

Volumen 2, Número 7 — Julio — Septiembre - 2018

ISSN 2523-6873

Revista de Ingeniería Innovativa

ECORFAN®

ECORFAN-Perú

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

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

Revista de Ingeniería Innovativa, Volumen 2, Número 7, de Julio a Septiembre 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode:11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD. Co-Editor: SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD. ISSN 2523-6873. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 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 Ingeniería Innovativa

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 Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología.

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 Ingeniería Innovativa es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, 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 la Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología 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 Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® 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 Neftalí. 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

PALAFIX-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-GONZÁLEZ, 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 Ingeniería Innovativa 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 Perú 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 ORCID - 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 homologo 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 Diseño de sistemas de producción, Gestión de calidad en los productos, Investigación de operaciones, Simulación informática, Cadenas de suministros, Certificación de calidad, Hidrometeorología y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo *Automatización de un deshidratador solar para frutas y hortalizas* por ARREOLA-BURCIAGA, Josué Mizraim, GARZA-MOYA, Luis Roberto y TOVAR-ROSAS, Claudia Rocio con adscripción en la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, como siguiente artículo está *Dinámica de una Nube de Gotas de Agua para la Generación de Energía Eléctrica* por MAY-LEÓN, Gloria, GUIDO-ALDANA, Pedro Antonio, HERNÁNDEZ-CRUZ, Guillermo y RAMOS-MORA, Eduardo con adscripción en la Universidad Nacional Autónoma de México, como siguiente artículo está *Biodegradación de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de lavado de un suelo contaminado con diésel utilizando bioestimulación, lodos activados y gallinaza* por VACA-MIER, Mabel, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo, TERRES-PEÑA, Hilario y LIZARDI-RAMOS, Arturo con adscripción en la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, como siguiente artículo está *Comparativa costo-beneficio de sistema fotovoltaico fijo y con seguidor solar de un eje* por GUTIÉRREZ-VILLEGAS, Juan Carlos, GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, Edgar Enrique, QUIROZ-MARTÍNEZ, Raúl y ROBLES-SOLÍS, José Manuel con adscripción en la Universidad de Guadalajara - Centro Universitario del Norte y Universidad Politécnica de Zacatecas.

Contenido

Artículo	Página
Automatización de un deshidratador solar para frutas y hortalizas ARREOLA-BURCIAGA, Josué Mizraim, GARZA-MOYA, Luis Roberto y TOVAR-ROSAS, Claudia Rocío <i>Universidad Politécnica de Gómez Palacio</i>	1-7
Dinámica de una Nube de Gotas de Agua para la Generación de Energía Eléctrica MAY-LEÓN, Gloria, GUIDO-ALDANA, Pedro Antonio, HERNÁNDEZ-CRUZ, Guillermo y RAMOS-MORA, Eduardo <i>Universidad Nacional Autónoma de México</i>	8-13
Biodegradación de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de lavado de un suelo contaminado con diésel utilizando bioestimulación, lodos activados y gallinaza VACA-MIER, Mabel, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo, TERRES-PEÑA, Hilario y LIZARDI-RAMOS, Arturo <i>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco</i>	14-20
Comparativa costo-beneficio de sistema fotovoltaico fijo y con seguidor solar de un eje GUTIÉRREZ-VILLEGAS, Juan Carlos, GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, Edgar Enrique, QUIROZ-MARTÍNEZ, Raúl y ROBLES-SOLÍS, José Manuel <i>Universidad de Guadalajara - Centro Universitario del Norte</i> <i>Universidad Politécnica de Zacatecas</i>	21-25

Automatización de un deshidratador solar para frutas y hortalizas

Automation of solar fruit and vegetable dehydrator

ARREOLA-BURCIAGA, Josué Mizraim†*, GARZA-MOYA, Luis Roberto y TOVAR-ROSAS, Claudia Rocío

Universidad Politécnica de Gómez Palacio

ID 1^{er} Autor: *Josué Mizraim, Arreola-Burciaga/ ORC ID: 0000-0002-2722-1386, CVU CONACYT ID: 769055*

ID 1^{er} Coautor: *Luis Roberto, Garza-Moya/ ORC ID: 0000-0002-5740-1476, CVU CONACYT ID: 68866*

ID 2^{do} Coautor: *Claudia Rocío, Tovar-Rosas/ ORC ID: 0000-0002-8238-7493, CVU CONACYT ID: 745074*

Recibido 9 de Julio, 2018; Aceptado 5 de Septiembre, 2018

Resumen

El presente artículo describe un proceso innovador en la automatización de un deshidratador solar para frutas y hortalizas. El proceso de deshidratación consiste en retirar el agua que se encuentra en los tejidos del producto, evitando que las bacterias se desarrollen en ausencia de humedad y por ende, se consiguen características que permitan el manejo y la preservación asegurando la calidad final al consumidor. La automatización principalmente consistió en ajustar y controlar las condiciones ambientales en las que el deshidratador opera, para así ofrecer ventajas en la producción, por medio de monitorear el tiempo, humedad ambiente y la temperatura necesaria logrando así un producto deshidratado apropiadamente; dicha automatización se implementó a través de una tarjeta Raspberry Pi, la cual reúne información de distintos sensores para operar actuadores que permitan abrir ventilas, accionar tanto ventiladores como extractores de humedad logrando condiciones ideales en la deshidratación, se anexó una interface Web para monitorear y manipular los elementos del deshidratador. Con el desarrollo del prototipo descrito, se establecen las bases para la implementación en condiciones reales de operación optimizando el uso de la energía solar.

Automatización, Aplicación Web, Deshidratador, Raspberry PI

Abstract

The article describes an innovative process in the automation of solar fruit and vegetable dehydrator. The process of dehydration consists of removing the water found in the tissues of the product, preventing the bacteria from developing in the absence of moisture and therefore, achieving characteristics that allow handling and preservation, ensuring the final quality to the consumer. The automation consisted of adjusting and controlling the environmental conditions in which the dehydrator operates, in order to offer advantages in the production, in order to monitor the time, humidity and the necessary temperature, thus achieving a properly dehydrated product; that automation was implemented through a Raspberry Pi board, which gathers information from different sensors to operate actuators that open vents, activate both fans and moisture extractors, achieving ideal conditions in dehydration, a Web interface was developed to monitor and manipulate the elements of the dehydrator. With the development of the prototype described, the bases are established for the implementation of real operating conditions optimizing the use of solar energy.

Automation, Web Application, Dehydrator, Raspberry pi

Citación: ARREOLA-BURCIAGA, Josué Mizraim, GARZA-MOYA, Luis Roberto y TOVAR-ROSAS, Claudia Rocío. Automatización de un deshidratador solar para frutas y hortalizas. Revista de Ingeniería Innovativa 2018, 2-7: 1-7

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jmarreola@upgop.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La automatización es un concepto que históricamente ha estado presente en las distintas actividades del ser humano, la cual con el paso de los años ha venido a optimizar la forma en la que se realizan muchas de las actividades tanto de forma doméstica como a nivel industrial, debido al acelerado desarrollo tecnológico, recientemente se pueden aplicar e integrar tecnologías para mejorar prácticamente cualquier proceso (Torres, 2005).

En la actualidad, casi todos los procesos de producción industrial requieren de programas de automatización que realicen cada paso de una manera óptima es decir, en el menor tiempo y gasto posible. Un ejemplo muy claro es en la industria de los alimentos, donde se realizan procesos como la pasteurización, fermentación y secado (Clayton, 2017), mismo que requiere de monitoreo en cada uno de sus pasos para asegurar la obtención de un producto que cumpla con los parámetros de calidad requeridos para su comercialización.

El proceso de secado consiste en deshidratar alimentos con el fin de mejorar su conservación y asegurar su calidad (Clayton, 2017). Dicho proceso puede ser automatizado y con ello optimizado, es el caso de un deshidratador de frutas y hortalizas, al cual, por medio de un sistema, se permite el monitoreo del funcionamiento en tiempo real, controlando y ajustando las condiciones en las que opera ofreciendo una producción de forma óptima.

El presente artículo describe un prototipo de automatización por medio de componentes electrónicos y una interface web de un deshidratador de frutas y hortalizas, se describen los componentes que lo conforman y como se le añaden los componentes electrónicos, además se describen los privilegios de uso de cada tipo de usuario que interactuará con el sistema, las características de la base de datos que almacenará la información de los procesos de deshidratación que se lleven a cabo, así como la descripción de los diferentes módulos que componen la interface web.

Se plantea que con la implementación de este prototipo en un modelo completo, pueda mejorar la calidad de los productos deshidratados, así como la durabilidad del mismo deshidratador, además de facilitar el proceso para futuros procedimientos, gracias a la información que se recolecta.

Antecedentes

La deshidratación solar consiste en retirar el agua que se encuentra en los tejidos de un producto para con ello conseguir que este tenga unas determinadas características que lo hagan más fácil de manejar, conservar o utilizar.

La deshidratación en el caso de los alimentos es un proceso que ayuda a la conservación de los mismos. Esto se debe a que muchas bacterias no pueden desarrollarse en ausencia de agua, y por lo tanto muchos de los alimentos deshidratados no pueden pudrirse. Es posible deshidratar una gran variedad de frutas, de verduras, de carnes, etc., y así lograr que puedan conservarse de manera natural por muchos meses. (García L. E., 2012).

Componentes de un deshidratador solar

Un deshidratador solar (Figura 1) cuenta con los componentes esenciales para que el proceso de secado de los productos sea eficaz. La función de cada uno de estos componentes es necesaria e importante para el correcto funcionamiento del deshidratador, a continuación se describen los mismos:

Colector: Es el área en la cual mediante una cubierta transparente se permite el paso de la luz solar, el interior de éste está construido por materiales cuyo propósito es aumentar el intercambio de calor con el aire que se encuentra dentro (Condorí, 2008).

Cajón de secado: Es el componente donde se encuentran las bandejas con los alimentos a deshidratar. Esta cuenta con un sistema que permite la ejecución de procesos de transferencia de masa y calor para la obtención de alimentos deshidratados.

El aire caliente y con baja humedad relativa proveniente del colector solar eleva la temperatura de los productos y hace que en estos se evapore el agua que contienen. El aire cálido y seco absorbe con facilidad la humedad que ha soltado el producto y en el proceso aumenta su humedad relativa bajando su temperatura.

Por último, el aire aún cálido y más húmedo sale del deshidratador a la atmósfera (Condorí, 2008).

Bandeja de almacenamiento: Son los elementos que dan soporte a los alimentos. El material empleado en su elaboración debe poseer resistencia al peso y la corrosión, ya que se encuentra en contacto directo con los alimentos; además, debe permitir el contacto entre el aire caliente y el producto a secar (Condorí, 2008).

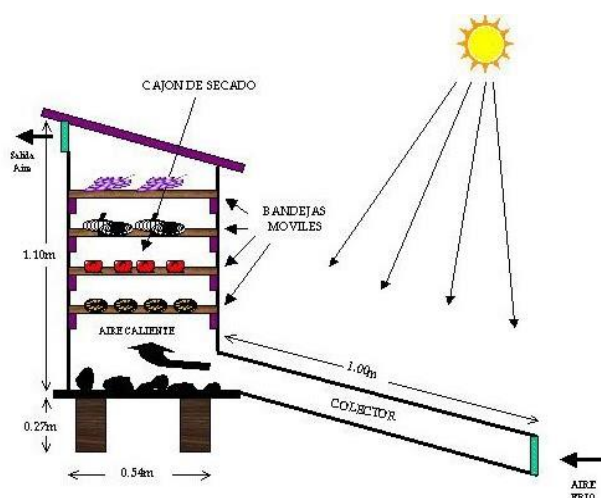


Figura 1 Partes de un secador solar
Fuente: (Condorí, 2008)

Metodología para la automatización y desarrollo del prototipo

Al deshidratador se completará con los siguientes componentes:

Relevador

Un relevador es un interruptor cuyo control corre por cuenta de un circuito eléctrico, a través de una bobina y un electroimán que incide sobre diversos contactos para la apertura o cierre de un circuito que funciona de forma independiente, por medio del cual se puede controlar un dispositivo de energía eléctrica al incidir un pequeño voltaje y de esta manera generar o interrumpir una conexión (Harper, 1996).

Placa PCB

Un circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board, por sus siglas en inglés) es una tarjeta que puede ser utilizada para realizar el emplazamiento de distintos elementos que conforman un circuito (Miñarro, 2009).

Sensor de Humedad y Temperatura

Son sensores que permiten realizar la medición de forma simultánea de humedad y temperatura, por medio de un procesador interno que realiza el cálculo de medición por medio de una señal digital (Glaría, 2001).

