

ISSN 2531-2960

Volumen 2, Número 7 — Julio — Septiembre - 2018

Revista del Desarrollo Tecnológico

ECORFAN®

ECORFAN-Spain

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

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

Revista del Desarrollo Tecnológico, Volumen 2, Número 7, de Julio a Septiembre - 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Morlzarzal -Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD. ISSN-2531-2960. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado el 30 de Septiembre del 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 Centro Español de Ciencia y Tecnología

Revista del Desarrollo Tecnológico

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 Desarrollo tecnológico, Tecnología Digital, Impacto tecnológico, Enseñanza con ayuda de ordenador, Fiabilidad de los ordenadores, Heurística, Informática, Instrucciones aritméticas de máquina, Inteligencia artificial, Lenguajes algorítmicos, Lenguajes de programación

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 del Desarrollo Tecnológico es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Spain, 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 Desarrollo tecnológico, Tecnología Digital, Impacto tecnológico, Enseñanza con ayuda de ordenador, Fiabilidad de los ordenadores, Heurística, Informática, Instrucciones aritméticas de máquina, Inteligencia artificial, Lenguajes algorítmicos, Lenguajes de programación con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

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

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

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

TELOXA - REYES, Julio. PhD
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

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

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

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

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

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo 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 - GONÁLEZ, Everardo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

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

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

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

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

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

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

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

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista del Desarrollo Tecnológico 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 Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra

Declaración de Autoría

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

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

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

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

Detección de Plagio

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

Proceso de Arbitraje

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

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Desarrollo tecnológico, Tecnología Digital, Impacto tecnológico, Enseñanza con ayuda de ordenador, Fiabilidad de los ordenadores, Heurística, Informática, Instrucciones aritméticas de máquina, Inteligencia artificial, Lenguajes algorítmicos, Lenguajes de programación y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Diagnóstico energético de primer nivel en la industria de fabricación de materiales para la construcción*, por HUCHIN-MISS, Mauricio, OVANDO-SIERRA, Juan y CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita, con adscripción en la Universidad Autónoma de Campeche, como Segundo artículo presentamos, *Diseño de una superficie cuadrada como concentrador solar de revolución de forma libre tipo fresnel impreso en 3D*, por GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, J. Guadalupe y PINELO-AGUILAR, Luis Angel, con adscripción en la Universidad Nacional Autónoma de México, como tercer artículo presentamos, *Caracterización y monitoreo mediante WIFI de las variables físicas en sistemas solares térmicos*, por LOZA-LARA, Faustino, LIZARRAGA-CHAIDEZ, Héctor Manuel, ONTIVEROS-MIRELES, Joel Josué y RUBIO-ASTORGA, Guillermo Javier, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Culiacán, como siguiente artículo presentamos, *Evaluación energética de un prototipo de calentador de agua de paso en estado no permanente*, por LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo, VACA-MIER, Mabel, TERRES-PEÑA, Hilario, LIZARDI-RAMOS, Arturo, con adscripción en la Universidad Autónoma Metropolitana, como ultimo presentamos, *Fabricación de un horno de crisol removible con materiales reciclados*, por ALCÁNTARA, J. A., MEDINA, M., CRUZ, A. G. y SALAZAR, R., con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez.

Contenido

Artículo	Página
Diagnóstico energético de primer nivel en la industria de fabricación de materiales para la construcción HUCHIN-MISS, Mauricio, OVANDO-SIERRA, Juan y CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita <i>Universidad Autónoma de Campeche</i>	1-7
Diseño de una superficie cuadrada como concentrador solar de revolución de forma libre tipo fresnel impreso en 3D GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, J. Guadalupe y PINELO-AGUILAR, Luis Angel <i>Universidad Nacional Autónoma de México</i>	8-17
Caracterización y monitoreo mediante WIFI de las variables físicas en sistemas solares térmicos LOZA-LARA, Faustino, LIZARRAGA-CHAIDEZ, Héctor Manuel, ONTIVEROS-MIRELES, Joel Josué y RUBIO-ASTORGA, Guillermo Javier <i>Instituto Tecnológico de Culiacán</i>	18-26
Evaluación energética de un prototipo de calentador de agua de paso en estado no permanente LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo, VACA-MIER, Mabel, TERRES-PEÑA, Hilario y LIZARDI-RAMOS, Arturo <i>Universidad Autónoma Metropolitana</i>	27-33
Fabricación de un horno de crisol removible con materiales reciclados ALCÁNTARA, J. A., MEDINA, M., CRUZ, A. G. y SALAZAR, R. <i>Universidad Tecnológica Fidel Velázquez</i>	34-38

Diagnóstico energético de primer nivel en la industria de fabricación de materiales para la construcción

First level energy diagnosis in the industry of manufacture of materials for the construction

HUCHIN-MISS, Mauricio†*, OVANDO-SIERRA, Juan y CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita

Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Ingeniería

ID 1^{er} Autor: *Mauricio, Huchin-Miss* / ORC ID: 0000-0002-5669-9098, Researcher ID Thomson: S-2354-2018, CVU CONACYT ID: 917567

ID 1^{er} Coautor: *Juan, Ovando-Sierra* / ORC ID: 0000-0003-4358-6657, Researcher ID Thomson: S-2357-2018, CVU CONACYT ID: 358434

ID 2^{do} Coautor: *Margarita, Castillo-Téllez* / ORC ID: 0000-0001-9639-1736, Researcher ID Thomson: S-2283-2018, CVU CONACYT ID: 210428

Recibido Junio 27, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

Se realizó un diagnóstico energético de primer nivel en una industria dedicada a la trituración de piedra dura para la producción de grava, polvo de piedra, gravón y granzón. El objetivo consistió en conocer los equipos empleados, consumos-usos de energía, parámetros eléctricos, así como oportunidades de eficiencia energética y ahorro económico a corto plazo. Como parte del diagnóstico, se analizó la facturación eléctrica para determinar los consumos energéticos, demandas de potencia, factor de potencia y costos asociados a energía. Asimismo, se efectuó un levantamiento de cargas de los diversos motores encontrados y mediciones de los parámetros eléctricos mediante un analizador de redes AEMC power pad 3945-B en cada subestación para monitorear las condiciones de operación. El desarrollo del diagnóstico contribuye para conocer los equipos consumidores de energía, operación y parámetros eléctricos de las subestaciones con la finalidad de proponer oportunidades de ahorro de energía, eficiencia energética y ahorros económicos a corto plazo en los costos por energía eléctrica.

Diagnósticos, Energía, Ahorros

Abstract

A first level energy diagnosis was carried out in an industry dedicated to the crushing of hard stone for the production of gravel, stone dust, granulation and gravel. The objective was to know the equipment used, consumption-energy uses, electrical parameters, as well as opportunities for energy efficiency and short-term economic savings. As part of the diagnosis, the electric bill was analyzed to determine the energy consumption, power demands, power factor and costs associated with energy. Likewise, a load survey of the various motors found in the plant and measurements of the electrical parameters were made by means of an AEMC power pad 3945-B power analyzer in each substation to monitor the operating conditions. The development of the diagnosis contributes to know the energy consuming equipment, operation and electrical parameters of the substations with the purpose of proposing opportunities of energy saving, energy efficiency and short-term economic savings in the costs for electric power.

Diagnosis, Energy, Savings

Citación: HUCHIN-MISS, Mauricio, OVANDO-SIERRA, Juan y CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita. Diagnóstico energético de primer nivel en la industria de fabricación de materiales para la construcción. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-7: 1-7.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (mauro_ivan5@hotmail.com)

Introducción

Las industrias manufactureras clasificadas como PyMEs representan el 11% de establecimientos en la entidad de Campeche (INEGI, 2009). Del 11% se decidió realizar un diagnóstico energético de primer nivel en una industria dedicada a la trituración de piedra dura debido a: 1. los costos por facturación eléctrica que en promedio son de \$46,000 pesos mensuales con una jornada de trabajo 9 horas por día, a través de tarifa HM en horario intermedio, no laboran en las noches; 2. el aumento futuro en los costos por facturación de energía eléctrica derivado de los cambios en el esquema de cobro de energía y demanda que tuvo su entrada en vigor a partir del mes de diciembre del 2017 y 3. la apertura del mercado eléctrico mexicano hacia nuevos generadores, catalogados como “Suministrador de servicios básicos” (Redacción manufactura, 2018).

Por lo anterior, este tipo de PyME se mostró interesada en conocer sus consumos de energía, costos asociados, factor de carga, cargos por bajo de potencia (FP), eficientar sus procesos y reducir el consumo de energía (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2016), a través de un diagnóstico energético de primer nivel y que le permitiera conocer sus oportunidades de ahorro y eficiencia energética. Las instalaciones cuentan con dos plantas trituradoras. La primera de medio uso denominada “planta 1” produce grava, polvo de piedra, granzón y gravón.

La segunda denominada “planta 2”, se adquirió completamente nueva y sólo produce grava, polvo de piedra y granzón. Otras áreas en las instalaciones están dedicadas a tableros eléctricos y protecciones, así como un taller de mantenimiento. Las áreas de oficinas se encuentran apartadas y no pertenecen a la instalación eléctrica de las trituradoras.

Durante el diagnóstico se analizaron las facturas eléctricas y se instaló en cada planta, un analizador de redes modelo AEMC Power Pad 3945-B que permitió registrar los valores máximos de potencia aparente, tensión, amperaje y otros parámetros eléctricos (AEMC INSTRUMENTS, 2012) por un período de 24 horas registrando mediciones cada dos minutos para conocer las condiciones de operación de las trituradoras.

Mediante el análisis de facturas y registro de valores del analizador, se encontraron dos oportunidades de ahorro de energía relacionada con el sobredimensionamiento de la potencia de las subestaciones y las penalizaciones por bajo factor de potencia presentes en la instalación. Por lo que, se proponen dos alternativas relativas al ahorro de energía y ahorro económico. Dichas propuestas se desarrollan tomando en cuenta la información eléctrica recabada, por ese motivo, en las secciones del artículo contemplan los siguientes temas: datos generales de la instalación, donde se menciona la localización, datos eléctricos y cargas de la instalación.

