo que es elegido por el usuario, con la finalidad de mantener funcionando el electrodoméstico aún que se desconecte la aplicación por cualquier motivo. En la Figura 5 se muestran las líneas de código en lenguaje C que se utilizó para llevar el control del tiempo en la placa Arduino.

```

casesconarduino
char val;
int ledpin11 = 11;
int ledpin12 = 12;
int ledpin13 = 13;
int S;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledpin11, OUTPUT);
  pinMode(ledpin12, OUTPUT);
  pinMode(ledpin13, OUTPUT);
}

void loop() {
  if(Serial.available())
    val = Serial.read();

  switch(val){
    case 'a':
      delay(500);
      digitalWrite(ledpin11, HIGH);
      Serial.println("SE APAGA ");
      Serial.println("\n");
      Serial.println(".");
      delay(500);
      break;
  }
}

```

Figura 5. Líneas de código en C
Fuente: Elaboración propia

La aplicación móvil se encuentra dividida en módulos distintos los cuales fueron programados de manera separada para luego integrarlos en una sola aplicación y puedan funcionar en sinergia. Hay 3 módulos que son imprescindibles:

El primer módulo llamado Ventana “Conexión Bluetooth” se encarga básicamente de gestionar el medio de comunicación entre la aplicación y el dispositivo hardware. Como se observa en la figura 5 la pantalla inicial muestra el logo del proyecto en desarrollo y el botón de “Conectar” con el símbolo Bluetooth esperando a ser pulsado.

Cuando esto sucede, el botón direcciona a una lista de los dispositivos que se encuentran dentro del alcance del teléfono móvil que contiene a la aplicación, entre los cuales deberá estar el dispositivo Arduino que contiene los tomacorrientes. Al realizar el enlace y conectarse al módulo Bluetooth del dispositivo antes mencionado, la aplicación muestra un mensaje de confirmación que indica la conexión exitosa.

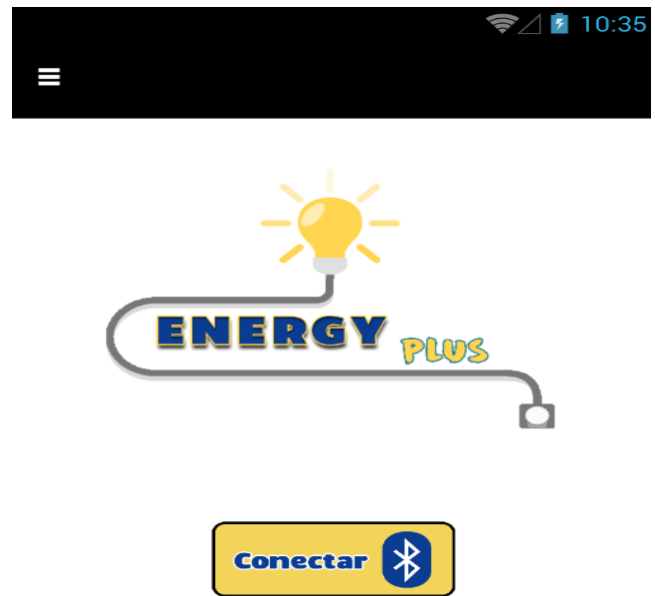


Figura 6. Ventana “Conexión Bluetooth”
Fuente: Elaboración propia

Una vez que la conexión Bluetooth ha sido exitosa se puede acceder al menú lateral ubicado en la parte superior izquierda de la pantalla de donde están 3 opciones: la primera llamada “Tomacorrientes” que accede a la interfaz de la Figura 6 que muestra 3 botones Tomacorriente numerados consecutivamente (cantidad máxima de electrodomésticos que soporta el dispositivo Arduino a la vez); cada uno, al pulsarlo, despliega un ícono de enchufe esperando a ser encendido o apagado (On / Off), una lista desplegable de donde podrá ser elegido el electrodoméstico y con esto asociar sus valores de consumo al momento de programar el tiempo que el usuario determine en la siguiente ventana.

Para acceder a la ventana “Gestionar tiempo/consumo” (como se muestra en la Figura 8) basta con presionar el ícono de enchufe correspondiente. La segunda opción del menú desplegable muestra una ventana con información acerca de cómo la CFE calcula las cuotas y tarifas que se aplican en el sector residencial. La última opción muestra una ventana acerca de la información del proyecto y sus autores.

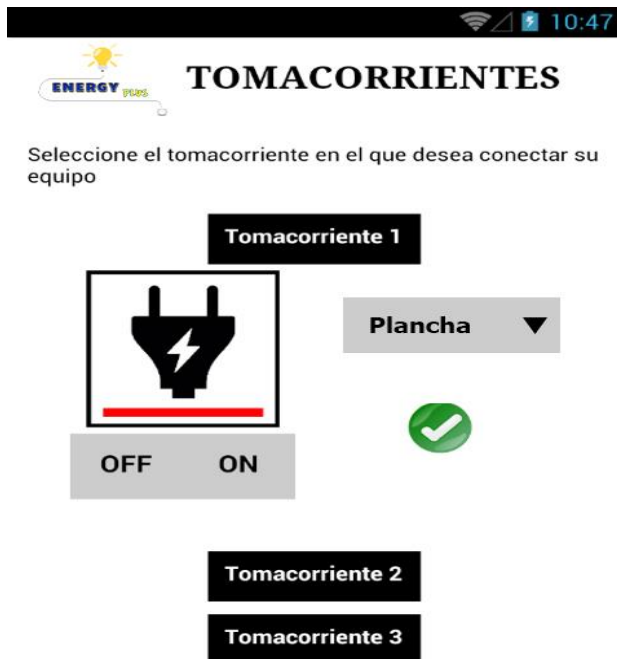


Figura 7 Ventana “Tomacorrientes”.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 7 muestra la ventana “Gestionar tiempo/consumo” cuya pantalla contiene 2 listas desplegables, una donde se elige la temporada del año en la que se encuentra el usuario, ya sea “Verano” o “Resto del año”; esto generalmente incide en el tipo de descuento a las tarifas de consumo que suelen ser subsidiadas durante los meses más calurosos, y la otra donde se elige el grupo tarifario al que se pertenece. Cabe señalar que no se está considerando un aumento de costo por el horario en que es consumida la energía eléctrica en cada región del país.

También se muestra un temporizador donde se pueden manipular las horas y los minutos deseados para el dispositivo que se está configurando, dependiendo de la necesidad de cada usuario. La interfaz solicita confirmación de la temporada y del tiempo seleccionado y enseguida la aplicación calcula y despliega los valores estimados del consumo en el lapso de tiempo elegido para el electrodoméstico en cuestión y el costo en pesos mexicanos de tal consumo.

Es en este momento que se genera en el usuario la conciencia de lo que cuesta la energía eléctrica. Se espera que los consumidores aprendan a cuidar su gasto de energía eléctrica cuando vean lo que cada uno de sus dispositivos conectados está consumiendo antes de consumirlo. Como se aprecia, también se puede iniciar, reiniciar o detener el paso de corriente mediante los botones al pie de la pantalla.

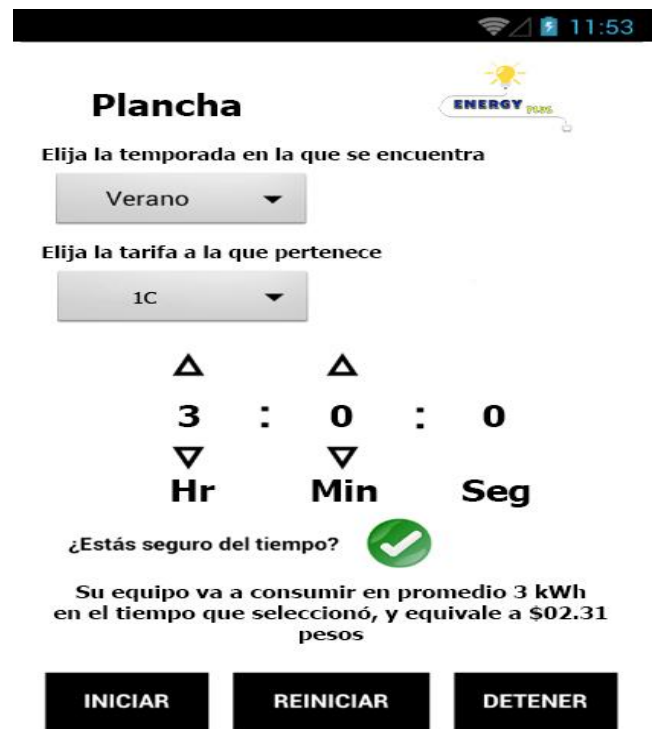


Figura 8 Ventana “Gestionar tiempo/consumo”.
Fuente: Elaboración propia

Resultados

El prototipo funcional fue expuesto a 20 usuarios y se realizó una encuesta con 5 preguntas de las cuales se obtuvieron los resultados que se encuentran en la Tabla 1, cuyos resultados se discuten a continuación.

Característica	Total de usuarios
¿Logra acceder a la aplicación desde el menú de su Smartphone?	20
¿Encuentra el electrodoméstico que buscaba en la lista desplegable?	18
¿Accede a la ventana donde programa el tiempo deseado?	18
¿Logra calcular su cuota e iniciar el cronómetro?	17
¿El electrodoméstico se apaga una vez finalizado el tiempo de su elección?	17

Tabla 3 Resultados de funcionalidad.

Fuente: Elaboración propia

El 100% logra iniciar la aplicación y puede conectarse al dispositivo Arduino por medio del Bluetooth. Todos los usuarios logran acceder a la lista de electrodomésticos y el 90% puede elegir un aparato ya existente de la lista.

El 90% de los usuarios acceden a la ventana donde pueden definir la temporada del año, el tiempo que desean que su equipo sea suministrado de corriente eléctrica.

El 85% de los usuarios pueden calcular sus montos en función al tiempo seleccionado e iniciar el temporizador con éxito.

El 85% de los usuarios verificó que el electrodoméstico dejó de recibir corriente eléctrica una vez finalizado el tiempo que seleccionó.

Se realizó una encuesta de aceptación dirigida a 20 personas que serían los clientes finales del dispositivo y se obtuvo que:

- El 84% de los montos calculados por la aplicación son útiles.
- La aplicación resultó agradable y fácil de entender en un 94%.
- El dispositivo se encuentra en un tamaño estándar en un 86%.
- El medio de comunicación entre el dispositivo y la aplicación es la más óptima en un 80%.
- La aplicación es compatible con los smartphones en un 95%.

Se aplicaron pruebas de alcance al módulo Bluetooth HC-05, donde se ubicó al dispositivo Arduino a 5 distancias diferentes con respecto a un smartphone. Con la finalidad de comprobar la distancia óptima para transferir datos vía Bluetooth. La información se muestra en la tabla 4.

Distancia	Conexión	Transferencia de datos
3 metros	Exitosa 3 segundos después	No existe ningún inconveniente
5 metros	Exitosa 3 segundos después	No existe ningún inconveniente
8 metros	Exitosa 6 segundos después	No existe ningún inconveniente
10 metros	Exitosa pero no logra mantenerse estable la conexión	No existe transferencia de datos
12 metros	El Smartphone no encontró el módulo Bluetooth.	No existe transferencia de datos

Tabla 4 Pruebas de alcance.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Se desarrolló e implementó una aplicación móvil enlazada vía Bluetooth capaz de programar tiempo de consumo eléctrico y mostrar montos por consumo. Se diseñó y se implementó un dispositivo que se puede conectar a cualquier tomacorriente de 110 volts capaz de interrumpir el paso de corriente. Se puede concluir que la aplicación móvil en conjunto con el dispositivo desarrollado en Arduino alcanza un 90% en pruebas de funcionalidad y un 88% en pruebas de aceptación por el usuario final.

Posterior a las pruebas de alcance, se concluye que la distancia media óptima para transferir datos sin ningún inconveniente es de 5.3 metros. Las pruebas de usuario muestran en gran medida que la aplicación resulta útil para los hogares. Se desea lograr que en los usuarios se siga trabajando en la concientización del costo del usar la corriente eléctrica en los hogares teniendo como estrategia clave una diferencia plasmada en consumos, un antes y un después de usar el prototipo.

Con esto en mente, se plantea que la siguiente etapa permita comparar históricos periódicos del consumo general e individual por enchufe doméstico.

A largo plazo, se requiere el análisis y planeación de la producción a nivel comercial del dispositivo, accesible al público y así seguir contribuyendo en el desarrollo sustentable en la sociedad.

Referencias

- Abaroa, S. (2015). Electrodomésticos y la eficiencia energética. *Brújula de Compra*. Sitio web: https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2015/bol305_Electrodomesticos.asp
- Balcells, J., Autonell, J., Barra, V., Brossa, J., & Fornieles, F. (2011). Eficiencia en el uso de la energía eléctrica. España: Marcombo.
- Balza, L., Espinasa, R., & Serebrisky, T. (2016). *Lights On?: Energy Needs in Latin America and the Caribbean to 2040*. Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo, 1, pp. 5-12.
- Boehm, B.W., & Belz F.C. (1988). *Applying Process Programming to the Spiral Model*, Proc. Fourth Software Process Workshop, IEEE.
- Bower, J., Fuentes, R. (2014). *In Search of the Mexican Way: How to kick start competition in the electricity sector and achieve lower tariffs*. 2017, de The Oxford Institute for Energy Studies. Sitio web: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2014/05/In-Search-of-the-Mexican-Way.pdf>
- González, O. (2014). *Diseño e implementación de un prototipo de enchufe inteligente mediante la placa Arduino*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España.
- Herrera, L. (2005). *Smart Domotic Houses*. *Ingeniería e Investigación*, 25, pp. 47-52.
- Lee, B., Dae-Kyoo, k., Yang, H., & Sungsoo, O. (2017). *Model transformation between OPC UA and UML*, *Computer Standards & Interfaces*, vol. 50, p. 236–250.
- Realpozo, E. (2007). *Ahorro de Energía Eléctrica en México: Avances y Prospectiva 2006 - 2012*. 2017, de Academia de Ingeniería. Sitio web: <http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/1/El%20Ahorro%20de%20Energia%20Electrica%20en%20Mexico.pdf>
- Sommerville, I. (2010). *Software Engineering*. Boston: Addison -Wesley.
- Torres, N. (2016). *Diseño de un sistema domótico para el monitoreo de consumo de energía en el hogar*. (Tesis de licenciatura), Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Vieira, A., Poveda, M., & Zak, J. (1996). *Diseño de Programas de Eficiencia Energética: La Experiencia de OLADE*. *Revista Energética*, 3, pp. 7-19.

Prototipo del sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta

RAMÍREZ-CHOCOLATL, Yuridia * †, ALANIS-TEUTLE, Raúl, SANTANDER-CASTILLO, Julieta y ALONSO-CALPEÑO, Mariela Juana

Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

Recibido Septiembre 11, 2017; Aceptado Diciembre 2, 2017

Resumen

Actualmente el proceso de la lombricomposta da una solución a los problemas de contaminación y convierte al estiércol de los animales en un producto útil y comercial. Durante la producción de lombricomposta, se presentan algunos factores adversos como son: las plagas, cambios de temperatura en el clima, descontrol del riego, que conllevan a tener pérdidas económicas, incremento en tiempos y mayor esfuerzo humano.

En el presente artículo se describe el prototipo de un sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta. El sistema muestra una propuesta metodológica con diecisiete fases que engloban el proceso de producción, tomando en cuenta tres de estas fases para la visualización de los escenarios virtuales: sembrar lombriz, regar canaleta y extracción de lombriz, en estos escenarios se pueden visualizar aspectos tales como: el color y tamaño de la lombriz. Durante el desarrollo del sistema se analiza la información de las entrevistas con expertos para la obtención del protocolo de investigación, así como la creación de los escenarios virtuales, utilizando la metodología de prototipo para el control de tiempos y organización del proyecto.

Lombricomposta, prototipo, escenarios virtuales, metodología, sistema.

Abstract

Currently, the vermicompost process provides a solution to pollution problems and converts animal manure into a useful and commercial product. During the production of vermicompost, there are some adverse factors such as: pests, changes in temperature in the climate, uncontrolled irrigation, which lead to economic losses, increase in time and greater human effort.

This article describes the prototype of the system to visualize virtual scenarios of the production of vermicompost. The system shows a methodological proposal with seventeen phases that encompass the production process, taking into account three of these phases for the visualization of the virtual scenarios: planting worm, irrigating channel and extraction of earthworm, in these scenarios can be visualized aspects such as: the color and size of the worm. During the development of the system the information of the interviews with experts to obtain the research protocol, as well as the creation of the virtual scenarios, using the prototype methodology for time control and project organization, is analyzed.

Vermicompost, prototype, virtual scenarios, methodology, system.

Citación: RAMÍREZ-CHOCOLATL, Yuridia, ALANIS-TEUTLE, Raúl, SANTANDER-CASTILLO, Julieta y ALONSO-CALPEÑO, Mariela Juana. Prototipo del sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta. Revista de Prototipos Tecnológicos 2017, 3-10:20-28.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yuridia.ramirez@itsatlixco.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En el desarrollo de sistemas se permite involucrar a los usuarios potenciales y desarrollar software que satisfaga sus necesidades, es por ello que la ingeniería de software es una disciplina que comprende todos los aspectos de la producción de software, desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, hasta el mantenimiento de éste después de que se utiliza. (Sommerville, 2011).

El desarrollo de software tiene un impacto importante en la educación, salud, redes de comunicación, tecnologías emergentes, sistemas embebidos, procesos industriales, servicios modernos, entre otros. En este artículo se describe el desarrollo de un sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta que sirva como una herramienta de capacitación para su producción. El usuario final puede consultar el proceso de la lombricomposta y dar un seguimiento sobre la cantidad de población de la lombriz en un tiempo determinado, a través de los comentarios que se ingresan en los escenarios virtuales.

Para el desarrollo del sistema se lleva a cabo la metodología de prototipo, la cual permite desarrollar versiones cada vez más completas para presentar los escenarios virtuales: sembrar lombriz, regar canaleta y extracción de lombriz.