Ventiladores y Extractores

Son componentes que por medio de un motor y aspas, permiten hacer circular aire hacia adelante o atrás según el sentido de rotación de dicho motor.

Raspberry pi 3

Es una placa computadora de bajo costo, desarrollada por la Fundación Raspberry pi de la Universidad de Cambridge en 2011, con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas, el concepto es del de un ordenador al que se le pueden añadir componentes necesarios en un ordenador común y puede comportarse como tal (Monk, 2015).

La aplicación de los relevadores en el deshidratador, tendrá el objetivo de encender/apagar los ventiladores y extractores dependiendo las condiciones de humedad y temperatura detectadas por los sensores. Los datos recolectados por los sensores determinarán los parámetros para el envío de la señal de encendido/apagado a los relevadores y a su vez se almacenarán en la base de datos para establecer condiciones de operación dependiendo el tipo de producto a deshidratar. La tarjeta Raspberry Pi contiene la base de datos que se generará a partir de los datos obtenidos por los sensores, se encuentra instalada junto a una placa PCB la cual conforma el circuito de conexión de los elementos electrónicos.

Desarrollo del circuito

Las conexiones de los componentes electrónicos necesarias para el funcionamiento del prototipo se describen a continuación:

Conexión de sensores a Raspberry Pi

En la Figura 2 se observa la conexión de los sensores de humedad y temperatura, de donde se obtendrán los parámetros en tiempo real dentro del deshidratador, de acuerdo a los valores obtenidos se evaluará si es necesario encender/apagar un ventilador en la entrada del colector para hacer circular el aire caliente hacia el cajón de secado o encender/apagar un extractor en la salida del cajón de secado, para minimizar la cantidad de humedad dentro del deshidratador

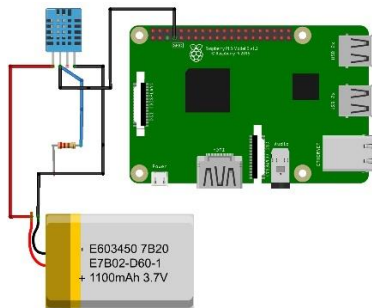


Figura 2 Diagrama de conexión de sensor de humedad y temperatura
Fuente: www.google.com

Conexión de relevadores a Raspberry Pi

En la Figura 3 se observa la conexión de los relevadores, que de acuerdo a las mediciones obtenidas por los sensores, encenderán/apagarán los motores de los ventiladores colocados al inicio del colector y los motores de los extractores al final del cajón de secado.

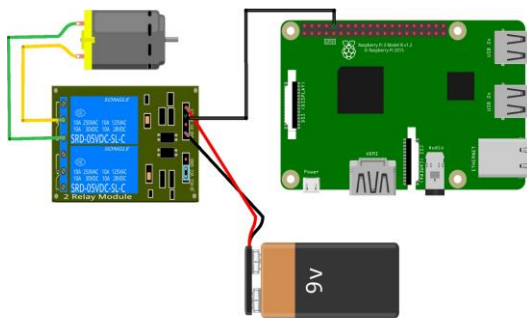


Figura 3 Diagrama de conexión de relevadores y motores de ventilación y extracción de humedad
Fuente: www.google.com

Para la interpretación de los datos obtenidos mediante la conexión de los circuitos ya mencionados, es necesario desarrollar la interface web, que permitirá al usuario manipular e interpretar dicha información, además controlar manualmente el encendido/apagado de los relevadores en caso de que las condiciones climáticas sean extremas.

Desarrollo de Interface web

Primeramente se realizó un análisis para determinar las características del sistema por medio de cómo y quién controlará el deshidratador, teniendo como resultado lo siguiente:

Rol de Administrador: es un tipo de usuario predeterminado que servirá para inicialmente configurar a los usuarios que operaran el deshidratador.

Rol de Cliente: es el perfil de usuario por medio del cual se ingresa al sistema y se muestra el tablero principal de la interface, donde se pueden ver los datos del usuario y cambiar contraseñas, ver las estadísticas de secado de los productos, el monitoreo en tiempo real de secado, así como la opción de configurar de forma manual y automática el deshidratador, establece parámetros de temperatura máxima, temperatura mínima y el alcance máximo de humedad para encender el ventilador de extracción.

En la Figura 4 se pueden observar las funciones dentro del sistema de acuerdo a los roles definidos y las acciones que el deshidratador realizara en función de los parámetros de humedad y temperatura configurados:

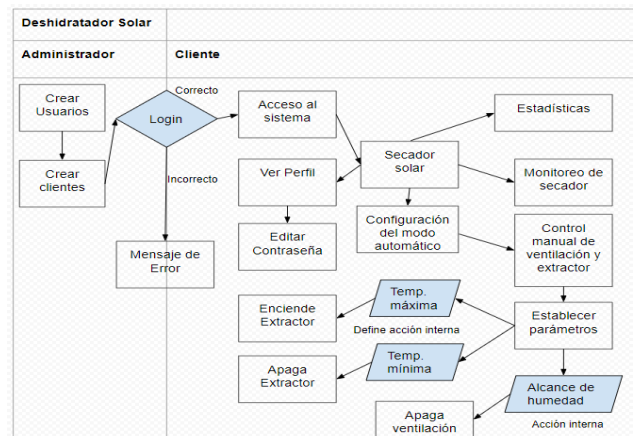


Figura 4 Diagrama de procesos
Fuente: Elaboración Propia

La información generada por el funcionamiento del deshidratador será almacenada en una base de datos dentro de la Raspberry pi, para lo cual es necesaria la implementación de una base de datos con las características que se observan en la Figura 5:

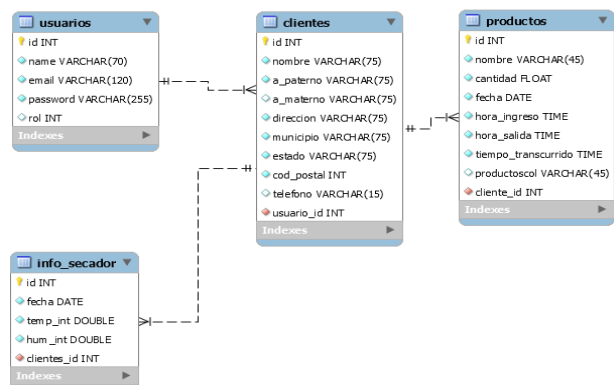


Figura 5 Diagrama de la base de datos

Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo y Descripción de la Interface Web

Para el desarrollo de la interface web, se siguió el patrón MVC (Modelo Vista Controlador), que es un estilo de arquitectura de software que separa la comunicación de los componentes de software (Cortez, 2015), de manera que por un lado se tenga la interfaz de usuario, la cual permite la interacción con el deshidratador, las acciones que el usuario realiza, son tratadas por el controlador, que a su vez se encarga de enviar o solicitar la información de la interfaz a la base de datos de forma bidireccional.

El MVC está presente en el Framework Laravel, el cual está desarrollado en PHP, que es un lenguaje de preprocesador de hipertexto y es orientado a la tecnología web. (Duarte, 2009).

La arquitectura de software completa de la interface web está constituida por un servicio que corre por medio del servidor web Apache, que es de código abierto (GNU/Linux), sobre el que se ejecutan los programas que reciben y envían las peticiones de la interface web y las envían a su vez a la base de datos MySQL, el cual es un motor de gestión de base de datos de código abierto (Morgan, 2012), y sobre el cual son almacenadas las estadísticas recolectadas por los sensores de humedad y temperatura, los datos de los usuarios y de los productos que se van a deshidratar.

Los programas PHP además de lo ya descrito, realizan también una constante comunicación con pequeños programas escritos en Python, un lenguaje de programación interpretado (Van Rossum, 2007), el cual interpreta las señales eléctricas en los sensores y relevadores y las convierte a datos numéricos que describen las condiciones de operación en el deshidratador.

La interfaz web ya integrada, está conformada por las partes que se describe a continuación.

Login: es la pantalla principal del sistema, al momento de ingresar a la URL correspondiente en el navegador web, mostrará un formulario que solicita la información de usuario, como se ve la Figura 6:



Figura 6 Pantalla de inicio de sesión o login

Fuente: Elaboración Propia

En caso de error en la información ingresada desplegará un mensaje de error como se muestra en la Figura 7:

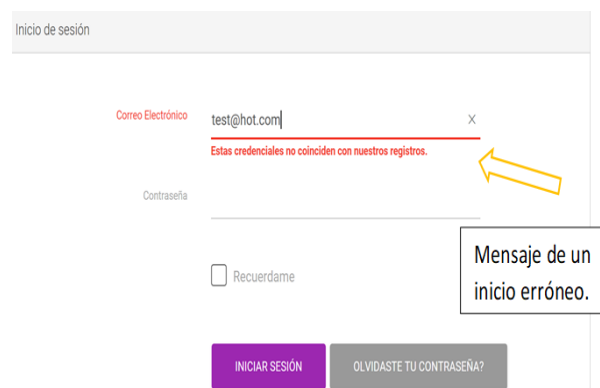


Figura 7 Notificación de error en datos de usuario

Fuente: Elaboración Propia

Tablero principal: muestra la información generada del deshidratador una vez que se ha ingresado correctamente, cuenta con un apartado de administración y la opción de encendido y apagado de los ventiladores y extractores, así como la opción de funcionamiento automático, como se muestra en la Figura 8:

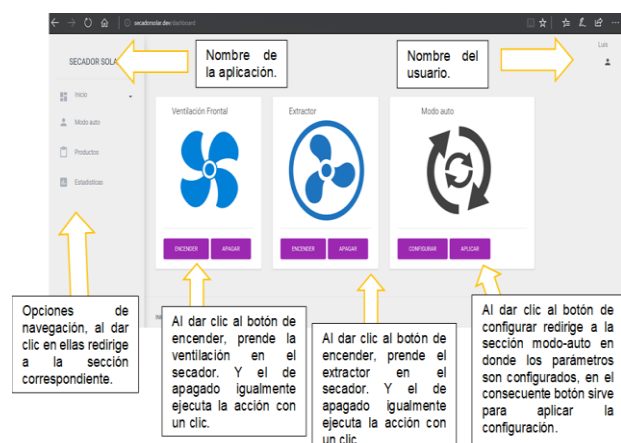


Figura 8 Tablero principal
 Fuente: Elaboración Propia

Administración de usuarios: el siguiente apartador consiste en un módulo para la administración de los usuarios que tendrán acceso al sistema de control, así como el rol con el que contarán, ya sea de administradores o de clientes, como se puede observar en la Figura 9.

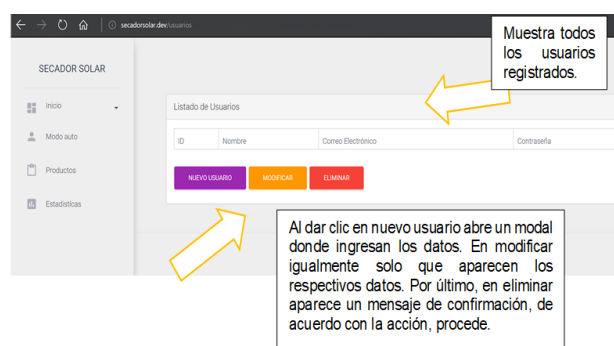


Figura 9 Módulo de administración de usuarios
 Fuente: Elaboración Propia

Administración de productos: en este módulo se registran los valores de temperatura y tiempo necesario para la deshidratación de un producto en particular, de tal manera que cuando se elige el modo de funcionamiento automático, el secador estará encendiendo y apagando los ventiladores y extractores de forma automática, hasta cumplir con el ciclo de secado, de acuerdo a los parámetros del producto, en la Figura 10 se muestra la interface que permite la configuración de parámetros específicos para el producto a deshidratar.

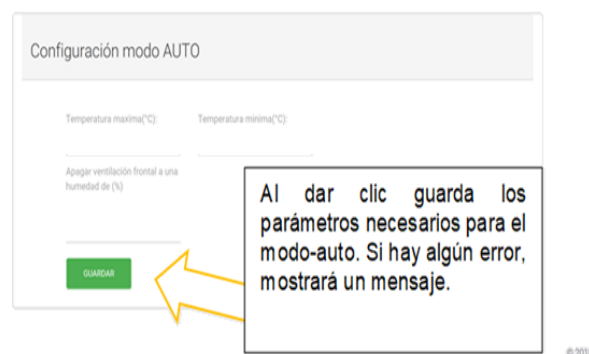


Figura 10 Módulo de administración de productos
 Fuente: Elaboración Propia

Estadística: en este módulo del sistema, el cliente puede observar en tiempo real la humedad y temperatura que se van registrando dentro del secador solar a lo largo del día y de acuerdo a esta información se pueden establecer parámetros estandarizados para los productos y a su vez utilizar esta información para el modo de funcionamiento automático, en la Figura 11 se muestra cómo se despliega la información estadística del deshidratador.



