

Volumen 2, Número 6 – Octubre – Diciembre - 2018

# Revista de Simulación Computacional

## **ECORFAN-Taiwan**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

### **Revista de Simulación Computacional,**

Volumen 2, Número 6, de Octubre a Diciembre 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445.

WEB: [www.ecorfan.org/taiwan](http://www.ecorfan.org/taiwan),

[revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-

ESCAMILLA, María. ISSN: 2523-6865.

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 2018.

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 Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

# **Revista de Simulación Computacional**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Administración, Análisis de sistemas, Automatización, Informática, Computación, Electrónica, Control, Estadísticas hidrológicas, Investigación de producciones, Sistemas de producción de información, Sistemas y calidad

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Revista de Simulación Computacional es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de Administración, Análisis de sistemas, Automatización, Informática, Computación, Electrónica, Control, Estadísticas hidrológicas, Investigación de producciones, Sistemas de producción de información, Sistemas y calidad con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD  
Oak Ridge National Laboratory

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD  
Université des Sciences et Technologies de Lille

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD  
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD  
Centro de Microelectrónica de Barcelona

TELOXA - REYES, Julio. PhD  
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Madrid

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD  
Universidad Central del Ecuador

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD  
Center of Research in Mathematics

MEDELLIN - CASTILLO, Hugo Iván. PhD  
Heriot-Watt University

LAGUNA, Manuel. PhD  
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD  
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD  
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Nefthalí. PhD  
University of Southampton

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD  
Institut National Polytechnique de Lorraine

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Cataluña

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD  
Institut National Polytechnique de Grenoble

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD  
University of Amsterdam

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD  
Universidad París XI

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD  
Academia de Ciencias de Polonia

LÓPEZ - BONILLA, Oscar Roberto. PhD  
State University of New York at Stony Brook

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD  
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD  
University of Texas

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD  
Instituto Tecnológico de Saltillo

SALINAS - ÁVILES, Oscar Hilario. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados -IPN

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD  
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD  
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD  
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD  
Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

SÁNCHEZ - HERRERA, Mauricio Alonso. PhD  
Instituto Tecnológico de Tijuana

PALAFOX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

## **Comité Arbitral**

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD  
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California



GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD  
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD  
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

LUGO - DEL ANGEL, Fabiola Erika. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD  
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD  
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD  
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD  
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD  
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD  
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Simulación Computacional emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra

## **Declaración de Autoría**

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

## **Detección de Plagio**

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos- Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

## **Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación**

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Administración, Análisis de sistemas, Automatización, Informática, Computación, Electrónica, Control, Estadísticas hidrológicas, Investigación de producciones, Sistemas de producción de información, Sistemas y calidad y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

## Presentación del Contenido

En el primer artículo se presenta, *Sistema de control de propiedades en un invernadero de uso doméstico* por GÓMEZ-MERCADO, Abdiel, MARTÍNEZ-BUTRÓN, Luis, LEÓN-CASTELAZO, Francisco y RESÉNDIZ-ROSAS, Celerino con adscripción Instituto Tecnológico de Pachuca, como siguiente artículo está *Implementación de un controlador difuso de temperatura desarrollado en un sistema embebido Raspberry Pi* por GARCÍA-MARTÍNEZ, José Román, RAMÍREZ-GONZÁLEZ, Luis David, EDSON-CRUZ, Miguel y MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, Trinidad con adscripción Universidad Autónoma de Querétaro, como siguiente artículo está *La otra cara de la innovación. Los efectos secundarios de la innovación y la innovación transformadora* por NIVÓN-PELLÓN, Alejandra 1†\* & MONTIEL-ALDANA, Alberto con adscripción Universidad Autónoma de Querétaro, como siguiente artículo está *Simulador de dominio MPLS* por MENDOZA-AUSTRIA, Luis, PÉREZ-HERNÁNDEZ, Darío, LEÓN-OLIVARES, Eric y MARTINEZ-PAGOLA, Salvador con adscripción Instituto Tecnológico de Pachuca

## Contenido

Artículo	Página
<b>Sistema de control de propiedades en un invernadero de uso doméstico</b> GÓMEZ-MERCADO, Abdiel, MARTÍNEZ-BUTRÓN, Luis, LEÓN-CASTELAZO, Francisco y RESÉNDIZ-ROSAS, Celerino <i>Instituto Tecnológico de Pachuca</i>	1-8
<b>Implementación de un controlador difuso de temperatura desarrollado en un sistema embebido Raspberry Pi</b> GARCÍA-MARTÍNEZ, José Román, RAMÍREZ-GONZÁLEZ, Luis David, EDSON-CRUZ, Miguel y MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, Trinidad <i>Universidad Autónoma de Querétaro</i>	9-15
<b>La otra cara de la innovación. Los efectos secundarios de la innovación y la innovación transformadora</b> NIVÓN-PELLÓN, Alejandra & MONTIEL-ALDANA, Alberto <i>Universidad Autónoma de Querétaro</i>	16-24
<b>Simulador de dominio MPLS</b> MENDOZA-AUSTRIA, Luis, PÉREZ-HERNÁNDEZ, Darío, LEÓN-OLIVARES, Eric y MARTINEZ-PAGOLA, Salvador <i>Instituto Tecnológico de Pachuca</i>	25-31

## Sistema de control de propiedades en un invernadero de uso doméstico

### Properties control system in a greenhouse for domestic use

GÓMEZ-MERCADO, Abdiel\*†, MARTÍNEZ-BUTRÓN, Luis, LEÓN-CASTELAZO, Francisco y RESÉNDIZ-ROSAS, Celerino

*Tecnológico Nacional de México/I.T. Pachuca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Carretera México-Pachuca Km 87.5, C.P. 42080, Colonia Venta Prieta Pachuca, Hidalgo, México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Abdiel, Gómez-Mercado* / **ORC ID:** 0000-0002-3409-6851; **Researcher ID Thomson:** P-7684-2018, **PubMedAuthor ID:** abd131\_gm

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Luis, Martínez-Butrón* / **ORC ID:** 0000-0003-1929-4590

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Francisco, León-Castelazo*

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Celerino, Reséndiz-Rosas* / **ORC ID:** 0000-0003-3197-2876, **Researcher ID Thomson:** P-6224-2018; **Mendeley ID:** Celerino Reséndiz-Rosas

Recibido: 30 de Septiembre, 2018; Aceptado 02 de Diciembre, 2018

#### Resumen

El propósito de esta investigación fue desarrollar un sistema que controle las condiciones climáticas dentro del invernadero con el fin de mantener la producción durante todas las épocas del año. La metodología desarrollada se aplica a invernaderos domésticos, de baja producción y bajo costo de implementación. Como instalación experimental se utilizó un pequeño invernadero en donde se obtuvieron datos de humedad y temperatura en el interior del mismo. Las pruebas se diseñaron para dos cultivos diferentes: jitomate y lechuga, durante un mes y tomando lecturas a lo largo del día, con el fin de asegurar repetitividad y dar confiabilidad al experimento. Los resultados experimentales obtenidos son satisfactorios, pues se tienen variaciones tan sólo de  $\pm 2$  grados respecto a la temperatura deseada; mientras que para la humedad se tuvo un rango de  $\pm 15\%$  respecto a los valores esperados. Asimismo se realizó un estudio para determinar las propiedades del agua utilizada en el riego, registrando los valores de PH del agua a la salida del prototipo, los cuales están dentro de la norma aplicable. El uso de energía solar por medio de calentadores y paneles fotovoltaicos aumenta la rentabilidad del sistema propuesto y contribuye al desarrollo sustentable.

**Invernadero, Climatización, Energía Solar, Sustentabilidad**

#### Abstract

The purpose of this research was to develop a system that controls the climatic conditions inside the greenhouse in order to maintain production during all seasons of the year. The methodology developed is applied to domestic greenhouses, low production and low cost of implementation. As an experimental facility, a small greenhouse was used, where humidity and temperature data were obtained inside it. The tests were designed for two different crops: tomato and lettuce, for a month and taking readings throughout the day, in order to ensure repeatability and give reliability to the experiment. The experimental results obtained are satisfactory, since variations are only  $\pm 2$  degrees with respect to the desired temperature; while for humidity a range of  $\pm 15\%$  was obtained with respect to the expected values. Likewise, a study was carried out to determine the properties of the water used in the irrigation, recording the pH values of the water at the exit of the prototype, which were within the applicable standard. The use of solar energy by means of heaters and photovoltaic panels increases the profitability of the proposed system and contributes to sustainable development.

**Greenhouse, Air Conditioning, Solar energy, Sustainability**

**Citación:** GÓMEZ-MERCADO, Abdiel, MARTÍNEZ-BUTRÓN, Luis, LEÓN-CASTELAZO, Francisco, RESÉNDIZ-ROSAS, Celerino. Sistema de control de propiedades en un invernadero de uso doméstico. Revista de Simulación Computacional. 2018. 2-6: 1-8.

\* Correspondencia al autor (correo electrónico: agmerca63@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

Los invernaderos de uso doméstico no reciben los beneficios de los sistemas de control más sofisticados como los que son implementados en invernaderos de mayor producción, y al no recibir estos beneficios se tienen que conformar con la utilización de los sistemas de control ya existentes como son los pasivos. Sin el acceso a estos beneficios están perdiendo un amplio margen de mejora en la producción y calidad de sus cosechas, así mismo la posibilidad de tener cosechas durante todo el año, y por ende se tienen consecuencias en el aspecto social y pérdidas económicas.

Las principales razones de no tener estos sistemas son:

- Los pocos sistemas ya existentes están destinados para invernaderos de gran tamaño y mucha producción.
- Falta de acceso a la energía eléctrica para poner en marcha uno de estos sistemas.
- Altos costos y modificaciones necesarias en la infraestructura para implementar estos métodos de control.

El objetivo de esta investigación es desarrollar un sistema que pueda manejar las variantes de temperatura, humedad y las condiciones del agua que es usada para el riego para poder obtener mejores cosechas de jitomate y lechuga que son un producto de la canasta básica mexicana, por sus amplios usos en la cocina.

## Desarrollo y metodología

### Condiciones para el diseño

### Necesidades de la planta

Para poder iniciar con el diseño y realizar los cálculos del sistema primeramente tenemos que delimitar los parámetros y condiciones del ambiente a modificar. Los valores de humedad necesaria para el óptimo cultivo del jitomate son del orden de 70%.

Las temperaturas por debajo de 8°C y por encima de 30°C, alteran el desarrollo del tomate y suelen provocar una fluctuación del periodo de floración y problemas en el crecimiento [1,2]. En la Tabla 1 se indican los requerimientos de la planta.

	Etapa	Temperatura en °c
Día	Germinación	25
Noche		17
Día	Crecimiento	20
Noche		15
Día	Floración	24
Noche		17
Día	Fluctuación	25
Noche		17
Día	Maduración	22
Noche		16

Tabla 1 Necesidades de la planta

## Recolección de datos

Se construyó una área de pruebas donde con ayuda de un termómetro y sensor de humedad de la marca STEREN® se realizó el monitoreo de estos dos parámetros para tener los datos a la hora del diseño.

## Análisis térmico

La teoría y formulas necesarias para el análisis térmico es la siguiente.

### Convección interna forzada

#### Análisis térmico general

El balance general de energía para un flujo estacionario de un fluido en un tubo se puede observar como el de la figura 1 y la ecuación es la siguiente:

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_e - T_l) \quad (1)$$

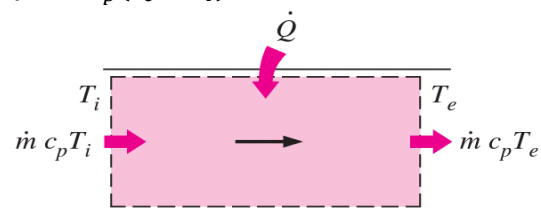


Figura 1 Balance de energía [4]

En esta ecuación se considera que la temperatura del fluido permanece constante durante su paso por el tubo. Pero por lo común se pueden considerar dos situaciones térmicas para la superficie una a temperatura constante y otra a flujo constante de calor [4].

El flujo de calor en la superficie está dado por la siguiente ecuación.

$$\dot{q} = h_x (T_s - T_m) \quad (2)$$



### Flujo constante de calor en una superficie

Cuando tenemos el flujo de calor constante (Figura 2), la razón de transferencia de calor también la podemos expresar como:

$$\dot{Q} = \dot{q}_s A_s = \dot{m} c_p (T_s - T_i) \quad (3)$$

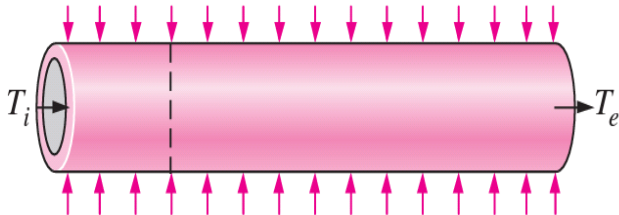


Figura 2 Flujo de calor constante [4]

Y por lo tanto tenemos la temperatura media del fluido a la salida del tubo como:

$$T_e = T_i + \frac{\dot{q}_s A_s}{\dot{m} c_p} \quad (4)$$

### Flujo turbulento en tubos

Se considera flujo turbulento cuando el número de Reynolds es mayor a 10000, este tipo de flujo es el más usado en la práctica dado que tiene coeficientes de transferencia de calor altos.

Para un flujo turbulento completamente desarrollado se tiene:

$$Nu = .125 f Re Pr^{1/3} \quad (5)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left( \frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (6)$$

### Cálculos de dimensionamiento

Como primer paso se calcula la carga de enfriamiento-calentamiento, considerando un incremento de 15°C lo cual se supone en base a los datos obtenidos y que se espera sea suficiente para poder para poder satisfacer las necesidades del invernadero.

$$\dot{Q} = \text{peso} \times \text{calor específico} \times \text{diferencia de temperatura}$$

$$\dot{Q} = 216 \text{ kJ} = 60.04 \text{ w}$$

De igual manera para conocer la carga se deben considerar las pérdidas por la malla, a esto se le llama pérdida de calor por sensible por infiltración de aire exterior.

$$\dot{Q} = V \times .33 \times (T_i - T_e) \quad (7)$$

$$\dot{Q} = 14.85 \text{ W}$$

Teniendo estos dos cálculos al sumarlos vamos a tener que la carga total será de 74.9 w.

Para dimensionar la pantalla de ladrillo vamos a realizar el análisis de la transferencia de calor en uno solo de los orificios con los que cuenta y así teniendo la transferencia por esa unidad de área calcular el área total.