Planteamiento del problema

En México las principales actividades económicas que aportan al PIB (Producto Interno Bruto) de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), son: agricultura, minería, construcción, entre otras. (INEGI, 2016) Por lo tanto, el sector agropecuario es uno de los más importantes en el país y por consiguiente es el sector donde se necesita más el desarrollo de tecnologías para la mejora de sus productos, en este caso se propone realizar un sistema para mejorar el proceso de producción de lombricomposta como una herramienta de apoyo a este sector.

El proyecto surge de la idea de presentar al productor una tecnología orientada a la visualización de situaciones y variables complejas a través del uso de escenarios virtuales tomando en cuenta el mundo físico y sustituyéndolo por entrada y salida de información en una visión computadorizada dinámica y tridimensional, logrando tener un comportamiento más cercano a la realidad de la producción de lombricomposta. Así como el impacto que se tiene en la venta de fertilizantes orgánicos tomando en cuenta que la lombricomposta es un método cada vez más popular de composteo pasivo y se reconoce como el composteo del futuro.

En la lombricomposta se utilizan las lombrices para acelerar la transformación de desechos orgánicos, con la finalidad de generar productos naturales, tales como el abono de lombriz que es un material rico en nutrientes para las plantas; también se puede aprovechar la carne de la lombriz por sus altos contenidos de proteína, vitaminas y aminoácidos. (Martínez Cerdas, 2015)

Durante el análisis de la producción de lombricomposta se detectan los siguientes problemas: plagas (como la hormiga roja, aves y roedores), cambios de temperatura en el clima, esto genera pérdidas económicas que son constantes en los productores al llevar a cabo este proceso, esto sucede si no se toman las medidas necesarias, por ejemplo, el monitoreo constante de la canaleta donde se encuentra la lombricomposta para la prevención de plagas, el riego de la lombricomposta para conservar la temperatura y humedad adecuada, de esta forma se pueden evitar dicha problemática.

La implementación del sistema permite conocer el proceso de la producción de lombricomposta con parámetros controlables, así como el seguimiento del desarrollo en las tareas del productor e incrementar la productividad de lombricomposta. El presente trabajo está dividido en dos secciones, la primera sección describe los referentes teóricos acerca de la lombricomposta, metodología, escenarios virtuales y las herramientas de desarrollo.

En la segunda sección se abordan las etapas principales de la metodología de prototipo: investigación, comunicación, modelo de diseño rápido y construcción.

Referentes teóricos

En este apartado se describe brevemente los temas que sustentan el desarrollo del prototipo.

Lombricomposta

La lombricomposta es un material similar a la tierra, producido de la fracción orgánica de los residuos a través de la técnica de lombricomposteo, con un alto contenido de nutrientes y comúnmente utilizado como mejorador de suelos o sustituto de fertilizantes químicos. (Mina, 2014)

Por otra parte la lombricomposta es considerada un excelente mejorador de suelos debido a que da cuerpo a los suelos arenosos y/o erosionados, mejorando su drenaje y su calidad nutritiva, revitaliza y estabiliza los suelos empobrecidos por el excesivo uso de fertilizantes químicos. (Agrovida, 2015)

La lombriz que se utiliza para este proceso es la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*) es la especie de mayor popularidad en la técnica de lombricomposteo, debido a su habilidad para digerir residuos orgánicos en condiciones de cautiverio y producir humus comercializable. La lombriz roja californiana puede consumir entre 50% y 100% de su peso diario y duplicar su población en 90 días. (Ver figura 1)



Figura 1 Lombricomposta

Fuente: Elaboración propia

Los factores principales en la formación de la lombricomposta son:

- Temperatura óptima. 25 °C, para las lombrices.
- Potencial de Hidrógeno (pH). En el rango de 6.5 a 7.5.
- Humedad. Lo más recomendable es mantenerla entre 40-50%; lo que se considera necesario para permitir la movilidad de la lombriz entre los desechos, propiciar su fragmentación y posibilitar su respiración.
- Relación Carbono-Nitrógeno (C/N). Conviene que, en la etapa inicial, sea 25-30, y en la final 12-20. (Amaro, 2015)

Para la producción de composta se pueden utilizar distintos desechos orgánicos (Valero-Soria, 2015), como son:

- Estiércol bovino
- Desechos de jardinería
- Melaza
- Residuos de caña de azúcar

Estos desechos son mezclados con tierra y manteniendo la humedad con agua.

Modelo de prototipo

El modelo de prototipos en ingeniería de software, pertenece a los modelos de desarrollo evolutivo. El prototipo debe ser construido en poco tiempo, usando los programas adecuados y no se deben usar muchos recursos. En el modelo de desarrollo iterativo prototipo se desarrolla una maqueta del producto, esta maqueta o prototipo desarrollada por el equipo de proyecto y refinada junto al cliente permite idealmente especificar los requerimientos del producto. (Guillermo Pantaleo, 2015)

En la figura 2 se presentan las etapas del ciclo de vida de un sistema basado en prototipos.

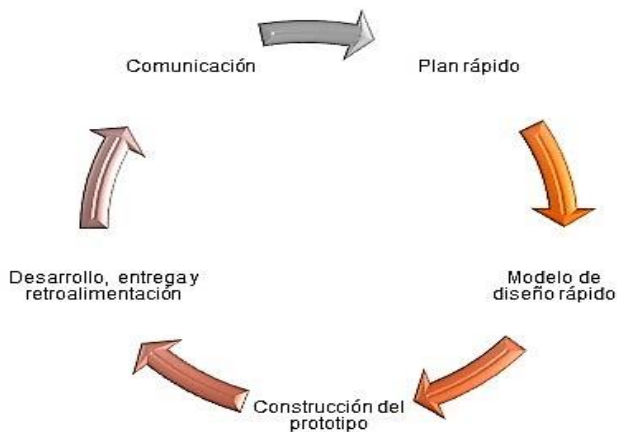


Figura 1 Modelo de prototipos

Fuente: (Pressman, 2010)

- Comunicación. Se reúne con otros participantes para definir los objetivos generales del software, identifica cualesquiera requerimientos que conozca y detecta las áreas en las que es imprescindible una mayor definición.
- Plan rápido. Se planea rápidamente una iteración para hacer el prototipo, y se lleva a cabo el modelado (en forma de un “diseño rápido”). Las herramientas para el modelado de los sistemas que utiliza el analista son diversas, su función principal primordial es visualizar de manera general y en forma abstracta (estructura lógica) la representación de los procesos, tareas o actividades involucrados en las aplicaciones. (Villalobos-Alonzo, 2016).

- Modelo de diseño rápido. Se centra en la representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para los usuarios finales (por ejemplo, disposición de la interfaz humana o formatos de la pantalla de salida).
- Construcción del prototipo. El diseño rápido lleva a la construcción de un prototipo. Éste se entrega y es evaluado por los participantes, que dan retroalimentación para mejorar los requerimientos.
- Desarrollo, entrega y retroalimentación. La iteración ocurre a medida de que el prototipo es afinado para satisfacer las necesidades de distintos participantes, y al mismo tiempo le permite al equipo entender mejor lo que se necesita hacer. (Pressman, 2010)

Lenguaje ASP

El lenguaje ASP (Active Server Pages), es un lenguaje de programación de servidores para generar páginas web dinámicamente. (Informática, 2015). Este lenguaje permite separar en las páginas web la parte de diseño que contiene la página, no interviniendo para nada el código HTML. Así el trabajo de los diseñadores y programadores es mucho más sencillo. Cada cual se ocupa de su parte del trabajo dentro de la página web sin interferir en la parte de otro.

La forma en que trabaja ASP es: un computador cliente hace una petición de una página ASP. El computador servidor interpreta esta petición y le envía una página web. El resultado final es una página HTML que se le envía al cliente. El usuario no llega nunca a ver el código ASP, sino que ve el resultado de interpretar dicho código, es decir, una página HTML.

El marco de ASP.NET con MVC (Modelo-Vista-Controlador) separa una aplicación en tres componentes principales: el modelo, la vista y el controlador. El modelo MVC es un principio de diseño arquitectónico que separa los componentes de una aplicación web. Esta separación ofrece más control sobre las partes individuales de la aplicación, lo que facilita su desarrollo, modificación y prueba. (Microsoft, 2017)

Escenarios virtuales

En la actualidad, el uso de entornos virtuales como herramientas representan un gran apoyo en el diseño y análisis de diversos procesos, sin embargo esta información es meramente visual, eso significa que se puede interactuar con el entorno a través del mouse de la computadora, por ejemplo si se tiene el diseño en 3D de un objeto que se desea construir y se desea conocer cómo será su textura al tacto, esto es algo que con el uso del mouse sería imposible. (Gudiño-Lau, 2016)

Los escenarios virtuales son un potente instrumento de visualización de la información, cualquiera que sea su naturaleza. Ofrecen multitud de ventajas a la hora de transmitir e interpretar información y se muestran como una herramienta de fácil manejo para el usuario.

Visualizar una representación análoga a la realidad facilita la transmisión y comprensión de los conceptos espaciales. Puede ser utilizado tanto por un alumno en los primeros niveles de enseñanza escolar reconociendo la geografía de su país, como por un piloto comercial que necesita una referencia previa de un aeropuerto emplazado en una orografía compleja al que vuela por primera vez, pasando por estudiantes universitarios de muy diversos ramos, cuerpos del estado, bomberos, ambulancias, en la figura 3 se muestra un ejemplo de escenario virtual. (GEAINTEC, 2017)

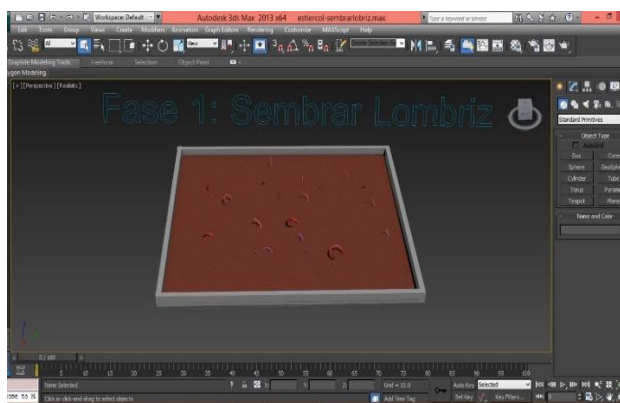


Figura 2 Escenario virtual
Fuente: Elaboración propia

La importancia de los escenarios virtuales se está llevando a cabo en el establecimiento de nuevas comunidades virtuales. En una comunidad virtual la interacción entre sus miembros se realiza a través de medios tecnológicos, convirtiéndose así en entornos que agrupan personas relacionadas con una temática específica. Pero la comunicación que se lleva a cabo nunca es entre una persona y una máquina, sino entre las personas que interactúan entre sí gracias a las tecnologías. (Osuna Acedo, 2014)

Metodología a desarrollar

La metodología de desarrollo para la elaboración del sistema es el modelo de desarrollo iterativo prototipo. En esta sección se describen cuatro etapas principales: investigación, comunicación, modelo de diseño rápido y construcción.

Etapas de investigación

El tipo de investigación que se realiza para este proyecto es de tipo cualitativa, debido a los datos recolectados durante la elaboración del protocolo de experimentación, los cuales permiten conocer la descripción de los parámetros necesarios para la elaboración de la lombricomposta descritos en la tabla 1.

Nombre del experimento: Proceso de elaboración de lombricomposta.		
Variable independiente - Lombriz californiana	Variable dependiente - Hueva - Humus	Variables a controlar - Temperatura - Humedad - Ph - Alimentación
Propiedad: Color, tamaño, peso. Colores de la lombriz: Rojo → lombriz madura. Rosa → lombriz joven. Blanco → lombriz pequeña.	Propiedad: Olor, color.	Propiedad: Temperatura: 25° Humedad: 70 %-80% Ph: 6.5 a 7.5 Alimentación: estiércol de caballo, toro, cerdo y borrego.

Tabla 1 Protocolo de experimentación

Fuente: Elaboración Propia

Comunicación

En la etapa de análisis se realiza el levantamiento de requerimientos a través de una entrevista con los productores de lombricomposta y el diagrama de clases, en el cual se muestran las clases y métodos que componen el sistema, así como la relación entre ellas, que se muestra en la figura 4.

En la tabla 2 se muestran los requerimientos funcionales del sistema propuesto, obtenidos a partir de entrevistas con expertos.

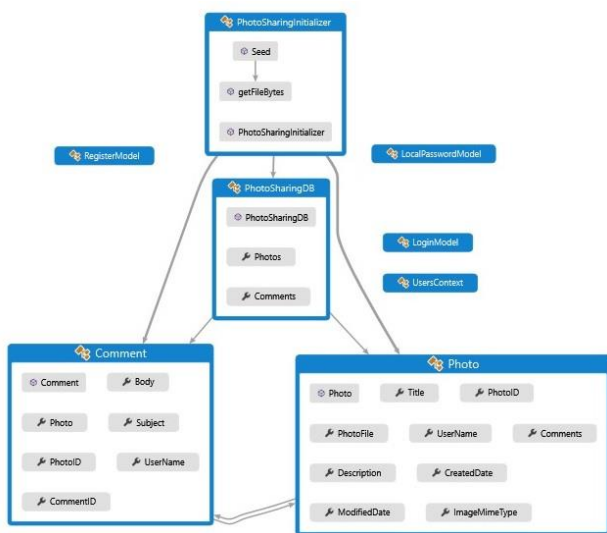


Figura 3 Modelado del sistema
Fuente: Elaboración propia

Número	Nombre
1	Consultar página principal
2	Visualizar las fases principales del proceso de producción
3	Visualizar la imagen del proceso de producción
4	Presentar escenarios virtuales
5	Iniciar sesión
6	Agregar comentarios
7	Insertar escenarios virtuales
8	Seguimiento de la producción de lombricomposta.

Tabla 2 Requerimientos funcionales
Fuente: Elaboración Propia

Modelo de diseño rápido y construcción

Mediante el análisis de la información obtenida en las entrevistas con los expertos y la clasificación de las variables en el prototipo de experimentación se diseñan tres bocetos en el programa de Autocadsk 3DS Max, haciendo referencia a tres fases de la producción de lombricomposta: sembrar lombriz, regar canaleta, extracción de la lombriz y humus. (Ver figura 5)

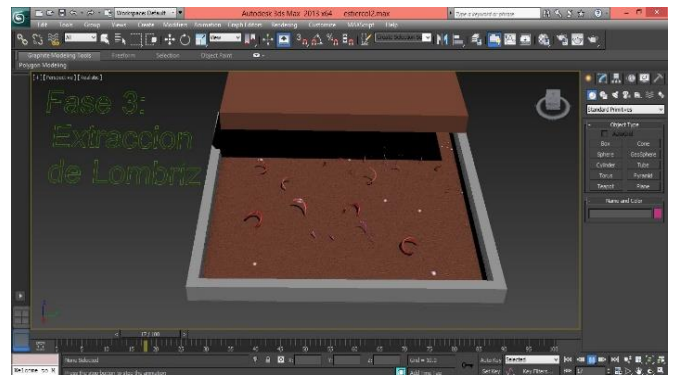


Figura 4 Ejemplo de escenario virtual
Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo del prototipo se utiliza el lenguaje de programación ASP. Net con MVC5, ya que este funciona adecuadamente para realizar páginas web dinámicas y el lenguaje SQL Express se utiliza para realizar la conexión a la base de datos del sistema.

En la figura 6 se muestra la página principal del sistema donde el usuario final puede visualizar el proceso y las tres fases principales de la producción de la lombricomposta las cuales son: fase 1 sembrar lombriz, fase 2 realizar riegos y fase 3 extracción de la lombriz.



Figura 5 Página principal
Fuente: Elaboración propia

Para que el usuario pueda visualizar la descripción general del proceso de producción, debe dar clic sobre el hipervínculo detalles o sobre la imagen, de esta manera se muestra en otra página el proceso de forma detallada. (Ver figura 7)



Figura 6 Proceso de producción
Fuente: Elaboración propia

En el sistema se visualiza el proceso de producción a través de los tres escenarios virtuales, en los cuales se describen las acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos en la producción de lombricomposta. Al dar clic sobre alguna de las imágenes que representan a los diferentes escenarios, estos despliegan la simulación de la etapa seleccionada, como se observa en la figura 8.

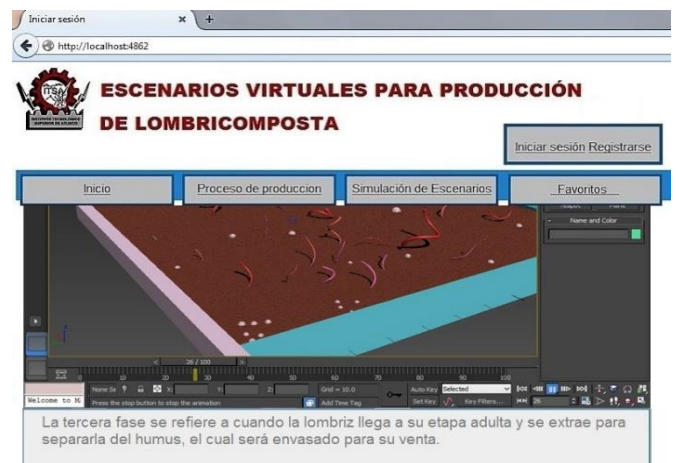


Figura 7 Visualización de escenario virtual
Fuente: Elaboración propia

Una vez que el usuario haya consultado el sistema, podrá realizar su registro e iniciar sesión teniendo permisos para agregar escenarios virtuales, comentarios de retroalimentación sobre su experiencia en la producción de lombricomposta y dar un seguimiento de la cantidad de población de la lombriz en un tiempo determinado. (Ver figura 9)



Figura 8 Inicio de sesión
Fuente: Elaboración propia

Agradecimiento

Al Instituto Tecnológico Superior de Atlixco y en especial a la División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, por el apoyo brindado en el desarrollo del proyecto.

Conclusiones

Actualmente el sistema se encuentra en la etapa de pruebas, entrega y retroalimentación. Como resultado de la primera entrega del sistema se logra mostrar el proceso y los tres escenarios virtuales de la producción de lombricomposta al usuario final, dado que con este sistema se pretende apoyar a las personas que quieren ser productores de lombricomposta y que no tienen experiencia en su producción, ya que al ser una herramienta de tipo visual les permite conocer el proceso e identificar si va evolucionando de manera correcta, la fase en que está, además de conocer el momento adecuado para su comercialización.