La facturación eléctrica se enfoca en los datos registrados por CFE en el año 2016. En parámetros eléctricos mediante analizador de redes, se muestran las lecturas registradas por el equipo. En capacidad de subestación de acuerdo con con la carga actual, se dimensiona la capacidad de la subestación. Para el apartado de banco de capacitores de acuerdo con condiciones actuales, se corrobora la baja capacidad de los capacitores instalados actualmente y se determina la capacidad requerida.

En medidas de ahorro de energía a corto plazo, se explican las pérdidas relacionadas al sobredimensionamiento y los ahorros anuales estimados. Para finalizar las secciones de conclusiones y referencias, contienen las consideraciones principales de los auditores y las diferentes fuentes bibliográficas que apoyaron para la elaboración del artículo.

Datos generales de la instalación

Las instalaciones se encuentran ubicadas, en el kilómetro 4 carretera China-Pocuyaxum, Campeche. La figura 1 y 2 muestran las plantas sobre las cuales se realizó el diagnóstico.



Figura 1 Planta 2 “nueva”

Fuente: Foto Propia



Figura 2 Planta 1 “antigua”

Fuente: Foto Propia

Como parte inicial del diagnóstico se corroboraron las características del servicio de suministro de energía eléctrica que se muestran en la tabla 1

Sistema Trifásico 3F-4H	
Tarifa	HM
Voltaje	440/254
Carga conectada	289 KW
Demanda contratada	289 KW
Potencia subestación 1	500 KVA
Potencia subestación 2	500 KVA

Tabla 1 Datos eléctricos

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se corroboró la existencia de bitácora de mantenimientos (Ynzunza, y otros, 2017) y se realizó el levantamiento de cargas en la instalación (Ovando Sierra J. , Huchin Miss, Martínez Ruiz, Castillo Tellez, & Lezama Zárraga, 2016) que abarca todos los equipos consumidores de energía. Los resultados concentrados se muestran en la tabla 2 y en el gráfico 1.

Equipos	Carga KW
Alumbrado	0.90
Aire acondicionado	1.2
Motores planta 1	357.334
Motores planta	249.91
Total	609.34

Tabla 2 Potencia instalada por equipos

Fuente: Elaboración Propia

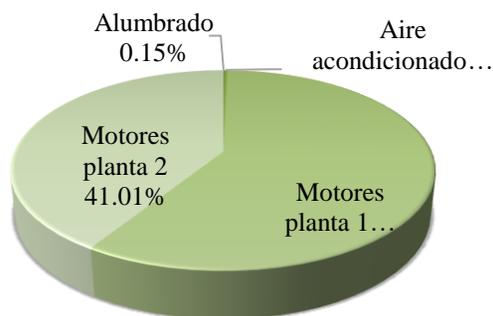


Gráfico 1 Porcentajes de cargas instaladas

Fuente: Elaboración Propia

La gráfica muestra la comparación porcentual entre las diferentes tecnologías de equipos consumidores, resultando que la mayor potencia instalada se encuentra en ambas plantas trituradoras ya que la operación es mediante motores de 200, 100, 75, 25 y 15 HP en su mayoría. Mientras que el uso del aire acondicionado es ocasional y el alumbrado sólo se utiliza por las noches para iluminación de la zona por lo que dichas tecnologías fueron de relevancia para el diagnóstico.

Facturación eléctrica

La siguiente actividad consistió en analizar la facturación eléctrica, mediante datos correspondientes al año 2016, de los cuales se obtuvieron los promedios anuales, y se muestran en la tabla 3.

Mes	Factor de carga	Consumo máximo KVA	Índice de carga	Factor de potencia (FP)
Enero	26%	256	51.22%	0.7926
Febrero	20%	228	45.58%	0.8249
Marzo	22%	229	45.90%	0.8323
Abril	20%	242	48.33%	0.7986
Mayo	15%	254	50.80%	0.7835
Junio	12%	160	32.01%	0.8498
Julio	11%	215	43.01%	0.8091
Agosto	11%	249	49.89%	0.8498
Septiembre	13%	252	50.32%	0.8465
Octubre	16%	255	50.99%	0.8473
Noviembre	18%	257	51.35%	0.8063
Diciembre	20%	281	56.29%	0.7995
Promedio	17%	240	47.97%	0.8200

Tabla 3 Parámetros eléctricos por facturación

Fuente: Facturación CFE año 2016

La tabla anterior contempla datos de ambas plantas trituradoras. El valor promedio anual de potencia aparente es de 240 KVA, lo que significa un aprovechamiento del 24% de los 1000 KVA instalados.

Mediante el valor promedio anual del índice de carga se corroboró que cada subestación trabaja aproximadamente al 25% de su capacidad, lo que repercute en un factor de carga con un valor del 17% promedio anual comparándolo con el 100% de la potencia instalada de ambas subestaciones.

La tabla 3 muestra también el factor de potencia mensual y el promedio anual con un valor de 0.82. Cabe mencionar que actualmente cada planta trituradora cuenta con un banco de capacitores de los cuales se desconoce su capacidad, sin embargo, no están cumpliendo con el valor de 0.9 de factor de potencia mínimo establecido por CFE para evitar penalizaciones y cargos adicionales.

Parámetros eléctricos mediante analizador de redes

Con el propósito de corroborar los datos de la facturación eléctrica y determinar la potencia y consumo de energía en cada planta, se procedió a instalar un equipo analizador de redes power pad 3945-B por un período de 24 horas en cada planta (AEMC INSTRUMENTS, 2012).



Figura 3 Analizador de redes instalado
Fuente: Foto Propia

De los resultados del analizador se estudió el consumo de energía, la potencia activa y la potencia aparente. El consumo de energía se resume en los gráficos 2 y 3. El valor máximo de energía fue de 685 KWh en la trituradora 1 y de 522KWh en la trituradora 2 (UAC-Facultad de Ingeniería, 2017).

El horario de trabajo de estas trituradoras queda comprendido en el rango “intermedio” y tomando en cuenta el precio promedio en tarifa HM \$1.1821/KWh en dicho rango (CFE, 2017), resulta en un costo por energía de \$1,427 pesos por día estimado por ambas plantas sin considerar impuestos.

Consumo de energía trituradora Planta 1

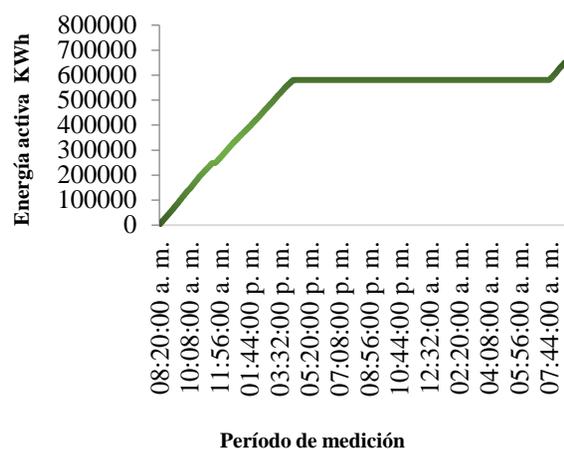


Gráfico 2 Energía activa planta 1

Fuente: Elaboración Propia

Consumo de energía Planta 2

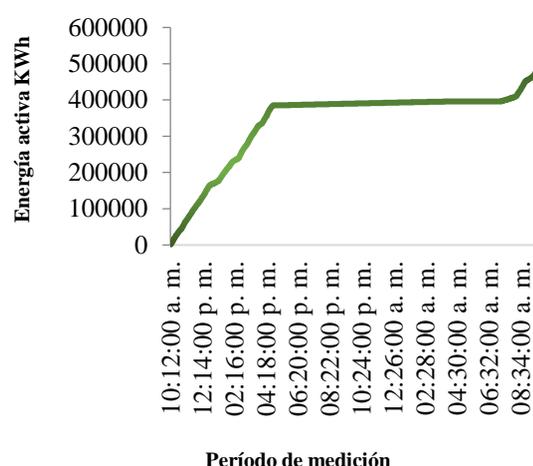


Gráfico 3 Energía activa planta 2

Fuente: Elaboración Propia

En lo correspondiente a los valores de potencia activa, los datos se resumen en la tabla 4.

Potencia Activa KW		
	Planta 1	Planta 2
Máximo	89	100
Promedio	70	58

Tabla 4 Potencia activa

Fuente: Elaboración Propia

Donde los picos de demanda de potencia alcanzan valores de 89 y 100 KW debido al arranque y paro de los motores. Los valores en la tabla 4 consideran el período de operación (8:00am-5:00pm) y en comparación con la demanda contrada sólo se aprovecha un 65%.

En lo que se refiere a la potencia aparente, los datos se muestran la tabla 5:

Potencia Aparente KVA		
	Planta 1	Planta 2
Máximo	124	114
Promedio	81	66

Tabla 5 Potencia aparente
Fuente: *Elaboración Propia*

Las mediciones efectuadas por el analizador corroboraron en primer lugar, la potencia aparente necesaria de 238 KVA y, en segundo lugar, el sobredimensionamiento de cada una de las subestaciones.

Dimensionamiento de subestación de acuerdo con la carga actual

Tomando como base el levantamiento de cargas, análisis de facturación eléctrica y mediciones del analizador, se calculó la capacidad correcta de la subestación considerando ambas plantas. Para el cálculo se toma en cuenta:

- Carga conectada en KW: se consideró un valor de 609.34 KW
- Demanda máxima media anual: 225KW
- Factor de potencia: 0.8225
- Factor de demanda: es la relación de demanda máxima y la carga total instalada: 0.3693
- Factor de diversidad: se consideró el valor de 1.

Dichos valores se obtienen de la facturación eléctrica. La capacidad de la subestación quedará determinada mediante la siguiente operación (1):

$$KVA = \frac{\text{Carga conectada} * \text{factor de demanda}}{\text{Factor de potencia} * \text{factor de diversidad}} \quad (1)$$

Sustituyendo:

$$KVA = \frac{609.34KW * 0.3693}{0.8225 * 1} = 273.56KVA$$

Y considerando un 25% de factor de crecimiento futuro, resulta un equipo de 350 KVA. Por lo tanto, se llegó a la conclusión que la operación de ambas plantas trituradoras es suficiente con una subestación de 500 KVA.