El análisis será por medio de convección interna forzada, lo que primero se hace es calcular el número de Reynolds para saber si es laminar, turbulento o de transición.

$$Re = \frac{\left(12 \frac{m}{s}\right) \cdot 0.027 \text{ m}}{1.562 \times 10^{-5}} = 20742.63$$

Como el número de Reynolds es superior a 10000 este se considera como turbulento y se procede a ser analizado con esa consideración. Ahora se calcula el flujo másico para esta área.

$$\dot{m} = \left(1.205 \frac{kg}{m^3}\right) \left(\frac{\pi \cdot 0.027 m^2}{4}\right) \left(12 \frac{m}{s}\right) \quad (8)$$

$$= 8.28 \times 10^{-3}$$

También calculamos el factor de fricción  $f = .052464$

Obtenemos el número de Nusselt:

$$Nu = .125 f Re Pr^{1/3} \quad (9)$$

$$Nu = .125 (.052464) (20742.63) (.7309)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 122.5333$$

Y teniendo estos valores ya podemos obtener el valor del coeficiente de transferencia de calor.

$$h = \frac{k}{D} Nu \quad (10)$$

$$h = \frac{.02514}{.027} (122.5333) = 114.0921 \frac{w}{m^2}$$

Para poder obtener la transferencia en cada orificio del ladrillo, primero se calcula el  $\Delta T_{lm}$  para las condiciones dadas.

$$\Delta T_{lm} = \frac{T_i - T_e}{\ln \left( \frac{T_s - T_e}{T_s - T_i} \right)} \quad (11)$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{23 - 20}{\ln \left( \frac{19 - 20}{19 - 23} \right)} = 2.164$$

Y ahora ya tenemos todo para poder calcular la transferencia de cada orificio.

$$\dot{Q} = hAs\Delta T_{lm} \quad (12)$$

$$\dot{Q} = \left(114.0921 \frac{W}{m^2}\right) (5.08938 \times 10^{-3} m^2) (2.164) \\ = 1.2565 w$$

Y teniendo en cuenta el cálculo de la carga total necesaria obtenemos la cantidad de orificios necesarios para alcanzar esta carga en w.

$$No = \frac{Wt}{Wu} \quad (13)$$

$$No = \frac{74.9}{1.2565} = 59.61$$

El resultado de 59.61 tubos (por llamar así cada orificio del ladrillo) es redondeado 60 tubos. Si consideramos que cada ladrillo cuenta con 17 tubos.

$$Nl = \frac{Tt}{Tl} \quad (14)$$

$$Nl = \frac{60}{17} = 3.52$$

La cantidad de ladrillos que usaremos es de 3.5 y ahora lo que se busca será que su acomodo para tratar que el área sea cuadrada por lo que se realiza su dibujo en SOLID WORKS® (ver Figura 3).

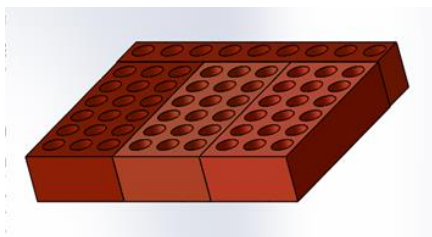


Figura 3 Pantalla de ladrillo

Con el acomodo mostrado en las imágenes tenemos que las dimensiones serán de:

29 cm de alto  
36 cm de ancho  
6 cm de profundidad.

### Construcción del prototipo

Teniendo las dimensiones de nuestro sistema se procede a realizar el plano y a iniciar la construcción del prototipo (Figuras 4 y 5) para realizar las pruebas.

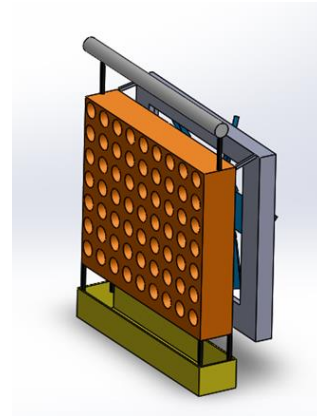


Figura 4 Prototipo

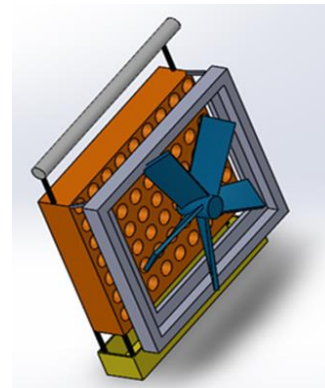


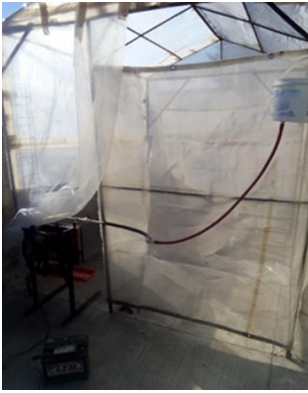
Figura 5 Prototipo vista trasera

### Puesta en marcha

Fue ubicado el sistema y se comenzaron a realizar las mediciones.

Los parámetros que fueron medidos son la temperatura a la cual se encuentra el ambiente dentro del invernadero y así mismo a su exterior, la humedad dentro del invernadero y la temperatura que adquiere la pantalla de ladrillos así como la temperatura del agua a la entrada del sistema. Se realizaron 4 pruebas, durante dos días, dos cada día, durante la mañana el sistema se ponía en marcha para enfriar y aumentar la humedad dentro del invernadero y durante la noche para calentar y aumentar en pequeña proporción el valor de la humedad.

En la Figura 6 se muestra la instalación desarrollada. Los resultados de estas mediciones se presentan en la sección de resultados.



**Figura 6** Puesta en marcha

### Suministro de energía

Como parte del proyecto es necesario definir una estación que produzca energía solar para poder accionar el dispositivo por lo que es necesario conocer:

- Tamaño y capacidad del panel solar a usar
- Tamaño y duración de la batería a usar

Para calcular el primer punto es necesario conocer la demanda energética de nuestro dispositivo al día

Lo primero que se tiene es el Consumo del ventilador de 35 w. En base a los datos obtenidos de la medición de temperatura y humedad se estima que el dispositivo se use aproximadamente durante 10 horas al día.

Entonces tenemos que el consumo estimado al día (Cde) será de:  $Cde = 35w \times 10h = 350 \text{ watts}$

Y considerando las pérdidas y la demanda energética de la instalación por convenio tenemos un rendimiento del 80% por lo que:  $Cde/80\% = 350/.8 = 437.5 \text{ watts}$

Nuestra energía total necesaria al día (Ten) será de 437.5 watts

Conociendo la incidencia de radiación solar lo largo del año y tomando como valor a usar el del mes con menor índice que sería diciembre con un valor de 4 podemos conocer que capacidad y tamaño de panel solar usar y de igual manera saber cuántos.

$Nm = Cde/Hps$  (potencia del módulo)

Entonces por conveniencia se cambia el valor de la potencia del panel hasta encontrar una aplicación donde solo se use uno y por medio de interacciones encontramos el valor de 110

Si se considera un módulo de 110 watts nos da como resultado  $Nm = .99$

Por lo que redondeamos a 1 y ese será el panel a usar 1 de 110 w

Y por último se requiere conocer la capacidad de nuestros acumuladores y esto se calcula con la siguiente formula.

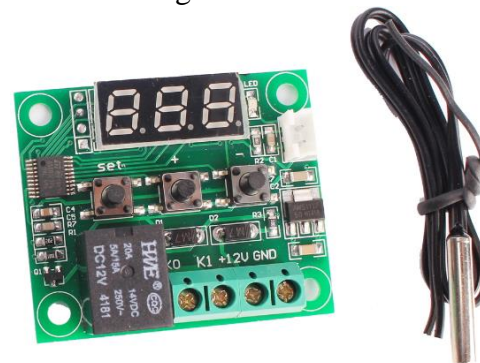
Acumulador =  $Cde \times \text{días de autonomía/voltaje} \times \text{factor de descarga} = 182.3 \text{ Ah}$ . Por lo que se requiere un acumulador de 182.3. No será necesario usar un convertidor de corriente, dado que como nuestro acumulador es a 12v de corriente directa y el ventilador igual, no es necesario realizar la conversión.

De igual manera se definió que el suministro de agua se diera por medio de un calentador solar

### Sistema de control

Para realizar el control del sistema, no se requiere un sistema demasiado complejo por lo que basta uno de los ya existentes en el mercado como lo puede ser el “Módulo Control de Temperatura W1209 con Relevador y Display - 50°C a 110°C” (Figura 7).

De esta manera, se monitorea la temperatura y se programa automáticamente el encendido y el apagado del ventilador según sea el caso.



**Figura 7** Módulo de control [15]

Resultados

Para realizar el análisis de los resultados en cuestión de la temperatura, estos fueron acomodados en las siguientes gráficas, en donde se muestran los valores obtenidos y los óptimos en cada etapa de crecimiento con el fin de poderlos comparar.

Se puede apreciar fácilmente los valores iniciales, así como los obtenidos conforme el sistema estuvo en funcionamiento. Estos valores de temperatura fueron interceptando las diferentes temperaturas de desarrollo de la planta; también se puede apreciar cuando alguna temperatura no se pudo alcanzar.

Los resultados para cada prueba realizada se muestran en los gráficos 1 al 8.

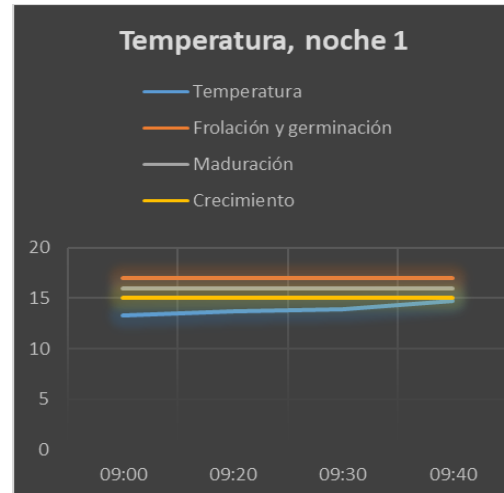


Gráfico 3 Resultados-3

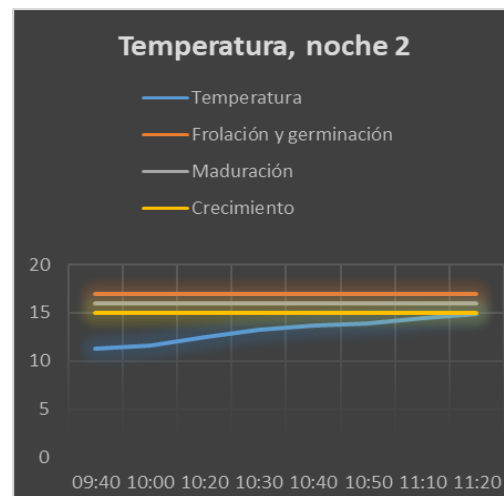


Gráfico 4 Resultados-4

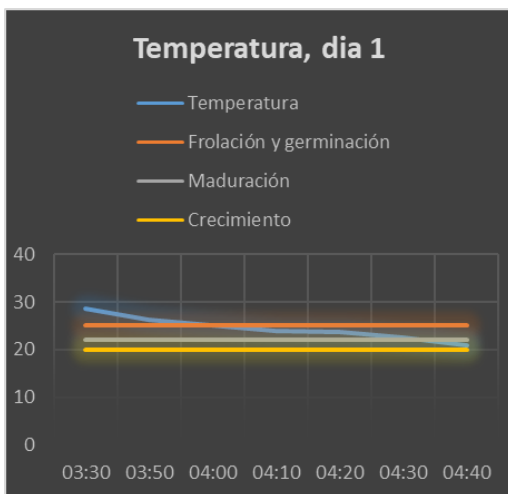


Gráfico 1 Resultados-1

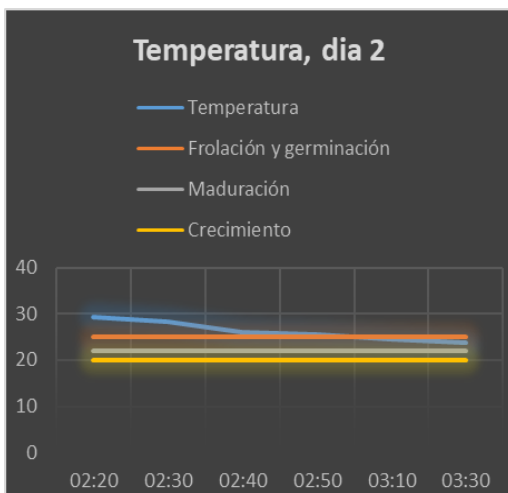


Gráfico 2 Resultados-2

El mismo análisis gráfico fue realizado para el valor de la humedad donde se muestra el valor recomendado de entre 60 y 70% y el valor que se obtuvo con el trabajo del sistema, en la mayoría de los casos se puede apreciar como la curva aumenta y ésta con el paso del tiempo se va acercando al valor deseado.

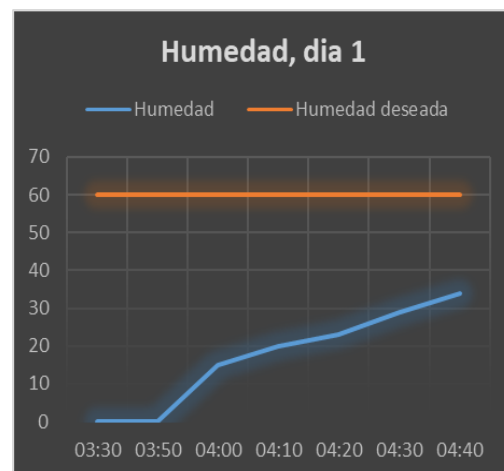


Gráfico 5 Resultados-5

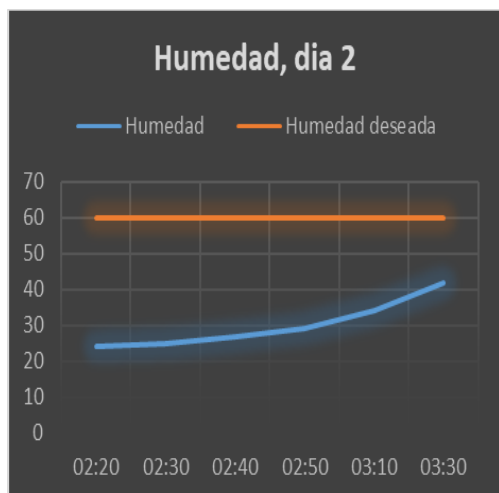


Gráfico 6 Resultados-6

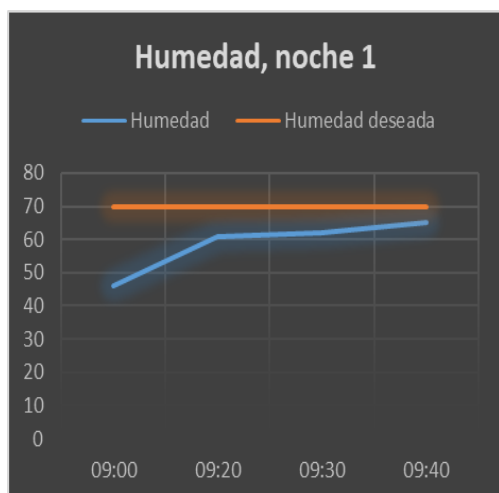


Gráfico 7 Resultados-7

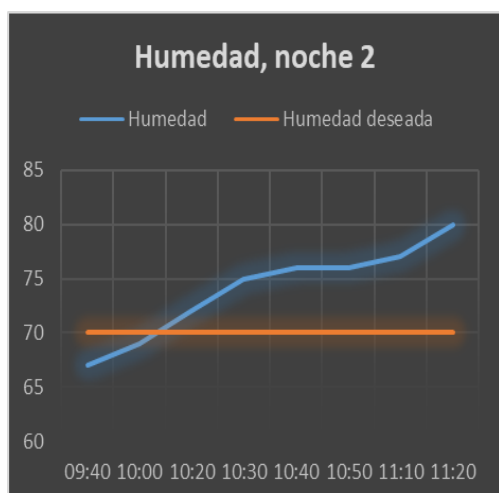


Gráfico 8 Resultados-8

Por otra parte, la Tabla 2 muestra los valores de pH obtenidos y el valor que se requiere cuando se usa el agua para el riego, en donde se puede apreciar que los valores obtenidos se encuentran por encima del requerido.