Figura 11 Módulo de estadística
 Fuente: Elaboración Propia

Resultados y conclusiones

Se mejora el proceso de deshidratación de frutas y hortalizas por medio del sistema automatizado propuesto en el presente prototipo, además que por medio del manejo de la información histórica que almacena la base de datos, se puede hacer una estandarización de parámetros de tiempo y temperatura para el secado de productos, lo que a futuro supone optimizar los procesos. Utilizar un deshidratador de este tipo permite conservar las propiedades de los productos deshidratados, lo que da como resultado características superiores a las de un producto deshidratado por medio del uso de procesos químicos e industriales.

El uso de tecnologías abiertas como Raspberry Pi es una tendencia que propicia la iniciativa al desarrollo de nuevas herramientas que mejoren los procesos tradicionales. Considerando también el bajo costo de los materiales que se propone utilizar, es posible crear un modelo que se pueda replicar. Sin embargo es importante mencionar que en el proceso de adaptación de los componentes electrónicos al deshidratador, se presentaron algunos contratiempos, por ejemplo, los ventiladores al no estar diseñados para este uso, durante las pruebas, presentaron corrosión y dejaron de funcionar adecuadamente, de igual manera la Placa PCB y la Raspberry PI se tuvieron que aislar para proteger de las condiciones de la intemperie, de no hacerlo, con el paso del tiempo y por la acumulación de humedad y polvo, seguramente dejaran de funcionar. Dada la información anterior se recomienda, la planeación de un gabinete para uso exterior que proteja los componentes electrónicos, la utilización de ventiladores y extractores, que estén diseñados para soportar las condiciones de sol, humedad y polvo, para así prolongar su vida útil.

En lo que respecta al cableado, se sugiere la utilización de una tubería o canaleta que los sujete para evitar el movimiento y que este produzca falsos contactos o desconexiones, además de dar mejor presentación general al prototipo.

Referencias

- Clayton, K. B. (2017). *Métodos para la conservación de alimentos*. Obtenido de Purdue Extension.
- Condorí, M. E. (2008). *Secador Solar Híbrido. Diseño y Construcción*.
- Cortez, R. (2015). *Virtual model-view-controller design pattern: Extended MVC for service-oriented architecture*. IEEJ Transactions on Electrical & Electronic Engineering.
- De la Escalera, A. &. (2001). *Visión por computador, Fundamentos y Métodos*.
- Duarte, M. P. (2009). *Programación en PHP*.
- García L. E., M. M. (2012). *Diseño y construcción de un deshidratador solar de frutos tropicales*. Bogotá: AVANCES Investigación e Ingeniería.
- Glaría, J. (2001). *Sensores de humedad*. Universidad técnica Federico Santa María.
- Harper, G. E. (1996). *Fundamentos de protección de sistemas eléctricos por relevadores*. Limusa.
- Miñarro, B. Ú. (2009). *Apuntes de: Sistemas Embebidos*. Universidad de Murcia.
- Monk, S. (2015). *Programming the Raspberry pi: getting started with python*. . TAB Electronics.
- Morgan, B. (2012). *Gestión de Bases de Datos*.
- Orduz Navarrete, Y. (2016). *Análisis diseño e implementación de un sistema de informacion para la gestión y mantenimiento de vehículos*.
- Torres, F. (2005). *Repositorio Institucional de la Universidad e Alicante*.
- Van Rossum, G. (2007). *Python Programming Language*. in USENIX Annual Technical Conference.

Dinámica de una Nube de Gotas de Agua para la Generación de Energía Eléctrica

Dynamics of a Cloud of Drops of Water for the Generation of Electric Energy

MAY-LEÓN, Gloria†*, GUIDO-ALDANA, Pedro Antonio, HERNÁNDEZ-CRUZ, Guillermo y RAMOS-MORA, Eduardo

Universidad Nacional Autónoma de México

ID 1^{er} Autor: *Gloria, May-León/ ORC ID: 0000-0002-0956-9098, Researcher ID Thomson: G-7892-2018, arXiv Author ID: Gloria#1, CVU CONACYT ID: 229560*

ID 1^{er} Coautor: *Pedro Antonio, Guido-Aldana*

ID 2^{do} Coautor: *Guillermo, Hernández-Cruz*

ID 3^{er} Coautor: *Eduardo, Ramos-Mora*

Recibido 19 de Julio, 2018; Aceptado 14 de Septiembre, 2018

Resumen

En este trabajo se considera la dinámica de nubes de gotas de agua en confinamiento, con el interés de contribuir al entendimiento de algunos procesos físicos que ocurren en las Torres de Energía. El estudio incluye el análisis de la dinámica de una nube de gotas creada artificialmente. En principio, nuestros resultados ofrecerían información útil para hacer un mejor diseño de Torres de Energía. Las pequeñas gotas de agua se mezclan formando una nube de gotas en confinamiento, el proceso es semejante a escalas más pequeñas de arrastre y mezcla de nubes reales. La técnica óptica de Velocimetría por Imágenes de Partículas (PIV) es aplicada a las imágenes que se obtienen de los experimentos en el laboratorio, para investigar la dinámica del proceso en escalas de mm. Dos componentes de velocidad horizontal y vertical recuperados en el procesamiento de imágenes, indican anisotropía de movimientos turbulentos a pequeña escala, con dirección preferida en la vertical cuando se está en la variante 1, y en la horizontal cuando es la variante 2. Estos resultados también comprueban que el efecto de la pared cilíndrica sobre la dinámica del flujo turbulento en la nube de gotas, es la restricción de la componente vertical.

Micro-escala de Taylor, Nube de gotas de agua, Torres de energía

Abstract

In this work, the dynamics of water droplet clouds in confinement is considered, with the interest of contributing to the understanding of some physical processes that occur in Energy Towers. The study includes the analysis of the dynamics of an artificially created cloud of drops. In principle, our results would offer useful information to make a better design of Energy Towers. The small drops of water are mixed forming a cloud of confining droplets, the process is similar to smaller scales of entrainment and mixing of real clouds. The optical technique of Particle Imaging Velocimetry (PIV) is applied to the images obtained from the experiments in the laboratory, to investigate the dynamics of the process in mm scales. Two components of horizontal and vertical velocity recovered in the image processing indicate anisotropy of small-scale turbulent movements, with preferred direction in the vertical when in the variant 1, and in the horizontal when it is the variant 2. These results also they verify that the effect of the cylindrical wall on the dynamics of the turbulent flow in the cloud of drops, is the restriction of the vertical component.

Cloud of water droplets, Energy towers, Taylor micro-scale

Citación: MAY-LEÓN, Gloria, GUIDO-ALDANA, Pedro Antonio, HERNÁNDEZ-CRUZ, Guillermo y RAMOS-MORA, Eduardo. Dinámica de una Nube de Gotas de Agua para la Generación de Energía Eléctrica. Revista de Ingeniería Innovativa 2018, 2-7: 8-13

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gloria.mlg@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las interacciones entre la turbulencia de las nubes y la microfísica revelan un crecimiento de atención en los últimos años. En efecto las velocidades turbulentas y aceleraciones en la distribución espacial de la nube de gotas, así como su influencia en la mezcla turbulenta de la nube y el medio ambiente en la evolución del espectro de las gotas aún no se conocen bien (see e.g. review papers by Pinski and Khain, 1997; Vaillancourt and Yau, 2000; Shaw, 2003). La investigación experimental en esta área es principalmente enfocada a la microfísica de la nube de gotas, con vista adecuada en la información de la turbulencia en nubes a pequeña escala. En consecuencia, los estudios de las interacciones turbulentas de las nubes de gotas tienen su origen en el uso de simulaciones numéricas directas (DNS) del campo de velocidad turbulenta en el flujo idealizado, con el uso de modelos estadísticos de fluctuaciones turbulentas (Koziol and Leighton, 1996; Shaw et al., 1998; Vaillancourt et al., 2001,2002; Falkovich and Pumir, 2004). Otros autores utilizan modelos estadísticos de turbulencia para investigar el agrupamiento de gotas y procesos de colisión-coalescencia (Pinsky et al., 2000; Jeffery, 2001). Mientras que los argumentos de escala se utilizan para investigar la posible influencia de turbulencia en la microfísica (Grabowski and Vaillancourt, 1999).

Hablar de anisotropía es cuando se produce cualquier cambio de escala de una figura o un cuerpo, por ejemplo los filamentos que se muestran en los campos vectoriales. Esta anisotropía se atribuye a la producción de energía cinética turbulenta por fuerzas de boyancia (fuerza de empuje), debido al enfriamiento de la evaporación de las gotas y la interfaz de aire (Malinowski et al., 2008; Korczyk et al., 2006).

La presente investigación considera la dinámica de una nube de gotas de agua en confinamiento, con el interés de contribuir al entendimiento de algunos procesos físicos que ocurren en las Torres de Energía. El estudio incluye el análisis de la dinámica de una nube de gotas creada artificialmente.

Una Torre de Energía es una planta o central eléctrica de energías renovables para generar energía eléctrica.

Una Torre de Energía consta de tres componentes: una torre, una bomba de agua y una turbina localizada en el fondo de la torre. En el interior de una torre de energía se genera un proceso convectivo natural, el cual consiste en lo siguiente: El agua es bombeada para introducirla por la parte superior de la torre, donde un sistema crea un rocío, la temperatura en esta zona de la torre es superior a la externa, provocando la evaporación de las pequeñas gotas de agua. Como consecuencia el aire seco caliente que se encuentra en la parte superior de la torre se enfría, al tiempo que se incrementa su densidad, lo que ocasiona su rápido descenso, haciendo entrar en operación las turbinas que se encuentran localizadas en la base interior de la torre (Figura 1). Y con ayuda de un generador se produce electricidad teniéndose un sistema de generación de energías renovables (Bauer and Gasser, 2012; Altmann et al., 2005; Altmann et al., 2008; Zaslavsky, 2006).

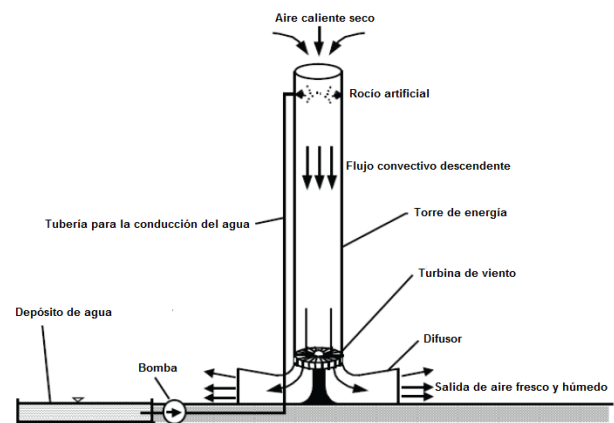


Figura 1 Componentes y proceso operativo de una Torre de Energía

Fuente: Bauer and Gasser, 2012

En la siguiente sección presentamos el sistema experimental que se tiene actualmente, donde aplicamos la técnica óptica de Velocimetría por Imágenes de Partículas en 2D (PIV-2D). Y posterior a esta sección investigamos cuantitativamente el movimiento anisotrópico en la nube de gotas a pequeña escala. En otras secciones tenemos conclusiones, aplicación, agradecimientos y finalizamos con las referencias bibliográficas.

Experimento y metodología

Los experimentos se realizan en una estructura cilíndrica de acrílico con dimensiones de 45 cm de longitud, y 20 cm de diámetro (Figura 2). En la parte superior de este cilindro se encuentra una caja de acrílico de dimensiones 60x50 cm de base y 42 cm de altura. A esta caja de acrílico están conectados 4 tanques (humidificadores) con capacidad de 3.5 litros cada uno. En esta caja es donde se genera la nube de gotas que cae por efecto de gravedad en el interior del cilindro. Es aquí en el interior de la estructura cilíndrica donde se desarrolla el flujo turbulento que queremos analizar. La nube de gotas cae suavemente en el cilindro, y es donde se ilumina una región para ser analizada, utilizando un láser de helio-neón ó láser HeNe continuo, con longitud de onda de 633 nm y luz visible de color rojo, además con potencia de 20 mW, y que acoplado con lentes cilíndricas permite generar una hoja de luz de unos 15 cm de altura, mientras que una cámara de video marca Sony NP-F330 Handycam, con sensor CCD-TRV87 y pantalla LCD de 2.5 pulgadas en la diagonal se coloca en sentido perpendicular a la hoja de luz, capturando en un video lo que ocurre en esa zona de análisis, de este modo se recuperan hasta 7,200 imágenes de 640 x 480 píxeles con 24 bits en 4 minutos mediante software.