Dimensionamiento de banco de capacitores de acuerdo con condiciones actuales

Con respecto al bajo factor de potencia de 0.82, se dimensionó un banco de capacitores que evite las penalizaciones mediante el aumento a 0.95 del valor de factor de potencia, se obtengan ahorros de hasta \$29,000 pesos anuales así como bonificaciones que amorticen de manera rápida la compra del banco. El cálculo del banco (Sánchez Villanueva, 2018) se muestra en la operación (2):

$$KVAR = KW(\tan \phi_{original} - \tan \phi_{deseado}) \quad (2)$$

Sustituyendo:

$$KVAR = 190(\tan 48.7 - \tan 18)$$

$$KVAR = 154$$

Por lo que con un banco de 155 KVAR se obtendrá un FP de 0.95.

Pérdidas de energía por la operación de subestación sobredimensionada

Las pérdidas de energía relacionadas al sobredimensionamiento de las subestaciones se pueden evitar al emplear una de las dos subestaciones para respaldo en caso de mantenimiento o falla, mientras que la otra opere de forma continua. Dichas pérdidas están relacionadas a:

- Pérdidas de vacío
- Pérdidas de carga

Considerando que no se requiere la operación de una subestación, se determinaron las pérdidas de energía y los costos asociados tomando en cuenta los datos del transformador:

- Capacidad: 500 KVA
- Voltaje en media tensión: 13,200 V
- Voltaje en baja tensión: 440 V
- KW máximo medidos: 100 KW
- KVA máximos medidos: 124 KVA
- Índice de carga del transformador: 25%

Con base en la tabla 2 de la NOM-002-SEDE-2010 (Secretaría de Energía, 2010), se determinan las pérdidas de vacío y carga, resultando en un valor de:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas de vacío} &= 1,330 \text{ W} \\ \text{Pérdidas de carga} &= 4,231 \text{ W} \end{aligned}$$

Sin embargo, tomando en cuenta el índice de carga:

$$\text{Pérdidas de carga ajustada} = 264 \text{ W}$$

Por lo que, las pérdidas totales son de 1,594 W y considerando las horas de operación anuales, 2,448 h/año:

$$\text{Pérdidas de energía} = 3,902 \text{ KWh/año}$$

Para estimar los costos, se tomó en cuenta el rango “intermedio” de la tarifa HM con precios del 2017 que es la que se encontraba vigente al momento de realizar el diagnóstico. El precio promedio en dicho rango como se mencionó anteriormente es de \$1.1821/KWh, por lo tanto:

$$\text{ahorros estimados} = 3902 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}} * \frac{\$1.1821}{\text{KWh}}$$

$$\text{ahorros estimados} = \$4,612.67/\text{año}$$

Los cálculos anteriores, tomaron valores de la planta 1. Para el caso de la planta 2 los ahorros estimados serían de = \$4, 496.94/año

Conclusiones

Mediante el diagnóstico se determinó el uso y consumo de energía en una planta trituradora así como la operación de cargas con mayor demanda de energía. El análisis de facturación permitió conocer los gastos por energía y demanda, las penalizaciones por bajo factor de potencia y el bajo factor de carga presente en la instalación, cuyo valor máximo fue del 26%, debido al sobredimensionamiento de ambas subestaciones, cada una con 500 KVA de potencia de manera que solo se aprovecha 260 KVA de los 1000 KVA instalados. Con respecto a los ahorros al implementar la propuesta, en lo referente a la capacidad de la subestación, serían de \$4,600 por año y es viable usar una de las subestaciones para labores de mantenimiento y de esa forma no detener la producción.

Aunque actualmente cada planta trituradora cuenta con un banco de capacitores, la capacidad no es suficiente ya que el valor promedio de factor de potencia es de 82% anual y repercute en penalizaciones y gastos extra anuales por \$29,000 pesos. Durante el diagnóstico no se proporcionó información sobre la capacidad de dichos bancos, por lo que no fue posible realizar un análisis comparativo a mayor detalle entre los actuales bancos y los propuestos.

En cuanto a las oportunidades de ahorro, se estimó que usar solo una subestación reduciría el consumo de energía en un 1.8%. Mientras que la medida de implementar bancos de capacitores repercute en un ahorro anual del costo total de facturación del 5.24%.

Actualmente, se plantea la posibilidad de realizar un diagnóstico de nivel 2 que permita una mayor participación por parte de la empresa y mayor número de mediciones, principalmente en los motores con potencias de en el rango de 15 a 200 HP, de esa forma será posible aumentar el porcentaje de ahorro y mejorar las propuestas de eficiencia energética.

Referencias

AEMC INSTRUMENTS. (08 de Agosto de 2012). User Manual. USA.

CFE. (Octubre de 2017). *Consulta tu tarifa comisión federal de electricidad*. Obtenido de https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_industria.asp?Tarifa=HM&Anio=2018&mes=6

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (12 de Julio de 2016). *CONUEE*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/introduccion-a-la-eficiencia-energetica-y-sistemas-de-gestion-de-energia-en-pymes-de-mexico-pequenas-y-medianas-empresas?state=published>

Fernández, T., Miranda, F., & Rocha, E. (2016). Estrategias de mantenimiento. *Revista aplicaciones de la ingeniería*, 9.

INEGI. (2009). *Industrias manufactureras*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/parque/manufacturas.html#tema4>

INEGI. (2014). *cuentame inegi*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/manufacturera/default.aspx?tema=E>

Ovando Sierra, J. C., & Huchin Miss, M. I. (2016). *Auditoría energética industrial*. Campeche.

Ovando Sierra, J., Huchin Miss, M., Martínez Ruiz, M., Castillo Tellez, M., & Lezama Zárraga, F. (2016). Auditoría y gestión energética aplicada en la industria maderera. *Predictiva* 21, 114.

Redacción manufactura. (06 de Abril de 2018). *Manufactura*. Obtenido de <http://www.manufactura.mx/energia/2018/04/06/tu-recibo-de-electricidad-tendra-cambios-en-su-formato>

Sánchez Villanueva, R. (Marzo de 2018). Principios de calidad de la energía. México, México.

Secretaría de Energía. (Julio de 2010). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4577/sener/sener.htm>

SEMARNAT. (05 de Mayo de 2012). Manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable. México.

Sifuentes, D., Martínez, E., & Berumen, G. (2016). Diseño e implementación de metodología para la elaboración de diagnósticos energéticos. *Revista de aplicaciones de la ingeniería*, 8.

UAC-Facultad de Ingeniería. (2017). *Diagnóstico energético en terramar 2000 S.A. de C.V.* San Francisco de Campeche.

Ynzunza, C., Izar, J., Larios, M., Aguilar, F., Bocarando, J., & Acosta, Y. (2017). Tendencias de la gestión de los activos y el mantenimiento predictivo en la industria 4.0: Potencialidades y beneficios. *Revista de aplicaciones de la ingeniería*, 14.

Diseño de una superficie cuadrada como concentrador solar de revolución de forma libre tipo fresnel impreso en 3D

Design of a square surface as a solar concentrator of fresnel type revolution printed in 3D

GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo†*, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, J. Guadalupe y PINELO-AGUILAR, Luis Angel

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Aragón, Centro Tecnológico Aragón. Avenida Rancho Seco S/N, Colonia Impulsora, Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México, Código Postal 57130

ID 1^{er} Autor: *Edgar Alfredo, González-Galindo* / ORC ID: 0000-0003-4654-9595, Researcher ID Thomson: G-7927-2018, CVU CONACYT ID: 351785

ID 1^{er} Coautor: *J. Guadalupe, Hernández-Hernández* / ORC ID: 0000-0002-5093-9468, Researcher ID Thomson: G-7927-2018, CVU CONACYT ID: 98984

ID 2^{do} Coautor: *Luis Angel, Pinelo-Aguilar*

Recibido Junio 20, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

Fue desarrollado un concentrador solar tipo Fresnel de revolución, partiendo de una superficie libre de forma, realizando una impresión en 3D con un diseño cuadrado. Se utilizó una superficie cóncava por acción de la gravedad, para definir las coordenadas del contorno y aplicar el método de ajuste polinomial de Lagrange, para obtener la función que describe la superficie cóncava. Con esta función fue posible generar los trazos de rayos para observar el comportamiento de los rayos que inciden y reflejan y de esa manera conocer la distancia focal efectiva del concentrador. Este tipo de superficies presenta diversas aplicaciones, que puede beneficiar a la sociedad, debido a que se puede aprovechar y utilizar en: estufas solares, calentadores de agua, motores Stirling, generadores de vapor, en sistemas fotovoltaicos, etc. Este desarrollo ayuda a no emitir grandes cantidades de dióxidos carbono a la atmosfera, y aprovechar la energía limpia proveniente del sol, en condiciones controladas es posible obtener temperaturas que oscilan entre los (300 - 500 °C).

Concentrador, Superficie, Revolución

Abstract

A Fresnel-type solar concentrator of revolution was developed, starting from a free-form surface, making a 3D impression with a square design. A concave surface was used by gravity, to define the coordinates of the contour and apply the Lagrange polynomial adjustment method, to obtain the function that describes the concave surface. With this function it was possible to generate the ray traces to observe the behavior of the rays that affect and reflect and in this way to know the effective focal distance of the concentrator. This type of surfaces presents diverse applications, which can benefit society, because it can be used and used in: solar stoves, water heaters, Stirling motors, steam generators, in photovoltaic systems, etc. This development helps not emit large amounts of carbon dioxide into the atmosphere, and take advantage of clean energy from the sun, under controlled conditions it is possible to obtain temperatures ranging between (300 - 500 ° C).

Concentrator, Surface, Revolution

Citación: GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, J. Guadalupe y PINELO-AGUILAR, Luis Angel. Diseño de una superficie cuadrada como concentrador solar de revolución de forma libre tipo fresnel impreso en 3D. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-7: 8-17.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (unam_alf@comunidad.unam.mx)

Introducción

En la actualidad los países que usan combustibles fósiles están ligados a serios problemas de contaminación atmosférica debido a la gran cantidad de gases emitidos por la combustión incompleta de motores de combustión interna vehicular y actividad industrial (refinerías de petróleo, fábricas de papel, fundiciones e industria química, entre otras). Estos gases son los óxidos de nitrógeno (NOx), Óxidos de azufre (SOx) y monóxido de carbono (CO). Por ejemplo, el monóxido de carbono (CO), es un gas contaminante sumamente tóxico y difícil de detectar por ser un gas incoloro, inodoro y no irritante, su detección requiere de equipo analítico especializado.