Prueba	Valor de pH obtenido	Valor de pH requerido
Agua de llave	7	6
Agua de calentador	8	6
Agua de llave después de pasar por el sistema	8	6
Agua de calentador después de pasar por el sistema	7.5	6

Tabla 2 Resultados de las pruebas realizadas al agua

Se realizó una simulación en el software archicad® para localizar los diferentes componentes del sistema, los cuales se muestran en la Figura 8.

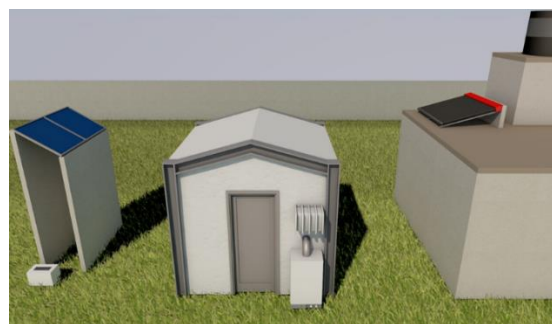


Figura 8 Instalación del sistema (resultados)

### Conclusiones y Recomendaciones

- Los resultados obtenidos son aceptables, con relación a los valores de temperatura y humedad deseados para el cultivo de la planta de jitomate.
- Con el manejo de variables como el tamaño de los ladrillos el flujo de aire y el gasto de agua este dispositivo puede ser fácilmente dimensionado para otras áreas y condiciones de un invernadero.
- El costo de construcción del dispositivo comparado con los demás sistemas existentes en el mercado es bastante bajo, si tomamos en cuenta que la mayoría de los hogares ya cuenta con un sistema de calentador solar de agua y el sistema de generación de energía por medio de los paneles solares puede ser destinado para ser usado en otras áreas del lugar.
- También es necesario tener en cuenta el desarrollo del control para que el proceso sea totalmente autónomo, el cual no supone mayor problema, más que adaptar un control ya existente.

Como trabajos futuros, debe tomarse en cuenta la realización de las pruebas adicionales al agua de riego que permitan asegurar la calidad requerida por la planta. La presente investigación abordó la primera etapa del proyecto, y el propósito es continuar para beneficiar a los pequeños productores de jitomate del Estado de Hidalgo.

### Referencias

- [1] E. Hugo y R. Lee, Manual de producción de tomate, 2° edición, Bogotá, fundación universidad de Bogotá, 2009
- [2] B. A. Jonathan y E. H. Daniel, Diseño e implementación de un dispositivo digital para el control de temperatura en un invernadero de tomate, Tesis de ingeniería, Depto. Ing. de control, IPN, Cd. De México, 2014
- [3] William C. Whitman, Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, Thomsom, pp 343.
- [4] Y. A. Cengel y A. J. Ghajar, Transferencia de calor y masa, Mc Graw Hill, pp 921, 2011
- [5] Michael E. Meadows, Thomas M. Walski, Computer Applications in Hydraulic Engineering, Haestad Methods, Fifth Edition
- [6] Gerdaun Corsa, Tablas de dimensiones y propiedades, 7 edición, pp. 16, 2013.
- [7] webosolar, 2016, Dimensiones de Paneles Solar Solarland de 12 y 24 Volts <http://www.webosolar.com/foro/dimensiones-paneles-solar-solarland-12-24-volts/>
- [8] NASA, 2008, Surface meteorology and Solar Energy [https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RET\\_Screen/](https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RET_Screen/)
- [9] B. Fernando, 3 de noviembre de 2008, Parámetros de agua de riego, Hortalizas. <http://www.hortalizas.com/irrigacion/parametros-de-agua-de-riego/>
- [10] Mc. E. R. Policarpio e Ing. E. M. Luis, Invernaderos rústicos, SAGARPA, vol. 9, pp. 12
- [11] TESTO, 2010, Humedad relativa, Academia online <http://www.academiatesto.com.ar/cms/humedad-relativa>
- [12] Campus virtual, Refrigeración evaporativa. <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/CALDERAS/Frio.pdf>
- [13] ILPES, C. (1970). Notas sobre formulación de proyectos. En H. Weitzenfeld, Anticipios de Investigación (pág. Serie II). Santiago de Chile, Chile.
- [14] G. Lope, Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas, Santiago de Compostela, España.
- [15] T-ben. Modulo de control de temperatura. <http://teslabem.com/modulo-control-de-temperatura-w1209-con-rele-y-display-50-a-110.html>

## Implementación de un controlador difuso de temperatura desarrollado en un sistema embebido Raspberry Pi

### Implementation of a fuzzy temperature controller developed in an embedded Raspberry Pi system

GARCÍA-MARTÍNEZ, José Román†\*, RAMÍREZ-GONZÁLEZ, Luis David, EDSON-CRUZ, Miguel y MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, Trinidad

*Universidad Autonoma de Querétaro, Cerro de Las Campanas, s/n, Col. Las Campanas, 76010 Santiago de Querétaro.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *José Román, García-Martínez* / **ORC ID:** 0000-0001-5773-6068, **CVU CONACYT ID:** 778619

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Luis David, Ramírez-González* / **ORC ID:** 0000-0003-1886-2330

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Miguel, Edson-Cruz* / **ORC ID:** 0000-0001-6450-875X, **CVU CONACYT ID:** 632744

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Trinidad, Martínez-Sánchez* / **ORC ID:** 0000-0002-7493-3079

Recibido: 20 de Septiembre, 2018; Aceptado 29 de Noviembre, 2018

#### Resumen

En este artículo, se presenta una aplicación práctica de un controlador difuso de temperatura desarrollado en un sistema embebido Raspberry Pi 3, para el control de la temperatura de un horno didáctico basado en la inteligencia artificial, para elaborar el controlador se usó el lenguaje de programación Python 2, así como para el control de los GPIO's (General-Purpose Input/Output) de la Raspberry. El objetivo del controlador es mantener la temperatura del sistema en un intervalo propuesto, lo cual permitió accionar diferentes dispositivos mediante una señal de control. En el tiempo de muestreo de 2 segundos, el sensor captó la temperatura real y pudo pasarla al proceso de fusificación, manipulando la señal en forma de cantidades difusas, llevándose así el proceso de defusificación para obtener la señal de control, que interactuará con los actuadores finales.

**Controlador difuso, Sistema embebido, Raspberry Pi**

#### Abstract

In this article, a practical application of a fuzzy temperature controller developed in an embedded Raspberry Pi 3 system is presented, to control the temperature of a didactic oven based on artificial intelligence, to design the controller Python 2 programming language was used, as well as to control the GPIO's (General-Purpose Input / Output) of the Raspberry Pi. The objective of the controller is to maintain the temperature of the system in a proposed range, which allowed to drive different devices using a control signal. In the sampling time of 2 seconds, the sensor captured the real temperature and could pass it to the fuzzification process, manipulating the signal in the form of fuzzy quantities, thus taking the process of defuzzification to obtain the control signal, which will interact with the final actuators.

**Fuzzy controller, Embedded system, Raspberry Pi**

**Citación:** GARCÍA-MARTÍNEZ, José Román, RAMÍREZ-GONZÁLEZ, Luis David, EDSON-CRUZ, Miguel y MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, Trinidad. Implementación de un controlador difuso de temperatura desarrollado en un sistema embebido Raspberry Pi. Revista de Simulación Computacional. 2018. 2-6: 9-15.

\* Correspondencia al autor (correo electrónico: jgarcia198@alumnos.uaq.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

Los avances tecnológicos obligan a los diseñadores a buscar nuevas técnicas para el control de sistemas complejos. Los sistemas de control se pueden dividir en tres categorías: en la primera, los controladores *on/off*, que se comportan como interruptores, apagando y encendiendo la señal que se suministra a la planta. En la segunda, se encuentran los controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID), este tipo de controladores son los más utilizados en la industria por su simplicidad y desempeño, la señal de control es una combinación lineal de la señal de error, de su integral y su derivada (Elnour & Taha, 2013).

Los controladores PID ofrecen un control preciso de la planta debido a que existen diversas técnicas de sintonización y por lo tanto son utilizados en sistemas que presentan perturbaciones frecuentes. Por último, se encuentran los controladores inteligentes, aquellos que ocupan lógica difusa, redes neuronales, algoritmos genéticos, sólo por mencionar algunas herramientas de diseño. Los controladores que utilizan lógica difusa se denominan controladores difusos y se basan en la caracterización del razonamiento humano mediante variables de control lingüísticas, este tipo de variables pueden tener la forma de “más o menos”, “casi”, “cerca de”, “grande”, etc. A diferencia de la lógica clásica, la cual trabaja con valores de verdadero o falso (es decir o es 0 o es 1), la lógica difusa trabaja en un intervalo numérico de  $[0, 1]$ . Los controladores difusos han demostrado resultados más favorables que los controladores convencionales PID, debido a su fácil representación para la realización de estrategias de control basadas en la experiencia (Isizoh, Okide, Anazia, & Ogu, 2012).

Por otro lado, los sistemas embebidos desempeñan una parte fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías y se encuentran en constante cambio de actualización (Li, Guan, & Yuan, 2008). Con el aumento en el rendimiento de los sistemas tecnológicos y la potencia informática, el sistema operativo integrado desempeña un papel cada vez más importante en los sistemas embebidos para utilizar de una manera óptima los recursos del sistema brindando un mejor control de recursos, gestión de tareas y memoria, rendimiento en tiempo real e incluso conocimiento del poder de procesamiento (Lin & Hsueh, 2006).

La familia de computadoras individuales Raspberry Pi, ha ganado popularidad en diversas áreas, entre las que se pueden destacar, Programación Orientada a Objetos, Robótica, Telecomunicaciones, entre otras. Este tipo de sistemas embebidos cuentan con un sistema operativo basado en Linux y están diseñados y fabricados con el objetivo de mejorar la educación informática, especialmente en el nivel preuniversitario (Saii Yamanoor & Yamanoor, 2016), sin embargo la potencia que ofrece puede llegar a abarcar temas complejos de investigación y desarrollo dentro de la industria, abriendo paso a la denominada cuarta revolución industrial.

La detección y control de temperatura es una de las tareas más importantes en la industria de manufactura. En los últimos años se han realizado diversos trabajos de investigación aplicando diferentes técnicas de control, por ejemplo, Wei Jiang y Xuchu Jiang (Jiang & Jiang, 2012) diseñó un algoritmo de control de temperatura inteligente basado en un PID de autoajuste difuso. Mohammed Elnour y Waleed Ibrahim (Elnour & Taha, 2013) presentaron un sistema de control de temperatura utilizando PID y lógica difusa, los resultados presentados en ambos artículos muestran resultados satisfactorios por medio de simulaciones, dejando a un lado la aplicación en un entorno real al controlador. El presente artículo expone el diseño y aplicación de un controlador basado en lógica difusa implementado en una Raspberry Pi 3, para esto se desarrolló el algoritmo de control utilizando el lenguaje de programación Python 2.

La organización de este trabajo se presenta de la forma siguiente: en la sección 1, se proporciona una breve introducción al estudio del controlador difuso de temperatura. La sección 2, presenta la metodología utilizada en el desarrollo de un controlador difuso de temperatura, a partir de la descripción de las funciones de membresía, las reglas para el diseño del controlador difuso que son la base para el correcto funcionamiento del mismo, el método de defusificación, el cual transforma los valores difusos de la señal de control, a su equivalente valor nítido de salida. La sección 3, presenta el diseño del controlador, la implementación y los resultados, en donde se utilizó la herramienta computacional Raspberry Pi 3, la librería pyFuzzy y el lenguaje de programación Python 2.7.



La sección 4, presenta los agradecimientos.

En la sección 5, se presentan las conclusiones. Finalmente, en la sección 6, se presentan las referencias de este trabajo.

## Metodología

El problema a resolver en este artículo es diseñar un sistema de control difuso para el control de la temperatura de un horno didáctico basado en la inteligencia artificial, donde la temperatura del horno a controlar es variada en el rango de 25°C a 50°C. Para esto se utilizó la herramienta computacional Raspberry Pi 3, la librería pyFuzzy y el lenguaje de programación Python 2.7, mostrando además el diseño del controlador y los resultados de temperatura obtenidos.

El control difuso puede ser comprendido como un sistema inteligente, desarrollado a partir de la experiencia del operador para dar solución a algún problema, y es resuelto mediante reglas lingüísticas (Ponce, 2010) de la siguiente forma:

Si (*if*) la temperatura es alta y (*and*) la temperatura deseada es normal, entonces (*then*) la temperatura de salida es baja.

Los valores lingüísticos como “la temperatura es alta” y “la temperatura deseada es normal” en combinación con los operadores difusos “*and*” son tratados como objetos numéricos y los algoritmos como tablas de funciones, interpolación y comparadores.

El operador difuso “*and*”, al igual que en la teoría clásica de conjuntos, representa la intersección o conjunción de dos conjuntos. En términos de lógica difusa, sea  $A, B \in F(x)$ , la intersección del conjunto  $A$  y el conjunto  $B$  se presentan en la ecuación (1).

$$F(x) = \min\{A(x), B(x)\} = A(x) \wedge B(x), \quad (1)$$

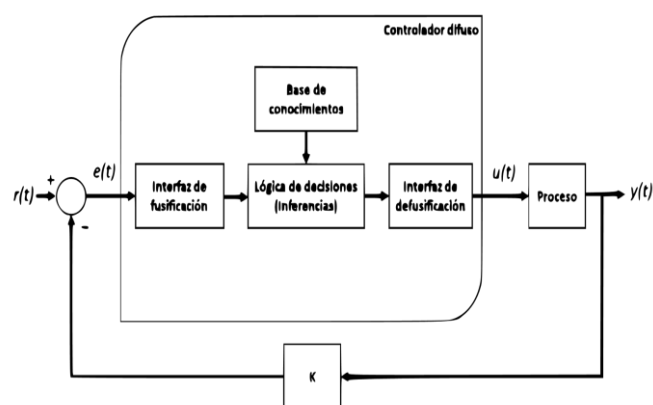
$$\forall x \in X$$

Donde  $F(x)$  denota la colección de conjuntos difusos sobre un universo de discurso dado  $X$ .