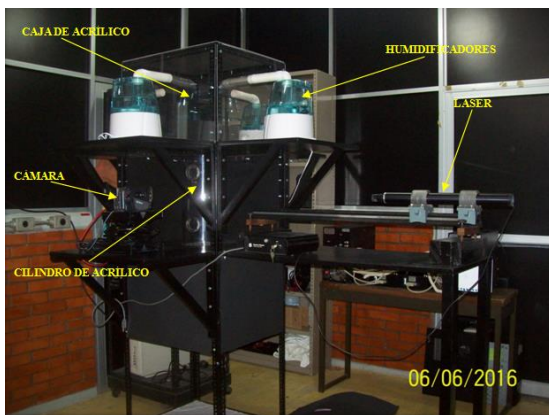


Figura 2 Sistema experimental
Fuente: Elaboración Propia

A partir de la adquisición de imágenes y un intervalo de tiempo entre imágenes consecutivas, se determina el campo instantáneo de velocidades en el plano del fluido, a través del procesamiento de imágenes mediante correlación cruzada (Figura 3).

A esta técnica se le conoce como Velocimetría por Imágenes de Partículas (PIV) (Raffel et al., 1998; Raffel et al., 2007; Adrian, 1991).

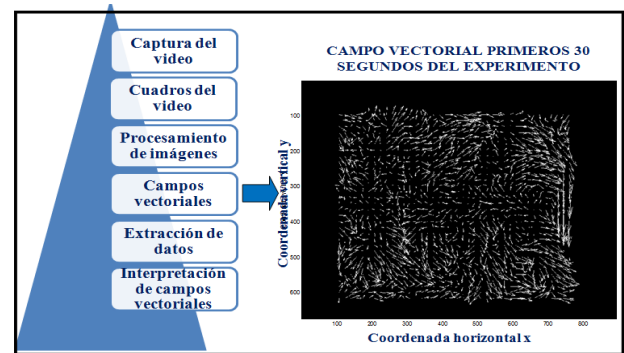


Figura 3 Metodología experimental
Fuente: Elaboración Propia

Resultados y discusión

Consideremos las siguientes expresiones matemáticas y su interpretación física:

$$u' = u - \bar{u} \quad v' = v - \bar{v} \quad (1)$$

Son velocidades turbulentas a las que les hemos quitado las velocidades de las estructuras grandes (vórtices grandes) (Tennekes and Lumley, 1999; Davidson, 2015; Korczyk et al., 2006).

Donde:

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i \quad \bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (2)$$

Son los promedios de las velocidades horizontales y verticales obtenidas del procesamiento de imágenes. Luego tenemos la micro-escala de Taylor horizontal y vertical respectivamente (Andrejczuk et al., 2004):

$$\lambda_u = \frac{\langle (u')^2 \rangle^{1/2}}{\langle (\partial u' / \partial x)^2 \rangle^{1/2}} \quad \lambda_v = \frac{\langle (v')^2 \rangle^{1/2}}{\langle (\partial v' / \partial y)^2 \rangle^{1/2}} \quad (3)$$

Donde: $\langle \rangle$ indica promedio aritmético, y las derivadas se obtienen de la ecuación punto-pendiente: $u'_2 - u'_1 = m(x_2 - x_1)$. Estos términos nos permitirán calcular el número de Reynolds en esa escala. La siguiente ecuación es la energía cinética:

$$E = \frac{1}{2} [2\overline{(u')^2} + \overline{(v')^2}] \quad (4)$$

Donde: $\bar{\quad}$ indica promedio aritmético. Es la energía cinética turbulenta, debido al movimiento de la nube de gotas, cuando la anisotropía está preferida con dirección en la vertical (Korczyk et al., 2006).

Pero si la anisotropía está preferida con dirección en la horizontal usamos la ecuación (5), asumiendo una isotropía en la vertical:

$$E = \frac{1}{2} [(\overline{u'})^2 + 2(\overline{v'})^2] \quad (5)$$

La expresión matemática que a continuación se presenta es la enstrofía:

$$\Omega = \frac{3}{2} \overline{\omega^2} \quad (6)$$

Omega se conoce como enstrofía, y está en función de la vorticidad, es la cantidad directamente relacionada a la energía cinética en el modelo del flujo que corresponde a efectos de disipación en el fluido (Korczyk et al., 2006). Finalmente expresamos el número de Reynolds como:

$$Re_\lambda = \frac{E}{\nu} \left(\frac{10}{3\Omega} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Donde: $\nu = 1.60 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ es la viscosidad cinemática del aire para una temperatura de 30°C. El número de Reynolds de la micro-escala de Taylor puede interpretarse como la relación del tiempo del remolino (vórtice) más grande en esa escala (Tennekes and Lumley, 1999; Davidson, 2015; Korczyk et al., 2006).

Considerando experimentos de 4 minutos en una región de análisis aislada, tenemos dos variantes:

Variante 1. Sin cilindro: En un primer estudio se hizo el análisis de las propiedades del flujo turbulento en la nube de gotas prescindiendo de la pared cilíndrica. Los resultados de este análisis se comparan con resultados publicados por Korczyk et al., 2006. (Tabla 1).

No. Escena	$\overline{(u')^2}$ [m ² /s ²]	$\overline{(v')^2}$ [m ² /s ²]	E [m ² /s ²]	Ω [1/s ²]	Re_λ	λ_u, λ_v [m]
1	3.4311e-07	4.2504e-07	5.5563e-07	9.4721e-07	65.1449	0.0027 0.0030
2	3.4552e-07	4.1974e-07	5.5538e-07	9.2430e-07	65.9183	0.0027 0.0030
3	3.2977e-07	3.6485e-07	5.1220e-07	9.6312e-07	59.5547	0.0027 0.0028
4	3.7997e-07	3.6628e-07	5.5626e-07	9.5975e-07	64.7920	0.0029 0.0028
5	3.1100e-07	4.2421e-07	5.2311e-07	8.6384e-07	64.2238	0.0027 0.0031
6	3.7222e-07	4.0944e-07	5.7694e-07	9.6460e-07	67.0309	0.0029 0.0030
7	3.4117e-07	3.7906e-07	5.3070e-07	1.0101e-06	60.2553	0.0028 0.0029
8	3.0353e-07	3.5926e-07	4.8316e-07	9.1153e-07	57.7465	0.0026 0.0028
Promedio	3.4079e-07	3.9349e-07	5.3667e-07	9.4306e-07	63.0833	0.0027 0.0029

Tabla 1 Propiedades del flujo turbulento observado sin la pared cilíndrica

Fuente: *Elaboración Propia*

7 de 8 escenas en las que $\overline{(v')^2} > \overline{(u')^2}$ y $\lambda_v > \lambda_u$. Por lo tanto la anisotropía está preferida con dirección en la vertical. Estos resultados son muy parecidos a los del análisis de Korczyk et al., 2006 donde 16 de 21 escenas cumplen con esta relación. Esto nos da confianza para hacer este estudio con nuestros propios resultados experimentales en la estructura cilíndrica.

Variante 2. Con cilindro: Subsecuentemente, se repitió el análisis anterior colocando el confinamiento cilíndrico para determinar el efecto de las paredes sobre la dinámica del flujo turbulento en la nube. Y con nuestros experimentos de campos vectoriales, caracterizar la dinámica de una nube de gotas en el interior de una estructura cilíndrica (Tabla 2).

No. Escena	$\overline{(u')^2}$ [m ² /s ²]	$\overline{(v')^2}$ [m ² /s ²]	E [m ² /s ²]	Ω [1/s ²]	Re_λ	λ_u, λ_v [m]
1	3.4240e-07	2.5379e-07	4.2499e-07	4.5727e-07	71.7155	0.0028 0.0024
2	3.1784e-07	2.6563e-07	4.2455e-07	4.8280e-07	69.7219	0.0027 0.0024
3	2.9830e-07	2.2919e-07	3.7834e-07	4.7046e-07	62.9428	0.0026 0.0023
4	2.9523e-07	2.5081e-07	3.9843e-07	4.8034e-07	65.5990	0.0026 0.0024
5	3.1271e-07	2.5074e-07	4.0710e-07	5.0314e-07	65.4902	0.0027 0.0024
6	2.5878e-07	2.4309e-07	3.7248e-07	4.9673e-07	60.3072	0.0025 0.0023
7	2.7602e-07	1.6396e-07	3.0197e-07	4.6937e-07	50.2956	0.0026 0.0019
8	3.3592e-07	2.8843e-07	4.5638e-07	4.8608e-07	74.6961	0.0028 0.0025
Promedio	3.0465e-07	2.4320e-07	3.9553e-07	4.8077e-07	65.0960	0.0027 0.0023

Tabla 2 Propiedades del flujo turbulento observado con la pared cilíndrica

Fuente: *Elaboración Propia*

8 de 8 escenas en las que $\overline{(u')^2} > \overline{(v')^2}$ y $\lambda_u > \lambda_v$. Por lo tanto la anisotropía está preferida con dirección en la horizontal. Este resultado es inverso al que tenemos en la variante 1, posiblemente se debe a que ahora tenemos menos cantidad de energía cinética (menos movimiento de la nube de gotas), en consecuencia menos disipación de energía y como los promedios de las velocidades turbulentas al cuadrado son mayor en la horizontal que en la vertical, entonces el movimiento en la componente vertical se está restringiendo y posiblemente se deba a las paredes del cilindro.

Nótese además que en ambas variantes, los promedios de la micro-escala de Taylor en la horizontal son iguales, mientras que en la vertical disminuye al colocar la pared cilíndrica, esto significa que el efecto de la pared cilíndrica sobre la dinámica del flujo turbulento en la nube de gotas, es la restricción de la componente vertical.

Conclusiones

Nuestro estudio demuestra la posibilidad de utilizar PIV para el análisis cuantitativo de nubes de gotas, ya que muestra visualmente las características de campos de velocidad a pequeñas escalas dentro de los filamentos.

El análisis del campo de velocidad confirma anisotropía de las velocidades turbulentas a pequeñas escalas en regiones de arrastre y mezcla de nubes de gotas. Esto puede ser importante para entender la colisión-coalescencia de las gotas y otros procesos micro-físicos de nubes.

El análisis presentado es válido para movimientos turbulentos a pequeñas escalas. Por otra parte el estudio presentado es único, en el sentido de que la información experimental que se obtiene es a pequeñas escalas de turbulencia en una estructura cilíndrica.

Los resultados de laboratorio en los estudios de campos vectoriales, indican que la turbulencia que se genera por mezcla de nubes de gotas a pequeñas escalas es altamente anisotrópico, esto debido a fluctuaciones de velocidad.

Actualmente trabajamos el efecto de evaporación, tamaño y concentración de gotas en la nube al interior de la pared cilíndrica.

Aplicación

Es de interés aplicar esta investigación al proceso operativo que ocurre en el interior de una Torre de Energía. En principio estamos entendiendo algunos procesos físicos, como saber que la forma cilíndrica de estas estructuras restringen el movimiento en la componente vertical, situación que se asocia al movimiento turbulento en la componente horizontal. Esto significa que debe existir una fuerza de empuje que evite restringir de alguna manera el movimiento vertical. Suponemos que esta fuerza debe originarse por un cambio de temperatura, por lo tanto estamos trabajando en el efecto de calentamiento y evaporación de la nube de gotas. El objetivo futuro de la investigación es ofrecer información útil para hacer un mejor diseño de Torres de Energía.

Agradecimientos

Al Instituto de Energías Renovables IER-UNAM por el acceso al laboratorio de transferencia de energía y masa para realizar la presente investigación.

A la Coordinación de Estudios de Posgrado de la UNAM y a la Coordinación de Posgrado del IMTA por el apoyo para asistir al 3er Congreso Interdisciplinario - CIER. A CIER por la invitación.

Referencias

- Adrian, R. J., (1991). Particle-imaging techniques for experimental fluid mechanics. *Ann. Rev. Fluid Mech.*, 23, 262-304.
- Altmann, T., Carmel, C., Guetta, R., Zaslavsky, D. and Doytsher, Y., (2005). Assessment of an "Energy Tower" potential in Australia using a mathematical model and GIS, *Solar Energy*, 78, pp. 799–808.
- Altmann, T., Zaslavsky, D., Guetta, R. and Czisch, G., (2008). Evaluation of the Potential of Electricity Production by Using Technology of "Energy Towers," Technical report, Technion - Israel Institute of Technology, Haifa, and University of Kassel, Germany.