La exposición a elevadas concentraciones de monóxido de carbono puede tener serias consecuencias para la salud. Los trastornos producidos en una persona están en relación directa con la cantidad de carboxihemoglobina en sangre; esta cantidad depende a su vez de la concentración de monóxido de carbono en el aire y del tiempo de exposición del individuo a esas condiciones atmosféricas (9 ppm como límite de tolerancia).

La intoxicación aguda puede producir dolor de cabeza, disminución de la visión y de la coordinación muscular, trastornos del sueño y disminución de la capacidad intelectual; en situaciones extremas, pérdida de conocimiento, convulsiones y muerte (Serrano, J. C. y col., 2005). Este gas tiene gran afinidad con el hierro (Fe) de la hemoglobina de la sangre de hasta 200 veces mayor que el oxígeno, formando carboxihemoglobina e interfiriendo en el mecanismo de transporte de oxígeno, que garantiza en un individuo, una renovación continua del abastecimiento del oxígeno necesario para mantener el metabolismo celular en funcionamiento.

El hierro (Fe) al ser una parte esencial de la hemoglobina, una proteína globular constituida por cuatro cadenas polipeptídicas dos alfa (α) y dos beta (β) con un grupo prostético llamada *hemo* cada una pueden combinarse con el monóxido de carbono y ocasionar problemas de falta de oxígeno en la sangre (Echeverría Palacio, C. M., y col., 2006). Por lo que altas concentraciones de CO en el ambiente puede producir desde intoxicaciones hasta posibles decesos.

Datos reportados en la literatura muestran que las concentraciones de oxígeno en el ambiente son del 20%, concentraciones menores representan un grave riesgo a la salud, (concentraciones del 16% de CO en el aire pone en riesgo la salud humana) (Valle, F. A., 1995). Por otro lado, el monóxido de carbono en combinación con el oxígeno en el ambiente a caba convirtiéndose en Dióxido de Carbono (CO₂), un gas que forma parte del grupo de los gases de efecto invernadero que impiden que los rayos infrarrojos salgan, con este efecto, parte de la energía que debe salir hacia el espacio se queda en la atmósfera, éste es el llamado efecto invernadero (Corominas, J., 2014).

Entre la tierra y la atmosfera se genera un efecto de resonancia que incrementa la temperatura en ciertas regiones del mundo y provoca desastres naturales. El (CO₂) también se considera como un compuesto agresivo, si bien la cantidad de emisiones nocivas arrojadas por un sólo automóvil puede resultar insignificante, la concentración de los automóviles en las grandes urbes actuales, implica un riesgo elevado de contaminación atmosférica para la humanidad y, a mediano plazo, un deterioro irreversible para el planeta (Riesco. A. J. M., y col., 2005). El CO₂ también es emitido principalmente por vehículos aéreos, fábricas y por el ser humano al quemar combustible al momento de la preparación de los alimentos en su vida diaria.

La energía solar, es el recurso energético inagotable y disponible en gran parte del mundo, y México no es la excepción, por lo tanto, se puede utilizar concentradores solares en zonas rurales y urbanas, para mitigar la generación de CO₂ y el efecto invernadero, se han utilizado. Diversos colectores, como los cilíndricos parabólicos y/o circulares, estos colectores son de foco lineal y representan mejores posibilidades de aplicación para una amplia gama de casos; los estáticos son económicos y su diseño no es trivial, pero no son eficientes en comparación con los móviles, ya que estos son estáticos. La forma de incrementar su efectividad, es en la implementación de módulos disponibles que siguen el recorrido del sol a lo largo del día, asegurando que se concentre una gran cantidad de energía, e implican un mayor costo del dispositivo (Rodríguez, V. y col., 2010).

Existen otros tipos de concentradores como son: parabólicos, y circulares de revolución, los cuales tienen aplicaciones en estufas(Terrés, H. y col., 2008), hornos (Castañeda M. A., y col., 2012), desalinizadores (Mercado, C., y col., 2015), generadores Stirling (Ruelas R. J. E., y col., 2011), celdas fotovoltaicas (Sherif, R. A., y col., 2005), iluminación (Narasimhan, M. S. y col., 1972), termo colectores (Pacheco L. W., 2006), reflector para telescopio (Bustos Fierro, y col., 2002), concentradores de Fresnel (Neill, M. J. O., 1988), entre otros.

Para generar una superficie que presente un conjunto de puntos de coordenadas, se puede representar el comportamiento general de forma gráfica o matemática por medio de una función polinomial de orden n , cabe mencionar que una gráfica ajustada, no necesariamente pasará por cada uno de los puntos de dispersión.

El ajuste de curvas polinomiales se llevaron a cabo mediante dos métodos: el primero es la regresión e interpolación lineal, a través del ajuste de curvas por aproximación polinomial por mínimos cuadrados, aproximación polinomial mediante el polinomio de Newton, polinomio interpolador de Newton y el segundo por interpolación de Lagrange, en este último se requiere de dos puntos conocidos para generar una interpolación lineal y obtener la pendiente y la función de la recta que pasa por ambos puntos.

Este método clásico de interpolación, se le adjudica a uno de los grandes matemáticos de todos los tiempos Joseph Louis Lagrange (nacido en Turín el 25 de enero de 1736 y muerto en Paris el 10 de abril de 1813), quien a los 17 años se interesó en una memoria de Edmond Halley que lleva el título de "La excelencia del álgebra moderna en ciertos problemas ópticos", y cambio de enfoque de la física a las matemáticas, comenzando a trabajar de forma independiente. Su éxito fue tal que lo nombraron profesor del arte de las matemáticas (Sanford, 1934). Uno de los trabajos realizados es la función (1) de aproximación polinomial $P(x)$, la cual se expresa como:

$$P(x) = \sum_{i=1}^n \mathcal{Y}_i \left[\prod_{j=1, j \neq i}^n x_j \left(\frac{x-x_i}{x_i-x_j} \right) \right] \quad (1)$$

Donde $j = 1 || j \neq 1$ esto es una propiedad que indica que pasa por las coordenadas y/o puntos de una gráfica para su interpolación, para conocer anticipadamente el grado del polinomio se utiliza la expresión $(n-1)$, donde n es el número de coordenadas dependiendo de cuantos puntos se tomen (Hesthaven, J. S., 1998).

El análisis numérico es muy útil en sus aplicaciones a la Ingeniería, Actuaría, Economía y otras ciencias. Este tema puede verse en algunos libros clásicos como son Hammign, Ralston, Scheid, Willers, Mineur, Pearson y otros(Poveda, R., 2016). Por lo tanto, el ajuste de una curva implica ajustar una función $f(x)$ a un conjunto de datos (x_i, y_i) , donde $i=1,2,3, \dots, n$, la función obtenida puede ser un polinomio, una función lineal o una combinación de funciones. La desventaja de este método, es que la fórmula de Lagrange es tediosa de aplicar e implica una gran cantidad de cálculos.

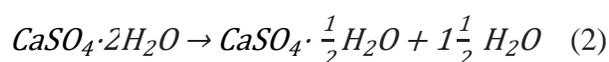
Si no se utilizan suficientes datos, entre iteración e iteración, el cálculo debe repetirse desde el inicio (Hsiao, T. C., y col., 2018). En las últimas décadas, varios trabajos de docencia están haciendo uso de la programación asistida por computadora empleando diferentes lenguajes para obtener las raíces y los coeficientes, así como en la representaciones gráficas en curvas complejas, además se está aplicando a los teoremas fundamentales de álgebra para obtener los polinomios de Lagrange(Kimberling, 1986).

En el presente trabajo se analizó una superficie de sulfato de calcio dihidratada obteniendo puntos de coordenadas equidistantes. y ajustado por la interpolación de Lagrange se consiguió la función que satisface la superficie libre de forma, seccionando y desplazando para obtener un nuevo modelo de concentrador tipo Fresnel de revolución, apoyándose en un programa asistido por computadora para el diseño en 3D, colocándole un reflector adherible que permita ser usado como concentrador y/o reflector de iluminación.

Metodología

El trabajo experimental fue desarrollado en el Laboratorio de Medición e Instrumentación y Control, del Centro Tecnológico Aragón (CTA) es de gran importancia, ya que los modelos y análisis fueron reproducidos, pero debido a la naturaleza de la energía solar no se puede obtener los mismos resultados ya que depende de la ubicación donde se toman los registros de temperatura, en nuestro caso particular tomando en cuenta la irradiancia promedio de la ciudad de México (Galindo, I., y col., 1991), correspondiente al mes de marzo donde se presentan con valores de irradiancia de $21 \frac{MJ}{m^2}$ o $5.833 \frac{kWh}{m^2}$ y en abril $24 \frac{MJ}{m^2}$ o $6.66 \frac{kWh}{m^2}$, en el mes de abril mes en que se realizaron las pruebas.

El material usado para generar la superficie, fue el compuesto de “sulfato de calcio” conocido como yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). La materia prima se obtiene a través de diversos tipos de operaciones mineras. Antes de su uso en la medicina, el sulfato de calcio debe ser examinado por sus impurezas, tales como: silicatos, estroncio, plomo y otros materiales de origen natural. Cuando el yeso se calienta a $110^\circ C$, pierde agua en un proceso conocido como la calcinación. El producto resultante es el sulfato de calcio hemihidratado, también conocido como yeso de Paris (López, J., y col., 2011) como se muestra en la reacción (2).



Utilizando el método de ajuste de interpolación de Lagrange generando un polinomio de cuarto orden, el cual se amplió para encontrar la función adecuada a la superficie del contorno. Esta función permite graficar y trazar los rayos incidentes para observar la región máxima de concentración de luz, para posteriormente trazar una gráfica seccionada, para intersectar a la ordenada al origen y genera la superficie de Fresnel que es la región de interés. Posteriormente el diseño se exporta a un programa asistido por computadora para generar la superficie simétrica de revolución y enseguida su impresión en 3D como se muestra en la Gráfica 1.