La información compilada será incorporada en implementaciones en tiempo real del controlador difuso.

Desde esta perspectiva, el control difuso se puede catalogar de una manera heurística y modular, para la definición de sistemas no lineales.

La figura 1, muestra la estructura general de un controlador difuso.



**Figura 1** Estructura de un controlador difuso

Fuente: Elaboración propia

Analizando detalladamente la estructura del controlador difuso, se aprecian cuatro bloques que constituyen el funcionamiento correcto del controlador:

- *Interfaz de fusificación*: traduce los valores nítidos de entrada a una representación difusa incorporando la incertidumbre y la impresión del lenguaje natural, para un procesamiento adicional en el controlador.
- *Base de conocimientos*: este bloque es implementado para especificar las reglas de control que comprende el conocimiento del dominio de la aplicación y los objetivos de control del operador, y una vez adquirido el conocimiento sobre el sistema a analizar, este es codificado y decodificado en el bloque de la lógica de decisiones.
- *Lógica de decisiones*: en este bloque se realizan las inferencias sobre un conjunto de reglas aplicadas a la entrada de un conjunto difuso, este bloque puede ser considerado como el núcleo del controlador.

- *Interfaz de defusificación*: Los valores nítidos se generan a partir de la salida de un conjunto difuso presente en la interfaz de decisiones.

### Funciones de membresía

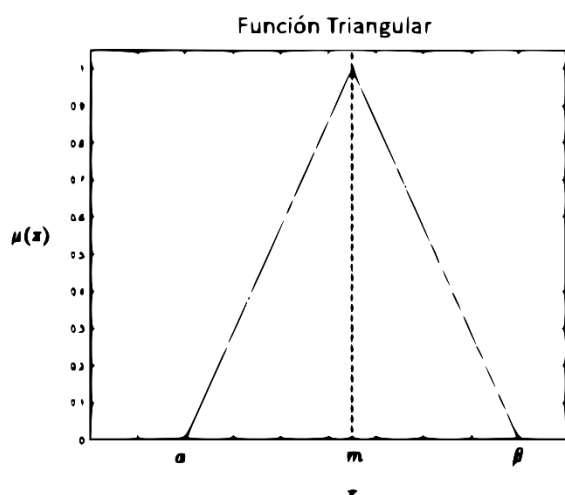
La función de membresía  $\mu(x)$  cuantifica una variable lingüística, que representa el grado de pertenencia de un elemento a un subconjunto definido por una etiqueta.

Y se encuentran en los procesos de fusificación y defusificación, entre las diferentes representaciones elegidas, para el diseño del controlador son: las del tipo triangular, trapezoidal y singleton.

La función de membresía triangular se encuentra definida por el límite inferior  $\alpha$ , un límite superior  $\beta$ , y un valor modal  $m$ , tal que  $\alpha < m < \beta$ . Esta función es adecuada para modelar propiedades con un valor de inclusión distinto de cero y un rango de valores estrecho en torno a un punto  $b$  (Ibrahim, 2004). La ecuación 2, representa la función de membresía triangular.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq \alpha \\ \frac{x-\alpha}{m-\alpha} & \text{si } x \in (\alpha, m] \\ \frac{\beta-x}{\beta-m} & \text{si } x \in (m, \beta) \\ 0 & \text{si } x \geq \beta \end{cases} \quad (2)$$

Donde  $x$  representa el valor de entrada en su forma nítida. En la figura 2, se muestra la representación gráfica de la de membresía descrita en la ecuación (2).



**Figura 2** Función de membresía triangular

Fuente: Elaboración propia

### Reglas del controlador difuso

La derivación de las reglas para el diseño del controlador difuso de temperatura es la base fundamental para el funcionamiento correcto del mismo.

Contiene la lógica de procesamiento de la información de entrada, para poder arrojar un valor de salida, que en este caso será la señal de control aún en su valor difuso. Para el diseño del controlador, se utilizan dos variables de entrada, *la temperatura de entrada y la temperatura deseada*, el grado de cardinalidad de este sistema difuso es 9 y está construido por las 6 variables lingüísticas establecidas en la tabla 1.

Temperatura de entrada	Temperatura deseada		
	Baja	Normal	Alta
Baja	S/C	Alta	Alta
Normal	Baja	S/C	Alta
Alta	Baja	Baja	S/C

**Tabla 1** Reglas del controlador

Fuente: Elaboración propia

Las reglas del controlador definidas se proponen en términos del operador difuso “*and*” y se obtienen a partir de las reglas propuestas para el controlador de la tabla 1, como sigue:

- Si la temperatura de entrada es *Baja* y (*and*) la temperatura deseada es *Normal*, entonces la temperatura de salida debe ser *Baja*.
- Si la temperatura de entrada es *Baja* y (*and*) la temperatura deseada es *Alta*, entonces la temperatura de salida debe ser *Alta*.
- Si la temperatura de entrada es *Normal* y (*and*) la temperatura deseada es *Baja*, entonces la temperatura de salida debe ser *Baja*.
- Si la temperatura de entrada es *Normal* y (*and*) la temperatura deseada es *Alta*, entonces la temperatura de salida debe ser *Alta*.
- Si la temperatura de entrada es *Alta* y (*and*) la temperatura deseada es *Baja*, entonces la temperatura de salida debe ser *Baja*.

- Si la temperatura de entrada es *Alta* y (*and*) la temperatura deseada es *Normal*, entonces la temperatura de salida debe ser *Baja*.

### Defusificación

La interfaz de defusificación, es el proceso que se encarga del mapeo a escala que convierte el rango de valores difusos de las variables de salida a sus universos de discurso correspondientes. Es decir, transforma los valores difusos de la señal de control a su equivalente valor nítido de salida (Bai, Zhuang, & Wang, 2006). Existen diferentes métodos para defusificar la señal de control, los más utilizados son: el centro de gravedad, centro máximo y el método de altura.

El método utilizado en este artículo para la etapa de defusificación, es el del centro de gravedad, este método arrojó un valor defusificado de un conjunto difuso como un centroide difuso. En la ecuación (3), se muestra la estructura matemática discreta de este método.

$$z_0 = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x)_i \cdot W_i}{\sum_{x=a}^b \mu(x)_i} \quad (3)$$

Donde  $\mu(x)_i$  es el grado de pertenencia en la salida del singleton  $i$ ,  $W_i$  es el peso de salida del valor difuso de la salida del singleton  $i$ . La elección del método de defusificación depende del sistema embebido utilizado, debido a que existen diversos métodos que ocupan un alto nivel de procesamiento.

### Implementación y Resultados

Para la implementación del proyecto se utilizó la herramienta computacional Raspberry Pi 3 y el lenguaje de programación Python 2.7. Y en el diseño del controlador se utilizó la librería pyFuzzy que puede ser descargada desde la terminal de la Raspberry. Esta librería permite el diseño de la interfaz de fusificación, la lógica de decisiones y la interfaz de defusificación de una manera fácil e intuitiva.

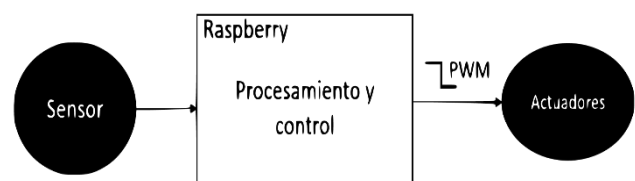
Para la aplicación del sistema de control se utilizó la metodología de diseño presentada en la figura 5, donde fueron propuestas dos variables de entrada al controlador, la temperatura de entrada y la temperatura deseada.

La temperatura de entrada, fue medida a partir de un sensor de temperatura digital DS18B20 y la temperatura deseada funciona como un *set-point* propuesto por el usuario del sistema.

El algoritmo de control, se diseñó a partir de las reglas presentadas en la sección 2.2 del controlador difuso. La Raspberry Pi 3, es la encargada de adquirir el valor de la temperatura a partir del sensor. Una vez que la temperatura se obtuvo, se procesó para convertirla a su correspondiente valor difuso, esta acción fue desarrollada por la interfaz de fusificación.

Con el valor difuso de la temperatura adquirido, se hizo posible implementar las reglas base del controlador con su lógica correspondiente. Y una vez obtenida la señal de control difusa, el siguiente paso, fue aplicar la defusificación para obtener la señal de control nítida, esta señal ya es comprendida por el sistema embebido.

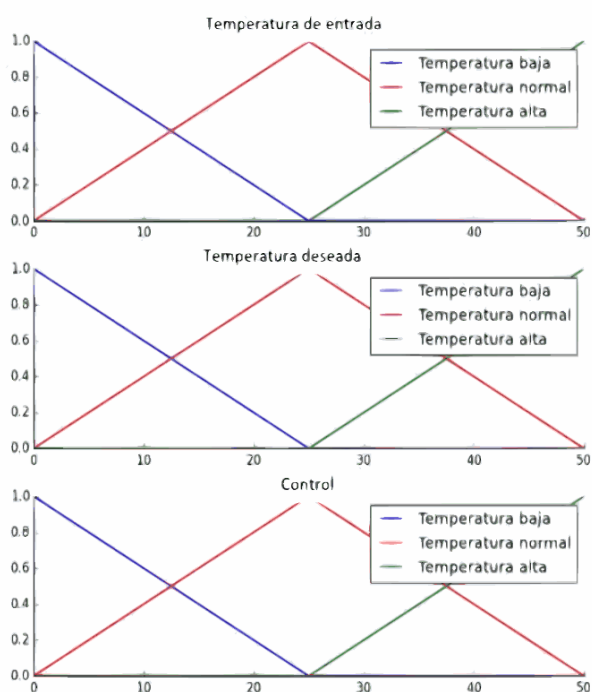
La señal de control es enviada a los actuadores en forma de señal PWM (*Pulse-width-Modulation*), para regular el voltaje enviado a los actuadores en base a la señal de control adquirida. La figura 3, muestra un diagrama a bloques de la metodología de diseño para la aplicación del sistema.



**Figura 3** Metodología de diseño

Fuente: Elaboración propia

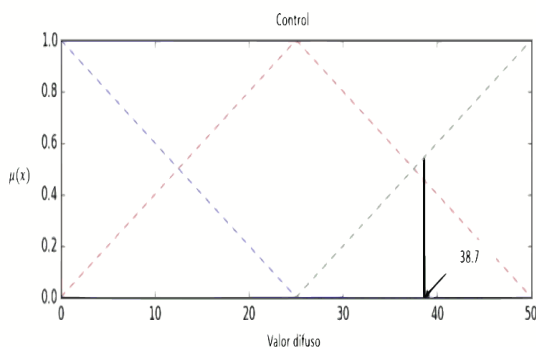
En la figura 4, se muestran las funciones de membresía basadas a partir de la tabla 2, donde se utilizaron funciones de membresía triangulares, ya que se necesitó un valor óptimo central, que fue definido por la temperatura deseada, además que son ligeras en términos de procesamiento. El rango de operación de la temperatura de entrada y deseada se determinó en el intervalo de  $0^{\circ}$ - $50^{\circ}$ C. Para las pruebas del controlador se obtuvo la señal de entrada a partir de la temperatura ambiente, donde el objetivo fue mantener la temperatura del sistema a  $30^{\circ}$ C.



**Figura 4** Funciones de membresía  
Fuente: Elaboración propia

Se realizó una prueba de la etapa de fusificación, donde se propuso una temperatura de entrada nítida de 25°C con una temperatura deseada de 30°C. El valor difuso obtenido fue de 38.7 que es un valor adimensional. La figura 5, muestra el resultado gráfico obtenido por parte de la interfaz de fusificación.

Por otro lado, en la tabla 2, se muestra la conversión de la temperatura actual medida por el sensor, a su valor difuso. La temperatura deseada se mantuvo en 30°C.



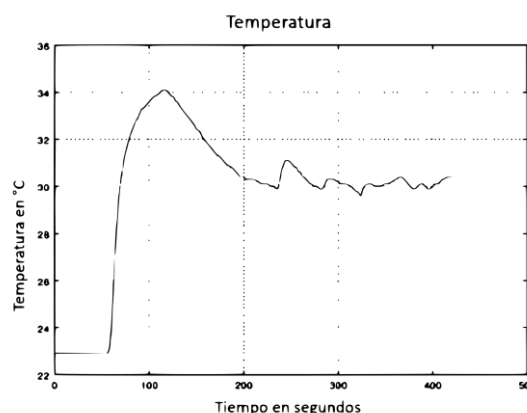
**Figura 5** Resultado de la interfaz de fusificación para una temperatura de entrada de 25°C y una temperatura deseada de 30°C  
Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla 2, se deduce que a 0°C el valor difuso tiende a ser el valor máximo, en otras palabras, se requiere aumentar la temperatura del sistema. Por el contrario, para una temperatura de entrada de 50°C, se obtiene un valor difuso mínimo. El rango de trabajo difuso oscila entre 8.61– 41.38.

Temperatura °C	Valor difuso
0	41.38
10	40.71
20	38.79
25	38.70
27	29.4
30	25.0
33	21.88
35	20.46
40	18.11
45	16.81
50	8.61

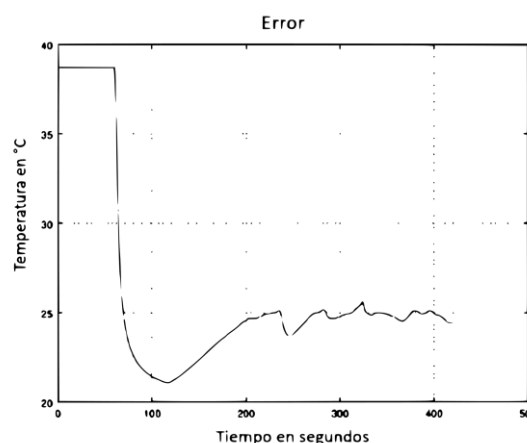
**Tabla 2** Conversión de temperatura a su correspondiente difuso  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, se muestra la temperatura controlada, como se puede apreciar es un sistema lento, por lo que se utilizó un tiempo de muestreo de dos segundos.



**Figura 6** Temperatura controlada.  
Fuente: Elaboración propia.

La figura 7, representa la señal de error, es fácil deducir que es una señal inversa a la temperatura controlada y la relación de la señal de error es pequeña con respecto a la temperatura real en el intervalo propuesto.



**Figura 7** Señal de error  
Fuente: Elaboración propia

## Agradecimiento

El primer autor da las gracias a la Universidad Autónoma de Querétaro y al CONACYT por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

## Conclusiones

En este trabajo, se desarrolló un algoritmo de control difuso a partir de las características presentadas en la sección 2.2. El algoritmo de control de temperatura fue implementado en Raspberry Pi 3 con el lenguaje de programación Python 2.7.