- Andrejczuk, M., Grabowski, W.W., Malinowski, S.P., Smolarkiewicz, P.K., (2004). Numerical simulation of cloud-clear air interfacial mixing. *J. Atmos. Sci.* 61, 1726–1739.
- Bauer, M. and Gasser, I., (2012). Modeling, asymptotic analysis, and simulation of an energy tower; Society for industrial and applied mathematics, Vol. 72, No.1, pp. 362-381.
- Davidson, P.A., (2015). *Turbulence: An Introduction for Scientists and Engineers*, 2nd Edition., published in the United States of America by Oxford University Press.
- Falkovich, G., Pumir, A., (2004). Intermittent distribution of heavy particles in a turbulent flow. *Phys. Fluids* 16, L47–L50.
- Grabowski, W.W., Vaillancourt, P.A., (1999). Comments on “preferential concentration of cloud droplets by turbulence: effects on the early evolution of cumulus cloud droplet spectra”. *J. Atmos. Sci.* 56, 1433–1436.
- Jeffery, C.A., (2001). Investigating the small-scale structure of clouds using the δ -correlated closure: effect of particle inertia, condensation/evaporation and intermittency. *Atmos. Res.* 59–60, 199–215.
- Korczyk, P., Malinowski, S. P. and Kowalewski, T. A., (2006). Mixing of cloud and clear air in centimeter scales observed in laboratory by means of Particle Image Velocimetry. Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland.
- Koziol, A.S., Leighton, H.G., (1996). The effect of turbulence on the collision rates of small cloud drops. *J. Atmos. Sci.* 53, 1910–1920.
- Malinowski, S. P., Andrejczuk, M., Grabowski, W. W., Korczyk, P., Kowalewski, T. A. and Smolarkiewicz, P. K., (2008). Laboratory and modeling studies of cloud-clear air interfacial mixing: anisotropy of small-scale turbulence due to evaporative cooling. Institute of Geophysics, University of Warsaw, Pasteura 7, 02-093 Warsaw, Poland; *New Journal of Physics* 10, 075020 (15pp).
- Pinsky, M.A., Khain, A.P., Shapiro, M., (2000). Stochastic effects of cloud droplet hydrodynamic interaction in a turbulent flow. *Atmos. Res.* 53, 131–169.
- Pinsky, M.B., Khain, A.P., (1997). Turbulence effects on droplet growth and size distribution in clouds—a review. *J. Aerosol Sci.* 28, 1177–1214.
- Raffel, M., Willert, C. E. and Kompenhans, J. (1998). *Particle Image Velocimetry*. Ed. Springer.
- Raffel, M., Willert, C. E. and Kompenhans, J. (2007). *Particle Image Velocimetry*. Ed. Springer.
- Shaw, R.A., (2003). Particle-turbulence interactions in atmospheric clouds. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 35, 183–227.
- Shaw, R.A., Reade, W.C., Collins, L.R., Verlinde, J., (1998). Preferential concentration of cloud droplets by turbulence: Effects on the early evolution of cumulus cloud droplet spectra. *J. Atmos. Sci.* 55, 1965–1976.
- Tennekes, H. and Lumley, J.L., (1999). *A First Course in Turbulence*, First Edition., in the United States of America.
- Vaillancourt, P.A., Yau, M.K., (2000). Review of particle-turbulence interactions and consequences for cloud physics. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 81, 285–298.
- Vaillancourt, P.A., Yau, M.K., Bartello, P., Grabowski, W.W., (2002). Microscopic approach to cloud droplet growth by condensation: Part II. Turbulence, clustering, and condensational growth. *J. Atmos. Sci.* 59, 3421–3435.
- Vaillancourt, P.A., Yau, M.K., Grabowski, W.W., (2001). Microscopic approach to cloud droplet growth by condensation. Part I: model description and results without turbulence. *J. Atmos. Sci.* 58, 1945–1964.
- Zaslavsky, D. (2006). Energy Towers, *Physica Plus*, 7; available online at <http://physicaplus.org/il/zope/home/en/1124811264/1137833043.en>.

Biodegradación de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de lavado de un suelo contaminado con diésel utilizando bioestimulación, lodos activados y gallinaza

Biodegradation of the total petroleum hydrocarbons in wash water from a diesel-contaminated soil using biostimulation, activated sludges and poultry manure

VACA-MIER, Mabel*†, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo, TERRES-PEÑA, Hilario y LIZARDI-RAMOS, Arturo

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

ID 1^{er} Autor: *Mabel, Vaca-Mier*/ ORC ID: 0000-0002-1341-7863, CVU CONACYT ID: 12369

ID 1^{er} Coautor: *Raymundo, López-Callejas*/ ORC ID: 0000-0001-9415-3435, CVU CONACYT ID: 213601

ID 2^{do} Coautor: *Hilario, Terres-Peña*/ ORC ID: 0000-0001-7996-5734, CVU CONACYT ID: 98093

ID 3^{er} Coautor: *Arturo, Lizardi-Ramos*

Recibido 13 de Julio, 2018; Aceptado 19 de Septiembre, 2018

Resumen

Se estudió la degradación de los hidrocarburos totales del petróleo (HTP) en el agua de lavado de un suelo contaminado con diésel e intemperizado, empleando: bioestimulación (aireación), lodos activados y lodos activados con gallinaza en reactores aireados por lotes a escala laboratorio, que se operaron durante 15 días. El agua problema con 1,100 mg/L de HTP y una DQO de 1,875 mg/L, se obtuvo del lavado del suelo contaminado, aplicando una solución de goma guar al 0.5%. Los lodos activados se acondicionaron previamente con goma guar y HTP en concentraciones que se incrementaron gradualmente hasta 1000 mg/L. La gallinaza se agregó directamente en 3.5% m/v a un reactor con lodos activados acondicionados. En todos los reactores se mantuvo una relación C:N:P de 100:4:0.5. Después de 15 días en el reactor con aireación, se observó una máxima remoción del 53% de HTP y 47% de DQO, debido a que este proceso bioestimuló a los microorganismos autóctonos hidrocarbonoclastas provenientes del suelo intemperizado. Para el reactor de lodos activados acondicionados la reducción fue de 78% de HTP y 61% de DQO. En aquél con gallinaza se obtuvieron eficiencias de 98.6% de reducción de HTP y 79% de DQO, mismas que se alcanzaron desde el día 3 del experimento.

Hidrocarburos totales del petróleo (HTP), Bioestimulación, Lodos activados, gallinaza.

Abstract

We studied the degradation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in water from washing of a diesel-contaminated and weathered soil, through: bio-stimulation (aeration), activated sludges, and activated sludges with added poultry manure in aerated laboratory-scale batch reactors, which were operated for 15 days. The problem water with 1,100 mg/L of TPH and 1,875 mg/L COD was obtained from the washing of the contaminated soil, applying a 0.5% solution of guar gum. The activated sludges were conditioned with TPH in concentrations that were gradually increased up to 1000 mg/L. The manure was directly added in a 3.5% m/v ratio to a reactor with TPH-conditioned activated sludges. A C:N:P ratio of 100:4 P: 0.5 was kept in all the reactors. For the aerated reactor, a maximum 53% of TPH and 47% of COD removals was observed, because this process bio-stimulated the hydrocarbonoclast indigenous microorganisms from the weathered soil. For the reactor with conditioned activated sludges the reductions were 78% of TPH and 61% of COD. And those for the reactor with added chicken manure were 98.6% reduction of TPH and 79% of COD, which were reached from the 3rd day of the experiment.

Total petroleum hydrocarbons, Bio-stimulation, activated sludges, Poultry manure

Citación VACA-MIER, Mabel, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo, TERRES-PEÑA, Hilario y LIZARDI-RAMOS, Arturo. Biodegradación de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de lavado de un suelo contaminado con diésel utilizando bioestimulación, lodos activados y gallinaza. Revista de Ingeniería Innovativa 2018. 2-7:14-20

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mvm@azc.uam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Una técnica efectiva para tratar suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo es el lavado de suelos (Mao *et al.*, 2015, Trellu *et al.*, 2016). Sin embargo, este proceso de remediación implica la contaminación de otro medio, el acuoso. El proceso, usualmente *ex-situ*, consiste extraer los contaminantes aplicando una corriente de agua y coadyuvantes de lavado, como surfactantes aniónicos o no iónicos, que pueden ser sintéticos o de origen natural (Mulligan *et al.*, 2001, Mao *et al.*, 2015); la solución resultante, con los detergentes e hidrocarburos desorbidos del suelo, debe ser tratada para recuperar el agua.

Una alternativa técnica y económicamente atractiva para la degradación de hidrocarburos y surfactantes, contaminantes de naturaleza orgánica en la solución de lavado, es el empleo de un proceso biológico que garantice su mineralización.

Se ha reportado la presencia de bacterias hidrocbonoclastas en los lodos activados, que es el proceso biológico de tratamiento de mayor uso, sugiriendo que su crecimiento debe ser promovido por estimulación y acondicionamiento con nutrientes (Sivakumar *et al.*, 2015). Además, la adición de nitrógeno, principal nutriente requerido, puede llevarse a cabo de manera económica mediante el empleo de gallinaza (excremento seco de aves de corral) (Nahm, 2003). Esta es una oportunidad para revalorizar a la gallinaza, ya que es considerada como un residuo de manejo especial de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 (DOF, 2013)

En los suelos contaminados con hidrocarburos, que han sido intemperizados, como es el caso del suelo empleado en este estudio, son muy comunes la sobrevivencia y el desarrollo selectivo de consorcios bacterianos con capacidad de degradación de los hidrocarburos (Geetha *et al.*, 2013, Jiang *et al.*, 2016). Entre los géneros que sobreviven a las condiciones posteriores a los derrames y que muestran capacidades degradadoras de hidrocarburos se encuentran *Bacillus spp.*, *Corynebacterium spp.*, *Flavobacterium spp.*, *Pseudomonas spp.* y *Micrococcus spp.*

Se ha demostrado la reactivación de la actividad degradadora de los microorganismos estimulándola al añadir nutrientes, en particular nitrógeno y fósforo, los cuales pueden provenir de residuos orgánicos de origen natural como residuos agrícolas de soya, arroz y maíz, huesos y harina de pescado y excremento fermentado de ganado porcino, vacuno o aviar (p. e. Lazzari y Baldisserotto, 2008; Lindsey *et al.*, 2013). Se tiene identificada a la gallinaza como una fuente adecuada de N (Fallgren y Jin, 2008), pues llega a contener hasta 8.1% de N total, 5.8 % de N inorgánico y su relación C:N suele ser de 4:4 (Charest y Beauchamp, 2001). Más aún, algunos autores han aislado bacterias del género *Pseudomonas spp.* (que son hidrocbonoclastas probadas) a partir de la gallinaza (Akinde y Obire, 2008). Así, en este estudio se analizó la degradación de los hidrocarburos totales del petróleo (HTP) en el agua de lavado de un suelo contaminado con diésel e intemperizado, utilizando tres diferentes procesos: bioestimulación generada por aireación y adición de nutrientes, lodos activados previamente acondicionados a la degradación de diésel y lodos activados acondicionados más la adición de gallinaza, en reactores aireados por lotes a escala de laboratorio y que se operaron durante 15 días.

Metodología

El agua problema se obtuvo del lavado del suelo contaminado con diésel, aplicando una solución de goma guar al 0.5% (m/v) (Vaca-Mier *et al.*, 2017), en una relación suelo:solución de 1:3 (m/v), a 8 kilogramos de suelo contaminado en un recipiente con agitación magnética durante 30 minutos y posterior decantación. Se cuantificaron la demanda química de oxígeno (DQO) y los contenidos de nitrógeno y fósforo. Para cuantificar el nitrógeno total se utilizó el método Kjeldahl, se incluyó la cuantificación de nitratos y el fósforo se determinó por el método de cloruro estanoso (APHA, AWWA, WEF, 1995). La concentración de HTP se cuantificó aplicando el método EPA 8015B (U.S.EPA, 2003), con un cromatógrafo de gases VARIAN 3300, con detector de ionización de flama con columna capilar Agilent DB-Petro (0.25 mm, 100 m).

Considerando que el suelo contaminado había sido intemperizado por más de un año, también se obtuvo la concentración de unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias hidrocarbonoclastas, empleando el método de siembra en placa de bacterias heterótrofas, por triplicado, en agar bacteriológico y medio basal (Alef y Nannipieri, 1995). Secuencialmente se cuantificaron las bacterias del género *Pseudomonas spp.*, con agar FLO por vaciado en placa (Suthersan, 2002).