Para desarrollar el modelo de la superficie libre de forma plano-convexa se utilizaron 370 g de sulfato de calcio calcinado que fue molido y mezclado con agua (123 mL), se mezcló y agitó suavemente para evitar grumos y formar una pasta homogénea. La pasta viscosa obtenida se colocó en una superficie plana de látex de 16 cm de diámetro la cual generó la superficie libre de forma plano-convexa por acción de la gravedad y dejándose reposar durante 24 hrs para el endurecimiento final.



Figura 1 Formación de la superficie de sulfato de calcio generada por acción de la gravedad

Fuente: Elaboración Propia

Para la alineación de la superficie, se tomaron imágenes que permitieron obtener los puntos coordenados del contorno que fueron aplicados en el ajuste polinomial de Lagrange.

No.	x	y
1	-7.981	0.376
2	-5.822	1.18
3	-1.648	2.01
4	2.958	1.61
5	5.894	0.803

Tabla 1 Coordenadas para obtener la función

Fuente: Elaboración Propia

La altura máxima obtenida de la superficie plano-convexa en su vértice es de 2.321 cm. Partiendo del contorno se obtuvieron 56 puntos de coordenadas, de las cuales sólo se emplearon cinco puntos, para aplicar el ajuste de la curva. El tomar más de 5 puntos implicaría obtener un polinomio de mayor grado con mayor número de oscilaciones con poca visualización gráfica, restando importancia numérica es por ello que en este trabajo se empleó la función polinomial de cuarto orden función (2) como se muestra a continuación:

$$f(x) = a_0x^4 + a_1x^3 + a_2x^2 + a_3x^1 + a_4x^0 \quad (3)$$

El método de ajuste de interpolación de Lagrange permite construir de una forma rápida y explícita el polinomio interpolación, donde los coeficientes toman los siguientes valores:

No.	x
a ₀	-9.599×10^{-5}
a ₁	-2.494×10^{-4}
a ₂	-28.09×10^{-3}
a ₃	3.027×10^{-3}
a ₄	2.320

Tabla 2. Valores de los coeficientes del polinomio de interpolación de Lagrange.

Fuente: Elaboración Propia

Donde $x = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots, \pm n$. El diámetro de la superficie se construye partiendo de las raíces, que forman la superficie, el resto de las raíces se eliminan. La suma de las raíces de frontera nos da el diámetro que forma la superficie libre de forma plano-convexa, y los valores de frontera utilizados fueron $x_1 = -8.374$ y $x_2 = 8.032$, como se observa en la Gráfica 1.

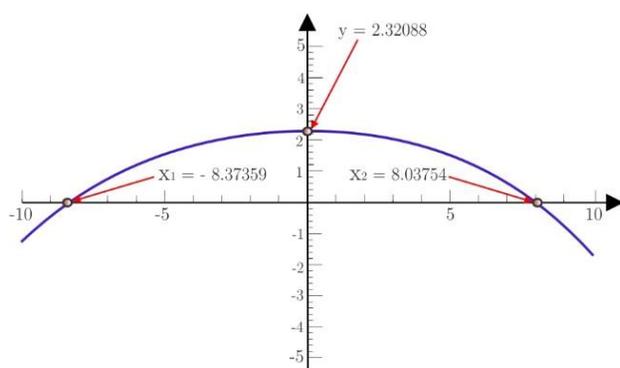


Gráfico 1 Gráfica función ajustada por la interpolación de Lagrange

Fuente: Elaboración Propia

La sustitución de los valores de cada una de las variables antes mencionadas x_1 y x_2 , permitieron estimar el área bajo la curva de la superficie de trabajo. Integrando la función (2) y sustituyendo los valores obtenidos para x_1 y x_2 , se tiene que el área de la superficie teórica fue de 26.285 cm^2 por otro lado para obtener el área bajo la curva ideal, se tomó el diámetro de 16 cm con los valores de frontera para $x_1 = -8 \text{ cm}$. Y para $x_2 = 8.0 \text{ cm}$, dando un valor de 26.329 cm^2 con un error aproximado de 0.169% entre el área bajo la curva teórica y experimental, lo cual indica que se trata de una superficie simétrica. La superficie mostrada en el Gráfico 1 fue dividida en diez secciones equidistantes, para trasladar a cada punto sobre el eje y, el cual se representa como la altura (h_s) y cada punto trasladado sobre el eje x, representa el eje óptico que son trasladados al origen.

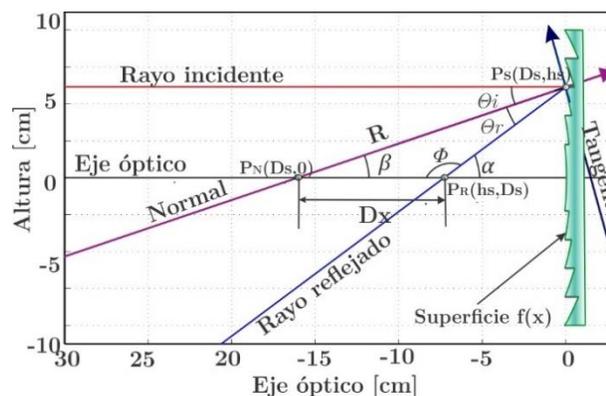


Gráfico 2 Análisis de los trazos de rayos sobre la superficie de Fresnel

Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 2 se muestra el desarrollo del análisis realizado para el trazo de un solo rayo, el cual representa la distancia que interseca el rayo reflejado y el rayo de la normal con el eje óptico, obteniendo una distancia ($D_x = 7.7550 \text{ cm}$). Aplicando la ley de senos se obtiene la expresión (4).

$$D_x = \frac{R \operatorname{sen}[\theta_r]}{\operatorname{sen}[\phi]} = \frac{R \operatorname{sen}[\theta_r]}{\operatorname{sen}[\pi - \alpha]} = \frac{R \operatorname{sen}[\theta_r]}{\operatorname{sen}[\alpha]} \quad (4)$$

Donde R representa la distancia de la normal de la superficie de Fresnel, y tiene un valor de 10.48 cm ; según Snell el ángulo reflejado (θ_r) es igual al ángulo de incidencia (θ_i), bajo esta condición aplicando identidades trigonométricas, el ángulo ϕ se obtiene a partir del rayo reflejado intersecado por el eje óptico dando como resultado $\phi = \pi - \alpha$, aplicando identidades trigonométricas $\operatorname{sen}[\phi]$ se convierte en $\operatorname{sen}[\pi - \alpha]$ dando como resultado $\operatorname{sen}[\alpha]$, en el caso del ángulo interno (α) el rayo reflejado intersecado con el eje óptico se convierte en $\alpha = \theta_i + \theta_r$ si $\theta_i = \theta_r$, $\alpha = 2\theta_i$. En el caso del ángulo β identificado en el Gráfico 2 se observa que es igual al ángulo del rayo incidente θ_i .

La recta de la normal se calcula usando el ángulo incidente $\theta_i = \arctan\left[\frac{h_s}{D_s}\right]$, donde h_s y D_s son las coordenadas sobre el contorno que forma la función de la superficie, para mostrar la familia de las normales se presenta la expresión (5).

$$F(x)_n = \frac{h_s}{D_s} x \quad (5)$$

Por otro lado, la tangente a la superficie de Fresnel (Gráfico 2) es perpendicular a la normal como se muestra en la función (6)

$$F(x)_t = \frac{h_s}{D_s} (x - D_s) + h_s \quad (6)$$

Para obtener el rayo reflejado a la superficie de Fresnel se consideró la siguiente expresión: $\text{sen}[\alpha] = \text{sen}[2\theta_i]$, donde $\theta_i = \arctan\left[\frac{h_s}{D_s}\right]$ y sustituyendo en la expresión anterior da $\text{sen}[\alpha] = \text{sen}\left[2\left(\arctan\left[\frac{h_s}{D_s}\right]\right)\right]$ que es la expresión general que representa a la familia de todos los rayos reflejados como se observa en la función (7)

$$F(x)_t = \tan\left[2\left(\arctan\left[\frac{h_s}{D_s}\right]\right)\right] (x - D_s) + h_s \quad (6)$$

Las ecuaciones anteriores permiten trazar un solo rayo de incidencia, el cálculo de todos los rayos se logra mediante la iteración de cada uno de los puntos de las coordenadas de la superficie usando un lenguaje de programación y mediante “n” divisiones equidistantes de la superficie se forma la superficie de Fresnel como se muestra en el Gráfico 3, la envolvente que se genera de todos los rayos incidentes se denomina “Cáustica” (Cardona, N., y col., 1983), la cual permite concentrar a todos los rayos en una Distancia Focal Efectiva (DFE).

Las ecuaciones mostradas anteriormente son las que expresan de forma general cada trazo de rayo. Las ecuaciones anteriores no permiten trazar todos los rayos debido a que, su análisis es para uno sólo, pero usando un lenguaje de programación se puede mostrar todos los rayos, asignándole los valores que corresponde a cada punto de las coordenadas sobre la superficie, y también se puede generar el traslado de “n” divisiones equidistantes para formar la superficie de Fresnel, como se muestra en la Gráfico 3.

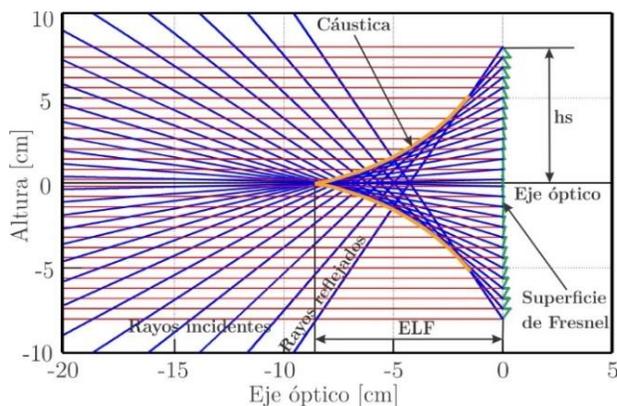


Gráfico 3 Trazo de “n” rayos para una superficie reflectora tipo Fresnel.
Fuente: Elaboración Propia

La envolvente que se genera de todos los rayos se le denomina “cáustica” para concentrar los rayos a una distancia focal efectiva (EFL). Las ecuaciones mostradas anteriormente son las que expresan de forma general cada trazo de rayo.