El controlador basado en lógica difusa de temperatura presentado en este artículo, cumplió satisfactoriamente las consignas de diseño, medir la temperatura, procesar la información y enviar la señal de control a los actuadores. Los sistemas de control de temperatura son considerados como sistemas lentos, debido a que los cambios en la temperatura en ocasiones tienden a pasar desapercibidos, pero gracias a la complejidad del algoritmo desarrollado, este pudo ser usado para controlar la temperatura de un horno didáctico con cambios de temperatura rápidos, ya que la señal de control fue modulada por una señal PWM. El sistema de control con base en la Raspberry Pi 3, mostró resultados muy positivos, debido a que fue posible hacer la adquisición, el procesamiento y control en tiempo real, ejecutar una interfaz gráfica para visualizar la temperatura actual del sistema. Por estas razones y su bajo costo, este tipo de controladores puede ser aplicado a sistemas no lineales.

## Referencias

Bai, Y., Zhuang, H., & Wang, D. (2006). *Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications*. Springer.

Elnour, M., & Taha, W. I. M. (2013). PID and fuzzy logic in temperature control system. *Proceedings - 2013 International Conference on Computer, Electrical and Electronics Engineering: "Research Makes a Difference"*, ICCEEE 2013, 172–177. <https://doi.org/10.1109/ICCEEE.2013.6633927>

Ibrahim, A. m. (2004). *Fuzzy logic for embedded systems applications*.

Isizoh, an, Okide, S., Anazia, A., & Ogu, C. (2012). Temperature Control System Using Fuzzy Logic Technique. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, 1(3), 27–31. Retrieved from <http://www.getcited.org/pub/103504268>

Jiang, W., & Jiang, X. (2012). Design of an intelligent temperature control system based on the fuzzy self-tuning PID. *Procedia Engineering*, 43, 307–311. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.053>

Li, X., Guan, Y., & Yuan, H. (2008). Curriculum development and progressive engineering practice design in embed system education. *2008 IEEE/ASME International Conference on Mechatronics and Embedded Systems and Applications, MESA 2008*, 228–232. <https://doi.org/10.1109/MESA.2008.4735752>

Lin, H. H., & Hsueh, C. W. (2006). COS: A configurable OS for embedded SoC systems. *Proceedings - 12th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, RTCSA 2006*, 242–245. <https://doi.org/10.1109/RTCSA.2006.24>

Ponce, P. (2010). *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería*. Alfaomega, México (Primera ed).

Ross, T. J. (2004). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119994374>

Saii Yamanoor, N., & Yamanoor, S. (2016). High Quality, Low Cost Education With the Raspberry Pi, (46).

## La otra cara de la innovación. Los efectos secundarios de la innovación y la innovación transformadora

### The other side of innovation. The side effects of innovation and transforming innovation

NIVÓN-PELLÓN, Alejandra <sup>1†\*</sup> & MONTIEL- ALDANA, Alberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Contaduría y Administración

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Alejandra, Nivón-Pellón* / ORC ID: 0000-0002-1715-4335, Researcher ID Thomson: V-8717-2018, CVU CONACYT ID: 668097

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Alberto, Montiel- Aldana* / ORC ID: 0000-0002-5264-1104, Researcher ID Thomson: V-8710-2018, CVU CONACYT ID: 952030

Recibido: 05 de Octubre, 2018; Aceptado 06 de Diciembre, 2018

#### Resumen

La innovación como la propuso Schumpeter se estima que ha sido más parte del problema que de la solución, pero hoy en día es llamada a resolver problemas del medio ambiente natural y social. En el presente se analiza la naturaleza ambivalente de la innovación y la evolución en su entendimiento que permite adoptarla como parte de la solución una vez reconocida como parte del problema. Se analizan casos específicos de innovaciones en diferentes áreas económicas y socio-tecnológicas con el propósito de hacer una discusión objetiva de las repercusiones que la innovación ha traído y proponer políticas que ayuden a prospectar las nuevas propuestas tecnológicas. La prospección de las posibilidades es el deber que trae consigo cada una de las propuestas tecnológicas, lo que puede dar cual vector dirección y sentido a la innovación.

**Innovación, Prospectiva, Sistema Socio- Tecnológico, Medio ambiente**

#### Abstract

Today, the innovation Schumpeter proposed is estimated to be more part of the problem than part of a solution, but today it is called to solve social and natural environment problems. This paper analyzes the ambivalent nature of innovation and its understanding, which allows it to be adopted as part of the solution once it is recognized as part of the problem. Specific cases of innovations in different economic and socio-technological areas are analyzed in order to make an objective discussion of the repercussions that innovation has brought and to propose policies that help to prospect new technological proposals. Public politics have to prospect each one of the new technological proposals and give to innovation a good direction.

**Innovation, Prospective, Socio-Technological System, Environment**

**Citacion:** NIVÓN-PELLÓN, Alejandra & MONTIEL- ALDANA, Albert. La otra cara de la innovación. Los efectos secundarios de la innovación y la innovación transformadora. Revista de Simulación Computacional. 2018. 2-6: 16-24

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: alejandra.nivón@uaq.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

Nuestro mundo es confrontado en la actualidad por una creciente problemática ambiental que se une a cambios tecnológicos, económicos, políticos y culturales. Problemáticas como crecimiento poblacional, falta de recursos, industrialización y urbanización desmedida que llevan a la inequidad son problemas que atañen tanto a países desarrollados como a los que se clasifican como en vías de desarrollo. Esta problemática global, exceden a todas luces las capacidades individuales de cada uno de los países ya que el cambio climático y el deterioro medioambiental se han generado a causa del uso y abuso de la tecnología por los seres humanos y repercute en todas las especies sobre la faz de la tierra (Chataway et all. 2017).

El termino innovación ha evocado desde mediados del siglo pasado una especie de admiración por la creatividad que impulsa nuevas tendencias y desarrollos con el aparente objetivo de la transformación social y tecnológica pero siempre buscando un crecimiento ascendente del capital, de esto último pocos son los que se han beneficiado generando situaciones de iniquidad graves. A su paso en algunos casos la creatividad ha dejado un rastro que destruye, como bien lo expreso Shumpeter a inicios del siglo pasado (Soete, 2013). Esta destrucción ha sido, esperemos, poco prevista por aquellos que con su inversión, creatividad y talento impulsaron la economía capitalista a base del intercambio monetario de un bien cada vez más actual.

Hasta hoy, la innovación como la idea de Shumpeter ha sido más parte del problema que de la solución (Chataway et all. 2017), pero hoy en día es llamada a resolver problemas que por primera vez enfrenta y enferman a la humanidad, como son la contaminación de las grandes ciudades; limpieza de ríos y mantos acuíferos por metales pesados, aceites y desechos; tierras estériles y contaminadas, pérdida de la capacidad reproductiva; extinción de especies entre otros.

La naturaleza ambivalente de la innovación y la evolución en su entendimiento nos permite adoptarla como parte de la solución una vez que se ha reconocido como parte del problema.

Para tal caso vasta con entender sus características estilizadas, según Dossi et al, (1988), la innovación es incierta, relativa y acumulativa: Tiene un grado de ambigüedad y dinamismo que debe ser tomado en cuenta ante toda propuesta innovadora; es relativa ya que su percepción, creación uso y abuso varía de un individuo a otro, de un entorno a otro. Y acumulativo pues todo individuo parte de las propuestas que ya conoce en el pasado, la experiencia previa es la base para las nuevas innovaciones, lo que aprendimos ayer determina nuestro pensar y actuar en el presente.

El pensamiento creativo debe de incorporarse tanto a la ciencia como a la percepción de la misma, y deberá cuestionarla acerca de qué dirección se necesita tomar al fin de subsanar los problemas actuales. Este pensamiento ha comenzado ya a gestarse en diferentes niveles por ejemplo: en la innovación Inclusiva, Innovación social, “Responsible Research and Innovación”, (Agola and Hunter, 2016; Mulgan 2007 y Stilgoe et al., 2013), aunque enfocados en diferentes aspectos, en todos los casos se distingue algo en común en estos términos: atención a los posibles futuros y el amplio interés en participar de la producción científica venidera, tomando en cuenta transformaciones socio-tecnológicas, sistemas de producción específicos para situaciones locales, bio-remediación y producción de energías alternas menos contaminantes o de cero huella de carbono, optimización de recursos. El énfasis en el entendimiento de la naturaleza no neutral que toda tecnología tiene, será el nuevo eje sobre el cual la innovación debe girar, debemos aprender a prospectar, describir y prevenir toda consecuencia y repercusión que tiene la inclusión de cualquier tecnología en un ecosistema.

El presente pretende hacer un análisis de la naturaleza de la innovación con el fin de entender objetivamente su evolución desde la destrucción creativa que tanto ha transformado nuestro entorno y debe ahora de ponerse al servicio de una transformación asertiva. Lo anterior desde la perspectiva de que la ciencia, tecnología e innovación deben tener un acercamiento integral planeado y prospectado a las transformaciones de los sistemas socio-tecnológico antes de pensar en mejoras a procesos, servicios y productos para incrementar el flujo de capital.

## Marco de referencia

### Ciencia tecnología e innovación

Mario Bunge dicta en su libro *La ciencia su método y su filosofía*: “La tecnología no es meramente el resultado de aplicar el conocimiento científico existente a los casos prácticos, es decir, la tecnología viva esencialmente es el enfoque científico de los problemas prácticos”. El propósito de la investigación aplicada es el de integrar elementos tecnológicos a lo ya existente, para esto “el tratamiento de estos retos o problemas se hace sobre un fondo de conocimiento científico o lo que conocemos como método científico”

Lo que el método científico al servicio de la resolución de problemas prácticos nos arroja es: tecnología, que en términos generales la podemos describir como artefactos replicables con una aplicación práctica en conjunto con el conocimiento necesario para su desarrollo y por supuesto su uso (Dogson et al. 2008).

La constante integración de elementos tecnológicos para producir mejoras a los bienes, servicios y/o procesos incluyendo todas sus actividades requeridas para la comercialización de estas nuevas tecnologías es esencialmente lo que conocemos en nuestros días como innovación.

En palabras de Freeman y Soete en 1997 la innovación es mucho más que la creación de una nueva idea llevada a la práctica; la innovación es la exitosa explotación comercial de las nuevas ideas, que incluye actividades multidisciplinarias como la científica, tecnológica, organizacional, financiera y de gestión para la introducción comercial del nuevo (o mejorado) producto o servicio. (Tomado de Dogson et al. 2008).

### La innovación de Schumpeter y la destrucción creativa

Actualmente, la influencia de la ciencia y la tecnología es determinante y ha estado presente desde que el humano se transformó en humano.

De acuerdo con el Doctor Alex Roland (2016) “*incluso los ancestros del Homo Sapiens, diseñaron y utilizaron armas, empleadas para cazar y probablemente para la guerra... desde entonces, diseñar, elaborar y utilizar armas, es sinónimo de ser humano*” en su libro “Guerra y Tecnología” expone un vínculo de co-evolución entre estos dos conceptos y mantiene que ambos “*son procesos que manipulan el mundo físico a favor de intereses humanos*”.

Si bien existen muchos conceptos que influyen el desarrollo de la ciencia y la tecnología, la guerra se convierte en un catalizador de la innovación. Aunque en un inicio, los avances generados están enfocados a fines bélicos, posteriormente son implementados en diferentes aplicaciones y productos cotidianos que son industrializados e introducidos al mercado, generando innovaciones radicales, destruyendo las propuestas de valor existentes y favoreciendo el ciclo de la “Destrucción creativa” concepto desarrollado a partir de las observaciones de Schumpeter después de la primera Guerra Mundial (Roland, 2016).

Joseph Schumpeter economista del siglo XX, destacado por sus investigaciones sobre el ciclo económico y uno de los teóricos que tratan de explicar la modernidad, escribió en el prólogo de su libro: *Teoría del desenvolvimiento económico* publicado en su versión en español en 1941: “se debe tratar el capitalismo como un proceso de evolución [...] especie de mutación económica, me atrevo a usar un término biológico, a la que he dado el nombre de innovación” Más adelante en la misma obra se lee que: “(lo que interesa) no son los factores concretos del cambio sino los métodos por los cuales actúan éstos, es decir, *el mecanismo de cambio*” (Tomado de Segura, 2006)

Según David Harvey (1998), la figura heroica a los ojos de Schumpeter es el empresario, destructor creativo por excelencia, porque está preparado para llevar hasta sus últimas consecuencias la innovación técnica y social. Y sólo a través de semejante heroísmo será posible garantizar el progreso humano, ya que: “las novedades o invenciones por si solas carecen de importancia económica en tanto que no sean puestas en práctica”.



El concepto de “destrucción creativa” fue ideado por el sociólogo Werner Sombart, quien lo aplicó por primera vez en el ámbito económico, más tarde popularizado por Schumpeter en su libro *Capitalismo, Socialismo y Democracia* para describir la capacidad transformadora del empresario o emprendedor (Segura, 2006), esto lo convierte en la fuerza que hay detrás de un crecimiento económico sostenido. Además señala Schumpeter que un elemento esencial de la economía de la innovación es el crédito, plataforma que aunque arriesgada genera riqueza y empleo, por esta razón la institución bancaria es fundamental en el sistema capitalista. Para Schumpeter el capitalismo es un método de cambio económico ya que su naturaleza es de movimiento y su motor la innovación ya que: “la vida económica alcanzaría un equilibrio estático y su flujo circular seguiría en lo esencial los mismos canales año tras año. Desaparecería el beneficio y el interés y se interrumpiría la acumulación de riqueza” (Andersen, 2011).

Segura en 2006, menciona que la existencia de la destrucción y de la construcción en un equilibrio propio se vinculan en el modo schumpeteriano de pensar en la forma en que se vinculan innovación, destrucción creativa y empresario. Lo que la innovación destruye: empresas, posiciones individuales, formas de vida, valores culturales e ideales, es en términos de Schumpeter el “complemento necesario” para la ruptura de paradigmas y la posibilidad de que emerjan nuevas y mejores formas de desarrollo.

Desde este contexto se prende analizar, desde un acercamiento epistemológico del constructivismo social, casos específicos de innovaciones en diferentes áreas económicas y socio-tecnológicas con el propósito de hacer una discusión objetiva de las repercusiones que la innovación ha traído y proponer políticas que ayuden a prospectar las nuevas propuestas tecnológicas.

### **Análisis de los efectos secundarios de la destrucción creativa**

Desde la invención de la rueda la humanidad no ha parado de observar, determinar necesidades y hacer propuestas para que la vida sea cada vez más llevadera, ejemplo de ello el arado, la desviación de cauces de ríos para el riego de campos, los telares y la maquina de vapor.

La revolución Industrial a principios de siglo XIX vio una cascada de “avances tecnológicos” lo que representó un cambio en la concepción de la forma de vida que hasta el momento se conocía, la era moderna sufrió un crecimiento acelerado, y ve nacer los sistemas socio tecnológicos.

Victor M. Lopez (2012) en su libro *Sustentabilidad y desarrollo sustentable*, comenta que los siglos XIX y XX presentaron un potencial de prosperidad creciente sin precedente en la historia de la humanidad. Nunca antes logró generarse y acumularse tal nivel de conocimientos científicos para su aplicación tecnológica con la posibilidad de beneficio y cambios significativos en la calidad de vida de las personas de una época.