Tomando en cuenta lo anterior, se demuestra que la aportación de la experiencia por parte de los productores de lombricomposta, la comprensión de los procesos, así como la creación de bocetos de los escenarios virtuales, fueron importantes para la elaboración de dicho sistema.

Como mejora del sistema se propone visualizar mediante escenarios virtuales las diecisiete fases de la producción de lombricomposta con la finalidad de que los usuarios finales o interesados puedan seguir dicho proceso y aportar sus experiencias en el sistema, recalando que para la creación de los escenarios virtuales se tomarán en cuenta los parámetros ideales y los datos extraídos de los comentarios por parte del usuario para la toma de decisiones.

Además como trabajo a futuro se tiene contemplado tener una sección de asistente virtual en la cual en base a preguntas acerca de problemas detectados por el productor se le brinden posibles soluciones para que no tenga mayores pérdidas en su producción.

Referencias

- Agrovida, A. (2015). AGROVIDA. Obtenido de <http://agrovida.com.mx/lombricomposta.html>
- Amaro, L. M. (2015). Tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Ciencia y Desarrollo.
- GEAINTEC, S. (2017). GEAINTEC. Obtenido de <http://www.geaintec.cl/productos/cartografias/3d/e-scenarios-virtuales/>
- Gudiño-Lau, J. L.-R. (2016). Desarrollo de entornos virtuales aplicados a dispositivos hápticos. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S, 124.
- Guillermo Pantaleo, L. R. (2015). Ingeniería de Software. México: Alfaomega.
- INEGI. (2016). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de INEGI: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>
- Informática, R. (2015). Lenguaje de programación ASP. Obtenido de <http://www.larevistainformatica.com/ASP.htm>
- Martínez, C. M. (2015). SAGARPA. Obtenido de Lombricultura: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Lombricultura.pdf>
- Microsoft. (2017). Developer Network, Microsoft. Obtenido de [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/gg416514\(v=vs.108\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/gg416514(v=vs.108).aspx)
- Mina, A. L. (2014). Manual de Lombricomposta. Guanajuato.
- Osuna Acedo, S. V. (Octubre de 2014). <http://www.icariaeditorial.com>. Obtenido de http://www.icariaeditorial.com/pdf_libros/Escenarios%20virtuales.pdf
- Pressman, R. S. (2010). Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. México: McGraw-Hill.
- Sommerville, I. (2011). Ingeniería del software. México: Pearson.

Valero-Soria, H. A.-R.-H.-C. (2015). Producción de compostas con desechos orgánicos para el aprovechamiento de agua en el suelo. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias, 195-199.

Villalobos-Alonzo, M. D.-G.-H.-S. (2016). Software para el diagnóstico de capacidades en innovación enfocado a PyMES. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S, 1-8.

Caracterización del recurso eólico utilizando el software Windographer

GARCÍA-DOMÍNGUEZ, Jairo†, AZUARA-JIMÉNEZ, Jorge, LÓPEZ-GARCÍA, Arturo y GONZÁLEZ-RAMÍREZ, Israel

División de Ingeniería en Energías Renovables, Instituto Tecnológico Superior Huichapan, Domicilio Conocido S/N, Col. El Saucillo, 42411 Huichapan, Hgo., México

Recibido Septiembre 7, 2017; Aceptado Noviembre 9, 2017

Resumen

Conocer las características del recurso eólico en un lugar es de suma importancia cuando se quiere producir energía eléctrica aprovechando la energía cinética del viento. La intermitencia y variabilidad del recurso eólico con respecto al tiempo puede ser analizada e interpretada mediante la utilización de herramientas computacionales, facilitando de esta manera el tratamiento estadístico. El objetivo del presente trabajo es estimar la velocidad y dirección del viento a una altura de 80 metros utilizando el software Windographer a partir de mediciones realizadas en alturas inferiores. El software recibe como parámetros de entrada: la localización del lugar y una base de datos de viento medidos a dos diferentes alturas durante un periodo mínimo de un año, después mediante un algoritmo de extrapolación propio del software se puede conocer el comportamiento del viento a una altura superior. Los resultados se obtienen mediante la interpretación de gráficas y tablas mostradas a través de la interfaz del software. También se puede estimar la potencia y/o energía que pueden entregar diversos aerogeneradores comerciales. Los resultados obtenidos nos permiten analizar y determinar la viabilidad para implementar proyectos de energía eólica en zonas específicas.

Aerogenerador, Energía eólica, Extrapolación, Windographer

Abstract

Knowing the characteristics of the wind resource in a place is of utmost importance when it is wanted to produce electrical energy taking advantage of the kinetic energy of the wind. The intermittence and variability of the wind resource with respect to time can be analyzed and interpreted through the use of computational tools, thus facilitating the statistical treatment. The objective of the present work is to estimate the speed and direction of the wind to a height of 80 meters using the software Windographer from measurements realized in lower heights. The software receives as input parameters: the location of the site and a wind database measured at two different heights for a minimum period of one year, then using a software extrapolation algorithm of the software can know the behavior of the wind to a Top height. The results are obtained through the interpretation of graphs and tables shown through the interface of the software. You can also estimate the power and / or energy that can be delivered by various commercial wind turbines. The results obtained allow us to analyze and determine the viability to implement wind energy projects in specific areas.

Wind turbine, Wind power, Extrapolation, Windographer

Citación: GARCÍA-DOMÍNGUEZ, Jairo, AZUARA-JIMÉNEZ, Jorge, LÓPEZ-GARCÍA, Arturo y GONZÁLEZ-RAMÍREZ, Israel. Caracterización del recurso eólico utilizando el software Windographer. Revista de Prototipos Tecnológicos 2017, 3-10: 29-36.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: jgarcia@iteshu.edu.mx

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Debido al gran crecimiento en la demanda de energía eléctrica a nivel mundial durante las últimas décadas, fue necesario construir un número considerable de plantas generadoras de electricidad, que en su mayoría se basan en la quema de combustibles fósiles. Este hecho ha contribuido directamente sobre el cambio climático, debido a las emisiones de CO₂ y de gases de efecto invernadero que se producen en tal proceso.

Por tal motivo, en muchos países los apoyos gubernamentales para el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan generar energía eléctrica con menor impacto sobre el medio ambiente se han incrementado (Contreras et al., 2016). El aprovechamiento de las energías renovables es una solución viable para problemas que se presentan ante una situación en condiciones desfavorables de una zona o lugar específico (Mentado et al., 2016).

Morales et al. (2016) señala que México participa activamente en los acuerdos internacionales contra el cambio climático; México ha ratificado el protocolo de Kyoto y participa de manera inclusiva en las actividades de la agenda 21. Se ha decretado la Ley General de Cambio Climático en la cual se crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático; así mismo la Ley de transición energética establece las bases para un cambio hacia las energías renovables. En acciones de mitigación, México se ha comprometido a reducir las emisiones de carbono negro en un 51% hacia el 2030; y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 22% al 2030 según lo acordado en la COP 21 del Acuerdo de París.

Un tipo de energía alterna es la eólica, la cual utiliza la energía obtenida de las corrientes de aire. Dicha energía es de carácter inagotable, ya que es cíclica (el aire siempre está en movimiento). Esta energía se genera por variaciones de temperatura en la atmósfera del planeta (Jiménez et al., 2016).

El poder del viento (o, más bien, energía del aire en movimiento) ha sido utilizada por cientos de años, preferencialmente para labores agrícolas como en molienda de grano, bombeo de agua y otras aplicaciones mecánicas (Pinilla, 2008).

La energía del viento tiene ventaja sobre otros recursos, poca contaminación ambiental y fuerte competitividad económica, es reconocido como un recurso energético limpio al no causar daños al medio ambiente y evitar futuras crisis (Nematoollahi et al., 2016). Su implementación no contamina, contribuyendo a la disminución y emisiones de dióxido de carbono, aportando de este modo en la solución de la crisis ecológica mundial y a la desaceleración del cambio climático (Gómez, 2016).

En años recientes, las investigaciones de las características del recurso eólico están principalmente enfocadas en los siguientes aspectos. (1) investigación del potencial de la energía eólica, el cual es uno de los indicadores básicos del recurso eólico que ha atraído una extensa atención. Por ejemplo, la investigación del viento en Turquía muestra que el total del potencial teórico se ha estimado ser de 88,000 MW (2) investigaciones de las diferencias regionales del recurso eólico, las cuales ayudan a obtener características macroscópicas y tomarlas para diferentes regiones. (3) investigaciones enfocadas en el diseño racional de turbinas eólicas hacia las características del recurso eólico (Hepbasil & Ozgener, 2004).

Aunque lo deseable es medir la velocidad del viento en un determinado lugar, en ocasiones, no están disponibles estos valores por carencia de instrumentación. En esta situación, este inconveniente puede ser, hasta cierto punto, resuelto mediante aplicaciones informáticas (Santos et al., 2016). Windographer es un software de gran utilidad para el tratamiento estadístico de bases de datos de viento pues nos facilita conocer las características del recurso eólico en determinada zona y de esta manera tomar decisiones para la implementación de proyectos de energía eólica

Para obtener información más confiable y abundante del recurso eólico se utilizan diferentes métodos estadísticos. Por ejemplo la función de Weibull es una rápida, popular y clásica función de la distribución de frecuencia y análisis de la velocidad del viento (Justus et al., 1978). En la capa atmosférica superficial, se conoce desde hace mucho tiempo, que la velocidad del viento tiende a incrementarse a medida que asciende y que la superficie terrestre ejerce una acción de fricción o retardo sobre la velocidad del viento.

La representación de este comportamiento de la velocidad del viento con la altura, es lo que se conoce como el perfil vertical del viento o simplemente el perfil del viento y es expresado mediante fórmulas matemáticas, unas empíricas, como los modelos exponencial y logarítmico del viento y otras, con fundamentos teóricos (Gevara, 2016).

Dado las longitudes de las series medidas en torres, solamente es posible realizar estudios con metodologías estadísticas sencillas sobre la variabilidad de la velocidad del viento y los resultados presentados deberían ser considerados con cautela (Otero et al., 2016). El presente trabajo, está enfocado a conocer las características del viento en terrenos pertenecientes a Perote Veracruz México, para valorar la viabilidad de proyectos de energía eólica.

Los resultados obtenidos con la utilización del software Windographer nos brindan información relevante acerca de la energía del viento que puede ser aprovechada con fines de generación de energía eléctrica en el lugar antes mencionado.

Metodología

Desde el punto de vista de la energía eólica, la característica más llamativa del recurso eólico es su variabilidad. El viento es muy variable, geográfica y temporalmente. Además, esta variabilidad persiste en una amplia gama de escalas, tanto en el espacio como en el tiempo.

La importancia de esto se amplifica por la relación cúbica con la energía disponible (Burton et al. 2001). Derivado de lo anterior es de suma importancia conocer las características del viento en la zona donde se pretenda implementar un proyecto para el aprovechamiento de la energía eólica.

Faiella & Gesino (2002) mencionan que las condiciones de viento para un área están definidas por el perfil de los vientos de esa área, la velocidad y dirección promedio de los vientos, la distribución de la velocidad y dirección del viento, y los patrones diurnos y estacionales de los vientos. Para determinar el período en el cual se realizarán las mediciones en el área, la duración de dicho período depende del tipo de proyecto que se desee llevar adelante. Si se trata de desarrollar un mapa eólico completo de una región, se debe considerar la toma de mediciones durante un mínimo de 10 años (es decir, a largo plazo); de otro modo, si se trata de un análisis preliminar del recurso eólico, se debe considerar la realización de mediciones, como mínimo, durante un año en su fase inicial (es decir, a corto y mediano plazo).

Si se desea saber cuánta energía del viento puede ser aprovechada en un lugar, es necesario realizar la medición de parámetros como la velocidad y dirección del recurso eólico, conocer las características del relieve del terreno, así como, la ubicación geográfica del lugar. Windographer es un software muy útil para realizar el tratamiento estadístico de los datos de viento y de esta forma obtener el régimen de viento propio del lugar, visualizando en gráficas o tablas las distribuciones de probabilidad tanto de velocidades como de direcciones del viento.

En el presente trabajo se utilizaron datos de velocidad y dirección del viento promediados cada 10 minutos durante el periodo de un año, cabe aclarar que cuanto mayor sea el número de años, los resultados obtenidos serán más fiables. A continuación se enumeran las etapas para la realización de la caracterización del recurso eólico.

Selección del sitio

Se eligió la localidad de Perote Veracruz México para realizar el análisis y conocer las características del viento en esa zona, por ser considerado un lugar con potencial eólico factible para ser aprovechado, además de observar disposición territorial y la existencia de vías de comunicación que son de gran utilidad cuando se implementan proyectos de energía eólica.

Obtención de base de datos de viento

La parte medular para el análisis del recurso eólico es la obtención de datos de viento (velocidad y dirección principalmente) medidos en el sitio de interés a una altura considerable, sin embargo, esta actividad es difícil de llevar a cabo, debido a la inversión económica que se tiene que realizar para la instalación de una torre meteorológica, en el presente trabajo esta dificultad fue resuelta utilizando bases de datos propiedad del Instituto Nacional de Energías Limpias (INEEL) antes Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) generadas mediante sus estaciones de monitoreo atmosférico.

Análisis de datos del viento mediante Windographer

El análisis se realizó ingresando la base de datos del viento y la localización del lugar donde fueron medidos los datos. Se realizó una extrapolación de las velocidades medias del viento a una altura de 80 metros y se simuló el funcionamiento de un aerogenerador cuyo buje se encuentra a la altura antes mencionada.

Interpretación de gráficas y tablas.

Windographer muestra gráficas y tablas derivadas del análisis de las bases de datos de viento, las cuales fueron interpretadas y se lograron conocer las características del recurso eólico, información de gran utilidad para determinar la viabilidad de la implementación de proyectos en la zona donde se realizó el estudio.

Resultados

Selección del sitio

En la figura 1 se muestra la zona donde se realizó el análisis para conocer las características del viento, se puede observar que el relieve del terreno es plano y de fácil acceso, condiciones propicias para el aprovechamiento de la energía del viento mediante el uso de aerogeneradores.



Figura 1 Imagen espacial de la zona donde se realizó la caracterización del recurso eólico

Fuente: Elaboración propia imagen obtenida mediante Google Earth.

Obtención de bases de datos de viento

La base de datos de viento medidos fue obtenida de la estación de monitoreo atmosférico propiedad del INEEL, cuya información se encuentra contenida en la tabla 1 y su ubicación se encuentra señalada con un rectángulo en color rojo en la figura 1.

Nombre	Perote
Clave	VZ01
Lugar de Instalación	En terrenos de la empresa Granjas Caroll de México, Perote, Veracruz.
Alturas de medición	20 y 40 metros
Longitud	97° 18' 41" Oeste
Latitud	19° 34' 30" Norte
Fecha de instalación	Enero 2005

Tabla 1 Información de la estación de monitoreo atmosférico

Fuente: Elaboración propia.

Los datos crudos de la base de datos contenidos en un archivo de Excel tienen la estructura descrita en la tabla 2, información de gran utilidad para la identificación de las columnas.

Columna	Dato	Unidades
A	Día juliano	Número consecutivo
B	Hora y minutos	(hhmm)
C	Valor promedio de la velocidad del viento a 20 metros de altura	(m/s)
D	Dirección dominante del viento	Grados
E	Desviación estándar de la velocidad del viento a 20 metros de altura	(m/s)
F	Velocidad máxima del viento a 20 metros de altura	(m/s)
G	Valor promedio de la velocidad del viento a 40 metros de altura	(m/s)
H	Desviación estándar de la velocidad del viento a 40 metros de altura	(m/s)
I	Velocidad máxima del viento a 40 metros de altura	

Tabla 2 Arreglos de datos crudos adquiridos por el INEEL.
Fuente: Elaboración propia

Análisis de datos de viento mediante Windographer

Una vez que fueron ingresados los datos de viento para su análisis se obtuvieron las gráficas que a continuación se muestran y que son el resultado de la simulación realizada mediante el software Windographer para conocer el comportamiento de la dirección y velocidades promedio del viento en la zona donde se encuentra instalada la estación de monitoreo atmosférico de Perote.

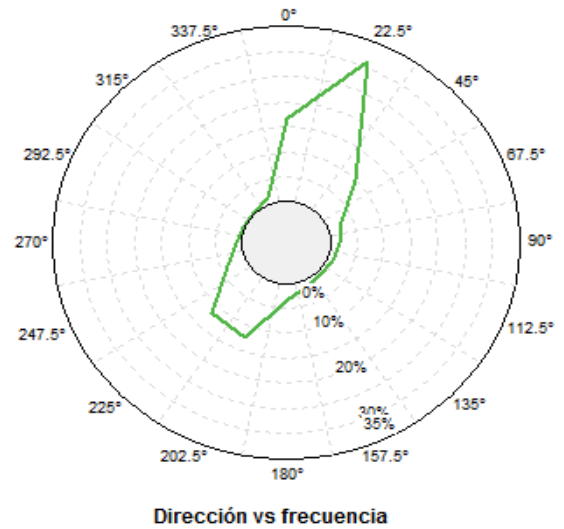


Gráfico 1 Rosa de vientos

Fuente: Elaboración propia, gráfica obtenida mediante Windographer.

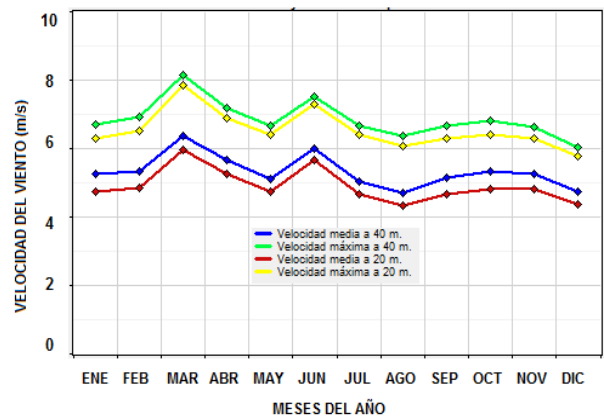


Gráfico 2 Velocidades del viento durante un año

Fuente: Elaboración propia, gráfica obtenida mediante Windographer.