Resultados

La superficie de Fresnel fue construida empleando la función de la expresión (2), dividiendo e iterando la función en once puntos equidistantes generando la misma cantidad de prismas en revolución asimétricas del polinomio, se considera que los rayos incidentes provienen del infinito. Se trazaron los rayos observando que son paralelos y equidistantes como se observa en el Gráfico 4.

En la superficie se muestra una altura máxima (h_s), que es el límite de la región de interés útil para generar un concentrador tipo Fresnel. Para este caso particular, no podemos hablar de reflexión total interna y de una altura crítica, ya que al trazar los rayos incidentes en la superficie de Fresnel no genera dobles reflexiones a la superficie, indicando que se trata de una superficie simétrica como se ve en la Gráfico 4.

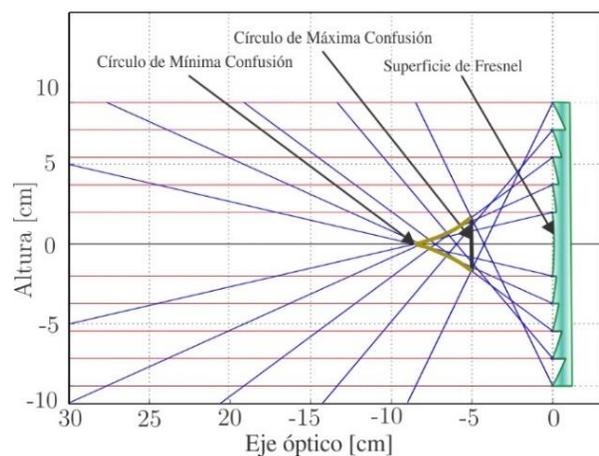


Gráfico 4 Trazo de “11” rayos para una superficie reflectora tipo Fresnel
Fuente: Elaboración Propia

Al graficar el trazo de rayos se observa el comportamiento de los rayos que forman la superficie de revolución de forma libre tipo Fresnel que se utilizó en el arreglo experimental, en ella se puede apreciar que el círculo de máxima confusión y el círculo de mínima confusión en el intervalo [-8.0 cm -5.0 cm]. esto permite conocer la distancia a la cual se colocará el absorbedor, para ver la envolvente que generan todos los trazos de rayos reflejados.

Para el caso de una superficie circular el análisis del trazo de rayos del absorbedor se coloca a una distancia de $[\frac{R}{2}, cm]$, debido a que es una superficie totalmente simétrica. Para este caso particular el absorbedor está colocado a $[\approx 8.0 cm]$. Valor generado por el ajuste de interpolación de Lagrange.

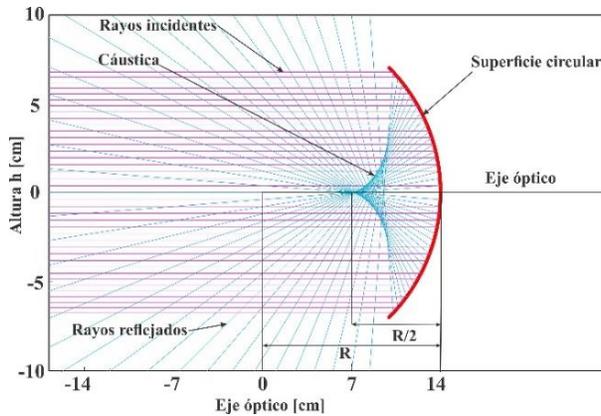


Gráfico 5 Trazo de rayos en una superficie circular
Fuente: Elaboración Propia

El modelo de la superficie libre de forma tipo Fresnel fue elaborado empleando un programa en CAD ver Figura 1. El cual fue exportado en el formato para su impresión en impresora 3D usando la extensión *.stl.

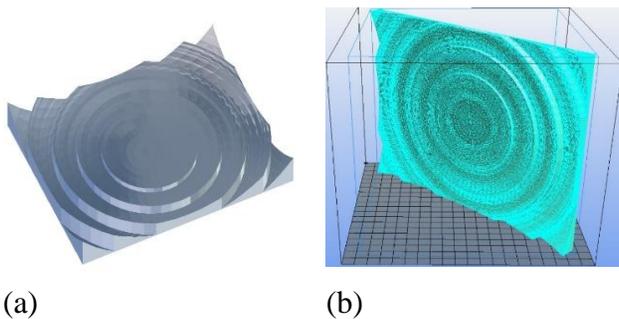


Figura 2 (a) Diseño en CAD de la superficie de revolución tipo Fresnel. (b) La Superficie de revolución para su impresión en

Una vez desarrollado el modelo, se extrae el archivo, empleando el software libre llamado "Repetier", y se coloca adecuadamente la pieza respetando el ángulo y la posición en los tres ejes, para posteriormente enviarse a la impresora 3D y de esa manera generar ambas piezas por separado, como se observa en la Figura 2 y Figura 3. Para el diseño se empleó un filamento PLA de color azul.

Hoy en día el uso de impresoras 3D presenta muchas ventajas debido a que sus aplicaciones son muy diversas en diferentes áreas como procesos industriales, ensamblajes, energía y en materiales de desecho, además de aplicaciones en medicina, salud, cultura, educación, construcción, alimentos, etc. Considerando que por medio de la impresión 3D se obtienen prototipos de producción rápida, ágil y variable en pequeños y grandes lotes, también presentan desventajas como son: desprendimiento de gases contaminantes al momento de fusionarse, el material PLA, al provenir de plantas similares al maíz, cuando se imprime genera partículas que invaden los pulmones y pueden provocar enfermedades respiratorias (Mejía, F., 2016).



Figura 3 Superficie de revolución impresa en 3D con material PLA
Fuente: Elaboración Propia

En el espectro electromagnético, un concentrador solar sólo usa el rango de la "Radiación Infrarroja" que es la fuente primaria de radiación y se le conoce como "calor" o "Radiación térmica". La cual se encuentra entre los $618 nm - 780 nm$ con una frecuencia de $400 THz - 470 THz$. En la Figura 4 se observa, la colocación de papel aluminio en la superficie de revolución 3D, debido a que tiene un alto valor de reflectancia en su máxima nivel (77 %), y el valor de la longitud de onda se encuentra dentro del rango ($660 nm - 690 nm$) de la reflectancia espectral aproximadamente (Echazú, R., y col., 2000).

Por otro lado, también se puede colocar en lugar de aluminio un espejo debido a que la Reflectancia del espejo aumenta un 4% más que el aluminio. Sin embargo, adherir el vidrio a la curvatura de la superficie es difícil, es por eso que en este trabajo se empleó el papel aluminio.



Figura 4 Colocación del reflejante usando aluminio adherible para realizar las pruebas de concentración
Fuente: *Elaboración Propia*

En el Gráfico 6 se muestra el comportamiento de la temperatura registrado en el arreglo experimental como se observa en la Figura 5, la medición se realizó empleando un sensor de temperatura tipo *K*, elaborado con alambre cromel- alumel calibre 20 el cual tiene un rango de temperatura de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+1372\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad de $41\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aproximadamente. Posee resistencia a la oxidación cuando se aísla con fibra cerámica. Su resolución es de 0.1°C , con tolerancia de $\pm 0.1\%$ en las lecturas.

La temperatura fue medida en la parte interior del absorbedor colocándolo dentro de la distancia máxima confusión y Mínima confusión.



Figura 5 Pruebas del modelo impreso en 3D de temperatura a una DFE en el punto de concentración de la radiación solar
Fuente: *Elaboración Propia*

Los datos registrados durante un tiempo $t = 8.67\text{ seg}$, alcanza una temperatura de 505°C , observando un comportamiento lineal. Durante la medición se observaron variaciones de temperatura como se muestra en el Gráfico 6, debido a las variaciones que absorben, refractan o reflejan la irradiancia.

Se puede deber a fenómenos externos como son: el vapor de agua, el dióxido de carbono, las nubes y el polvo. Esta temperatura se registró en un área de 0.0256 m^2 , que es el área de la superficie libre de forma tipo Fresnel.

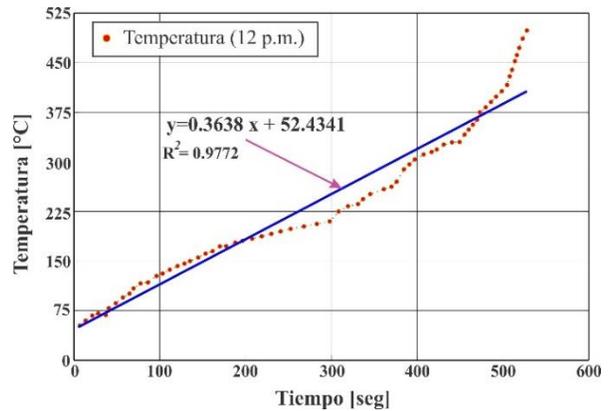


Gráfico 6 Comportamiento de la temperatura al aire libre sobre el círculo de confusión
Fuente: *Elaboración Propia*

Agradecimiento

Los autores agradecen al Centro Tecnológico de la Facultad de Estudios Superiores Aragón de la Universidad Nacional Autónoma de México, por las facilidades en el uso del Laboratorio de Medición e Instrumentación y Control, y al Laboratorio de Ingeniería Ambiental, por el manejo de los equipos de instrumentación, y a Jorge Pérez García y a Víctor Hugo Soriano Hernández por su colaboración técnica.

Conclusiones

La superficie reflectora tipo Fresnel fue construida empleando la función de ajuste polinomial de interpolación de Lagrange. Le superficie fue probada experimentalmente en los meses de abril y mayo, en la zona norte del Municipio de Nezahualcóyotl Estado de México. Registrando temperaturas promedio entre los $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los valores de temperatura muy por encima de las alcanzadas con absorbedores formados con termopares convencionales ($150\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $250\text{ }^{\circ}\text{C}$), se encontró que el sulfato de calcio con material de uso para la construcción de superficies de revolución tipo Fresnel mejora las eficiencias de irradiación en comparación a superficies formadas con resinas. El uso de la impresora 3D permitió diseñar la superficie adecuadamente.