Se acondicionó un inóculo de lodos activados para el montaje de los reactores experimentales. Los lodos activados se obtuvieron del concentrado del clarificador secundario de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas cercana a la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Los lodos activados, que tenían una concentración promedio de 3,840 mg/L de sólidos suspendidos volátiles (SSV), fueron acondicionados con alícuotas de diésel equivalentes a 200 mg/L de HTP que se incrementaron gradualmente cada 48 horas en un periodo de diez días hasta alcanzar una concentración de 1000 mg/L de HTP. Así mismo se aplicó goma guar al 0.5% (v/v) como tensoactivo para contrarrestar la baja biodisponibilidad de los hidrocarburos del diésel por sus propiedades hidrofóbicas (Zdarta *et al.*, 2016). Se airearon durante 5 días más previos al montaje de los reactores. Diariamente se monitoreó la viabilidad de los microorganismos a través de observaciones al microscopio. Al décimo día se cuantificaron los SSV, el contenido residual de HTP, las unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias hidrocarbonoclastas y las bacterias del género *Pseudomonas spp.*

La gallinaza seca fue adquirida en un mercado local. Se llevó a cabo la cuantificación del contenido de N orgánico aplicando el método AS-25 de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002), el C orgánico usando el método AS-07 y el fósforo por el método AS-26 de la misma norma. De una muestra humedecida y con 24 horas de reposo a 25 °C se obtuvo el contenido de bacterias heterótrofas y *Pseudomonas spp.*, por los métodos ya citados.

Se llevaron a cabo tres experimentos en reactores por lote (batch) por triplicado. Los reactores de vidrio con una capacidad de 2 litros cada uno, poseían tapa hermética con tres entradas, por un orificio pasaba la línea de aireación, otro funcionaba como la salida de los gases producidos y el tercer orificio se utilizó para la toma de muestras. El primer experimento consistió únicamente en la bioestimulación del agua de lavado del suelo contaminado con goma guar, con aireación solamente, verificando que cada reactor tuviera al menos una relación C:N:P de 100:4:0.5 (Metcalf & Eddy, Inc., 2003), empleando sólo una solución de NH_3SO_4 1 N. En estos reactores no se usó gallinaza como fuente de nitrógeno para poder observar la posible actividad biodegradativa de las bacterias endógenas del suelo.

El segundo experimento se realizó utilizando los lodos activados acondicionados con diésel en una proporción de 1:5 (v/v) y la relación C:N:P de 100:4:0.5 también se ajustó adicionando NH_3SO_4 1 N.

Para observar la influencia de la gallinaza en el proceso, ésta se agregó directamente en una proporción de 3.5% (m/v) a reactores con lodos activados acondicionados donde también se trató el agua de lavado en una proporción de 1:5 (v/v). Todos los reactores fueron aireados aplicando burbujeo de aire comprimido de la línea, procurando mantener al menos 2 mg/L de O_2 disuelto, durante 15 días. El contenido inicial de cada reactor se caracterizó determinando la DQO, los SSV, las unidades formadoras de colonias, la turbiedad, el pH y la concentración de HTP.

Resultados y discusión

La caracterización del agua problema que se obtuvo del lavado del suelo contaminado con diésel se presenta en la Tabla 1. El agua presentaba un contenido promedio de 1100 mg/L de HTP y 1870 mg/L de DQO, en general son concentraciones que un tratamiento biológico puede aceptar, aunque se sabe que la presencia de hidrocarburos puede ocasionar alteraciones y muy bajas eficiencias en dichos tratamientos (Rahman *et al.*, 2002). Estos parámetros fueron elegidos para seguir el proceso de degradación.

Se observó un contenido adecuado de P aunque el de N era relativamente bajo; éste fue incrementado para satisfacer la condición mínima de C:N:P de 100:4:0.5.

Parámetro	Resultado $\pm \sigma_{n-1}$
Hidrocarburos totales del petróleo (HTP), mg/L	1100 \pm 89
Demanda química de oxígeno (DQO), mg/L	1,870 \pm 35
pH, unidades	6.9 \pm 0.1
Nitrógeno total, mg/L	0.15 \pm 0.02
Fósforo soluble, mg/L	0.13 \pm 0.01
Bacterias heterótrofas, UFC/ mL	1.01 x 10 ⁴
Bacterias del género <i>Pseudomonas</i> , UFC/ mL	1.11 x 10 ³

Tabla 1 Caracterización del agua de lavado del suelo contaminado con HTP

Fuente: *Elaboración Propia*

En la Tabla 2 se resumen las características de los lodos activados acondicionados con diésel, después de 5 días en aireación, y ahí se aprecia que mantuvieron una concentración promedio de 2,940 mg/L de SSV, los cuales representan a la biomasa activa; esto indica que no sólo no fueron inhibidos por la presencia de diésel, sino que se aclimataron y se acondicionaron para consumir los hidrocarburos presentes como única fuente de carbón, aunque al final del periodo aún se cuantificó una cantidad residual de 75 mg/L de HTP. Es de notar que se logró estimular el crecimiento de una cantidad apreciable de bacterias hidrocarbonoclastas (1.11 x 10³ UFC/mL de *Pseudomonas spp.*) originarias de los propios lodos activados, debido a la ayuda de la goma guar como tensoactivo, los nutrientes, el aire y los hidrocarburos añadidos gradualmente.

En cuanto a la caracterización de la gallinaza para su empleo como fuente natural de nutrientes, se determinó que contenía una cantidad de 6.2 % (m/m) de nitrógeno y también se detectó la presencia de unidades formadoras de colonias de bacterias hidrocarbonoclastas (Tabla 3).

Parámetro	Resultado $\pm \sigma_{n-1}$
Hidrocarburos totales del petróleo (HTP), mg/L	75 \pm 15
Sólidos suspendidos volátiles, mg/L	2,940 \pm 128
pH, unidades	6.7 \pm 0.1
Bacterias heterótrofas, UFC/ mL	1.18 x 10 ⁵
Bacterias del género <i>Pseudomonas spp.</i> , UFC/ mL	1.11 x 10 ³

Tabla 2 Caracterización de los lodos activados acondicionados con diésel

Fuente: *Elaboración Propia*

Parámetro	Resultado experimental $\pm \sigma_{n-1}$
Nitrógeno total, % (m/m)	6.2 \pm 0.3
Carbón orgánico, % (m/m)	5.9 \pm 0.8
Bacterias heterótrofas, UFC/ mL	1.2 x 10 ⁴
Bacterias del género <i>Pseudomonas</i> , UFC/ mL	1.02 x 10 ²

Tabla 3 Caracterización de la gallinaza húmeda

Fuente: *Elaboración Propia*

En la Gráfica 1 se presentan los resultados del experimento de bioestimulación del agua de lavado del suelo contaminado con diésel, el cual consistió en airear los contenidos del reactor, después de ajustar los nutrientes para alcanzar la relación C:N:P de 100:4:0.5. Aquí se observó una máxima remoción del 53% de HTP y 47% de DQO. Estas eficiencias son semejantes a las reportadas por Rahman *et al.* (2002a) en experimentos de degradación de petróleo crudo con cultivos mixtos de hidrocarbonoclastas. También se confirmó que, aunque el proceso promovió el crecimiento de la población de este tipo de microorganismos autóctonos, provenientes del propio suelo contaminado e intemperizado, no fue suficiente para alcanzar el objetivo de la remoción total de los HTP ni de la materia orgánica presente en el agua de lavado, representada por la DQO.

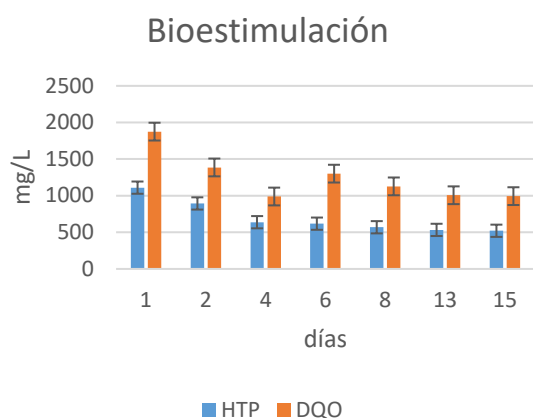


Gráfico 1 Experimento de bioestimulación con aire y nutrientes para la degradación de HTP y DQO
Fuente: *Elaboración Propia*

En la Gráfica 2 se presentan los resultados del experimento de degradación de HTP y DQO con lodos activados acondicionados. En éste la reducción fue de 78% de HTP y 61% de DQO. Es evidente que el proceso de acondicionamiento de los lodos y la alta presencia de microorganismos hidrocarbonoclastas promovió la mejora en la eficiencia del proceso. Se observa que los tiempos de aireación son muy extensos para un proceso de lodos activados (15 días o más). A los 8 días del proceso se observó ya un comportamiento asintótico en la remoción del HTP, cercano a la máxima eficiencia observada. La DQO residual (770 mg/L) todavía era muy significativa y por tanto requeriría de un segundo proceso de tratamiento, de tipo fisicoquímico, para alcanzar límites aceptables para la disposición final del agua tratada. En la Gráfica 3 se pueden observar los resultados del experimento de degradación de HTP y DQO con lodos activados acondicionados con gallinaza añadida.

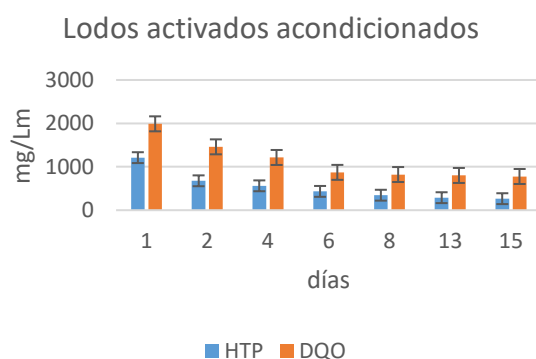


Gráfico 2 Experimento de degradación con lodos activados acondicionados con diésel y nutrientes para la degradación de HTP y DQO.
Fuente: *Elaboración Propia*

Se obtuvieron eficiencias de 98.6% de reducción de HTP y 79% de DQO, mismas que se alcanzaron desde el tercer día del experimento. Estas eficiencias se deben a la estimulación lograda con la adición de gallinaza en exceso, lo cual confiere a este residuo un valor de interés como fuente natural de nitrógeno y bacterias hidrocarbonoclastas y abre la posibilidad de explorar su aplicación en el tratamiento de otros contaminantes de difícil biodegradabilidad. Algunos investigadores (Okolo *et al.*, 2005, Rahman *et al.*, 2002b) ya habían sugerido este potencial, al investigar la aplicación directa de la gallinaza en el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos.

Por otro lado, aunque la degradación de los HTP es casi completa y se alcanza desde el tercer día, se observa que la DQO remanente fue de 240 mg/L, indicando la presencia de material no biodegradable, que muy posiblemente es de origen húmico (Qualls, 2004), arrastrado por el lavado del suelo y que deberá ser removido del agua por métodos fisicoquímicos.

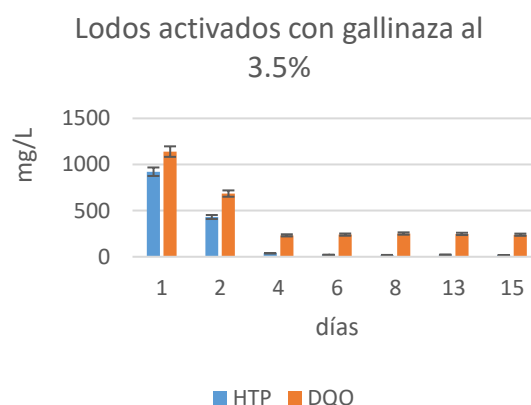


Gráfico 3 Experimento de degradación con lodos activados acondicionados y gallinaza para la degradación de HTP y DQO
Fuente: *Elaboración propia*

Conclusiones

Se demostró tratamiento biológico en reactores por lote de un agua de lavado con goma guar al 0.5% de un suelo intemperizado contaminado con diésel es un proceso eficiente y atractivo para degradar los hidrocarburos hasta con un 98.6% de eficiencia, cuando se emplean lodos activados, previamente acondicionados con el combustible y gallinaza como aditivo en una concentración de 3.5% m/v.