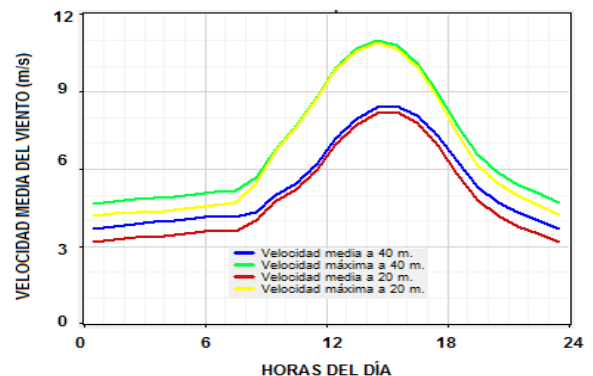


Gráfico 3 Perfil de velocidades del viento durante el día

Fuente: Elaboración propia, gráfica obtenida mediante Windographer

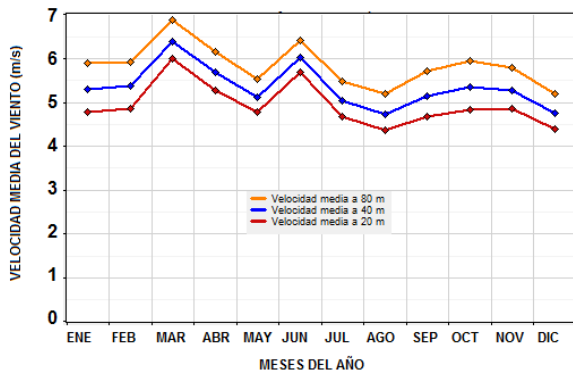


Gráfico 4 Extrapolación de velocidades del viento a 80 metros de altura

Fuente: Elaboración propia, gráfica obtenida mediante Windographer.

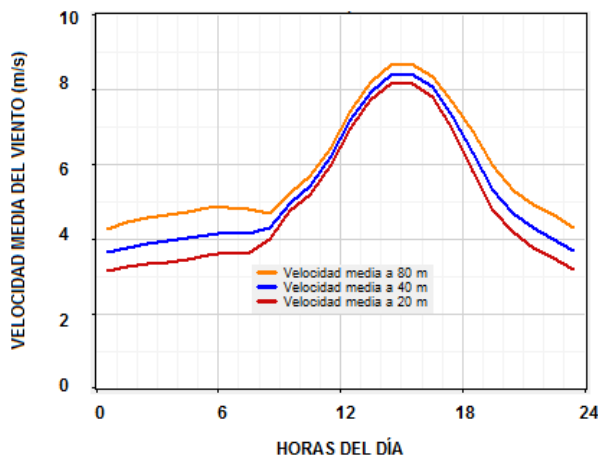


Gráfico 5 Extrapolación a 80 metros de altura del perfil de velocidades del viento durante el día

Fuente: Elaboración propia, gráfica obtenida mediante Windographer.

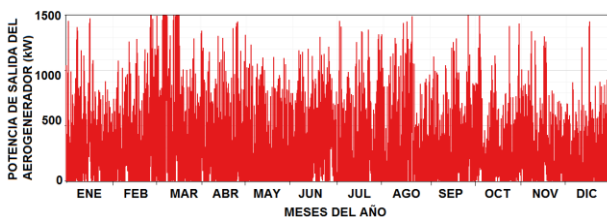


Gráfico 6 Producción de energía durante un año de un aerogenerador Acciona AW70/1500 Class1

Fuente: Elaboración propia, gráfica obtenida mediante Windographer.

Interpretación de gráficas y tablas

En el gráfico 1 (rosa de vientos) se muestra la dirección predominante del viento que corresponde a 22.5° respecto al Norte con una frecuencia relativa de alrededor del 30 % del total de la base de datos.

Los gráficos 2 y 3 muestran el perfil de velocidad anual y diurno respectivamente a las alturas de 20 y 40 metros de las velocidades medias y velocidades máximas. Los valores promedio anuales de las velocidades a 20 m y a 40 m de altura son de 4.93 m/s y 5.35 m/s respectivamente, mientras que la densidad de potencia a 50 metros de altura tiene un valor de 147 W/m^2 .

Los gráficos 4 y 5 muestran el perfil de velocidad anual y diurno respectivamente a una altura de 80 m, resultado de la extrapolación realizada a partir de las velocidades medias a 20 y 40 metros de altura, obteniendo una velocidad promedio anual de 5.85 m/s

Finalmente el gráfico 6 muestra la producción de energía durante un periodo de un año de un aerogenerador Acciona AW70/1500 Class1, con una altura de buje de 80 metros, para calcular la producción de energía del aerogenerador antes mencionado fueron necesarios los datos de la velocidad media del viento a 80 m de altura, obtenidos mediante extrapolación. La producción de energía anual estimada del aerogenerador bajo las condiciones de viento antes mencionadas es de 1 907 022 kWh/ año.

Discusión

De acuerdo con la información obtenida mediante la utilización de Windographer se puede observar que el viento presenta una dirección predominante marcada, sin embargo las velocidades de viento no son tan elevadas como lo son en la zona del istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca.

Lugar donde se encuentran en operación varios parques eólicos que aprovechan la energía del viento para convertirla en energía eléctrica, cabe destacar que en dicha zona la densidad de potencia del viento a 50 metros de altura es superior a los 400 W/m² como función de las velocidades de viento.

Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos al Instituto Tecnológico Superior de Huichapan y al Instituto Nacional de Energías Limpias, por su apoyo para la realización de este trabajo.

Conclusiones

En el presente trabajo se realizó la caracterización del recurso eólico utilizando Windographer.

Los resultados permiten conocer que las características del viento en la zona analizada limitan la implementación de proyectos de energía eólica con aplicaciones a escala comercial, pero se podrían implementar aplicaciones de electrificación rural.

Es importante destacar que Windographer fue de gran utilidad para conocer las características del viento en la zona de estudio mencionada, pero puede ser utilizado para conocer las características del viento en cualquier zona del país.

Para un estudio y análisis del régimen de viento en algún lugar se recomienda considerar una base de datos que contenga mediciones realizadas durante varios años, sin embargo; la obtención de bases de datos en ocasiones se torna complicada, situación que puede ser resuelta con la instalación de una estación meteorológica.

Referencias

Burton, T., Sharpe, D., Jenkins N., Bossanyi E., (2001). Wind energy handbook. John Wiley & Sons.

Contreras, L., Venegas, T., Arroyo, J. & Jiménez, R. (2016). Análisis armónico de un aerogenerador y un STATCOM basado en una técnica mejorada para la obtención de la solución periódica. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, 34.

Faiella, L., & Gesino, A. (2002). Gestión de variables meteorológicas y mapeo eólico. Asociación Argentina Eólica.

Gevara, J., (2016). Cuantificación del perfil del viento hasta 100m de altura desde la superficie y su incidencia en la climatología eólica. Terra Nueva Etapa 46, 81-101.

Gómez, L. (2016). Análisis de la viabilidad técnica y financiera de la generación de energía eléctrica a partir del recurso eólico en el municipio de Pereira (Master's thesis, Universidad EAFIT).

Hepbasli, A., & Ozgener, O. (2004). A review on the development of wind energy in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8(3), 257-276.

Jiménez, A., López, V., Molinero, D., & Casillas, C. (2016). Metodología de Diseño del Perfil Aerodinámico de Hub para Turbinas de Viento de Eje Horizontal de Baja Capacidad. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, 9.

Justus, C., Hargraves, W., Mikhail, A., & Graber, D. (1978). Methods for estimating wind speed frequency distributions. Journal of applied meteorology, 17(3), 350-353.

Mentado, D., Elizalde, S., Jiménez, D., & Azuara, J. (2016). Simulación de un Concentrador Solar de Canal Parabólico mediante el Software SolTrace. Revista de Prototipos Tecnológicos, 68.

Morales, R., Garduño, S., García, S., Hernández, K., Yano, K. & Díaz, J. (2016). Sistema Híbrido Eólico Solar Experimental para el Desarrollo de las Competencias de Ingeniería Energética. *Revista de Sistemas Experimentales*, 8.

Nematollahi, O., Hoghooghi, H., Rasti, M., & Sedaghat, A. (2016). Energy demands and renewable energy resources in the Middle East. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1172-1181.

Otero, F., Cerne, B., & Campetella, C. Estudio preliminar de la velocidad del viento en San Julián en referencia a la generación de energía eólica.

Pinilla, Á. (2008). El poder del viento. *Revista de ingeniería*, (28), 64-69.

Santos, F., Thomaidis, N., Quesada, S., Ruiz, J. A., & Pozo, D. (2016). Do current wind farms in Spain take maximum advantage of spatiotemporal balancing of the wind resource?. *Renewable Energy*, 96, 574-582.

Sistema Experto para Evaluar el Nivel de Riesgo de las PYMES Basado en COSO ERM

HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila†*, MONROY-ESTRADA, Blanca, REYNA-ÁNGELES, Omar, ACOSTA-ACOSTA, Araceli

Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Financiera

Recibido Octubre 18, 2017; Aceptado Diciembre 1, 2017

Resumen

El presente trabajo consiste en un sistema experto que permitirá emitir el diagnóstico de la PyME, a través de la valorización de aspectos fiscales, laborales y financieros, basado en el documento ERM (Enterprise Risk Management), desarrollado por COSO (Committee of Sponsoring Organizations), que aplica una estrategia efectiva de administración de riesgos considerando la probabilidad de impacto. El sistema experto medirá de forma cuantitativa dichos aspectos ordenados por prioridad, así como también determinará de forma cualitativa mostrando el mensaje del nivel de riesgo. Cabe mencionar que no existe un patrón definido para determinar el éxito o fracaso de una empresa, sin embargo existen causas comunes identificadas por los auditores, según estudio realizado por Nacional Financiera, SNC (NAFINSA); una de ellas es la falta de una identificación correcta del riesgo. La auditoría se lleva a cabo a través de una serie de preguntas relacionadas con el control interno de operaciones financieras, laborales y fiscales, este proceso se realizará utilizando el sistema experto, que contará con una base de conocimientos estructurados en Prolog, y permitirá tomar decisiones a partir de la obtención del nivel de riesgo de la PyME que va desde el nivel "Muy alto" hasta "Sin riesgo".

Sistema experto, Administración de riesgo empresarial, Nivel de riesgo, PyME

Abstract

The purpose of this paper is to show an expert system that will allow the diagnosis of SMEs through the appraisal of fiscal, labor and financial aspects, based on the ERM (Enterprise Risk Management) document developed by COSO (Committee of Sponsoring Organizations), which applies an effective risk management strategy considering the probability of impact. The expert system will measure in quantitative form the assigned aspects in order of priority, as well as determine the qualitative form showing the message of level of risk. It can be noted that there is no defined pattern to determine the company success or failure. However there are common causes identified by the auditors, according to a study by Nacional Financiera, SNC (NAFIN); one of them is the lack of a correct identification of the risk. The audit is carried out through a series of questions related to the internal control of financial, labor and fiscal operations. This process will be performed using the expert system, which will have a database structured in Prolog. It could allow to take decisions starting from the level of risk obtained of the SME that goes from the "Very high" level to "No risk".

Expert system, Enterprise Risk Management, level of risk, SME

Citación: HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, MONROY-ESTRADA, Blanca, REYNA-ÁNGELES, Omar, ACOSTA-ACOSTA, Araceli Sistema Experto para Evaluar el Nivel de Riesgo de las PYMES Basado en COSO ERM. Revista de Prototipos Tecnológicos 2017, 3-10: 37-43.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: zhernandez@upfim.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En México, según la encuesta nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2015 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el Instituto Nacional del Emprendedor y el Banco Nacional de Comercio Exterior, las PyMES representan la mayoría de los empleadores del país, de poco más de 4 millones de empresas existentes en México durante 2014, el 97.6% son microempresas y concentran el 75.4% del personal ocupado total, seguidas por las empresas pequeñas con el 2.0% y el 13.5% y las medianas que representan el 0.4% y el 11.1%, respectivamente.

En el Estado de Hidalgo se aspira a una legalidad e institucionalidad apta, con el fin de impulsar una nueva etapa de desarrollo económico, sustentable e innovador, que fortalezca la creación, maduración y el desempeño económico de las micro, pequeñas y medianas empresas, estableciendo las bases de un ambiente propicio para los negocios, que se genere empleo y competencias laborales y aproveche óptimamente sus ventajas competitivas. Ayyagari, Demirgüç-Kunt, y Maksimovic (2011).

El propósito del presente trabajo, es determinar el nivel de riesgo basado en la evaluación de indicadores establecidos para auditar a pequeñas y medianas empresas del Estado de Hidalgo, por medio de un sistema experto que analice e interprete información para emitir la sanción a la cual puede ser acreedor, así mismo generar una recomendación de acuerdo al estatus que arroje, logrando contribuir en la mejora del desempeño y maduración de las PyMES, este basado en consultas en Prolog y la inferencia de motor para una base de conocimientos avalada por un auditor experto, donde se evalúan aspectos fiscales, laborales y administrativos, empleando la metodología ERM desarrollada por COSO.

El artículo está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 se presenta el trabajo relacionado con otros sistemas expertos enfocados a las PyME. En la Sección 3 la descripción del problema y metodología aplicada. La sección 4 presenta aspectos considerados para construir la base de conocimientos del sistema experto; y finalmente en la Sección 5 se discuten los resultados y el trabajo futuro.

Estado del Arte

El Diagnóstico Empresarial es importante al ser una herramienta de gran utilidad para conocer la situación actual de una organización, con ello se pueden detectar de forma oportuna problemas que puedan impedir su crecimiento, sobrevivencia o desarrollo. La evaluación de riesgos proporciona a las empresas herramientas para identificar adecuadamente situaciones que pueden tener un impacto negativo.

Es por ello que es necesario contar con sistemas que permitan la identificación de riesgos potenciales, capaces de establecer y almacenar conocimientos que ayuden a la toma de decisiones.

El trabajo presentado por Mohammadi y Pouryekta (2014) es un sistema híbrido basado en el razonamiento difuso para diagnosticar el riesgo, la solución creada considera 36 leyes debido al número de conjuntos difusos utilizados e incluye un costo asociado a una amenaza y su nivel de riesgo. IPO-Srisk sistema experto Oktavina, Maharesi y Asih Haryanti (2014), se creó un sistema experto de gestión de riesgos en auditoría interna alrededor de una regulación de auditoría basada en el Índice de Riesgo Compuesto (CRI) y determinó la probabilidad de ocurrencia de riesgo, Hernández, Hernández, Velasco y Monroy (2015).

Se tiene un prototipo de Sistema Experto capaz de detectar niveles de riesgo en Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES). Por último, el sistema de prototipo DPG (Performance, Development and Growth), Altman, Sabato y Wilson (2010) presenta un sistema de diagnóstico experto para evaluar el desempeño de las PyMES basado en la evaluación de 7 factores (recursos humanos, sistemas de producción, gestión de producción, ventas / marketing, gestión y control, Eficacia y vulnerabilidad). El sistema considera un sistema de diagnóstico experto que crea informes con comentarios textuales basados en el procesamiento de lenguaje natural. A partir de los enfoques analizados se determina que es de suma importancia contar con un sistema experto que facilite el proceso de evaluación de riesgos para luego generar recomendaciones. No hay evidencia de sistemas expertos desarrollados específicamente para evaluar el nivel de riesgo y emitir la sanción por indicador a la que podría ser acreedor.

Descripción del problema

De acuerdo con algunas cifras oficiales, el 99% del total de empresas mexicanas son PyMES, las cuales tienen la siguiente distribución por sector económico:

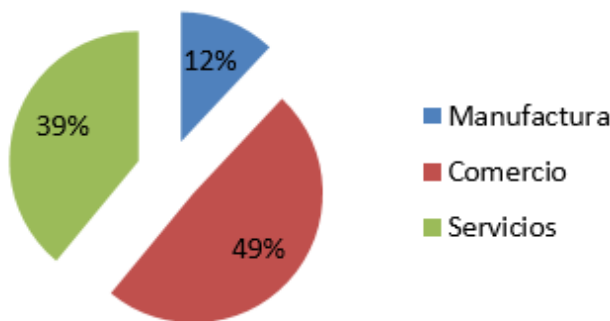


Grafico 1 Distribución por sector
Fuente: Elaboración propia

Según estudio realizado por Nacional Financiera, SNC (NAFINSA); las causas comunes que contribuyen al fracaso de las PyME son las siguientes:

- Incompetencia o falta de experiencia de los administradores
- Controles inadecuados que permitan anticiparse a los problemas.
- Capital financiero insuficiente, por la ausencia de una planeación adecuada de las necesidades de recursos.
- La falta de una identificación correcta de riesgos.

El problema que se aborda en este trabajo es relacionado con los riesgos ya que son uno de los principales factores que conllevan a las PyMES al fracaso.

Para la solución se utiliza el estándar COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission) ya que evalúa riesgos en las empresas para el mejoramiento de los sistemas de control interno. La evaluación consta de 5 componentes, como lo muestra la siguiente figura:



Figura 1 Evaluación de riesgos desde el marco de referencia de COSO
Fuente: Elaboración propia, basado en COSO

Por lo anterior, el sistema experto propuesto está enfocado en el componente 3, es decir en la etapa de medir y analizar riesgos, para lo cual se consideran aspectos fiscales, laborales y financieros.



Figura 2 Aspectos considerados el sistema experto para determinar el nivel de riesgo de la PyME.
Fuente: Elaboración propia

La valorización consiste en asignar el nivel de riesgo asignando un puntaje a cada uno de los indicadores establecidos en cada aspecto, este puede ir de “Muy alto” a “Sin riesgo”. La escala de medición es la siguiente:

Nivel de riesgo	Puntos
Muy alto	4
Alto	3
Moderado	2
Bajo	1
Sin riesgo	0

Tabla 1 Escala de medición del nivel de riesgo

Fuente: *Elaboración propia*

Asimismo, se podrá determinar el estatus en que se encuentra la PyME por aspecto “Fiscal, laboral, financiero”, de acuerdo a la calificación obtenida al sumar los puntos de cada indicador.