Referencias

- Bustos Fierro, I. H., & Calderón, J. H. (2002). Small field CCD astrometry with a long focus reflector telescope. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 38(2), 215-224.
- Cardona-Núñez, O., Pedraza-Contreras, J., Cornejo-Rodríguez, A., & Cordero-Dávila, A. (1983). Significado de las superficies causticas en óptica. *Rev. Mex. Fís.*, 29, 245-258.
- Castañeda Miranda, A., González Parada, A., Guzmán Cabrera, R., & Ibarra Manzano, O. G. (2012). Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso. *Acta Universitaria*, 22(3), 14-19.
- Corominas, J. (2014). Los primeros minutos del efecto invernadero. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 100-107.
- Echazú, R., Cadena, C., & Saravia, L. (2000). Estudio de materiales reflectivos para concentradores solares. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4(8.118), 19.
- Echeverría Palacio, C. M., Ramírez Grueso, R., Coba Torres, K., & Orfa Roja, M. (2006). Bioquímica en la vida diaria: el equilibrio químico y la función transportadora de la hemoglobina. *Revista Ciencias de la Salud*, 4(2), 109-115.
- Galindo, I., Castro, S., & Valdés, M. (1991). Satellite derived solar irradiance over Mexico. *Atmósfera*, 4(3), 189-201.
- Hesthaven, J. S. (1998). From Electrostatics to Almost Optimal Nodal Sets for Polynomial Interpolation in a Simplex. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 35(2), 655-676.
- Hsiao, T. C., Chen, T. L., Chen, T. S., & Li, Y. (2018, 13-17 April 2018). *Based on lagrange interpolation for smart sensors*. Paper presented at the 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI).
- Kimberling, C. (1986). Lagrange Polynomials. *The Mathematics Teacher*, 79(5), 368-373.
- López, J., & Alarcón, M. (2011). Sulfato de calcio: propiedades y aplicaciones clínicas. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 4, 138-143.
- Mejía Flores, H. J. (2016). Ventajas Y Desventajas de las impresoras 3D. *Revista Tecnológica*, 12, 30-34.
- Mercado, C., & Lam, E. (2015). Evaluación de un sistema de desalinización solar, Tipos de concentrador cilíndrico parabólico de agua de mar. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 6(4), 19-28.
- Narasimhan, M. S., & Malla, Y. B. (1972). Paraboloidal-reflector illumination with conical scalar horns. *Electronics Letters*, 8(5), 111-112. doi: 10.1049/el:19720080
- Neill, M. J. O. (1988, 26-30 Sept. 1988). *An advanced space photovoltaic concentrator array using Fresnel lenses, gallium arsenide cells, and prismatic cell covers*. Paper presented at the Conference Record of the Twentieth IEEE Photovoltaic Specialists Conference.
- Pacheco Luján, W. (2006). Colector parabólico compuesto para therma solar. *Industrial Data*, 9(2), 7-9.
- Poveda Ramos, G. (2016). La interpolación de Lagrange en el espacio Rm. *Revista EIA*, 13(25), 29-44.
- Riesco-Ávila, J. M., Gallegos-Muñoz, A., Montefort-Sánchez, J. M., & Martínez-Martínez, S. (2005). Procesos alternativos de combustión en motores de combustión interna. *Acta Universitaria*, 15(1), 36-54.
- Rodríguez, V., & Mejía, Y. (2010). Optimización De Un Concentrador Solar Para Celdas Fotovoltaicas. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 8(2).
- Ruelas Ruiza, J. E., Velázquez Limón, N., & Beltrán Chacón, R. (2011). Diseño de un Concentrador Solar Acoplado a un Motor Stirling Fijo. *Ingeniería Mecánica. Tecnología y Desarrollo*, 4(1), 15-21.
- Sanford, V. (1934). Joseph Louis Lagrange: Born at Turin, January 25, 1736 Died in Paris, April 10, 1813. *The Mathematics Teacher*, 27(7), 349-351.

Serrano, J. C., & Carranza SÁNchez, Y. A. (2005). Análisis teórico de la combustión en quemadores de gas natural. *Scientia Et Technica*, XI(29), 139-143.

Sherif, R. A., King, R. R., Karam, N. H., & Lillington, D. R. (2005, 3-7 Jan. 2005). *The path to 1 GW of concentrator photovoltaics using multijunction solar cells*. Paper presented at the Conference Record of the Thirty-first IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2005.

Terrés, H., Ortega, A., Gordon, M., Morales, J. R., & Lizardi, A. (2008). Evaluación de reflectores internos en una estufa solar de tipo caja. *Científica*, 12(4), 175-183.

Valle, F. A. (1995). Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, 340, 1-6.

Caracterización y monitoreo mediante WIFI de las variables físicas en sistemas solares térmicos

Characterization and monitoring by WIFI of the physical variables in solar thermal systems

LOZA-LARA, Faustino*†, LIZARRAGA-CHAIDEZ, Héctor Manuel, ONTIVEROS-MIRELES, Joel Josué y RUBIO-ASTORGA, Guillermo Javier

Instituto Tecnológico de Culiacán / Tecnológico Nacional de México

ID 1^{er} Autor: *Faustino, Loza-Lara* / ORC ID: 0000-0003-3310-2954, Researcher ID Thomson: H-6236-2018, Open ID: 116507199355705197637, CVU CONACYT ID: 903030

ID 1^{er} Coautor: *Héctor Manuel, Lizárraga-Chaidez* / ORC ID: 0000-0001-7415-6006, Researcher Thomson ID: O-1018-2018, Open ID: 106875913298522960526, CVU CONACYT ID: 923641

ID 2^{do} Coautor: *Joel Josué, Ontiveros-Mireles* / ORC ID: 0000-0002-3717-5141, Researcher Thomson ID: H-5429-2018, Open ID: 101358849298461976839, CVU CONACYT ID: 564321

ID 3^{er} Coautor: *Guillermo Javier Rubio-Astorga* / ORC ID: 0000-0003-3440-9958, Researcher Thomson ID: H-4783-2018, Open ID: 116048027903907523090, CVU CONACYT ID: 94895

Recibido Julio 20, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

Los colectores solares aprovechan la energía del sol para posteriormente convertirla en energía térmica. Esta energía se utiliza para la calefacción de fluidos como el aire y el agua. Con el uso de estos dispositivos se ayuda a satisfacer las necesidades energéticas que se tienen en los hogares e industrias sin comprometer las reservas de combustibles fósiles y reducir así el impacto en el medio ambiente. La propuesta que se presenta es hacer uso de la instrumentación de colectores solares para tener sistemas más eficientes. Los sistemas que se instrumentan son un calentador solar de agua del tipo tubos al vacío y un deshidratador solar de alimentos tipo armario. Esto mediante el censado y procesamiento de la información que se obtiene de las variables físicas que interactúan con los sistemas colectores de energía solar. Además, se obtiene un historial de su comportamiento, para la toma de decisiones de operación. Esto mediante una interfaz de monitoreo que guarda y grafica la información de los sensores en una plataforma digital que hace uso de una página web *HTML* comunicada a los sistemas térmicos de manera inalámbrica mediante tecnología wifi.

Colector Solar, Instrumentación, Monitoreo

Abstract

Solar collectors use solar energy to produce thermal energy. This energy is used to heat fluids like air and water. With the use of these devices will help to satisfy the energy needs in homes and industries, without compromising the fossil fuels reserves and reduce the impact on the environment. The proposal here presented is to make use of instrumentation of solar collectors that has more efficient systems. The systems instrumented are a solar water heater vacuum tubes and a solar dehydrator of food cabinet kind. This by means of the census and processing of the information obtained from the physical variable that interact with the solar energy collector systems. Also, is obtained a record of the behavior of both systems for making decisions and the operation. This through a monitoring interface that stores and plots the data of the sensors on a digital platform that works with *HTML* web page that communicates with thermal systems wirelessly and using *WIFI* technology.

Collector Solar, Instrumentation, Monitoring

Citación: LOZA-LARA, Faustino, LIZARRAGA-CHAIDEZ, Héctor Manuel, ONTIVEROS-MIRELES, Joel Josué y RUBIO-ASTORGA, Guillermo Javier. Caracterización y monitoreo mediante WIFI de las variables físicas en sistemas solares térmicos. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-7: 18-26.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (Fausto_loza13@hotmail.com)

1. Introducción

El cambio climático es un problema con el que se enfrenta la humanidad en la actualidad, el incremento de la temperatura media de la tierra a causa del incremento en la emisión de gases de efecto invernadero, el aumento del nivel del mar por el derretimiento de glaciares y el aumento de fenómenos meteorológicos extremos como tormentas y sequías indican que se debe sustituir el consumo de combustibles fósiles por nuevas fuentes de energías renovables (Tome, 2011).

El sol de forma directa o indirecta es el origen de casi todas las energías renovables, la energía del sol que llega a la tierra lo hace como radiación electromagnética (Casals, 2006). La energía solar térmica se aprovecha mediante los colectores solares, donde su principio de funcionamiento es simple, la radiación solar llega al colector y el calor se transfiere a un fluido como el aire y el agua, este calor o radiación térmica se utiliza para la calefacción de los fluidos (Rodríguez, 2008).

En ocasiones la instalación de un sistema térmico se hace de forma incorrecta (Cabrera, 2009), esto provoca que el sistema trabaje debajo de su capacidad y no se aproveche el beneficio del sistema. En artículos como (Boudet, 2010), (Vu Lan, 2017) y (Hafeezgayasudin & Naveen, 2016) se usa la instrumentación para visualizar ganancias térmicas o para aplicar control, pero no se menciona como se obtienen las variables físicas ni se especifica en que parte del prototipo se toman las lecturas. En este trabajo se propone la instrumentación de los sistemas térmicos con base en las ecuaciones matemáticas que calculan la eficiencia de trabajo.