Esta eficiencia es atribuible principalmente a la presencia y estimulación del crecimiento de bacterias hidrocarbonoclastas, representadas en este estudio por el género *Pseudomonas spp.*, a través de la aireación y el exceso de nitrógeno y otros nutrientes proporcionados por la gallinaza. Esto se confirmó al comparar los resultados con el experimento de bioestimulación de bacterias autóctonas con aire y nutrientes (sin gallinaza), en el cual se obtuvieron remociones del 53% de HTP y del 47% de DQO, así como con el de tratamiento con lodos activados previamente acondicionados con diésel y sin gallinaza, donde se observaron una reducciones del 78% de HTP y 61% de la DQO.

Se concluye que la gallinaza puede ser una excelente fuente natural de nitrógeno y otros nutrientes, así como de bacterias hidrocarbonoclastas, capaz de coadyuvar al tratamiento biológico (con lodos activados) de hidrocarburos contaminantes, los cuales son de difícil degradabilidad. No obstante, se detectó en el agua de lavado de suelo contaminado la presencia de material no biodegradable asociado a una DQO remanente de 240 mg/L, para la cual el tratamiento biológico no resultó efectivo y que deberá ser removido por métodos fisicoquímicos, para poder descargar el agua tratada.

Referencias

- Akinde, S. B., Obire, O. (2008) Aerobic heterotrophic bacteria and petroleum-utilizing bacteria from cow dung and poultry manure. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24, pp. 1999–2002 <https://doi.org/10.1007/s11274-008-9700-z>.
- Alef K., Nannipieri P. (1995) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, EUA.
- Charest, M. H., Beauchamp, C. J., (2001) Composting of de-inking paper sludge with poultry manure at three nitrogen levels using mechanical turning: behavior of physicochemical parameters. *Bioresource Technology*, 81, pp. 7-17. Recuperado de: <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/composting-of-de-inking-paper-sludge-with-poultry-manure-at-three-Qcl2o7o7ZK>.
- APHA, AWWA, WEF (1995) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 9 Ed., New York.
- DOF (2002) NOM-021-SEMARNAT-2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. 85. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>.
- DOF (2013) Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. *Diario Oficial de la Federación*, 713. Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013.
- Fallgren, P. H., Jin, S. (2008) Biodegradation of petroleum compounds in soil by a solid-phase circulating bioreactor with poultry manure amendments. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 43, pp.125-131 <https://doi.org/10.1080/10934520701781202>.
- Geetha, S. J., Joshia, S. J, Kathrotiyab, S. (2013) Isolation and characterization of hydrocarbon degrading bacterial isolate from oil contaminated sites. *APCBEE Procedia*, 5, pp. 237–241 <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2013.05.041>.
- Jiang, Y., Brassingtona, K. J., Prpicha, G., Patonb, G. I., Semplec, K. T., Pollard, S. J. T., Coulon, F. (2016) Insights into the biodegradation of weathered hydrocarbons in contaminated soils by bioaugmentation and nutrient stimulation. *Chemosphere*, 161, pp. 300-307 <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.032>.

- Lazzari, R., Baldisserotto, B. (2008) Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. *Boletim do Instituto de Pesca Sao Paulo* 34, pp. 591-600. Recuperado de: https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/34_4_5_91-600.pdf.
- Lindsey, L. E., Steinke, K., Warncke, D. D., Everman, W. J. (2013) Nitrogen release from weed residue. *Weed Science* 61, pp. 334-340 <https://doi.org/10.1614/WS-D-12-00090.1>.
- Mao, X., Jiang R., Xiao, W., Yu, J. (2015) Use of surfactants for the remediation of contaminated soils: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 285, pp. 419-435. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.12.009>
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003). *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse*, third edition, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Mulligan, C.N. Yong R.N., Gibbs B.F. (2001) Surfactant-enhanced remediation of contaminated soil: a review *Eng. Geol.*, 60, pp. 371-380, [techniques-ingenieurs.fr](http://dx.doi.org/10.1016/s0013-7952(00)00117-4), (2005) [http://dx.doi.org/10.1016/s0013-7952\(00\)00117-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0013-7952(00)00117-4).
- Nahm, K.H. (2003) Evaluation of the nitrogen content in poultry manure. *World's Poultry Science Journal*, 59, pp. 238-255 <https://doi.org/10.1079/WPS20030004>.
- Okolo, J. C., Amadi, E. N., Odu, C.T.I. (2005) Effects of soil treatments containing poultry manure on crude oil degradation in a sandy loam soil. *Applied Ecology and Environmental Research*, 3, pp. 47-53. Recuperado de <http://www.ecology.kee.hu>
- Qualls, R. G. (2004) Biodegradability of Humic Substances and Other Fractions of Decomposing Leaf Litter. *Soil Science Society of America Journal* 68, pp. 1704-1712 <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1705>
- Rahman K. S., Thahira-Rahman J., Lakshmanaperumalsamy P., Banat I. M. (2002a) Towards efficient crude oil degradation by a mixed bacterial consortium. *Bioresource Technology*, 85, pp. 257-261 [http://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00119-0](http://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00119-0)
- Rahman, K. S., Banat, I. M., Thahira, J., Thayumanavan, T., Lakshmanaperumalsamy, P. (2002b), Bioremediation of gasoline contaminated soil by a bacterial consortium amended with poultry litter, coir pith and rhamnolipid biosurfactant, *Bioresource Technology*, 81, 25-32. [http://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00105-5](http://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00105-5)
- Sivakumar, S., Song, Y. C., Kim, S. H., Jang, S. H. (2015) Cultivation of a bacterial consortium with the potential to degrade total petroleum hydrocarbon using waste activated sludge. *Journal of Environmental Biology*, 36, pp.1373-1380 http://www.jeb.co.in/journal_issues/201511_no_v15/paper_20.pdf.
- Suthersan S. (2002) *Natural and enhanced remediation systems*. Lewis Publishers, EUA.
- Vaca-Mier M., López-Callejas R., Terres-Peña H. y Lizardi-Ramos, A. (2017) Aplicación de goma guar, lecitina de soya y mucílago de nopal como tensoactivos en la extracción de plomo mediante lavado de un suelo contaminado. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 4, pp. 1-10.
- Trellu C., Mousset, E., Pechaud, Y., Huguenot, D., Van Hullebusch, E. D., Esposito, G., Oturan, M. A. (2016) Removal of hydrophobic organic pollutants from soil washing/flushing solutions: A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, 306, pp. 149-174 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.12.008>
- U.S.EPA (2003) Método 8015B Nonhalogenated organics using GC/FID Reporte SW-846. Recuperado de: <https://www.caslab.com/EPA->
- Zdarta, A., Smulek, W., Pietraszak, E., Kaczorek, E., Olszanowski, A. (2016) Hydrocarbons biodegradation by activated sludge bacteria in the presence of natural and synthetic surfactants. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 51, pp 1262-1268 <http://doi.org/10.1080/10934529.2016.1215194>

Comparativa costo-beneficio de sistema fotovoltaico fijo y con seguidor solar de un eje

Cost-benefit comparison of fixed photovoltaic system and a single-axis solar tracker photovoltaic system

GUTIÉRREZ-VILLEGAS, Juan Carlos†*, GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, Edgar Enrique, QUIROZ-MARTÍNEZ, Raúl y ROBLES-SOLÍS, José Manuel

Universidad de Guadalajara - Centro Universitario del Norte
Universidad Politécnica de Zacatecas

ID 1er Autor: *Juan Carlos, Gutiérrez-Villegas/ ORC ID: 0000-0002-4528-3177, Researcher ID Thomson: Q-3837-2017, CVU CONACYT ID: 91419*

ID 1er Coautor: *Edgar Enrique, González-Hernández/ ORC ID: 0000-0002-8943-1792, Researcher ID Thomson: S-6974-2018, CVU CONACYT ID: 947743*

ID 2do Coautor: *Raúl, Quiroz-Martínez/ ORC ID: 9477430000-0001-8286-6622, Researcher ID Thomson: S-6973-2018, CVU CONACYT ID: 723373*

ID 3er Coautor: *José Manuel, Robles-Solís/ ORC ID: 0000 -0002-2449-5955, CVU CONACYT ID: 88346*

Recibido 6 de Julio, 2018; Aceptado 5 de Septiembre, 2018

Resumen

La tecnología está avanzando en la generación eléctrica utilizando energías alternativas como la solar fotovoltaica; éstos ayudan a reducir el uso de combustibles fósiles que no son favorables para el medio ambiente. Los sistemas fotovoltaicos (FV) permiten la generación de electricidad mediante el aprovechamiento de la radiación solar convirtiéndose en una alternativa para aplicaciones que requieren energía eléctrica. Un problema que enfrenta un sistema FV es una eficiencia baja para instalaciones fijas ya que a pesar de considerar la inclinación del lugar recibe menos del 50 % de la radiación total anual por lo que se requiere instalar mayor cantidad de módulos FV para generar la potencia requerida por el usuario aumentando así el costo de estos sistemas. Los seguidores fotovoltaicos son dispositivos que aumentan la energía generada de un arreglo fotovoltaico mejorando la eficiencia pero requieren un consumo de energía y una inversión inicial alta. Por ello, el seguidor fotovoltaico es una oportunidad para reducir pérdidas, sin embargo solo son factibles en proyectos de mediana y gran escala. En este trabajo se presenta un análisis del costo-beneficio en base a la generación de energía de un sistema FV fijo y uno con seguidor solar en un eje.

Technology is advancing in electric generation using alternative energies such as photovoltaic solar systems; in order it reduce the use of fossil fuels that are not environmentally friendly. Photovoltaic (PV) systems allow the generation of electricity through the use of solar radiation, becoming an alternative for applications that require electricity. A problem faced by a PV system is a low efficiency for fixed installations because despite considering the right inclination depending on the site of installation it receives less than 50% of the total annual radiation and it is required to install more PV modules in order to generate the required power by the user, leading in an increase of the cost of these systems. Solar trackers are devices that increase the energy generated by a photovoltaic array, improving efficiency but requires energy consumption and a high initial investment. Therefore, the solar tracker is an opportunity to reduce energy losses; however, they are only feasible in medium and large scale projects. This work presents a cost-benefit analysis based on the power generation of a fixed PV system and one with a solar tracker of one axis.

Photovoltaic solar systems, Solar tracker, Renewable energy

Sistema fotovoltaico, Seguidor solar, Energía renovable
Abstract

Citación: GUTIÉRREZ-VILLEGAS, Juan Carlos, GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, Edgar Enrique, QUIROZ-MARTÍNEZ, Raúl y ROBLES-SOLÍS, José Manuel. Comparativa costo-beneficio de sistema fotovoltaico fijo y con seguidor solar de un eje. *Revista de Ingeniería Innovativa* 2018. 2-7:21-25

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: juan.gvillegas@academicos.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los sistemas fotovoltaicos (SFV), permiten la generación de electricidad mediante la radiación solar. La energía solar es una alternativa importante ante al aumento del consumo de energía eléctrica debido a que la energía del sol que incide sobre la superficie terrestre puede aprovecharse para satisfacer las necesidades energéticas de la población. Se estima que la cantidad de energía solar recibida anualmente por la tierra es de 1.5×10^{18} kWh que representa 10,000 veces el consumo de la energía consumida en ese mismo periodo (Escobar Mejía, Holguín Londoño, & Osorio R., 2010).

El costo beneficio es bajo para los sistemas de producción utilizados en hogares y empresas, aun la eficiencia de SFV sigue siendo muy baja teniendo que los sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en la actualidad presentan costos de inversión altos en comparación con los sistemas de generación de energía a partir de combustibles fósiles (AL Rousan, Nor Ashidi Mat Isa, & Mohd Khairunaz Mat Desa, 2018).

Existen metodologías para aumentar la generación de energía eléctrica de los SFV, una se basa en el mejoramiento de materiales utilizados para la fabricación de los módulos fotovoltaicos; otra forma de aumentar la generación consiste en mantener el panel fotovoltaico de forma perpendicular a la radiación solar (Rajesh Singh, Suresh Kumar, Anita Gehlot, & Rupendra Pachauri, 2018). Para mantener el panel de forma perpendicular a la radiación solar se utilizan seguidores solares de uno y de dos ejes.

En este trabajo se presenta un análisis del costo beneficio en base a la generación de energía eléctrica de sistemas fotovoltaicos fijo y de uno con sistema de seguimiento solar de un eje (azimutal), se realiza el análisis de tres sistemas de generación: a) gran escala, b) mediana escala y c) pequeña escala. Al realizar el análisis costo – beneficio de un sistema fijo y con seguidor de un eje encontrándose que los sistemas con seguimiento de eje azimutal son viable para los sistemas de mediana y gran escala.

Metodología

La metodología implementada para el presente trabajo consiste en realizar un dimensionado de cada una de las tres propuestas de análisis (pequeña, mediana y gran escala), para determinar el costo de inversión inicial, después se analiza el beneficio económico a partir de la generación de energía obteniendo el beneficio económico y el retorno de la inversión.