Calificación	Estatus (aspecto)
0-7	Óptimo
8-14	Moderado
15-20	Pésimo

Tabla 2 Estatus por aspecto de acuerdo a calificación obtenida de la suma de los puntos por indicador.

Fuente: *Elaboración propia*

Metodología

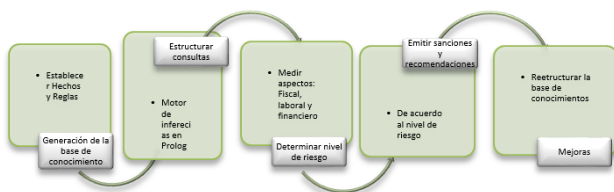


Figura 3 Metodología de desarrollo

Fuente: *Elaboración propia*

Aspectos para la base de conocimientos

En el siguiente diagrama se determina de manera general la estructura del sistema experto

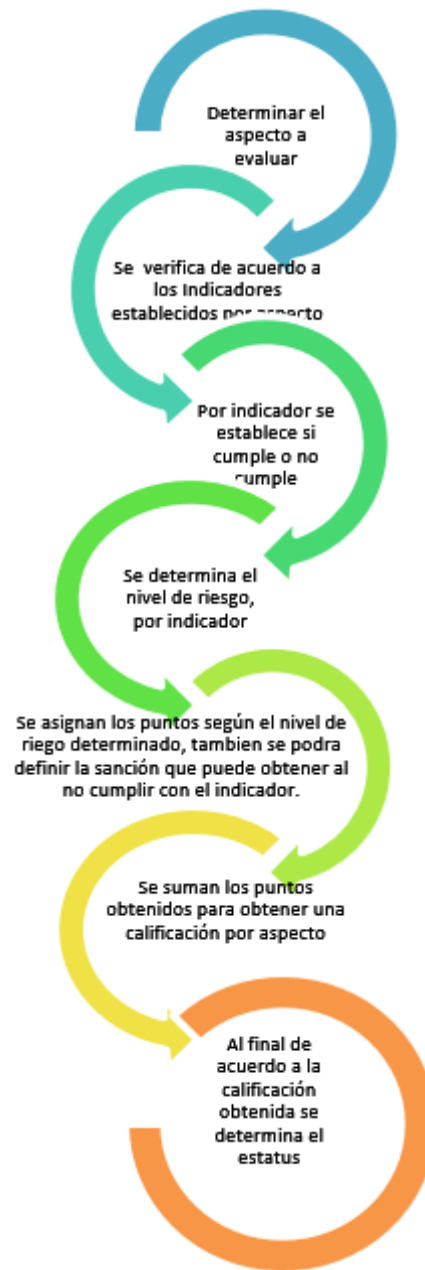


Figura 4 Estructura general del sistema experto

Fuente: *Elaboración propia*

Las siguientes tablas muestran la información que servirá para poder estructurar la base de conocimientos:

Financieras			
Indicador	1-si 0-no	Nivel de riesgo	Puntos
1.¿Su porcentaje de deuda representa más del 50% del valor de sus activos?	1	Muy alto	4
2.¿El patrimonio con el que cuenta está financiado?	1	Moderado	2
3.¿En los últimos 3 años ha tenido pérdidas financieras en su negocio?	1	Alto	3
4.¿Su promedio de cobranza en días supera a su promedio en días de vencimiento de sus deudas?	1	Alto	3
5.¿Sus deudas se encuentran afianzadas con sus propiedades?	1	Alto	3
Calificación			15

Tabla 3 Ejemplo de indicador del aspecto financiero

Fuente: *Elaboración propia*

Laborales			
Indicador	1-si 0-no	Nivel de riesgo	Puntos
1. Los empleados cuentan con seguridad social.	1	Sin riesgo	0
2. Se han establecido contratos de trabajo con los empleados	1	Sin riesgo	0
3. Existe un reglamento de trabajo	1	Sin riesgo	0
4. Se entrega a los empleados, comprobantes fiscales digitales por el concepto de percepciones y deducciones que les pagan.	1	Sin riesgo	0
5. Los empleados cuentan con medidas de seguridad en el trabajo que desempeñan	1	Sin riesgo	0
Calificación			0

Tabla 4 Ejemplo de indicador del aspecto laboral

Fuente: *Elaboración propia*

Fiscales			
Indicador	1-si 0-no	Nivel de riesgo	Puntos
1. Existe el aviso de solicitud de inscripción ante el registro federal de contribuyentes	0	Alto	3
2. Se han tenido cambios de domicilio fiscal durante el ejercicio fiscal evaluado	0	Sin riesgo	0
3. Se han presentado los avisos por aumento o disminución de acuerdo a obligaciones fiscales durante el ejercicio fiscal evaluado	0	Muy alto	4
4. Existe un sistema de contabilidad implantado	0	Alto	3
5. Se conserva la contabilidad en el domicilio fiscal (artículo 28 fracción iii del código fiscal de la federación)	1	Sin riesgo	0
Calificación			10

Tabla 5 Ejemplo de indicador del aspecto fiscal

Fuente: *Elaboración propia*

Al terminar de evaluar todos los indicadores por aspecto los puntos se suman para obtener una calificación y determinar el estatus que puede ser: óptimo, moderado, pésimo.

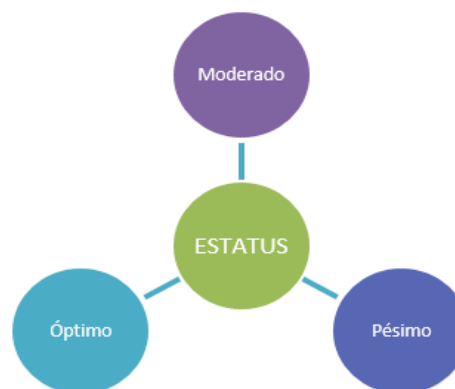


Figura 5 Tipo de estatus

Fuente: *Elaboración propia*

Tomando el resultado de las tablas anteriores como ejemplo, se puede decir que la PyME tendría los siguientes resultados: En el aspecto financiero su estatus es pésimo, el laboral es óptimo y el fiscal es moderado.

Resultados

El sistema experto evalúa la situación de riesgo asignando una puntuación por indicador, que posteriormente son sumados para obtener una calificación y con ello se logra determinar el estatus financiero, laboral y fiscal, los resultados que se pueden obtener son: Óptimo, moderado y pésimo, así mismo se puede consultar la sanción que se obtendría si es que no se atiende cada uno de los indicadores.

Ejemplos de algunas consultas:

¿Cuáles son los tipos de estatus que se pueden obtener por aspecto, de acuerdo a la calificación obtenida?

- ?- puntos (20',X).
- X = pésimo.
- ?- puntos (10',X).
- X = moderado.
- ?- puntos(3',X).
- X = óptimo.

Figura 6 Consulta tipos de estatus

Fuente: *Elaboración propia*

HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, MONROY-ESTRADA, Blanca, REYNA-ÁNGELES, Omar, ACOSTA-ACOSTA, Araceli Sistema Experto para Evaluar el Nivel de Riesgo de las PYMES Basado en COSO ERM. Revista de Prototipos Tecnológicos 2017.

La calificación obtenida del aspecto financiero es de 18, ¿Cuál es el estatus?

?- puntos ('18',X).
X = pésimo.
?-

Figura 7 Consulta estatus según calificación obtenida
Fuente: *Elaboración propia*

¿Cuáles son los indicadores a evaluar del aspecto financiero?

?- financiero(A,B,C,D,E).
A = '¿El patrimonio con el que cuenta está financiado?'.
B = '¿Su porcentaje de deuda representa más del 50% del valor de sus activos?'.
C = '¿En los últimos 3 años ha tenido pérdidas financieras en su negocio?'.
D = '¿Su promedio de cobranza en días supera a su promedio en días de vencimiento de sus deudas?'.
E = '¿Sus deudas se encuentran afianzadas con sus propiedades?'.
?-

Figura 8 Consulta indicadores del aspecto financiero
Fuente: *Elaboración propia*

¿Cuál es el nivel de riesgo de cada indicador del aspecto financiero?

?- puntos_estatus(X,Y).
X = '¿El patrimonio con el que cuenta está financiado?'.
Y = moderado;
X = '¿Su porcentaje de deuda representa más del 50% del valor de sus activos?'.
Y = muy_alto;
X = '¿En los últimos 3 años ha tenido pérdidas financieras en su negocio?'.
Y = alto;
X = '¿Su promedio de cobranza en días supera a su promedio en días de vencimiento de sus deudas?'.
Y = alto;
X = '¿Sus deudas se encuentran afianzadas con sus propiedades?'.
Y = alto.
?-

Figura 9 Consulta nivel de riesgo de indicadores del aspecto financiero
Fuente: *Elaboración propia*

De acuerdo al nivel de riesgo. ¿Cuál es la puntuación obtenida?

?- riesgo_puntos(X,Y).
X = muy_alto,
Y = 4;
X = alto,
Y = 3;
X = moderado,
Y = 2;
X = bajo,
Y = 1;
X = sin_riesgo,
Y = 0.
?-

Figura 10 Consulta puntuación por nivel de riesgo
Fuente: *Elaboración propia*

Si no existe el aviso de solicitud de inscripción ante el registro federal de contribuyentes, ¿Cuál podría ser la sanción que me asignarán?

?- sancion ('No existe el aviso de solicitud de inscripción ante el registro federal de contribuyentes',X).
X = 'puede hacerse acreedor de una multa de \$3,080.00 a \$9,250.00'.
?-

Figura 11 Consulta sanción
Fuente: *Elaboración propia*

Agradecimiento

Ing. Juan de Dios Nochebuena Hernández, Rector de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.

Conclusiones

Finalmente, el trabajo realizado presenta una herramienta tecnológica que puede ayudar a los auditores de PyMES a realizar de forma más eficiente su trabajo, basándose en una estrategia efectiva de administración de riesgos considerando la probabilidad de impacto.

Actualmente se está trabajando en la reestructuración de la base de conocimientos para considerar más indicadores que permitan realizar la auditoría de forma exhaustiva y generar un diagnóstico más minucioso para detectar los riesgos y con ello evitar sanciones y/o disminuir la tendencia al fracaso de las PyMES.

Referencias

- Altman, E. I., Sabato, G., & Wilson, N. (2010). The value of non-financial information in small and medium-sized enterprise risk management. *The Journal of Credit Risk*, 6(2), 1-33.
- Ayyagari, M., Demirgüç-Kunt, A., & Maksimovic, V. (2011). "Small vs. young firms across the world: contribution to employment, job creation, and growth". World Bank Policy Research Working Paper, (5631).
- COSO. (2004). Enterprise Risk Management—Integrated Framework, Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.
- Hancock, D., Peek, J., & Wilcox, J. A. (2007, March). The repercussions on small banks and small businesses of procyclical bank capital and countercyclical loan guarantees. In AFA 2008 New Orleans Meetings Paper.
- Hernández, Z., Hernández, T. H., Velasco-Bermeo, N., & Monroy, B. (2015, October). An Expert System to Detect Risk Levels in Small and Medium Enterprises (SMEs). In *Artificial Intelligence (MICAI), 2015 Fourteenth Mexican International Conference on* (pp. 215-219). IEEE.
- La PyME y los empresarios. Retrieved June 22, 2015 from <http://mexico.smetoolkit.org/mexico/es/content/es/3525/La-PyME-y-los-empresarios>
- Moeller, R. R. (2007). COSO Enterprise Risk Management: understanding the new integrated ERM framework. John Wiley & Sons.
- Mohammadi, F., & Pouryekta, H. (2014). A New Hybrid Method for Risk Management in Expert Systems. *International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)*, 6(7), 60.
- Oktavina, R., Maharesi, R., & Asih Haryanti, D. (2014). AN EXPERT SYSTEM OF RISK ASSESSMENT ON INTERNAL AUDIT OF SHARIA FINANCIAL INDUSTRY IN INDONESIA. *Journal of Engineering & Applied Sciences*, 9(10), 1769-1773.
- Organization for Economic Cooperation and Development. (1998). "Small businesses, job creation and growth" - OECD. Retrieved June 22, 2015 from <http://www.oecd.org/cfe/smes/2090740.pdf>
- Potter, J., et al. (2013), "The Local Dimension of SME and Entrepreneurship Issues and Policies in Mexico", OECD Local Economic and Employment Development (LEED) Working Papers, No. 2013/14, OECD Publishing, Paris
- Potter, J., Marchese, M., Feldman, M., Kemeny, T., Lawton-Smith, H., & Pike, A. (2013). The Local Dimension of SME and Entrepreneurship Issues and Policies in Mexico.
- St-Pierre, J., & Delisle, S. (2006). An expert diagnosis system for the benchmarking of SMEs' performance. *Benchmarking: An International Journal*, 13(1/2), 106-119.
- Tworek, P. (2010). Risk management standards—the review of approaches and concepts. Book of proceedings from 5th International Scientific Conference, Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava.
- Verbano, C., & Venturini, K. (2013). Managing risks in SMEs: A literature review and research agenda. *Journal of technology management & innovation*, 8(3), 186-197.

Diseño de un controlador para una celda de envasado modelada con Redes de Petri

BARBOZA-JIMÉNEZ, Pedro†*, AGUIRRE-SALAS, Luis Isidro, VELÁZQUEZ-PÉREZ, Domingo, NUÑEZ-GONZÁLEZ, Gerardo

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Ingenierías, Av. Independencia Nacional 151, C.P. 48900, Autlán Jalisco, México.

Recibido Agosto 18, 2017; Aceptado Noviembre 3, 2017

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño e implementación del controlador de un prototipo de una celda de envasado, la cual consiste de cuatro etapas: control de limpieza del envase, proceso de llenado, verificación de llenado y la clasificación del producto. La celda es manipulada mediante un Controlador Lógico Programable (PLC). Para obtener el controlador, la celda fue modelada utilizando las redes de Petri Interpretadas (RPI) las cuales son una herramienta gráfica para diseño y análisis de sistemas de eventos discretos. Posteriormente, se utilizó la metodología de Moody para obtener el controlador de la celda a partir de su modelo en RPI. Este controlador, que también es una RPI, fue transformado a diagrama escalera para implementarse en el PLC. La celda fue programada para realizar diferentes funciones de llenado y clasificación de productos. Los resultados obtenidos mostraron que al utilizar las RPI junto con la metodología de Moody se facilita la programación de las funciones de la celda en el PLC, reduciendo el tiempo de diseño de la celda y su controlador. Adicionalmente, el uso de las RPI permite analizar las propiedades de la celda, tales como la ausencia de bloqueos y la controlabilidad, antes de implementar un controlador.

Redes de Petri, Control Automático, Celdas de Manufactura Flexible, Controladores Lógicos Programables

Abstract

This paper presents the design and implementation of the controller of a prototype of a packaging cell, which consists of four stages: container cleaning control, filling process, filling verification and product classification. The cell is manipulated by a Programmable Logic Controller (PLC). To obtain the controller, the cell was modeled using the Interpreted Petri nets (RPI), which are a graphical tool for the design and analysis of discrete event systems. Afterwards, the methodology proposed by Moody was used to obtain a controller for the cell. This controller, which is also an RPI, was transformed into a ladder diagram to be implemented in the PLC. The cell was programmed to perform different functions of filling and classification of products. The results showed that using the RPI together with the Moody methodology simplifies the programming effort of a PLC, reducing the design time of the cell and its controller. In addition, the use of RPI allows analyzing the properties of the cell, such as the absence of locks and controllability, before implementing a controller.

Petri Nets, Automatic Control, Flexible Manufacturing Cells, Programmable Logic Controllers

Citación: BARBOZA-JIMÉNEZ, Pedro, AGUIRRE-SALAS, Luis Isidro, VELÁZQUEZ-PÉREZ, Domingo, NUÑEZ-GONZÁLEZ, Gerardo. Diseño de un controlador para una celda de envasado modelada con Redes de Petri. Revista de Prototipos Tecnológicos 2017, 3-10:42-55.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: pedrob@cucsur.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Una celda de manufactura flexible, que por sus siglas en inglés se le conoce como FMC (Flexible Manufacturing Cell), consiste en el arreglo de diversas máquinas, herramienta, control de proceso, sistemas de transporte de material y sistemas de control de calidad con un alto grado de automatización y variedad en los tipos de productos que se pueden fabricar (Kalpakjian & Schmid, 2008).

El proceso de diseño e implementación de un controlador para celdas de manufactura flexible debe considerar varios aspectos, desde la complejidad de la configuración del sistema, hasta el cambio de rutinas de trabajo (Chandra & Kumar, 2001; Rohée, Riera & Carré-Ménétrier, 2006).

Actualmente la automatización de los procesos industriales se ha convertido en una de las herramientas clave que conlleva a la reducción de costos, al aumento de la productividad y a la mejora de calidad en los productos. En los procesos de manufactura una de las etapas que se han descuidado y sin duda alguna es muy importante es la parte de la planeación, el diseño de los procesos del producto, así como el control de los equipo a utilizarse.

La obtención de un modelo dinámico para el sistema es necesario para iniciar su análisis, detectar comportamientos no deseados o de conflicto y obtener esquemas de control para establecer una dinámica deseada en la ejecución de tareas específicas y flexibles. Comúnmente, el comportamiento de estos sistemas está basado en la ocurrencia de eventos por lo que su estudio se realiza mediante la teoría de sistemas dinámicos de eventos discretos. El modelo dinámico a obtener para estos sistemas debe ser capaz de incorporar situaciones de concurrencia, manejo de eventos, asincronía, bucles conflictos, entre otras (Murata, 1989; Desel & Esparza, 2010). Las Redes de Petri (RP) son consideradas una herramienta para el estudio de los sistemas, con su ayuda podemos modelar el comportamiento y la estructura de un sistema.