El potencial de cambio y mejora de calidad de vida de estos siglos transformó la dinámica social las personas dejaron el campo, en dónde encontraban el sustento criando animales, y labrando la tierra, para buscar trabajo en las grandes ciudades y aspirar a una vida prospera. La demanda de vivienda en las zonas urbanas se acrecentó, los servicios no bastaban, muchos vivían en condiciones insalubres (Zaid, 2009).

Los hijos de los migrantes quedaron a expensas del caos, sus padres trabajando de sol a sol, pocos servicios de educación y cuidado, fábricas que buscaban niños pequeños para limpiar chimeneas y canales de desagüe y la libertad de elegir entre trabajar y morir de hambre.

Por primera vez el ser humano se enfrentó en la edad Contemporánea al abuso de la tecnología y una sociedad en dónde muchos llevaron una vida decadente en pos del cambio, del crecimiento y del capitalismo.

En sentido inverso a la prosperidad, se agudizan las contradicciones derivadas de las desigualdades en el acceso y aplicación del conocimiento, lo que profundiza las brechas económicas y sociales, entre las regiones, los países las personas (Lopez, 2012).

Desde esta óptica podemos también hacer un análisis de las propuestas innovadoras que han traído consigo avances tecnológicos poco o nada prospectados a continuación tres ejemplos: Si Karl Benz en 1885 (Diario ABC, 2016) hubiera pedido apoyo para producir masivamente su propuesta tecnológica que en promedio provocaría 1.2 millones de muertes anualmente en accidentes de tránsito (Cubadebate, 2014); llevaría más de cien años la implementación de su sistema socio-tecnológico: carreteras, talleres, ensambladoras e industria relacionada; para su uso se tendrían que destruir y fragmentar miles de hectáreas de ecosistemas (Arroyave, 2006); contribuiría a la contaminación ambiental al grado de provocar la muerte de animales y personas con los gases emitidos (García, 2017). Se habría tenido que poner esta información en el platillo de una balanza, del otro lado sus ventajas, como su utilidad para la movilidad, el ahorro del tiempo, transporte de material pesado de manera fácil, la actividad económica generada a partir de la industria automotriz.

El análisis de esta balanza, de los posibles costos contrastados con los posibles beneficios habría sido suficiente para percibir correctamente el valor que tiene el uso del automóvil. La prospectiva adecuada de los posibles futuros que enfrentaría la humanidad en su conjunto a causa de la adopción de esta tecnología muy probablemente habría ayudado a prevenir accidentes, destrucción innecesaria de ecosistemas, y contaminaciones excesivas.

Si la farmaceutica alemana Chemie Gruenthal hubiera puesto en una balanza ante las madres que tomaron su desarrollo farmacéutico para prevenir y calmar las nauseas durante el embarazo los riesgos y efectos que tenía su consumo, seguramente ninguna embarazada lo hubiera consumido.

La talidomina es un principio activo comercializado entre los años 1957 y 1963 cuando fue retirado sin mucha prisa del mercado por ser asociado con nacimientos de niños afectados con una anomalía congénita que se caracteriza por la falta de extremidades o cortedad de las mismas (Vichez, 2016)

Lenz y Knapp probaron en la clínica universitaria de Hamburgo los efectos teratogenicos nocivos del medicamento.

Al parecer existen dos enantiomeros de la molécula, uno de ellos, la forma R, evita nauseas y mareos; el otro produce los efectos ya mencionados. A partir de entonces la estereoisometria de las moléculas es probada y tomada en cuenta con rigor científico (MedTempus, 2016)

La "catástrofe de la talidomina" dejó miles de bebés en todo el mundo con severas malformaciones y limitaciones físicas, la alarma social que provocaron sus efectos secundarios hizo que los responsables de Sanidad de cada país comenzaran a hacer un control estricto de los medicamentos antes de su comercialización. Es decir este efecto incidió en las políticas públicas a nivel mundial con el fin de estudiar a fondo los principios activos farmacéuticos a fin de conocer sus efectos y prever daños a la salud de la población.

En Estados Unidos la Dra. F. Kalesey revisora de la FDA negó la autorización del medicamento exigiendo más pruebas, su insistencia fue justificada cuando se observaron los efectos negativos de su uso. Como resultado las reformas a las pruebas clínicas de medicamentos fueron aprobadas por unanimidad por el congreso de EUA en el año de 1962 (Aminov, 2010).

Un ejemplo más actual es el de la industria de la moda que tiene un crecimiento del 4.78% anual desde el 2011 y su mercado está valorado en tres trillones de dólares (Fashion United, 2018).

Esta dinámica comercial aprovecha las estaciones y los ciclos cambiantes de la moda, para ofrecer al mercado nuevas prendas en tiempos de producción muy cortos a precios excesivamente bajos, aplicando la dinámica de la "Destrucción Creativa". La producción de moda, ya no se guía con las cuatro estaciones del año, se estima que la dinámica del "Fast-fashion" genera 52 micro colecciones anualmente (HuffPost, 2017), lo que significa que se produce y distribuye masivamente una nueva colección, cada semana. De acuerdo con el Foro Económico Mundial, "*la industria de la moda, es la más contaminante después de la del petróleo y sus derivados*" (World Economic Forum, 2018) y sin embargo, su mercado sigue en crecimiento.

El ciclo de vida de los productos fabricados por la industria del “Fast-fashion”, es corto y su proceso de producción desgastante. En términos ambientales la cantidad de materia prima necesaria para dar abasto a este ritmo de producción es considerable, además de la cantidad de agua contaminada, uso de pesticidas y químicos aplicados a las plantas para asegurar su producción. Agregando a esto las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en traslados de materia prima, manufactura y distribución a nivel global (World Economic Forum, 2018). Para poder ofrecer precios tan bajos, también es necesario modificar el proceso de producción, estas prendas son manufacturadas en países en vías de desarrollo donde encontrar mano de obra barata no es complicado (HuffPost, 2017).

Marcas que practican este tipo de dinámicas comerciales, han sido denunciadas por las pésimas condiciones laborales y los bajos salarios que ofrecen a sus empleadas. Este es el verdadero costo de la moda que pocos ven y que nadie paga (Luginbühl, 2017).

Como los ejemplos anteriores se pueden citar otros como: la extracción del petróleo y gas natural con el método de fracking (Engelder, 2011), el consumo excesivo de medicamentos, antibióticos con efecto estupefaciente (Aminov, 2010); la excesiva producción de artículos y la explotación de trabajadores y tantos más.

## Discusión

Uno de los principales objetivos por los que las empresas invierten tiempo y recursos en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) es justamente la generación de nuevos y mejores productos y servicios.

En muchos casos el propósito de las áreas de investigación, solo se centra en la búsqueda constante por integrar elementos tecnológicos con oportunidades de mercado para producir mejoras en los bienes y servicios a través de la definición de sus ventajas competitivas. Este acercamiento puede transformarse al cambiar el enfoque de la supremacía competitiva por un enfoque de desarrollo social sustentable que dirija las nuevas propuestas innovadoras.

Sin embargo, el término Desarrollo Sustentable se introdujo por primera vez en el informe Brundtland en 1987 por la Comisión mundial para el medio ambiente y el desarrollo de las Naciones Unidas, el término se difundió como el tipo de desarrollo que “permite satisfacer las actividades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas”. Y como bien menciona Lopez en 2012: “Cuarenta años han pasado y en los últimos años es cuanto más deterioro se ha visto provocado al planeta en el que habitamos debido a la actividad humana”, lo que nos lleva a pensar que en su mayoría no ha sido a la luz de la sustentabilidad como se ha planeado la innovación para la generación de los cambios.

Una buena propuesta, por más seductora que parezca, también implica riesgos que traen consigo consecuencias que construyen futuros distintos al que sucedería sin su adopción.

Grandes desafíos es claro que el siglo XXI trae consigo, uno de los más evidentes es el choque entre el medio ambiente y las actividades productivas que sin éxito tratan de abastecer de manera armónica a la creciente demanda de una sociedad codiciosa y poco cuidadosa, lo que conduce a una degradación progresiva del entorno.

También está el desafío educativo-cultural ante las tendencias de la innovación como las tecnologías de la información y la comunicación; la iniquidad creciente que separa con las fronteras del capital (Lopez, 2012) y el poder adquisitivo a los individuos y por supuesto los retos que imperan para la bio remediación ambiental.

Todos ellos son una responsabilidad colectiva que debe asumirse y ejercerse desde la perspectiva de las políticas públicas que regulen y diseminen los beneficios de la del conocimiento y los avances tecnológicos.

En este contexto, resulta lógico y pertinente actuar sobre el medio ambiente natural y social, para analizar y afrontar correctamente las desigualdades con una visión holística a largo plazo con un impacto positivo para la humanidad actual y venidera.

La problemática es tan compleja que la innovación creativa al servicio del cambio ambiental, que involucra ecología, sociedad y tecnología, es necesaria y deberá convertirse en una innovación transformadora como lo propone sabiamente Freeman (1992) en su libro *The Economics of Hope: Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*. La degradación estratégica de estructuras nocivas y sistemas socio-tecnológicos de naturaleza destructiva deberá de ser planeada y prospectada de acuerdo a las necesidades sociales, la dirección ya no puede ser solo la activación de la economía y el dinamismo del sistema capitalista, deberán de buscarse estrategias conjuntas para dar sentido a la expansión del conocimiento que no solo evite el agotamiento de los recursos naturales y la desigual distribución de la riqueza, si no que transforme creativamente la concepción del mundo que nos rodea.

La pregunta que queda en el aire del presente análisis es ¿A quién se le puede confiar la prospección y planeación de los posibles futuros que afronte la humanidad?, ¿Quién puede estar capacitado para elegir de los posibles futuros prospectados la estrategia correcta para alcanzarlo?.

Según Evans y Steven en 2012, organismos como The New York's Centre on International Cooperation, tiene algo de claridad a cerca de los SDGs (Sustainable Development Goals) establecidos en la conferencia mundial de Rio +20 en Junio del 2012, centros como el STEPS (The Stockholm Resilience Centre and the Tellus Institute) recomiendan con el objetivo de salvaguardar la sociedad humana la innovación radical como herramienta para hacer frente a los SDGs.

Leach et all (2012), afirman que la primera dimensión del cambio concierne a establecer la dirección del mismo, e involucra innovación que puede mejorar la capacidad de aprender, de responder y de gestionar la retroalimentación del sistema socio ecológico.

Estos autores afirman que la innovación puede planearse desde el conocimiento y experiencia local y permear a la innovación organizacional.

Por su parte The Transformative Innovation Policy Consortium (TIPC) formado en el año de 2016 en el 50<sup>mo</sup> aniversario del SPRU, (Science Policy Research Unit, School of Business, Management and Economics) de la University of Sussex dirigido por Johan Schot, designó a algunos de sus miembros a trabajar en en la co-creación y entendimiento de nuevas maneras de usar la ciencia e innovación dirigidas a los retos sociales, medioambientales y económicos. En la fase piloto se realizó un ejercicio de mapeo confinado a casos de estudio para entender las políticas de ciencia e innovación en localidades ubicadas en cinco países diferentes. Se pretende que TIPC conduzca experimentos piloto aplicando políticas que den rumbo a la ciencia y la tecnología para obtener "insights" que permitan dilucidar cómo contribuir para transformar y responder a SDGs (Chataway et all. 2017).

### Conclusión

Para concluir el presente se puede decir que el conocimiento anticipado del futuro es imposible, solo bocetos ambiguos son posibles, pero la prospección de las posibilidades es el deber que trae consigo cada una de las propuestas tecnológicas, lo que puede dar cual vector dirección y sentido a la innovación.

Es una responsabilidad conjunta la de asumir y ejercer de manera prospectada políticas públicas que regulen y diseminen los beneficios de la del conocimiento y los avances tecnológicos.

De los posibles futuros prospectados, escogamos con sabiduría el que no solo garantice la existencia de la especie humana sino la existencia individual armónica y congruente con el ambiente y otros seres vivos que cohabitan en este nuestro planeta.

La innovación así entendida se comprende como una herramienta que deberá estar regulada en políticas publicas globales, pues su uso y aplicación es relativo y depende de circunstancias e intereses particulares. Se debe no solo planear su desempeño, lo importante es prospectar la innovación para erradicar aquellas propuestas que potencialmente puedan significar un daño al entorno, a las especies, a los ecosistemas.

**Referencias**

- Aminov RI. (2010), A brief history of the antibiotic era: lessons learned and challenges for the future, Rowett Institute of Nutrition and Health, University of Aberdeen, Aberdeen, UK.
- Andersen, E. (2011). Joseph A. Schumpeter. A Theory of Social and Economic Evolution (2011)
- Arroyave, M et all. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. Revista EIA no. 5, pp: 45-57. Recuperado February 02, 2018, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372006000100004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372006000100004&lng=en&tlng=es).
- Cubadebate. (2014) Estadísticas accidentes de tránsito. Círculo de Periodistas Cubanos contra el Terrorismo. La Habana Cuba. Recuperado 20 de enero 2018 de <http://www.cubadebate.cu/noticias/2010/05/06/escalofriantes-estadisticas-accidentes-transito/#.Wn2xEVT1VZO>
- Diario ABC, S.L.(2016). Se cumplen 130 años del primer coche recuperado el 15 de enero de 2018 [http://www.abc.es/motor/reportajes/abc-primer-coche-historia-cumplen-130-anos-genuino-mercedes-201601191615\\_noticia.html](http://www.abc.es/motor/reportajes/abc-primer-coche-historia-cumplen-130-anos-genuino-mercedes-201601191615_noticia.html)
- Dosi G. et al. (1988). Technical Change and Economic Theory. Ed. Burns & Oates
- Evans, A. And D. Steven. 2012. Sustainable Development Goals – a useful outcome from Rio+20?. Briefing, New York: New York Centre on International Co-operation.
- Estrada y Diazgranados. (2007). Kenneth Gergen. Construcción Social: Aportes para el debate y la práctica. Universidad De Los Andes Facultad De Ciencias Sociales - Ceso Departamento De Psicología.
- Engelder T. (2011), Should fracking stop?, Nature, Vol. 477, pp.271, 274-275.
- Fashion United. Estadísticas de la industria de la moda en México. Recuperado de <https://fashionunited.mx/estadisticas-de-la-industria-de-la-moda-en-mexico>. en enero de 2018
- Freeman C. (1992). The Economics of Hope: Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment. USA. New York: Pinter Publishers.
- García F. (2017). El coche causa el 13% de la contaminación; viviendas, comercios e instituciones, el 56%. Revista digital El mundo. Recuperado 20 de enero de 2018, de <http://www.elmundo.es/motor/2017/01/26/5889f3f7e2704e98418b4678.html>
- George J, Elias S. (1999) Thalidomide and the Titanic: Reconstructing the technology tragedies of the Twentieth Century. Am J Public Health 1999; no 89 pp: 98-101.
- Giersch, H. (1984). «The Age of Schumpeter». The American Economic Review no. 74 paginas: 103-109.
- HuffPost (2018). 5 Truths the Fast Fashion Industry Doesn't Want You to Know. Retrieved 8 February 2018, from [https://www.huffpost.com/shannon-whitehead/5-truths-the-fast-fashion\\_b\\_5690575.html?ir=Australia](https://www.huffpost.com/shannon-whitehead/5-truths-the-fast-fashion_b_5690575.html?ir=Australia)
- Joseph A. Shumpeter, (1967) Teoría del desenvolvimiento económico. Una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico, Fondo de Cultura Económica, México-Buenos Aires, 4ta ed. en español. Primera edición en alemán 1912, con el título Theorie des Wirtschaftlichen Entwicklung.
- Leach, M., J. Rockström, P. Raskin, I. Scoones, A. C. Stirling, A. Smith, J. Thompson, E. Millstone, A. Ely, E. Arond, C. Folke, and P. Olsson. 2012. Transforming innovation for sustainability. Ecology and Society no.17 pp. 11-17
- Lopez M., 2012. Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable: Origen precisiones conceptuales y metodología operativa. Ed Trillas. México.
- Luginbühl et al. 2017. Vidas en la Cuerda Floja. Las duras condiciones laborales de las personas que producen calzado en la Europa periférica. Informe de la Unión Europea.
- MedTempus. (2006). La catástrofe de la talidomida recuperado el 30 enero de 2018 de <https://medtempus.com/archives/la-catastrofe-de-la-talidomida/>
- NIVÓN-PELLÓN, Alejandra & MONTIEL-ALDANA, Albert. La otra cara de la innovación. Los efectos secundarios de la innovación y la innovación transformadora. Revista de Simulación Computacional. 2018.