En el Diagrama 1 se muestra el procedimiento general para el análisis en los tres casos presentados en este trabajo (pequeña, mediana y gran escala). Se han seleccionado a tres sistemas con diferente nivel de generación con el objetivo de hacer una comparativa respecto al impacto beneficio de ambos sistemas, el fijo y con seguidor solar de un eje.

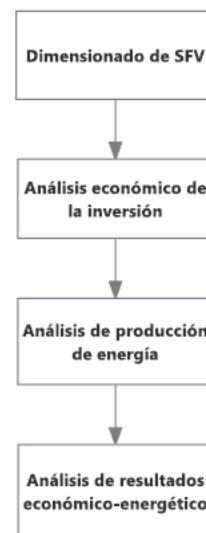


Figura 1 Diagrama de flujo (procedimiento de análisis)
 Fuente: Creación Propia

Desarrollo

La energía solar ha llegado a ser de las fuentes renovables de mayor atracción para generar energía eléctrica. El problema con el que se enfrenta un SFV es el porcentaje de eficiencia muy bajo para instalaciones fijas ya que a pesar de darle un inclinación del lugar en el que se instalara solo recibe menos del 50% de la radiación total, por lo que se requieren instalar más paneles fotovoltaicos para satisfacer las necesidades de energía requerida a suministrar.

En el estado de Zacatecas se cuenta con niveles de radiación de 6.2 kWh/m² (The World Bank, 2017) que lo coloca como una de las zonas con mayores niveles de radiación solar, que ha propiciado la instalación de sistemas fijos para satisfacer necesidades principalmente de tipo domestico; existen en la actualidad proyectos para instalación parques fotovoltaicos, en la actualidad se encuentra en construcción una instalación de 15 MW y se encuentran propuestos cinco proyectos con un capacidad de generación de 847.715 MW según la Secretaria de Economía del estado (Secretaria de Economía Zacatecas) que colocara al estado como uno de los mayores generadores de energía utilizando tecnología fotovoltaica.

Los sistemas que se están instalando son SFV fijos que por el nivel de radiación tienen una buena capacidad de generación. Otra alternativa para mejorar su capacidad es la de utilizar sistemas de seguimiento solar para mantener el modulo fotovoltaico con un ángulo de inclinación óptimo para producir una mejor potencia de salida.

Los sistemas de seguimiento solar son dispositivos con la capacidad de orientar los paneles solares de forma que estos permanezcan aproximadamente de forma perpendicular a los rayos del sol aumentando la entrada de radiación y en consecuencia la generación de energía. Un seguidor solar está constituido por una parte fija y una móvil que cuenta con una parte de captación que debe permanecer perpendicular a los rayos del Sol con la finalidad es el aumento de la captación de radiación solar (Machado Toranzo, Noel y otros, 2015).

Los seguidores solares se pueden clasificar dependiendo del tipo de movimiento que realizan y estos pueden ser: seguidor de un solo eje (azimutal) y seguidor de dos ejes.

La eficiencia de los seguidores solares de un eje aumenta alrededor de 27 – 30 % con respecto a un sistema fijo (A. K. Saymbetov, y otros, 2018). En la figura 1 se muestra un comparativo de la generación de energía de un sistema fijo y uno con seguimiento solar de una eje; para la estimación de energía se tomó el recurso solar de la zona de Zacatecas y la proyección de aumento en la generación con el sistema con seguimiento se tomó un aumento en la eficiencia del 30 % de acuerdo a lo reportado en (A. K. Saymbetov, y otros, 2018).

En la figura 1 se puede apreciar la generación de energía de ambos sistemas notando que al colocar un seguidor el aumento es considerable presentando una ventaja desde el punto de vista de la generación eléctrica.

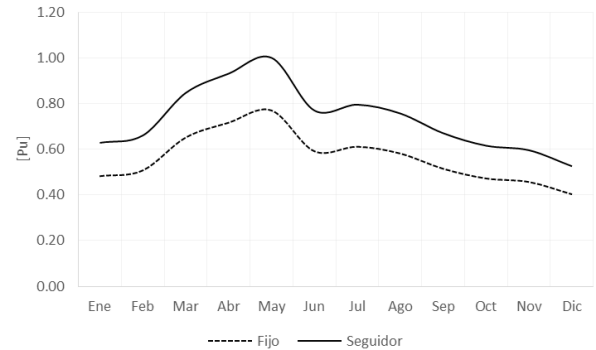


Figura 1 Estimación de generación de energía.
Fuente: Creación a partir de datos del recurso solar disponible para Zacatecas

A partir del recurso solar disponible, se realiza el dimensionado de los sistemas fotovoltaicos obteniendo la inversión que requiere realizar para cada uno, en la tabla 1 se muestran los costos de inversión necesarios para tres sistemas (pequeña, mediana y gran escala) considerando un sistema fijo y con seguimiento de un eje.

Sistema Fotovoltaico		Inversión [\$]	
Tamaño	kWp	Sistema fijo	Con seguidor de un eje
Gran escala	18720	276,480,000.00	433,226,975.20
Mediana escala	500	7,387,200.00	9,058,113.90
Pequeña escala	10	148,800.00	597,284.83

Tabla 1 Inversión de SFV
Fuente: Creación Propia

Se analiza la producción de energía en los sistemas fijos y con seguidor solar para determinar el tiempo de retorno en cada uno de los casos y así determinar el costo – beneficio de los sistemas presentados.

Resultados

Al realizar el análisis de costos y resultados energéticos se encuentra que en el sistema de gran escala el costo de la inversión aumenta en un 57 % en un sistema de gran escala, para uno de media escala aumento solo 22 % sin embargo para uno de pequeña escala su aumento es de 400 %; para un sistema con seguidor solar respecto a un sistema fijo. Esto repercute en el tiempo de retorno de la inversión, en la tabla 2 se muestra los tiempos para el retorno de inversión notando que para un sistema de pequeña escala aumenta de 8.6 a 11.6 años practicando la mitad de la vida útil del sistema.

En cambio para un sistema de mediana escala la recuperación de la inversión aumenta solo en medio año con la implementación de SFV con seguidor de un eje. Se puede deducir que a mediana escala es económicamente viables la implementación de seguidores de un eje para aumentar la generación de energía eléctrica. Para sistemas de gran escala la inversión aumenta solo un año respecto a un sistema fijo.

Sistema Fotovoltaico	Tamaño	Recuperación de inversión [años]	
		kWp	Sistema fijo
Gran escala	18720	4.9	5.9
Mediana escala	500	4.9	5.4
Pequeña escala	10	8.6	11.6

Tabla 2 Recuperación de la inversión

Fuente: Creación Propia

Los resultados muestran que en sistemas de gran y mediana escala con seguidor solar son económicamente viables ya que aumenta de manera significativa la producción de energía y no hay aumento en la recuperación de la inversión.

Conclusiones

El objetivo de los resultados presentados fue comparar la generación de un sistema con seguimiento solar en un eje vertical (giro azimutal) con respecto a un sistema de panel fijo orientado al sur geográfico, ambos con la elevación recomendada igual a la latitud de la ubicación geográfica.

Este resultado de mejora es de aproximadamente 23% en la producción de sistemas con seguimiento con eje vertical relativamente continuo respecto a sistemas de paneles fijos.

El seguidor solar ayuda a tener ventajas ya que, a pesar de los días nublados variables, se logra mantener un nivel mayor de voltaje y por lo tanto de potencia, teniendo una disminución de voltaje más drástica en el sistema de captación fijo.

Esto también tiene como beneficio el consumo mínimo de energía para la maximizar la eficiencia global de la instalación y por consiguiente la relación óptima costo-rendimiento, así como la fiabilidad en funcionamiento bajo diferentes condiciones de perturbación (viento, polvo, lluvia, variaciones de temperatura); solución de simplicidad de movimiento para disminuir el costo y aumentar la viabilidad.

Como podemos observar el seguidor solar es viable económicamente en proyectos de mediana y gran escala. Ya que aun con ganancia y con respecto a la inversión en proyectos de pequeña escala su retorno de inversión es más largo, por lo que podemos asumir que entre mas pequeño sea el arreglo fotovoltaico menos viable se vuelve el seguidor.

La producción de energía con un sistema con seguidor de un eje se puede beneficiar desarrollando seguidores de bajo costo.

Referencias

AL-Rousan, N., Nor Ashidi Mat Isa, & Mohd Khairunaz Mat Desa. (February de 2018). Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2548–2569. doi:10.1016/j.rser.2017.09.077

Escobar Mejía, A., Holguín Londoño, M., & Osorio R., J. (abril de 2010). Diseño e implementación de un seguidor solar para la optimización de un sistema fotovoltaico. *Scientia et Technica* (44), 245 - 250.

Machado Toranzo N, Lussón Cervantes A, Leysdian Oro Carralero L, (agosto 2015). Solar tracker, optimizing ofimprovementof the solar energy. *Ingeniería energética (XXXVI)*, 190 – 199.

Rajesh Singh, Suresh Kumar, Anita Gehlot, & Rupendra Pachauri. (2018). An imperative role of sun trackers in photovoltaic technology: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 3263 - 3278. doi:doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.018

Secretaria de Economía Zacatecas. (s.f.). Secretaria de Economía, Zacatecas. Recuperado el 30 de junio de 2018, de <http://wp.sezac.org.mx/wp-content/uploads/2018/04/General-Presentation-of-Zacatecas.pdf>

The World Bank. (2017). Solar resource data: Solargis. Recuperado el 2018, de <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/mexico>

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^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

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

International Identification of Science – Techonology an Innovation.

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

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

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

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} 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 Ingeniería Innovativa. 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]

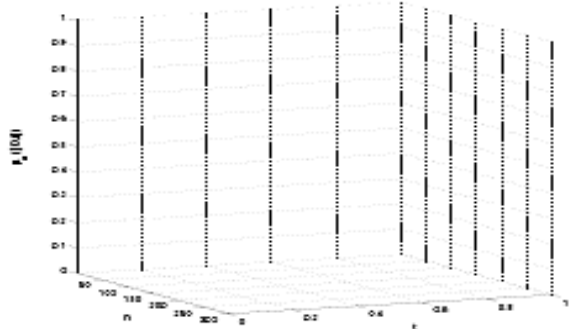


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

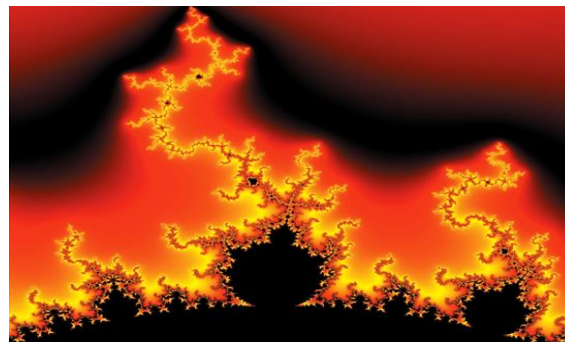


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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 Sistemas Experimentales 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 Sistemas Experimentales emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones serias 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 Bolivia 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-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Innovativa, 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
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

SUYO-CRUZ, Gabriel. 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. Moralarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas 1 - 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.

YongHe district, ZhongXin, Street 69. Taipei-Taiwan.

Revista de Ingeniería Innovativa

“Automatización de un deshidratador solar para frutas y hortalizas”

ARREOLA-BURCIAGA, Josué Mizraim, GARZA-MOYA, Luis Roberto y TOVAR-ROSAS, Claudia Rocío

Universidad Politécnica de Gómez Palacio

“Dinámica de una Nube de Gotas de Agua para la Generación de Energía Eléctrica”

MAY-LEÓN, Gloria, GUIDO-ALDANA, Pedro Antonio, HERNÁNDEZ-CRUZ, Guillermo y RAMOS-MORA, Eduardo

Universidad Nacional Autónoma de México

“Biodegradación de los hidrocarburos totales del petróleo en agua de lavado de un suelo contaminado con diésel utilizando bioestimulación, lodos activados y gallinaza”

VACA-MIER, Mabel, LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo, TERRES-PEÑA, Hilario y LIZARDI-RAMOS, Arturo

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

“Comparativa costo-beneficio de sistema fotovoltaico fijo y con seguidor solar de un eje”

GUTIÉRREZ-VILLEGAS, Juan Carlos, GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, Edgar Enrique, QUIROZ-MARTÍNEZ, Raúl y ROBLES-SOLÍS, José Manuel

Universidad de Guadalajara - Centro Universitario del Norte

Universidad Politécnica de Zacatecas