La teoría de redes de Petri ha llegado a ser reconocida como una metodología establecida en la literatura de la robótica para modelar los sistemas de manufactura flexibles, las redes de Petri fueron introducidas en la tesis doctoral de Carl Adam Petri como una herramienta para simular las propiedades dinámicas de sistemas complejos mediante modelos gráficos de procesos concurrentes (Petri, 1962).

Como lo comenta Balbo (2007), para la modelación de sistemas se pueden utilizar las redes de Petri toda vez que fueron desarrolladas en la búsqueda de métodos naturales, simples y poderosos para la descripción y análisis de flujos de información y control de sistemas. En las redes de Petri, el estado del sistema deriva de la combinación de variables de estado locales que permiten una representación directa de la concurrencia, la causalidad y la independencia.

Las redes de Petri poseen un atractivo importante para el modelo y simulación de sistemas, dado que integran en el mismo formalismo gráfico la representación del sistema y el entorno de animación respectivo. Además, el modelo de Petri es suficientemente general como para representar una gran variedad de sistemas y, es especialmente idóneo para todos aquellos que tienen un comportamiento asíncrono, son distribuidos, actúan en paralelo y/o son no deterministas. De forma similar a los diagramas de flujo de datos y a los autómatas finitos, las redes de Petri realizan una abstracción a nivel funcional. Su modo de operación es no determinista y permiten reflejar, entre otros aspectos, la ejecución concurrente de distintos procesos, representar la disponibilidad de recursos, imponer restricciones de acceso a datos compartidos, y representar la evolución dinámica de los sistemas (Sánchez, 2000).

Metodología a desarrollar

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un controlador para una celda de envasado modelada con Redes de Petri.

La primera etapa de la investigación se orientó en conocer las características y funcionamiento de la celda de envasado. Posteriormente se obtuvo el modelado de la celda utilizando las redes de Petri con el propósito de facilitar el diseño del controlador. Primero, se modeló cada una de las etapas de la celda, después estos modelos se fusionaron para obtener el modelo general. A partir de ese modelo y las especificaciones de funcionamiento de la celda, se diseñó un controlador.

Para comprobar que el controlador fue diseñado correctamente se obtuvo el grafo de alcanzabilidad del par celda-controlador, el cual mostro todas las evoluciones posibles a partir de todos los marcados alcanzables. Una vez diseñado el controlador, se realizó la traducción de la red de Petri del mismo a diagrama de escalera (LD), utilizando la metodología propuesta por (Moody & Antsaklis, 1999). Finalmente, para implementar el control de la celda se utilizó un PLC de la marca Mitsubishi, modelo FX1s.

Resultados

La celda de envasado fue conformada por 7 bandas de transportación (Figura 1), las cuales movilizan los recipientes que serán llenados con productos de 2 tipos. La celda contiene sensores de proximidad para detectar la posición de los envases, sensores de limpieza, sensores de posición para el correcto llenado de los envases y sensores para diferenciar entre material TI y TII.

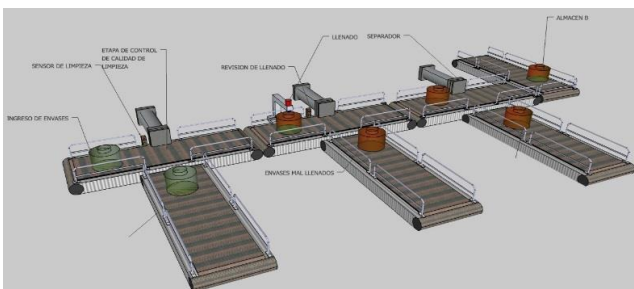


Figura 1 Esquema general del proceso de envasado

La Figura 2 muestra las diferentes etapas del flujo de llenado de los envases según el tipo de material de llenado, las cuales se describen a continuación.

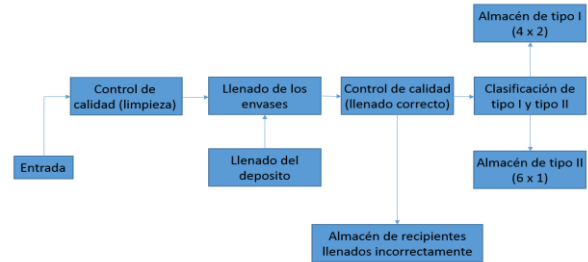


Figura 2 Flujo de llenado de los envases

Control de Calidad (Limpieza). Los envases vacíos entran por la banda 1 (B1) para transportar los envases a la etapa de control de calidad (limpieza), la cual contiene sensores ópticos que detecta irregularidades en la limpieza del envase. En caso de que el envase se encuentre dentro de los parámetros de calidad continuará al proceso de llenado. En caso contrario, será desplazado a través de la banda B2 para ser lavado y regresado al proceso de producción.

Llenado de material Tipo I y II. Dentro del llenado de los envases, se puede seleccionar el tipo de producto y se procede a llenarlo. La segunda etapa de control de calidad (llenado correcto), verifica que el envase haya sido llenado de manera correcta, en caso contrario, se desplazara por la banda B4 para ser regresado al proceso.

Selección de envases con material tipo I y tipo II. Una vez que el envase es llenado de manera correcta, este será clasificado por medio de sensores que puedan detectar y diferenciar el tipo de producto para dividirlos en almacenes diferentes para cada uno. El tipo I se dirigirá hacia la banda B6 y el tipo II por la B7. La celda fue modelada con redes de Petri interpretadas con el fin de facilitar el diseño del controlador. Primero se modelo cada una de las etapas de la celda y luego estos modelos se fusionaron para obtener el modelo total.

Este modelo se analizó para determinar que posee las propiedades deseadas y que refleja correctamente el comportamiento de la celda. La Banda B1 es el punto de llegada de los envases al proceso de llenado. La figura 3 muestra la red de Petri que modela a B1. Las transiciones T1, T3, T5, T7 y T9 son los sensores que intervienen en la etapa de control de calidad de limpieza, T1, T7 y T9 son sensores de posición, T3 y T5 son sensores tipo reflectivo que detecta imperfecciones de limpieza en el envase. Los lugares P1 a P9, junto con las transiciones T2, T6 y T8 forman parte del modelado de la banda 1.

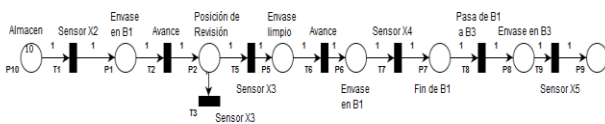


Figura 3 Modelo de la banda 1

El modelo del proceso de control de calidad está conformado por 4 etapas físicas de la celda en dicho proceso se verifica que los envases que entran al sistema se encuentran limpios. Como se puede observar en la Figura 4, las transiciones T1, T3, T5, T7 y T9 representan a los sensores que intervienen en la etapa de control de calidad de limpieza, en donde T1, T7 y T9 son sensores de posición, T3 y T5 son sensores tipo reflectivo los cuales detectan las imperfecciones de limpieza en los envases.

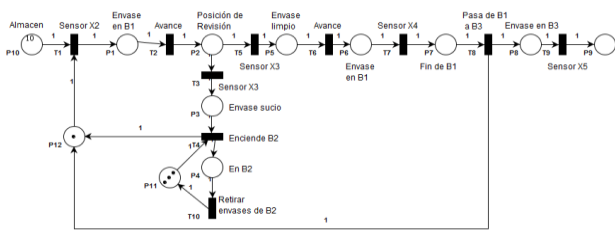


Figura 4 Proceso de control de calidad, modelado en Redes de Petri

Una vez obtenido el modelo en Redes de Petri, se analizó matemáticamente para determinar las propiedades estructurales y dinámicas de la celda. La matriz de incidencia y las ecuaciones de estado han resultado ser de mucha importancia para describir y analizar plenamente el comportamiento dinámico.

No obstante, el entorno no determinístico de los modelos representados en redes de Petri, provoca que las ecuaciones involucradas posean soluciones limitadas. Como se puede observar en la Figura 5, las matrices del proceso de control de calidad están definidas por las matrices de incidencia (C) y marcado inicial (M₀), la cual está conformada por las matrices: de incidencia previa (C⁻) e incidencia posterior (C⁺), donde (C = C⁺ - C⁻) y marcado inicial.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
P1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	1	-1	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	1	-1	-1	-1	0	0	0	0
P4	0	0	1	0	0	-1	0	0	-1
P5	0	0	0	1	0	0	-1	0	0
P6	0	0	0	0	1	0	0	-1	0
P7	0	0	0	0	0	1	1	1	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	M ₀
P1	1
P2	0
P3	0
P4	0
P5	0
P6	0
P7	0
P8	0
P9	0

Figura 5 Matriz de incidencia (C) y de marcado inicial (M₀) del proceso de control de calidad

Para alcanzar el modelado del proceso de llenado, el procedimiento que se siguió fue similar al proceso de control de calidad. Como primero paso se analizaron las etapas físicas de este proceso (sensores y actuadores). Como podemos observar en la Figura 6 se presenta el proceso completo de llenado y revisión de control de calidad (llenado correcto del envase).

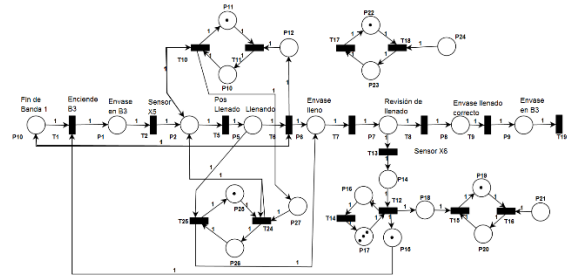


Figura 6 Modelo del proceso de llenado y control de calidad (llenado correcto).

De manera similar se modeló el proceso de la selección del tipo de producto llenado, obteniendo el controlador de la red de Petri de la figura 7, que representa el funcionamiento de este proceso.

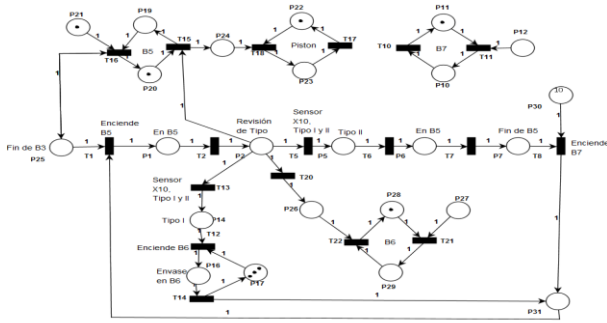


Figura 7 Modelado sistema de separación tipo I y II.

Una vez teniendo los modelos por separado de los diferentes procesos de la celda, se fusionaron en uno solo para obtener un modelo general del funcionamiento de la celda flexible.

Diseño del controlador. En esta sección se presenta el diseño del controlador de la celda de envasado. Para ello se utilizó la metodología propuesta en (Moody & Antsaklis, 1999), la cual parte del modelo de la celda y un conjunto de restricciones que representan la funcionalidad o comportamiento deseado. Como resultado final, se obtiene un modelo del par sistema-controlador que puede ser implementado directamente en un PLC una vez que ha sido traducido a diagrama escalera.

Algunas de las condiciones o restricciones consideradas en este trabajo para diseñar el controlador fueron:

1. La banda transportadora B1 se pone en marcha al colocar la primera botella. Se detiene si el sensor X3 detecta un envase sucio.
2. La banda B3 enciende al recibir un envase limpio, se detiene al llegar al sensor X5, envase en la posición de llenado.
3. La banda B3 se activa de nuevo al detectar envase lleno, se detiene si el sensor X6 detecta un envase mal llenado.
4. La banda B5 enciende al recibir un envase llenado correctamente y se detiene si el sensor X10 detecta que el producto es Tipo I.

Al aplicar la metodología de Moody se realizaron operaciones con la matriz de incidencia del modelo general del proceso y las restricciones de funcionamiento representadas también como redes de Petri. Como resultado se obtiene un conjunto de lugares y arcos adicionales que limitan la operación de la celda de acuerdo a las especificaciones. Por ejemplo, la Figura 8 muestra el fragmento del controlador correspondiente a la etapa de control de limpieza como resultado de aplicar la metodología. Note que, se han agregado varios lugares y arcos de control, los cuales aseguran que los eventos controlables se realizarán en el orden deseado.

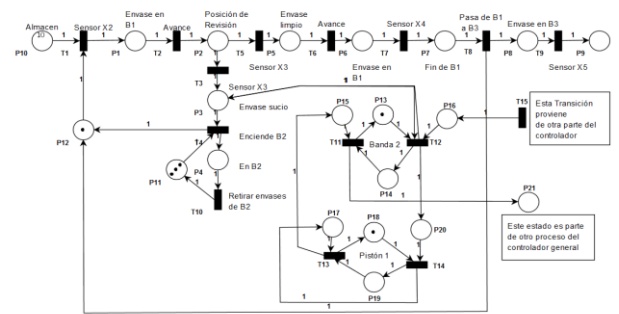


Figura 8 Par sistema-controlador (fragmento de la etapa de control de limpieza)

Implementación del controlador. A partir de la red de Petri del par sistema-controlador de la celda se puede obtener un diagrama escalera del controlador. En este trabajo hemos utilizado el algoritmo de traducción propuesto en (Jiménez, 2001), el cual consiste convertir las diferentes estructuras de la red de Petri a escalones de un diagrama escalera. La Figura 9 muestra el fragmento del diagrama correspondiente a la etapa de control de limpieza.

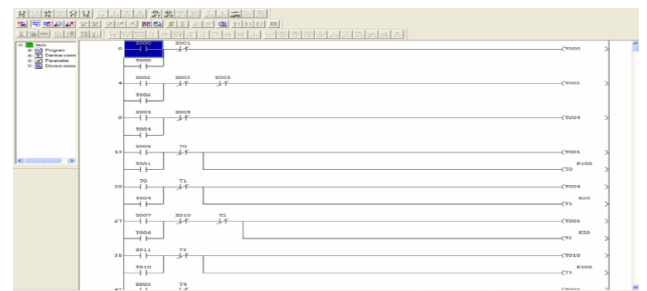


Figura 9 Fragmento del diagrama escalera del controlador

Agradecimientos

Los autores del trabajo agradecen el apoyo económico otorgado por el Departamento de Ingenierías del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara para el desarrollo del proyecto de investigación.

Conclusiones

En este artículo se presentó el diseño de un controlador para una celda flexible de llenado de envases. La celda se modeló con redes de Petri y a partir de un conjunto de restricciones de funcionamiento se obtuvo el controlador utilizando la metodología propuesta por Moody. El controlador resultante se implementó en un PLC.

Se observó que las redes de Petri son una herramienta adecuada para modelar este tipo de procesos porque permiten un modelado modular de las diferentes etapas de un proceso, reduciendo la complejidad. El método de Moody para diseñar el controlador es práctico y se puede automatizar fácilmente porque se basa en operaciones elementales de algebra lineal, por lo que es un método de bajo costo computacional. Por lo anterior se recomienda utilizar esta metodología en procesos similares.

Como trabajo futuro se desarrollará una herramienta computacional que permita obtener el controlador directamente en diagrama escalera a partir de un modelo en red de Petri y un conjunto de restricciones de funcionamiento.

Referencias

Balbo, G. (2007). Introduction to generalized stochastic Petri Nets. In: Formal Methods for Performance Evaluation, Marco Bernardo & Jane Hillston (Eds.), Springer.

Chandra, V. and R. Kumar (2001). A discrete event systems modeling formalism base on event occurrence rules and precedences. IEEE transactions on robotics and automation, 17(6):785-794.

Desel, J and J. Esparza (2010). Free Choice Petri Nets. Cambridge University, New York.

Jiménez, I., E. López, A. Ramírez (2001). Synthesis of Ladder Diagrams from Petri Nets Controller Models. Proc. of the IEEE, International Symposium on Intelligent Control, pp. 225 – 230, México.

Kalpakjian, S. y S.R. Schmid (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. Prentice Hall. México.

Moody, J., P. Antsaklis (1999). Petri Net Supervisors for DES with Uncontrollable and Unobservable Transitions. Technical Report of the ISIS Group at the University of Notre Dame ISIS-99-004, February, 1999.

Murata, T. (1989). Petri Nets: Properties, Analysis and Applications. Proc. IEEE, Vol. 77, no 4, pp. 541-580.

M. Zhou y K. Venkatesh (1998). "Modelling, simulation and control of flexible manufacturing systems -a Petri net approach." New York: World Scientific.

Petri, C. A. (1962). "Kommunikation mit Automaten", Phd Thesis: Universidad de Bonn.

Rohée, B., B Riera y V. Carré-Ménétrier (2006). A Methodology to Design and Check a Plant Model. IFAC Proceedings, Vol. 39, Issue 17, pp. 245-250.

Sánchez, P. (2000). "Animación de Especificaciones OASIS mediante Redes de Petri", Tesis Doctoral: Universidad Politécnica de Valencia, España.

Robot clasificador de objetos de color utilizando técnicas de filtrado RGB

ROSAS-ARIAS, Leonel †, VALLEJO-MERAZ, Jair de Jesus, PÉREZ-BAILÓN, Waldemar, ROJAS-CID, Jesús Daniel

Instituto Tecnológico De Lázaro Cárdenas

Recibido Agosto 13, 2017; Aceptado Noviembre 11, 2017

Resumen

Dotar a los robots con la habilidad de poder ver el entorno que los rodea es fundamental en sistemas que involucren la localización de objetos. En este artículo se presenta el desarrollo de un robot manipulador de 4 grados de libertad con el objetivo de clasificar objetos de diferentes colores utilizando técnicas de filtrado RGB. Primero, se desarrolla el modelo cinemático directo e inverso del robot mediante el algoritmo de Denavit-Hartenberg. Después, se muestra la etapa del procesamiento de las imágenes obtenidas mediante la cámara web integrada en sobre la base del robot. Finalmente, se muestra el proceso de detección de posición de los objetos dentro de la imagen y se usa esta información para obtener las coordenadas reales relativas al espacio de trabajo del robot manipulador. Los resultados obtenidos muestran que la integración del modelo cinemático inverso en conjunto con el filtrado RGB cumplen con el objetivo propuesto de clasificación bajo condiciones de luz controladas. En trabajos futuros se puede hacer uso de algoritmos de aprendizaje no supervisado para la identificación de objetos de color bajo condiciones de luz irregulares.