Roland A. (2016). *War and Technology: A Very Short Introduction*. Oxford University Press. NYC, USA.

Soete, L. (2013). Innovation, growth and welfare: from creative destruction to destructive creation. Paper for the SPRU DIG-IT workshop Inclusive Growth, Innovation and Technology: Interdisciplinary Perspectives. Available online: <https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=soete-dig-itworkshopsoete.pdf&site=25>

Vílchez A. (2016). Hijos de la Talidomida. Editorial La Prensa, Nicaragua S.A tomado de <https://www.laprensa.com.ni/2014/12/28/reportajes-especiales/1670761-hijos-de-la-talidomida-a-mediados-del-siglo-pasado-al-menos-diez-mill-ninos-en-el-mundo-nacieron-con-malformaciones-en-las-extremidades-por-culpa-de-un-farmaco-aleman-comercializado-en-mas-de-40-paises>

World Economic Forum. (2018) These are the environmental costs of fast fashion. Retrieved 8 February 2018, from <https://www.weforum.org/agenda/2018/01/this-is-the-environmental-costs-of-fast-fashion-17182dc2-f7cc-402d-a277-577aedf57527>

Zaid, Gabriel. (2009). *Empresarios Oprimidos* (1st ed.). México: Random House Mandadori S.A. de C.V.

## Simulador de dominio MPLS

### MPLS domain simulator

MENDOZA-AUSTRIA, Luis\*†, PÉREZ-HERNÁNDEZ, Darío, LEÓN-OLIVARES, Eric y MARTINEZ-PAGOLA, Salvador

*Instituto Tecnológico de Pachuca*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Luis, Mendoza-Austria* / ORC ID: 0000-0002-1572-2159, Researcher ID Thomson: P-4842-2018, NCBI: mendozaaustria

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Darío, Perez-Hernández* / ORC ID: 0000-0003-2147-3141, Researcher ID Thomson: P-6763-2018, NCBI: darioph

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Eric, León-Olivares* / ORC ID: 0000-0003-4937-0996, Researcher ID Thomson: 6239-2018, arXiv: smpaola2000#1

ID 4<sup>o</sup> Coautor: *Salvador, Martinez-Pagola* / ORC ID: 0000-0002-6342-3719, Researcher ID Thomson: L-7445-2018, MXINF2704

Recibido: 01 de Octubre, 2018; Aceptado 02 de Diciembre, 2018

#### Resumen

La conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS) es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF, con la finalidad de dar solución a problemas de conmutación. En este proyecto se ha desarrollado un software de Simulación de Dominios MPLS, encargado de actuar como una Red MPLS virtual, con las funciones básicas de esta tecnología de tal manera que el estudiante comprenda la función básica de la misma y simultáneamente sirva como una herramienta didáctica en la enseñanza-aprendizaje para el docente que imparte la materia de redes. Para la comprensión del trabajo que se realizó dentro de un Dominio MPLS, se muestra una introducción a tema y un marco teórico de MPLS, el análisis del algoritmo de multietiquetado, el diseño del software, la programación básica del simulador, y una muestra de los resultados.

**Dominio, MPLS, IETF, Simulador, Virtual, Didáctica**

#### Abstract

Multiprotocol label switching (MPLS) is a standard data transport mechanism created by the IETF, with the purpose of solving switching problems. In this project a software of Simulation of Domains MPLS has been developed, in charge of acting as a virtual MPLS Network, with the basic functions of this technology in such a way that the student understands the basic function of the same and simultaneously serves as a didactic tool in teaching-learning for the teacher who teaches the subject of networks. For the understanding of the work that was done within an MPLS Domain, an introduction to the subject and a theoretical MPLS framework, the analysis of the multi-labeling algorithm, the software design, the basic simulator programming, and a sample of the results.

**Domain, MPLS, IETF, Simulator, Virtual, Didactic**

**Citación:** MENDOZA-AUSTRIA, Luis, PÉREZ-HERNÁNDEZ, Darío, LEÓN-OLIVARES, Eric y MARTINEZ-PAGOLA, Salvador. Simulador de dominio MPLS. Revista de Simulación Computacional. 2018. 2-6: 25-31

\* Correspondencia al autor (correo electrónico: mendozaaustrial@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS) es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF, con la finalidad de dar solución a problemas de conmutación.

Para la comprensión del trabajo que se realiza dentro de un Dominio MPLS, existen videos e información documentada a cerca de la funcionalidad de esta tecnología, que son las bases con las que el Docente trabaja a fin de explicar el objetivo de un dominio MPLS, sin embargo, en muchas ocasiones es insuficiente, puesto que el alumno requiere del dinamismo y de la interactividad con lo que estudia, para tales efectos se le da lugar a un Simulador de Dominios MPLS, encargado de actuar como una Red MPLS virtual, con las funciones básicas de esta tecnología de tal manera que el alumno comprenda la función básica de la misma y simultáneamente sirva como una herramienta didáctica para el docente.

## MPLS (Conmutación de etiquetas multiprotocolo)

MPLS es una tecnología que modifica el reenvío tradicional de paquetes que analiza la dirección IP de destino contenida en la cabecera de Capa de Red de cada paquete, por medio de la cual un paquete viaja desde la fuente hasta su destino final. Los protocolos de enrutamiento dinámicos o estáticos construyen una base de datos necesaria la cual se analiza para tomar una decisión hacia dónde va el paquete IP según la dirección de destino, dicha tabla se conoce como tabla de enrutamiento.

En el reenvío de paquetes usado por MPLS se puede apreciar una diferencia drástica con el reenvío original de paquetes dado que en este último entorno cada paquete es analizado en cada uno de los saltos de la red donde se checa la cabecera Capa 3, y con base en la información de la misma se toma una decisión conforme a la tabla de enrutamiento de cada dispositivo de Capa 3.

Trabaja entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI.



Figura 1 Modelo Osi con MPLS

## Mecanismo de imposición de etiquetas en MPLS

La imposición de etiquetas en MPLS es la acción de añadir una etiqueta a un paquete cuando éste entra a un dominio MPLS. Esta función se realiza en los límites de la red MPLS y es ejecutada por un Edge-LSR.

En el reenvío tradicional de paquetes IP, cada salto en la red realiza una consulta en la tabla de reenvío IP, y con base en la dirección destino que se encuentra en la cabecera de red, selecciona el siguiente salto y reenvía el paquete hacia éste. Esta iteración se repite en cada salto de la red hasta que el paquete llega a su destino final.

Escoger el siguiente salto para el paquete IP es la combinación de dos funciones, la primera función clasifica todos los paquetes que llegan en determinado momento al router en varios grupos de prefijos IP destino; es decir, agrupa todos los paquetes que pertenecen a una misma subred y que por lo tanto tienen que ser reenviados al mismo destino, la segunda función asocia a cada grupo de paquetes creado en el primer paso a una dirección IP que es su siguiente salto.

Dentro de la arquitectura MPLS, el resultado de la primera función, es decir, los grupos de paquetes con el mismo destino es llamado un FEC (Forwarding Equivalent Classes o clase equivalente de reenvío), cada paquete dentro de un FEC es reenviado de la misma manera, por lo tanto, atraviesan la Red usando la misma ruta.



A diferencia del reenvío tradicional de paquetes, el proceso de asignar a un paquete un FEC es realizado sólo una vez y no por cada salto, con lo cual se reduce el procesamiento de cada router dentro de la red. El FEC al cual el paquete es asignado es luego codificado como un identificador de tamaño fijo llamado etiqueta.

Cuando el paquete llega al siguiente salto dentro del dominio MPLS, el LSR que lo recibe analiza su etiqueta y lo reenvía al siguiente salto dependiendo de la información que aparece en la LIB (Label Information Base o Base de información de etiquetas). Es muy importante anotar, que este análisis se realiza primero que el de Capa 3, por lo tanto, el proceso de toma de decisión a nivel 3 no se realiza.

Los paquetes MPLS entran en la red a través de un LSR de entrada y salen de ella a través de un LSR de salida. El camino que toma un paquete de un lado a otro se denomina LSP (Label Switched Path) ó ruta de conmutación de etiquetas, éste path es construido a partir de la información que se toma de una FEC.

Un LSP trabaja en un esquema orientado a conexión, es decir que el path tiene que ser formado antes de que cualquier flujo de tráfico empiece a circular por éste. Cuando un paquete atraviesa la red MPLS, cada LSR cambia la etiqueta entrante por una nueva etiqueta saliente, este proceso continúa hasta que el último LSR ha sido alcanzado.

Cada LSR mantiene dos tablas que soportan toda la información relevante al componente de reenvío MPLS. La primera conocida como LIB (Label Information Base) ó Base de información de etiquetas, donde se guardan todas las etiquetas asignadas por este LSR y las correspondencias de esas etiquetas a otras recibidas desde algún LSR vecino. Las correspondencias de estas etiquetas son distribuidas por medio de protocolos para este uso específico.

La segunda tabla conocida como LFIB (Label Forwarding Information Base) ó Base de información de reenvío de etiquetas y en la cual son mantenidas únicamente las etiquetas que están siendo actualmente usadas por el componente de reenvío. Las LFIB son el equivalente MPLS de una matriz de conmutación en un Switch ATM.

## Componentes de una red MPLS

Se le llaman enrutadores de conmutación de etiquetas o LSR (Label Switch Router) a cualquier dispositivo que esté involucrado en el proceso de distribución de etiquetas y que pueda reenviar paquetes. La función básica del proceso de distribución de etiquetas es poder permitir a cada LSR que distribuya sus vínculos de etiquetas a otros LSRs dentro de la red MPLS.

Existen varios tipos de LSRs que se diferencian por las funciones que cada uno de ellos desempeña, entre ellos están el Edge-LSR, ATM-LSR y ATM Edge-LSR, la diferencia entre ellos es puramente a nivel de arquitectura, es decir el mismo dispositivo puede ejercer cualquiera de los roles descritos.

El Edge-LSR es un router que realiza la imposición o la remoción de las etiquetas en los límites de la red MPLS, la labor de imposición consiste en añadir al paquete original una etiqueta o un conjunto de etiquetas en el punto de ingreso a la red. La función de extracción es lo contrario y consiste en quitar la última etiqueta del paquete en el punto de egreso antes de ser reenviada al siguiente host externo a la red MPLS.

Cualquier LSR que esté contiguo a un nodo no MPLS es considerado un Edge-LSR. Sin embargo, si ese LSR tiene alguna interfaz conectada a un ATM-LSR, entonces toma el nombre de ATM Edge-LSR. Los Edge-LSR usan la tabla de reenvío IP tradicional para etiquetar paquetes IP o para remover las etiquetas de los mismos antes de ser enviados a un nodo no MPLS.

Un ATM-LSR es un switch ATM que puede actuar como un LSR, es decir, es un dispositivo que realiza enrutamiento IP y asignación de etiquetas en el componente de control, y reenvío de paquetes de datos usando los mecanismos de conmutación de paquetes propios de ATM, para ésto usa su matriz de conmutación ATM como su LFT (Tabla de reenvío de etiquetas).

## Dominio MPLS

Conjunto de Nodos con funcionalidad MPLS y que pertenecen a un mismo Dominio de Encaminamiento IP, nodos adyacentes.

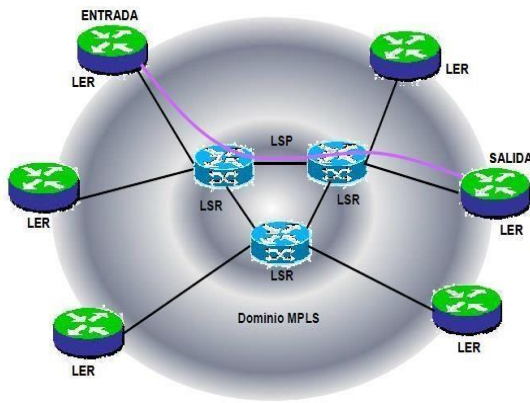


Figura 2 componentes del dominio MPLS

Para MPLS en modo trama, las etiquetas se insertan antes de la cabecera IP, mientras que para ATM es en modo Celda, donde la etiqueta es la misma dirección VPI/VCI y para Frame Relay la etiqueta es el DLCI. En la siguiente figura se representa el esquema de los campos de la cabecera genérica MPLS y su relación con las cabeceras de los otros niveles.

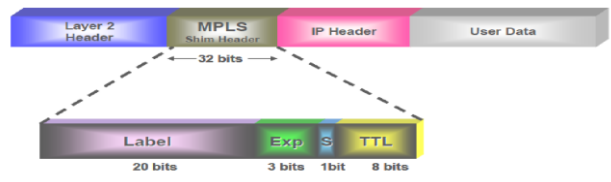


Figura 3 Etiqueta MPLS

**API JAVA 2D**

API Java 2D es un conjunto de clases para gráficos e imágenes 2D avanzados. Abarca arte lineal, texto e imágenes en un solo modelo integral. La API proporciona una amplia compatibilidad con la composición de imágenes y las imágenes de canales alfa (define la opacidad de un pixel en la imagen), para programas Java a través de extensiones de Abstract Windowing Toolkit (AWT Kit de herramientas de ventana abstracta), un conjunto de clases para proporcionar una definición y conversión precisa del espacio de color y un amplio conjunto de operadores de generación de imágenes orientados a la visualización.