Visión por Computadora, Procesamiento de Imágenes, Robot Manipulador, Filtros

Abstract

Giving robots the ability to see the environment that surrounds them is fundamental in systems that require object detection and location. In this paper, we present a design for a 4 degree of freedom manipulator robot able to classify different color objects using RGB filter techniques. First, we model the forward and inverse kinematics for our proposed robot using the Denavit-Hartenberg algorithm. Then, we apply some image processing techniques in the images acquired from the webcam integrated top on the robot base. Finally, we show the process of the objects position detection inside the image and use this information to obtain the real coordinates relative to the robot workspace and reference axis. Results shown that integrating the inverse kinematics model and the RGB filter techniques accomplish the proposed objective of classification under controlled light conditions. In future works, unsupervised learning algorithms can be used to identify the color objects under irregular light conditions.

Computer Vision, Image Processing, Manipulator Robot, Filters.

Citación: ROSAS-ARIAS, Leonel, VALLEJO-MERAZ, Jair de Jesus, PÉREZ-BAILÓN, Waldemar, ROJAS-CID, Jesús Daniel. Robot clasificador de objetos de color utilizando técnicas de filtrado RGB. Revista de Prototipos Tecnológicos 2017, 3-9: 56-62.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El campo de la visión por ordenador ha crecido a un ritmo muy acelerado. La visión del robot es considerada una de las habilidades sensoriales más importantes de los robots. Al igual que los ojos humanos, un sistema de visión artificial permite al robot percibir el entorno en el que se encuentra y es uno de los puntos tecnológicos que mejor representa el grado de inteligencia del robot [1]. Entre las áreas principales donde se han implementado manipuladores están el campo quirúrgico y automovilístico. En el sector automotriz, los brazos robóticos se utilizan en líneas de montaje, en las que es necesario seleccionar piezas de automóvil específicas con diferentes materiales, formas, colores y peso [2]. En el campo quirúrgico, los brazos robóticos han sido implementados debido a que sus movimientos de alta precisión durante el proceso ayudan a reducir del tiempo de cirugía, tal como se describe en [3].

En este trabajo se propone la implementación de un sistema de visión por ordenador en un brazo robótico cuya finalidad es la de identificar y clasificar objetos de diferentes colores. El objetivo de este trabajo es inicialente, proporcionar un prototipo automatizado para manipular herramientas y objetos en situaciones donde se requiere un alto nivel de autonomía en el robot. Posteriormente se proyecta adaptar este desarrollo tecnológico a un sistema de clasificación de fruta por su grado de madurez basado en las propiedades de color de la fruta. Algunos trabajos recientes relacionados a la manipulación de objetos utilizando un brazo robótico se muestran en [4], [5] y [6].

Este artículo está organizado de la siguiente manera: Primero, en la sección de la cinemática del robot, se presentan los modelos de la cinemática directa e inversa de nuestro robot manipulador basado en el algoritmo de Denavit-Hartenberg. Después, en la sección de detección de objetos, se describe nuestro método de procesamiento de imágenes para identificar y localizar objetos de color basados en filtros RGB.

Posteriormente, en la sección de integración se presenta en conjunto nuestro sistema de visión por computadora y nuestro robot manipulador mostrado en la Figura 1. El proceso de integración se resume de manera gráfica en la Figura 2. La sección de resultados presenta algunas simulaciones de nuestro modelo de cinemática inversa y la identificación de los objetos en la escena real. Finalmente, se presentan conclusiones y se discuten trabajos futuros.

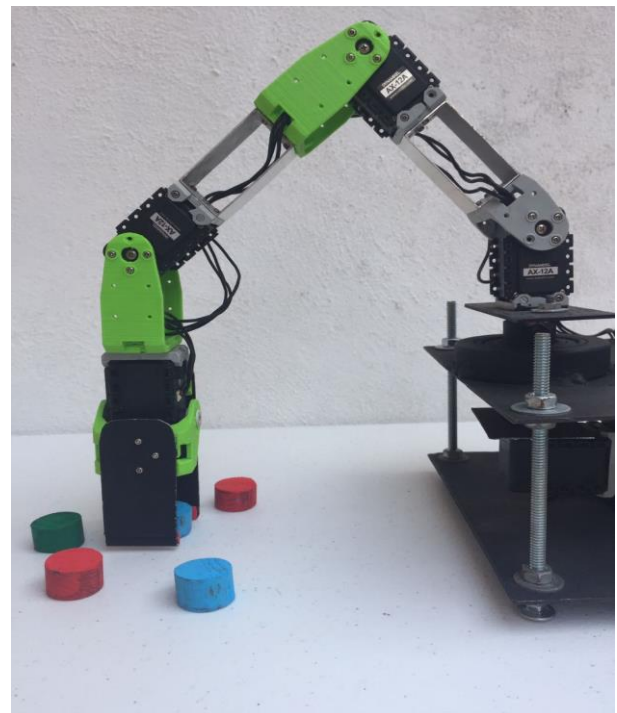


Figura 1 Robot manipulador de 4 grados de libertad.

Fuente: Elaboración propia

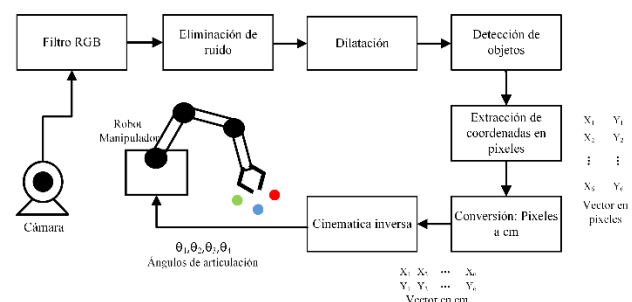


Figura 2 Diagrama de bloques del sistema propuesto

Fuente: Elaboración propia

Cinemática del Robot

La cinemática es la rama de la ciencia que estudia el movimiento de los cuerpos rígidos independientemente de las fuerzas que lo producen. Estudia la posición, velocidad y aceleración con respecto a alguna otra variable, que por lo general es el tiempo. El estudio de la cinemática del robot se refiere a todas las propiedades de movimiento basadas en la geometría y el tiempo [7]. En este trabajo, se realiza el análisis de cinemática directa e inversa utilizando el algoritmo Denavit-Hartenberg (DH) como se describe en las subsecciones siguientes.

Cinemática Directa

La cinemática directa es el análisis de la estructura del robot para conocer la posición del efector final cuando se conocen los ángulos de rotación y los desplazamientos de las articulaciones. Algunos trabajos encuentran esta solución por aproximación numérica, utilizando algoritmos específicos como el algoritmo D-H o utilizando otros métodos estadísticos como se muestra en [8-11]. Con base en el algoritmo DH (Denavit-Hartenberg) se asignan los parámetros DH a_i , α_i , d_i , y θ_i para nuestro robot como se muestra en la Figura 3. La Tabla 1 muestra los parámetros DH para cada eje de referencia en nuestro robot.

x_i	$\alpha_{(i-1)}$	$a_{(i-1)}$	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	90	0	0	θ_2
3	0	a_3	0	θ_3
4	0	a_4	0	θ_4
5	0	a_5	0	0

Tabla 1 Parámetros de Denavit-Hartenberg.
Fuente: Elaboración Propia

Sustituimos nuestros parámetros DH en la matriz de transformación general dada por (1) para obtener nuestras cinco matrices de transformación. En (1), $s(\theta_i)$, $c(\theta_i)$, $s(\alpha_i)$ y $c(\alpha_i)$ son las representaciones cortas para $\sin(\theta_i)$, $\cos(\theta_i)$, $\sin(\alpha_i)$ y $\cos(\alpha_i)$, respectivamente.

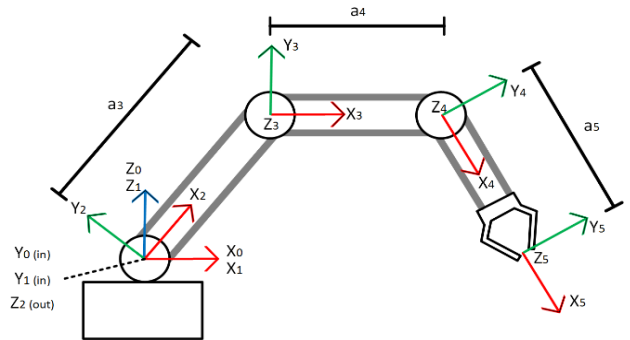


Figura 3 Asignación de parámetros siguiendo el algoritmo de Denavit-Hartenberg

Fuente: Elaboración propia

$${}^{i-1}T_i = R_x(\alpha_{i-1}) D_x(\alpha_{i-1}) R_x(\theta_i) D_z(d_i) =$$

$$\begin{bmatrix} c(\theta_1) & -s(\theta_1) & 0 & 0 \\ s(\theta_1) & c(\theta_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Estas cinco matrices de transformación se multiplican consecutivamente para obtener nuestra matriz de transformación dada por:

$${}^0T_5 = {}^0T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & P_x \\ n_y & o_y & a_y & P_y \\ n_z & o_z & a_z & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

De la cual sólo se analizan las siguientes tres expresiones de interés:

$$P_x = \cos(\theta_1) * (a_4 * \cos(\theta_2 + \theta_3) + a_3 * \cos(\theta_2) + a_5 * \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)) \quad (3)$$

$$P_y = \sin(\theta_1) * (a_4 * \cos(\theta_2 + \theta_3) + a_3 * \cos(\theta_2) + a_5 * \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)) \quad (4)$$

$$P_z = a_4 * \sin(\theta_2 + \theta_3) + a_3 * \sin(\theta_2) + a_5 * \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \quad (5)$$

El análisis de cinemática inversa se realiza para obtener los valores de ángulo para las articulaciones del robot cuando sólo se conocen la longitud de los eslabones, la posición del objeto y orientación del efector final [7].

Los enfoques clásicos para resolver el problema cinemático inverso se basan en el algoritmo DH como se muestra en [11] y [12]. Sin embargo, algunos autores han propuesto recientemente métodos de resolución utilizando redes neuronales y otros métodos de algoritmos de aprendizaje [13].

Usando (3) y (4) obtenemos θ_1 ángulo como:

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{P_y}{P_x}\right) \quad (6)$$

Sabiendo que nuestro ángulo de orientación predefinido $\phi = \theta_2 + \theta_3 + \theta_4$, Definimos las siguientes tres ecuaciones:

$$A = P_x - a_5 * \cos(\theta_1) * \cos(\phi) \quad (7)$$

$$B = P_y - a_5 * \sin(\theta_1) * \cos(\phi) \quad (8)$$

$$C = P_z - a_5 * \sin(\phi) \quad (9)$$

Donde:

$$A = \cos(\theta_1) * (a_4 * \cos(\theta_2 + \theta_3) + a_3 * \cos(\theta_2)) \quad (10)$$

$$B = \sin(\theta_1) * (a_4 * \cos(\theta_2 + \theta_3) + a_3 * \cos(\theta_2)) \quad (11)$$

$$C = a_4 * \sin(\theta_2 + \theta_3) + a_3 * \sin(\theta_2) \quad (12)$$

De la misma manera, definimos la siguiente relación después de elevar al cuadrado y sumar (10), (11) y (12): θ_3 es obtenida como:

$$A^2 + B^2 + C^2 = a_3^2 + 2\cos(\theta_3) * a_3 * a_4 + a_4^2 \quad (13)$$

θ_3 es obtenida como:

$$\cos(\theta_3) = \frac{A^2 + B^2 + C^2 - a_3^2 - a_4^2}{2a_3a_4} \quad (14)$$

$$\sin(\theta_3) = \pm\sqrt{1 - \cos^2(\theta_3)} \quad (15)$$

$$\theta_3 = \tan^{-1}\left(\frac{\sin(\theta_3)}{\cos(\theta_3)}\right) \quad (16)$$

Definimos las siguientes variables para reducir el tamaño de nuestras ecuaciones:

$$U = \frac{P_x - a_5 * \cos(\theta_1) * \cos(\phi)}{\cos(\theta_1)} \quad (17)$$

$$V = U \frac{a_4 \sin(\theta_3)}{a_3 + a_4 \cos(\theta_3)} \quad (18)$$

$$a_4 * \cos(\theta_3) + a_3 + \frac{a_4^2 * \sin^2(\theta_3)}{a_3 + a_4 \cos(\theta_3)} \quad (19)$$

Resolviendo para $\cos(\theta_2)$ en (7) Y sustituyendo en (9) obtenemos θ_2 como:

$$\sin(\theta_2) = \frac{P_z - V - a_5 \sin(\phi)}{W} \quad (20)$$

$$\cos(\theta_2) = \pm\sqrt{1 - \sin^2(\theta_2)} \quad (21)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{\sin(\theta_2)}{\cos(\theta_2)}\right) \quad (22)$$

Finalmente, obtenemos θ_4 como:

$$\theta_4 = \phi - \theta_2 - \theta_3 \quad (23)$$

Detección de objetos

Para detectar objetos de diferentes colores se ha hecho uso de una cámara digital para obtener una imagen y realizar algoritmos mediante software para mejorar algunas características y obtener información útil.

Los sistemas de procesamiento de imágenes manejan imágenes como señales bidimensionales, y debido a esto, pueden ser modelados como un sistema multidimensional representado por matrices [14].

Filtro basado en valores RGB

Una imagen con componentes RGB también se denomina imagen de color verdadero. En este tipo de imágenes cada píxel se especifica por la intensidad de su tres componentes o canales correspondientes (es decir, Rojo, Verde y Azul). Una imagen RGB es representada por:

$$I_{(x,y)} = (I_R, I_G, I_B) \tag{24}$$

Donde I_R, I_G and I_B son los valores de intensidad del rojo, verde y azul para el píxel $P(x,y)$, respectivamente. La Figura 4 ilustra una imagen separada en sus tres componentes $I_R(x,y)$, $I_G(x,y)$ y $I_B(x,y)$.

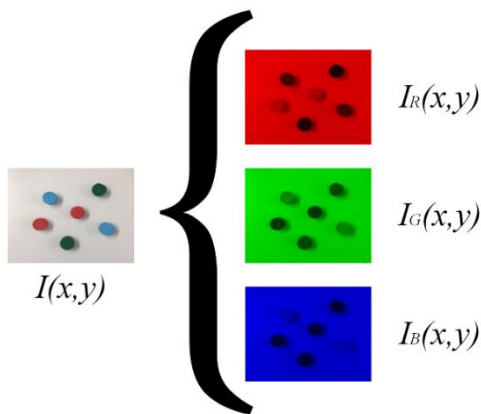


Figura 4 Componentes RGB de una imagen.
Fuente: Elaboración propia

Se crea una imagen binaria del mismo tamaño para cada color que queremos identificar en función de estos componentes RGB. La nueva imagen binaria se define por:

$$I_{binary}(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{si: } C_R \text{ and } C_G \text{ and } C_B \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \tag{25}$$

Donde:

$$C_R = I_{R(min)} \leq I_R(x,y) \leq I_{R(max)} \tag{26}$$

$$C_G = I_{G(min)} \leq I_G(x,y) \leq I_{G(max)} \tag{27}$$

$$C_B = I_{B(min)} \leq I_B(x,y) \leq I_{B(max)} \tag{28}$$

$I_{R(min)}$ y $I_{R(max)}$ son los valores mínimo y máximo en la componente roja del objeto detectado. Esto también se aplica para $I_{G(min)}$, $I_{G(max)}$, $I_{B(min)}$, y $I_{B(max)}$ en cada respectivo canal. Estos seis parámetros se definen manualmente para cada color que se quiera identificar. La Figura 5 muestra los resultados de este proceso para tres colores diferentes.

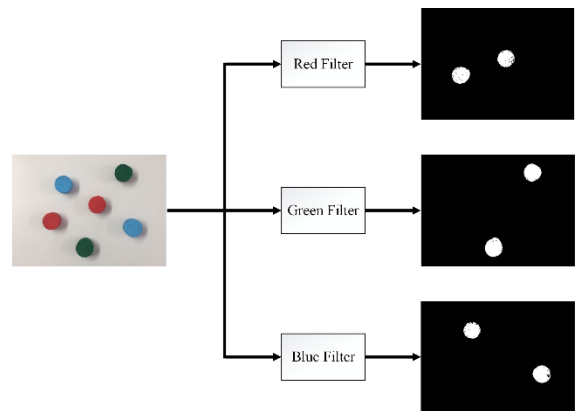


Figura 5 Filtros RGB aplicados en las 3 componentes para la separación de objetos
Fuente: Elaboración propia

Post-Procesamiento

Una vez obtenida la imagen binaria para cada tipo de objeto de color, se identifican todos los objetos binarios utilizando un algoritmo de etiquetado mediante píxeles vecinos. Esto produce una imagen en la que cada grupo de píxeles con el valor 1 tienen su propio identificador numérico. Esta técnica de etiquetado de objetos puede producir problemas cuando pequeños grupos aislados de píxeles (ruido) se detectan como un objeto de interés. Para evitar esta situación, se reconstruye una nueva imagen binaria siguiendo las siguientes reglas:

- Si el número de píxeles conectados es igual o mayor que el umbral T, el objeto se conserva en la nueva imagen binaria.
- Si el número de píxeles conectados es menor que el umbral T, se elimina el objeto.

Este proceso se ilustra en la Figura 6, donde la imagen reconstruida no contiene los objetos eliminados que se consideran como ruido en la imagen.

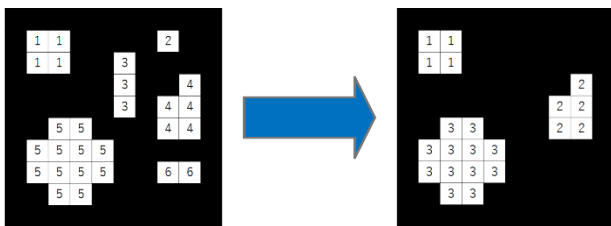


Figura 6 Eliminación del ruido en la imagen binaria con un valor de umbral T = 4

Fuente: Elaboración propia

Pueden existir algunos objetos binarios que no fueron llenados completamente en el proceso del filtro RGB. Esto se debe principalmente a que la reflexión de la luz blanca en los objetos de color produce pequeños agujeros dentro de los objetos binarizados. Por lo tanto, después de la eliminación del ruido, realizamos un proceso de dilatación en la imagen binaria como se muestra en la Figura 7. La dilatación, aunque no es completamente necesaria, proporciona una mejor identificación de las coordenadas centroides de los objetos, como se describe en la siguiente sección. El proceso de dilatación se expresa como:

$$\delta_B = X \oplus B \tag{29}$$

Donde X es el objeto binario y B es el elemento estructural. En este caso se ha decidido utilizar un elemento estructural circular de radio igual a 5.