Los objetos 2D de Java existen en un plano llamado espacio de coordenadas del usuario, o simplemente espacio de usuario. Cuando los objetos se representan en una pantalla o impresora, las coordenadas de espacio de usuario se transforman en coordenadas de espacio del dispositivo.

La API Java 2D también permite la creación de bibliotecas gráficas avanzadas, como bibliotecas CAD-CAM (Computer-Aided Design, Computer-Aided Manufacturing) y bibliotecas de efectos especiales de imágenes o gráficos, así como la creación de filtros de lectura/ escritura de archivos gráficos y de imágenes.

**Los paquetes de API DE JAVA 2D**

Las clases de Java 2D API están organizadas en los siguientes paquetes:

- java.awt
- java.awt.geom
- java.awt.font
- java.awt.color
- java.awt.image
- java.awt.image.renderable
- java.awt.print

El paquete java.awt contiene las clases e interfaces API Java 2D que son de naturaleza general o que mejoran las clases heredadas. (Obviamente, no todas las clases en java.awt son clases Java 2D).

El paquete java.awt.geom contiene clases e interfaces relacionadas con la definición de primitivas geométricas.

El paquete java.awt.font contiene clases e interfaces utilizadas para el diseño de texto y la definición de fuentes.

El paquete java.awt.color contiene clases e interfaces para la definición de espacios de color y perfiles de color.

Los paquetes java.awt.image y java.awt.image.renderable contienen clases e interfaces para la definición y representación de imágenes.

El paquete java.awt.print contiene clases e interfaces que permiten imprimir todo el texto, gráficos e imágenes basados en 2D de Java.

**Programación**

La idea de este proyecto se originó bajo la necesidad de una herramienta didáctica para la enseñanza del tema de los dominios MPLS, ya que siendo un tema completamente nuevo para los estudiantes resulta de cierto modo difícil su comprensión por la gran cantidad de conceptos nuevos que esta tecnología conlleva.

En el desarrollo de este software se hizo uso de los conocimientos que en la carrera (Ingeniería en Sistemas Computacionales) se han adquirido como lo es: el uso de variables estáticas, herencia, trazo de líneas y desplazamiento de objetos dentro de un panel, algoritmos de búsqueda, matrices de adyacencia, etc.

El software fue desarrollado en lenguaje Java a través del IDE NetBeans y es importante destacar que carece de algunas funciones que se aun pretenden implementar.

A continuación se presenta una parte del código generado en donde se aplica el algoritmo DFS (Depth First Search) o búsqueda en profundidad que es ocupado para establecer la ruta de los FEC desde su origen hasta su destino, una vez encontrada la ruta a seguir se pinta mediante otros procedimientos.

**CODIGO DE CLASE: SimulatorMPLS.java**

```
//Función que retorna la ruta para el FEC
public ArrayList<String> buscaRuta (String origen,
String destino){
//Variables empleadas en el algoritmo
String nodo;
ArrayList<String> ruta = new ArrayList();
ArrayList<String> vecinos = new ArrayList();
//Pila empleada en el procedimiento
Stack s = new Stack (); ruta.add(origen);
s.push(ruta);

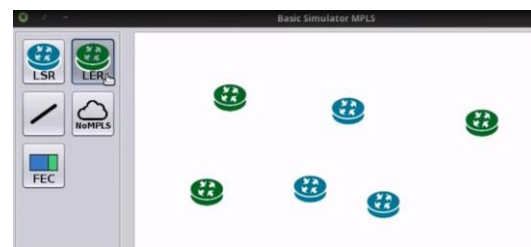
//Mientras el último nodo de la ruta no sea el destino
while(!ruta.get(ruta.size()-1).equals(destino)){ //Se
obtiene elemento de la pila ruta=(ArrayList<String>)
s.pop(); //tomamos el último nodo
nodo=ruta.get(ruta.size()-1);
//obtenemos sus nodos vecinos
vecinos = buscaVecinos(nodo, ruta);
//recorre los nodos vecinos encontrados
for (int j = 0; j < vecinos.size(); j++) {
//Si encontramos al destino
if(vecinos.get(j).equals(destino)){
//Lo agregamos a la ruta
ruta.add(vecinos.get(j));
break; //Salimos del ciclo }
else{//Si no, agregamos el nodo a la ruta y esta como
nuevo elemento a la pila
ArrayList<String> ra = new ArrayList();
ra=ruta; ra.add(vecinos.get(j)); s.push(ra); }}}

//Cuando se encuentre la ruta se devuelve return ruta; }
//Función que devuelve los nodos vecinos de un nodo
private ArrayList<String> buscaVecinos (String nodo,
ArrayList<String> ruta) {
boolean pertenece=false;
ArrayList<String> vecinos = new ArrayList();
```

```
//recorre lista origen (enlaces entre routers)
//de la clase Component definida
for (int j = 0; j < Component.origen.size(); j++) {
if(Component.origen.get(j).equals(nodo)){
for(int x=0; x<ruta.size();x++){
//Busca los nodos adyacentes sin que estén incluidos
en la lista "ruta" que es la ruta actual.
if(Component.destino.get(j).equals(ruta.get(x))){
pertenece=true;
break;}}
if(!pertenece){
//Se agregan a la lista que se retornara
vecinos.add(Component.destino.get(j)); }}} return
vecinos;}
```

**Resultados**

Finalmente se presentan las imágenes del simulador desarrollado, en ellas se puede apreciar la creación de la Conmutación de etiquetas multiprotocolo:



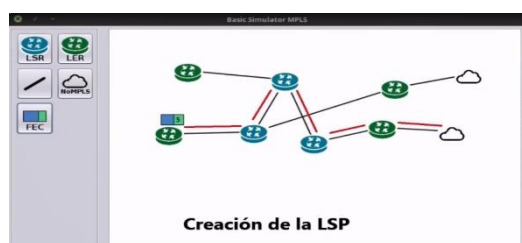
**Figura 4** Etiqueta MPLS



**Figura 5** Agregando redes no MPLS



**Figura 6** Agregando paquetes al FEC



**Figura 7** creación de la LSP

Para la obtención de resultados y para conocer el éxito del proyecto se llevó a cabo una pequeña encuesta a algunos alumnos que anteriormente tomaron la materia de Redes Emergentes y VoIP, materia en la cual uno de los primeros temas vistos es el uso de redes MPLS.

1. ¿Cómo considera el diseño del simulador de Dominios MPLS?

a) Excelente b) Bueno c) Regular d) Malo

2. ¿Considera que el uso de esta herramienta puede ayudar en el aprendizaje de los alumnos que cursen materias relacionadas al tema en cuestión?

a) Si b) No ¿Por qué?

3. ¿Le gustaría que los profesores utilizaran este tipo de simuladores, no solamente para las redes MPLS, sino para otro tipo de redes vistas en clase?

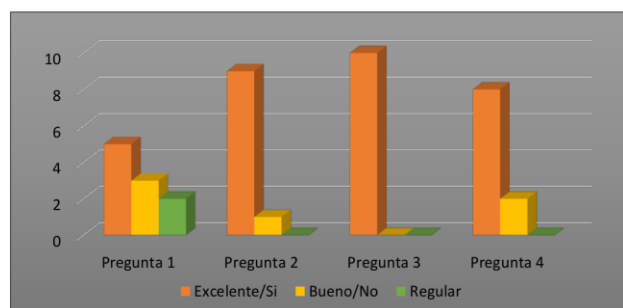
a) Si b) No ¿Por qué?

4. ¿Cree usted que el simulador cumple con las características básicas de un Dominio MPLS?

a) Si b) No

5. ¿Qué considera que necesita mejorar el simulador?

#### XVI. ANÁLISIS DE RESULTADOS



**Grafico 1** Análisis de resultados

Una vez aplicadas las encuestas a los alumnos que interactuaron con el sistema pudimos observar los siguientes resultados:

En la pregunta número 1 respecto al diseño del simulador, la gran mayoría respondió que era excelente, sin embargo, es la pregunta con mayor índice de respuestas “regular”, por lo cual es necesaria una mejora en ese campo.

En la pregunta número 2 obtuvimos los resultados esperados, pues ésta se relaciona en gran medida con el objetivo general, el cual es ayudar a través del Simulador MPLS al aprendizaje de los alumnos.

La gran mayoría coincidió en que el uso de este tipo de herramientas didácticas (simuladores) sería de gran provecho, aplicadas a diferentes materias y con los parámetros necesarios, pues resulta más sencillo aprender al interactuar con lo que se está estudiado.

Obtuvimos resultados favorables en la pregunta número 4, sin embargo, es necesario poner atención especial en dicho punto a que también existieron respuestas desfavorables.

#### Conclusiones

Después de analizar los resultados obtenidos, podemos afirmar que el Simulador MPLS fue de gran utilidad en la comprensión del tema de Redes MPLS, sin embargo, recibimos distintos aportes después de aplicar las encuestas a aquellos que habían interactuado con el Simulador de dominios, los cuales sirvieron para concretar nuevas ideas y realizar cambios que mejoraran el proyecto.

La creación del Simulador definitivamente obtuvo buenos resultados al ser la sustitución de una red MPLS física de alto costo, pues éste se basa únicamente en la manipulación de un software que ofrece las posibilidades básicas de una red MPLS.

Pese a que el simulador tuvo como prueba piloto a una pequeña cantidad de alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, estos comprendieron los conceptos básicos, haciendo hincapié en el hecho de que el Simulador está pensado como una herramienta didáctica, es decir, requiere la intervención parcial del docente para que el tema quede cien por ciento entendible.

Finalmente cabe destacar que el Simulador MPLS se encuentra en una etapa de mejora, pues, aunque cumple con las expectativas iniciales, es posible mejorarlo para un mejor aprovechamiento.

### Referencias

García Tomas Jesús, Raya Cabrera José Luís, Raya Víctor Rodrigo. (2002). Referenciado de Alta Velocidad y Calidad de Servicio en Redes IP, Alfa omega,

<http://cursos.itam.mx/licenciatura/uciel/material/Switches/swl3.pdf>

<http://cursos.itam.mx/licenciatura/uciel/material/Switches/swl3.pdf>

<http://ietf.org/html.chapters/mpls-charter.html>  
<http://ManoloDominguez.com>

[http://www.univalle.edu.co/~telecomunicaciones/tg\\_FernandoArevalo.pdf](http://www.univalle.edu.co/~telecomunicaciones/tg_FernandoArevalo.pdf) - pag164

Leonardo Jiménez Orozco. (Diciembre de 2000). .MPLS: Una Nueva Tecnología Aplicada a Internet 2. [www.danysoft.com](http://www.danysoft.com)

Manolo Domínguez Dorado. (España, 2004) Soporte de Garantía de Servicio (GoS) sobre MPLS mediante Técnicas Activas.

Maria Sol Canalis. MPLS “Multiprotocol Label Switching”: Una Arquitectura de Backbone para la Internet del Siglo XXI.. Dpto Informatica Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.  
9

Orozco Jiménez, Leonardo. (Diciembre de 2000). MPLS: Una nueva tecnología aplicada a Internet 2. Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Baja California., paginas 18-19.

# Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

## [Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2<sup>do</sup> Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3<sup>er</sup> Coautor

*Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)*

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1<sup>er</sup> Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2<sup>do</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2<sup>do</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

### Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)**

### Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)**

---

**Citación:** Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Simulación Computacional. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

---

---

\* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## 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

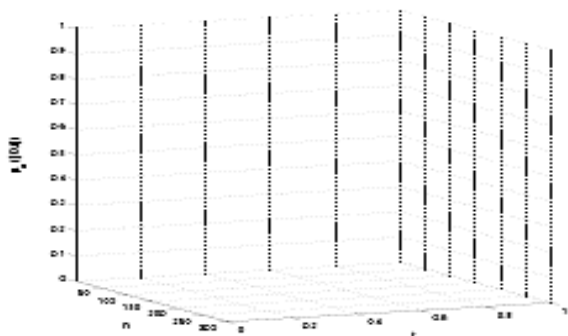
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

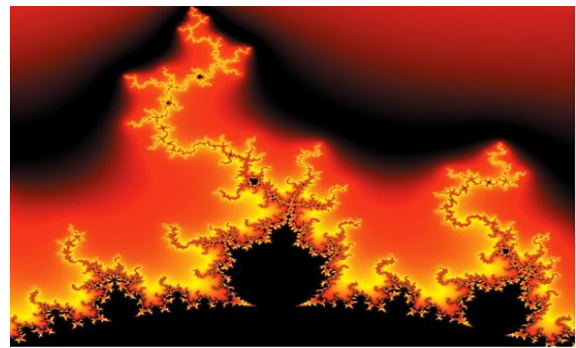
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

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



**Gráfico 1** Título y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



**Figura 1** Título y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


**Tabla 1** Título 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 Título secuencial.

## 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.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

## 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

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores



## **Reserva a la Política Editorial**

Revista de Simulación Computacional se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

## **Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales**

### **Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución**

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Simulación Computacional emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Taiwan para su Revista de Simulación Computacional, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

### Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

### Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

### **Responsabilidades de los Autores**

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

### **Servicios de Información**

#### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

#### **Servicios Editoriales:**

Identificación de Citación e Índice H.

Administración del Formato de Originalidad y Autorización.

Testeo de Artículo con PLAGSCAN.

Evaluación de Artículo.

Emisión de Certificado de Arbitraje.

Edición de Artículo.

Maquetación Web.

Indización y Repositorio

Traducción.

Publicación de Obra.

Certificado de Obra.

Facturación por Servicio de Edición.

#### **Política Editorial y Administración**

244 - 2 Itzopan Calle. La Florida, Ecatepec Municipio México Estado, 55120 Código postal, MX. Tel: +52 1 55 2024 3918, +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 4640 1298; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org)  
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## **ECORFAN®**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

### **Editores Asociados**

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan ),sponsorships@ecorfan.org

### **Licencias del Sitio**

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

**Oficinas de Gestión**

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

# Revista de Simulación Computacional

“Sistema de control de propiedades en un invernadero de uso doméstico”

**GÓMEZ-MERCADO, Abdiel, MARTÍNEZ-BUTRÓN, Luis, LEÓN-CASTELAZO, Francisco y RESÉNDIZ-ROSAS, Celerino**

*Instituto Tecnológico de Pachuca*

“Implementación de un controlador difuso de temperatura desarrollado en un sistema embebido Raspberry Pi”

**GARCÍA-MARTÍNEZ, José Román, RAMÍREZ-GONZÁLEZ, Luis David, EDSON-CRUZ, Miguel y MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, Trinidad**

*Universidad Autónoma de Querétaro*

“La otra cara de la innovación. Los efectos secundarios de la innovación y la innovación transformadora”

**NIVÓN-PELLÓN, Alejandra & MONTIEL-ALDANA, Alberto**

*Universidad Autónoma de Querétaro*

“Simulador de dominio MPLS”

**MENDOZA-AUSTRIA, Luis, PÉREZ-HERNÁNDEZ, Darío, LEÓN-OLIVARES, Eric y MARTINEZ-PAGOLA, Salvador**

*Instituto Tecnológico de Pachuca*