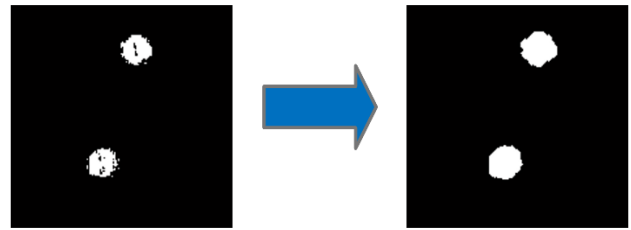


Figura 7 Procedimiento de eliminación de ruido y dilatación

Fuente: Elaboración propia

Posición de los Objetos

Con el fin de detectar la posición actual de los objetos, para cada objeto etiquetado se identifica a los cuatro píxeles con los valores mínimos y máximos de coordenadas (x,y) como es ilustrado en la Figura 8. En caso de existir más de un píxel con el mismo valor de coordenadas mínimos o máximos, sólo se toma en consideración el primer píxel detectado. Utilizando estos cuatro píxeles encontramos el centro del objeto como:

$$C_i(x, y) = \left(\frac{X_{maxi} + X_{mini}}{2}, \frac{Y_{maxi} + Y_{mini}}{2} \right) \tag{30}$$

Este proceso se repite para que todos los objetos detectados.

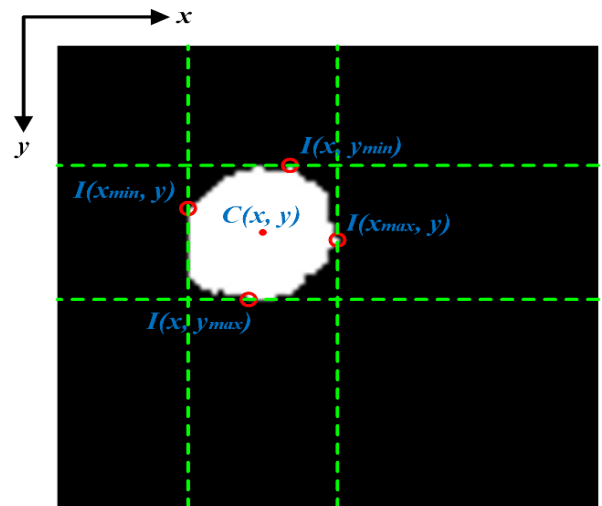


Figura 8 Detección del centroide para un solo objeto.

Fuente: Elaboración propia

Integración

En esta sección, mostramos el proceso de integración entre nuestro robot y el sistema de identificación de color propuesto. También, describimos el algoritmo utilizado por el robot para realizar la clasificación de los diferentes objetos de color.

En la Figura 9 se muestra la relación entre los ejes de coordenadas de la imagen y los ejes de coordenadas del robot. Para convertir las coordenadas dadas por nuestro sistema de detección de objetos al sistema de coordenadas del robot, se realiza un proceso de mapeo descrito por:

$$R = \frac{(px - px_{min})(real_{max} - real_{min})}{px_{max} - px_{min}} + real_{min} \quad (31)$$

Donde R es el valor de salida correspondiente en cm; px es la coordenada del centroide en píxeles; px_{min} y px_{max} son la mínima y máxima posible coordenada de entrada en píxeles (Es decir, 0 a 320 para el eje x y 0 a 240 para el eje y), y $real_{min}$ y $real_{max}$ son las coordenadas mínimas y máximas posibles en cm. Las coordenadas máximas y mínimas en centímetros fueron obtenidas previamente utilizando los límites del rango de visión de la cámara web configurada a una resolución de 320x240 píxeles en formato JPG.

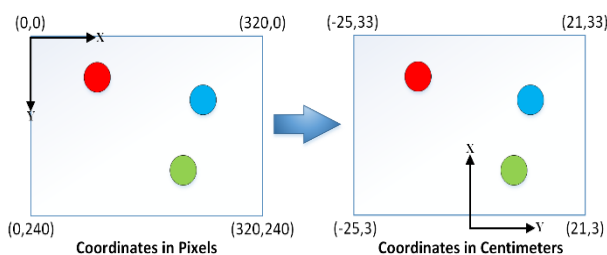


Figura 9 Conversión de píxeles a cm.
Fuente: Elaboración propia

Este proceso de conversión se aplica tanto para las coordenadas (x,y) del centroide de cada objeto detectado.

Algoritmo de clasificación

Una vez obtenidas las coordenadas para cada objeto referenciadas al sistema de coordenadas del robot se continúa con el proceso de clasificación. Primero, el robot se coloca en la posición inicial para asegurarse de que la línea de visión de la cámara no está obstruida por sí mismo. Después, el robot clasifica todos los objetos de un mismo color colocándolos en una posición predefinida. Este proceso se repite para todos los objetos de diferentes colores.

Resultados

En esta sección presentamos pruebas de simulación para distintos parámetros de orientación, así como el seguimiento de trayectorias utilizando nuestro modelo cinemático inverso. Así mismo, presentamos resultados comparativos de nuestro sistema en un ambiente controlado.

Simulación de la cinemática inversa

La simulación es una herramienta debido a que nos ayuda a predecir el comportamiento de nuestro sistema en el mundo real. En este trabajo se ha hecho uso del software de programación MATLAB para todas las simulaciones del robot. La Figura 10 muestra los resultados de la simulación para un punto situado en P(20,0,0) utilizando cuatro diferentes valores de ϕ . Los valores de ϕ se muestran a continuación: Arriba izquierda: $\phi = -90^\circ$, arriba derecha: -45° , abajo izquierda: 0° y abajo derecha: 90° .

Como se muestra en la Figura 11, se simula una trayectoria lineal y circular utilizando un valor pre-definido de $\phi = -90^\circ$ debido a que este valor nos proporciona una orientación para el efector final paralela al plano XY. La trayectoria lineal es descrita desde el punto $P_1(15,15,0)$ hasta el punto $P_2(15,-15,0)$. La trayectoria circular describe una circunferencia con el centro en el punto P(15,0,-10) y radio $r=5$.

Ambas trayectorias han mostrado buen comportamiento eligiendo un signo negativo para la ecuación (15) y uno positivo para la ecuación (21). Elegir otros signos para (15) y (21) llevan a resultados inesperados en el mundo real debido a la naturaleza de la estructura del robot.

Rendimiento del sistema

Se realizaron algunos experimentos con el fin de probar el rendimiento de nuestro sistema. La Figura 12 muestra los resultados de identificación del color. En esta prueba, se utilizaron seis objetos de tres colores diferentes. Todos los objetos fueron identificados correctamente como su respectivo color y fueron etiquetados. La Tabla 2 muestra la conversión entre las coordenadas de píxeles y las coordenadas reales al eje de referencia del robot. Se realizaron pruebas con variaciones no tan radicales en intensidad y posición de la fuente de luz y se han obtenido los resultados exitosos siempre y cuando el doble umbral de cada uno de los componentes del filtro se incremente. Esto nos permitió obtener una mayor generalidad en la identificación de los objetos de color.

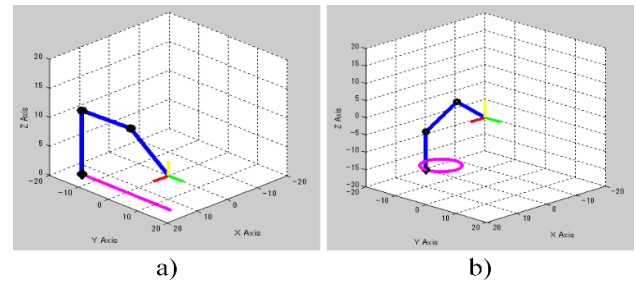


Figura 11 Simulación de trayectoria. a) Lineal b) Circular.

Fuente: Elaboración propia

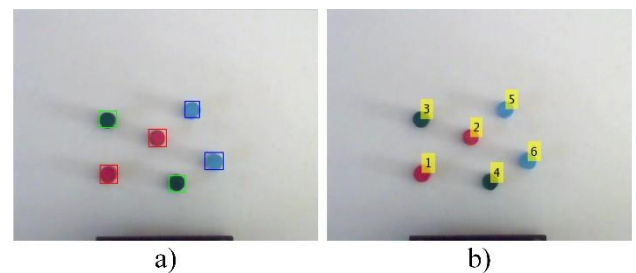


Figura 12 Resultados de Identificación de objetos. a) Objetos detectados, b) Orden de clasificación.

Fuente: Elaboración propia

Color	No. de objeto	Coordenadas en píxeles	Coordenadas en cm
ROJO	1	(100,170)	(11.75,-10.62)
	2	(151,133)	(16.37,-3.29)
VERDE	3	(99,114)	(18.75,-10.76)
	4	(172,180)	(10.5,-0.27)
AZUL	5	(188,104)	(20,2.02)
	6	(211,158)	(13.25,5.33)

Tabla 2 Coordenadas de los objetos en píxeles y cm.

Fuente: Elaboración propia

Conclusión y trabajos futuros

En este trabajo, se ha presentado un robot manipulador capaz de detectar y clasificar objetos estáticos basados en sus propiedades de color utilizando filtros en las componentes RGB de la imagen. El robot es capaz de clasificar tantos objetos como sea posible si se encuentran dentro del campo de visión del robot. El robot también es capaz de clasificar un gran número de colores diferentes.

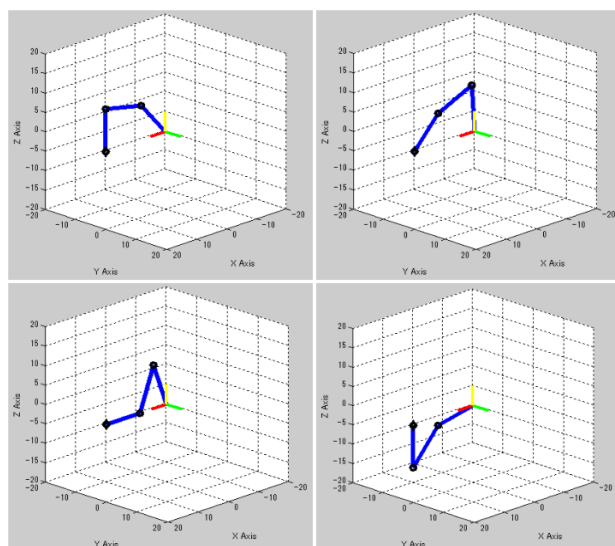


Figura 10 Simulación de cinemática inversa para 4 diferentes valores de ϕ .

Fuente: Elaboración propia

Si en el filtro los parámetros están configurados correctamente, teóricamente más de 16 millones de colores pueden ser clasificados cuando se utiliza una imagen con profundidad de 8 bits por pixel. Sin embargo, debido a cambios en las condiciones de iluminación esto no es posible en aplicaciones en el mundo real. Se puede notar que existe una limitación potencial: objetos del mismo color debe estar separados una distancia razonable para que el robot pueda identificarlos individualmente y no como un objeto de grandes dimensiones.

En trabajos futuros, se proyecta implementar algoritmos para detectar número de objetos adyacentes para cancelar esta limitación. Además, se proyecta implementar técnicas de umbrales dinámicos basados en parámetros estadísticos que permitan obtener una mayor generalidad en la detección del color de forma automática. Así mismo, se puede concluir que el prototipo del sistema de visión por computadora tiene como ventaja poder ser implementado en sistemas robóticos industriales debido a la relativa facilidad de programación de los algoritmos en cualquier lenguaje de programación que cuente con herramientas de adquisición de imágenes.

Reconocimiento

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas por brindar el soporte económico necesario para la realización de este trabajo.

Referencias

- [1] Juan Du. (2006). Visual Navigation base on Floor Feature Segmentacion for Indoor Mobile Robot. Wuhan University of technology.
- [2] Michalos G. (2012). Robot Path Correction Using Stereo Vision System. Procedia CIRP, Vol.3.
- [3] Lanfranco A., et al. (2004). Robotic Surgery. Annals of Surgery.
- [4] Miguel Angel Flores Montes, Luis Arturo Medina Muñoz, Jesus Mayorquin Robles, Omar Adrian Garcia Muñoz. (marzo 2017). Detección de Objetos a Color en Tiempo Real con Técnicas de Visión Artificial y Arduino. Revista de Prototipos Tecnológicos, 3, 1-6.
- [5] Sergio Diaz, Citlalih Gutierrez, Daniel Valdez, Bany Hernandez. (diciembre 2016). Diseño y control en tiempo real de un brazo de robot mediante una interfaz virtual. Revista de Prototipos Tecnológicos, Vol. 3, 49-60.
- [6] J. Esqueda Elizondo, D. Hernandez Manzo, E. Bermudez Encarnación, L. Jimenez Beristain, M. Pinto Ramos. (diciembre 2016). Manipulación de un brazo robótico mediante señales electroencefalográficas. Revista de Tecnología e Innovación, Vol. 7, 89-98.
- [7] Seed Niku. (2010). Introduction to Robotics. John Wiley & Sons.
- [8] S. HengHui, L. MinZhou, L. Wei and D. Xiang. (2011). Virtual link-lengths approximating method for forward kinematics of multiple motioncoupled linkage mechanism. International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology, 2318-2323.
- [9] H. A. Hendarto, Munadi and J. D. Setiawan, . (2014). ANFIS application for calculating inverse kinematics of programmable universal machine for assembly (PUMA) robot. The 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering, 35-40.
- [10] Jian Ding, Jianguang Li, Yingxue Yao, Chuntian Xu and Huaijing Jing. (2013). A forward kinematics based statistical method for the pose errors of a 6-dof parallel manipulator. IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing (ISAM), 248-251.

[11] Y. Luo, Q. Liu. (2009). Chaotic Finding Method of Position Forward Kinematics of 3-DOF Parallel Robot. Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application, 44-47.

[12] M. Alsayegh, F. I. Mues, J. Malzahn, T. Bertram. (2016). Analytic Forward and Inverse Kinematics of a Multi-Elastic-Link Robot Arm, Proceedings of ISR 2016. International Symposium on Robotics, 1-6.

[13] Srisuk, A. Sento, Y. Kitjaidure. (2017), Inverse kinematics solution using neural networks from forward kinematics equations. International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST),61-65.

[14] Milan Sonka, Vaclav Hlavac Roger Boyle. (2008). Image Processing, Analysis, and Machine Vision. Thomson Engineering, 1-10.

Instrucciones para Autores

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

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

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

Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keyword

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

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para Autores

Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

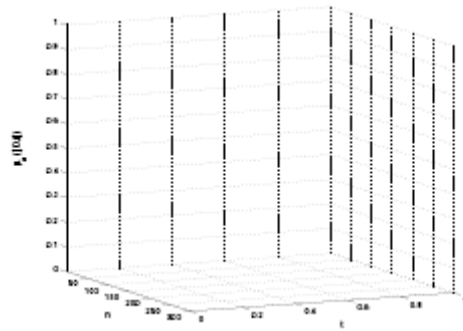


Gráfico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

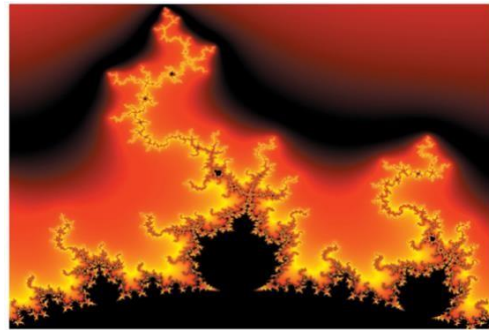


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

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

Instrucciones para Autores

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia

Formato de Originalidad



Madrid, España a ____ de ____ del 20 ____

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

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Madrid, España a ____ de ____ del 20 ____

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

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

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Prototipos Tecnológicos

“Diseño e implementación de un prototipo de automatización y control sustentable para invernadero”

FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe, PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar y VACAROSAS, Jose

Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas

“Energy Plus: Control de suministro de energía mediante aplicación Android”

PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, CRUZ-PECH, Manuel Alejandro, GAXIOLA-SOSA, Rodrigo Fidel, MEDINA-NEGRÓN, Pablo Alejandro

Instituto Tecnológico de Mérida

“Prototipo del sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta”

RAMÍREZ-CHOCOLATL, Yuridia, ALANIS-TEUTLE, Raúl, SANTANDER-CASTILLO, Julieta y ALONSO-CALPEÑO, Mariela Juana

Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

“Caracterización del recurso eólico utilizando el software Windographer”

GARCÍA-DOMÍNGUEZ, Jairo, AZUARA-JIMÉNEZ, Jorge, LÓPEZ-GARCÍA, Arturo y GONZÁLEZ-RAMÍREZ, Israel

División de Ingeniería en Energías Renovables, Instituto Tecnológico Superior Huichapan

“Sistema Experto para Evaluar el Nivel de Riesgo de las PYMES Basado en COSO ERM”

HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila, MONROY-ESTRADA, Blanca, REYNA-ÁNGELES, Omar, ACOSTA-ACOSTA, Araceli

Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Ingeniería

“Diseño de un controlador para una celda de envasado modelada con Redes de Petri”

BARBOZA-JIMÉNEZ, Pedro, AGUIRRE-SALAS, Luis Isidro, VELÁZQUEZ-PÉREZ, Domingo, NUÑEZ-GONZÁLEZ, Gerardo

Universidad de Guadalajara,

“Robot clasificador de objetos de color utilizando técnicas de filtrado RGB”

ROSAS-ARIAS, Leonel, VALLEJO-MERAZ, Jair de Jesus, PÉREZ-BAILÓN, Waldemar, ROJAS-CID, Jesús Daniel

Instituto Tecnológico De Lázaro Cárdenas