Instrumentar un sistema térmico permite al usuario conocer y valorar las variables físicas que se involucran en el proceso de calefacción de fluidos y así determinar su comportamiento, para esto se calcula la eficiencia de trabajo que presentan durante las horas que se tiene radiación solar, los datos de los sensores se procesan con un microcontrolador, se transmiten de forma inalámbrica con wifi y se almacenan en una plataforma digital. Se presentan dos sistemas térmicos instrumentados, un calentador solar de agua con tubos al vacío en el cual se instalan sensores para ver la ganancia de temperatura del agua a lo largo del día.

Además se instala un tanque de almacenamiento externo para aumentar la capacidad de agua caliente, para alimentar este tanque se usa una bomba elevadora. Se instalan sensores en un deshidratador solar tipo armario para conocer la temperatura y la humedad en la que se encuentra el producto dentro de la cámara de secado del propio deshidratador solar, esto para tener una idea de la calidad del producto dentro de la cámara de secado la cual se comprueba mediante pruebas químicas de humedad y proteínas al final del proceso de deshidratación.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección II se presentan las ecuaciones matemáticas que permiten calcular la eficiencia con la que trabajan los sistemas térmicos. Las consideraciones que se siguieron para el diseño de la instrumentación están en la sección III. La implementación de cada uno de los sistemas térmicos se encuentra en la sección IV. Los resultados se muestran en la sección V, agradecimientos en la sección VI y las conclusiones en la sección VII.

2. Calculo de eficiencia en sistemas térmicos

Tanto el calentador de agua como el deshidratador tienen un colector solar, que es la parte principal de un sistema térmico ya que capta la radiación, se convierte en calor y se transfiere a algún fluido (Pérez, 2008). Conocer su comportamiento es necesario para saber si el sistema trabaja de manera correcta o se requiere alguna modificación.

Para el cálculo de eficiencia de los dos sistemas térmicos de este trabajo, se consideran valores de temperatura y de radiación solar, las temperaturas se toman con sensores que se instalan en cada sistema mientras que la radiación solar se toma de una estación meteorológica que se encuentra instalada cerca de los sistemas térmicos. La información de los sensores de temperatura y de la estación meteorológica se procesan dentro de un algoritmo de eficiencia, este algoritmo calcula las pérdidas de energía y la eficiencia o ineficiencia que pueda tener el sistema, cuando se tiene una radiación baja y los sensores instalados tienen temperaturas altas el algoritmo considera que el sistema tiene una pérdida de energía mayor a la energía que incide en el colector, en estos casos es cuando se presenta una ineficiencia.

Además, se desarrolló un algoritmo para evaluar el recurso energético que se tiene disponible en el sitio, en este algoritmo se usa el modelo de Hottel que considera la radiación directa y difusa (Hottel, 1976). El Gráfico 1 muestra la radiación diaria terrestre sobre una superficie horizontal a lo largo de un año en la ciudad de Culiacán.

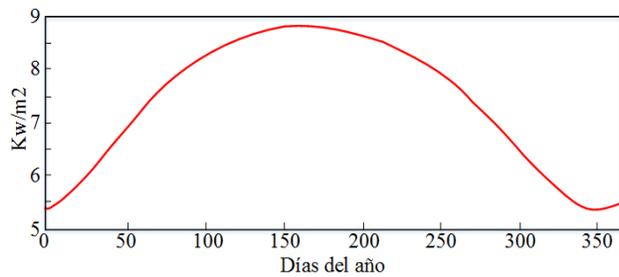


Gráfico 1 Radiación diaria terrestre sobre una superficie horizontal a lo largo de un año en la ciudad de Culiacán
Fuente: *Elaboración Propia*

A) Calentador de agua solar con tubos al vacío

En el calentador solar de agua con tubos al vacío se tiene una ecuación de balance de energía la cual se estima como (Cengel, 2007).

$$Q_{in} = Q_u + Q_L \quad (1)$$

Donde Q_{in} es el calor incidente que absorbe el colector solar, para calcular el calor incidente es necesario conocer la radiación solar con la que se dispone en el sitio, Q_u es la energía útil que se transmite al fluido y Q_L son las pérdidas de calor que se tienen en el sistema de calentamiento de agua. La Figura 1 muestra como en el tanque de almacenamiento se tienen pérdidas térmicas por convección, conducción y radiación (Cengel, 2007), mientras que en el colector solar que se compone por tubos al vacío solo se tienen pérdidas por radiación (Jansen, 1985).



Figura 1 Calentador solar de tubos al vacío.
Fuente: (Alvarado, 2017)

Con la Ecuación (2) se procede a calcular la eficiencia del sistema de calentamiento de agua donde se toma en cuenta la energía útil que se transmite al fluido y la energía total que incide en el calentador solar.

$$n = \frac{Q_u}{Q_{Incid}} \quad (2)$$

Las ecuaciones para el cálculo de eficiencia del calentador solar de tubos al vacío son un indicador para seleccionar el lugar donde se instalan los sensores de temperatura. Los sensores caracterizados se instalan en partes estratégicas del sistema, esto para calcular las pérdidas térmicas que se tienen tanto en el tanque de almacenamiento como en el colector solar.

B) Deshidratador solar tipo armario

El cálculo de la eficiencia en el deshidratador solar se hace a partir de la Ecuación (3) que calcula la ganancia de calor que se tiene al interior del colector solar (Duffie & Beckaman, 2013).

$$Q_U = m_f C_p (T_o - T_i) \quad (3)$$

Donde Q_U es la ganancia de calor, m_f es el flujo de aire que circula en el colector solar, C_p es la capacidad calorífica que tiene el aire, T_o y T_i son las temperaturas en la salida y entrada del colector solar. Para calcular la eficiencia con la que trabaja el colector del deshidratador solar se considera la ganancia de calor de la Ecuación (3) y se calcula con la Ecuación (4). Donde A es el área del colector solar y I es la radiación solar que se tiene disponible en el sitio.

$$\eta = \frac{Q_U}{IA} \quad (4)$$

3. Diseño de los sistemas instrumentados

Los dos sistemas térmicos de este trabajo requieren estar siempre bajo los rayos del sol para funcionar, por esto se usa la plataforma *Thingspeak* que permite almacenar las lecturas de los sensores sin estar al exterior. Para transmitir la información se usa el módulo *ESP8266* que trabaja con tecnología inalámbrica wifi y es compatible con cualquier microcontrolador que cuente con un puerto serial integrado.

El sistema de calentamiento de agua se conforma por un calentador solar de agua con un colector compuesto por tubos al vacío, un tanque externo para aumentar la capacidad de agua caliente, una bomba elevadora para bombear el agua desde el tanque principal al tanque externo, sensores de temperatura para calcular pérdidas de energía, sensores de temperatura para comparar la temperatura en ambos tanques de almacenamiento y sensores de flujo para medir el caudal.

El deshidratador solar tipo armario cuenta con un diseño activo tipo indirecto sin ventilación forzada, este sistema se compone con un colector con cubierta de vidrio, una cámara de secado, sensores de temperatura y humedad en los distintos niveles que se encuentran dentro de la cámara de secado que permiten conocer cuando un producto se ha deshidratado.

4. Implementación

A) Calentador de agua solar

En el calentador solar de tubos al vacío se requieren 6 sensores analógicos LM35 (National Semiconductor Corporation, 2000), 4 para medir las temperaturas que determinan las pérdidas de energía dentro de las ecuaciones para el cálculo de eficiencia y 2 al interior de los tanques de almacenamiento para comparar su temperatura y bombear el agua, también se instalan dos sensores de flujo digitales YF-201 (Yifa the plastic ltd, 2013) a la entrada y salida del calentador solar para medir el flujo que circula por ellos. En la Figura 2 se muestra el sistema completo para calentamiento de agua.

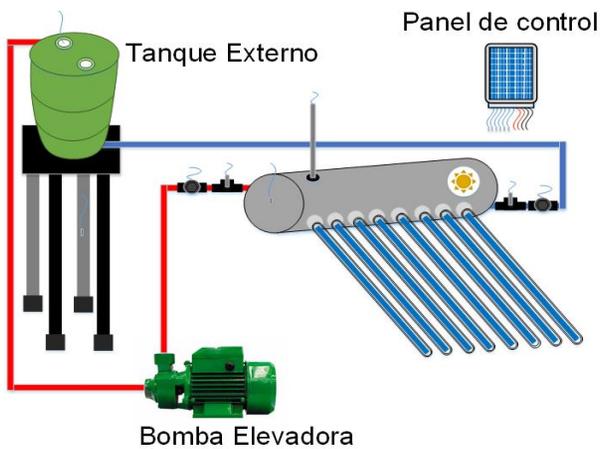


Figura 2 Sistema de calentamiento de agua
Fuente: Elaboración Propia

Dentro del panel de control se tiene como elemento principal un microcontrolador *ATMEGA328* y un módulo wifi *ESP8266*, este se conecta a internet para guardar la información de los sensores en la plataforma *Thingspeak*, para esto se usa un teléfono móvil que funciona como modem para compartir internet al módulo wifi. El interior del panel de control se muestra en la Figura 3.

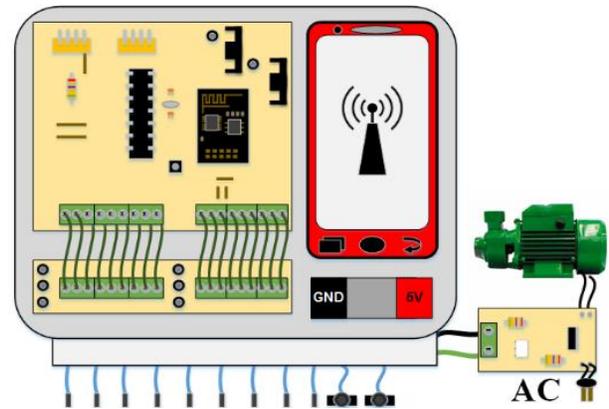


Figura 3 Panel de control
Fuente: Elaboración Propia

Las conexiones electrónicas del sistema se muestran en la Figura 4, se tienen las 6 entradas de los sensores analógicos de temperatura, el módulo *ESP8266* que sirve para la transmisión de información, la etapa de potencia que sirve para la activación de la bomba elevadora se hace con un optoacoplador salida a triac para aislarlo de la etapa de control.

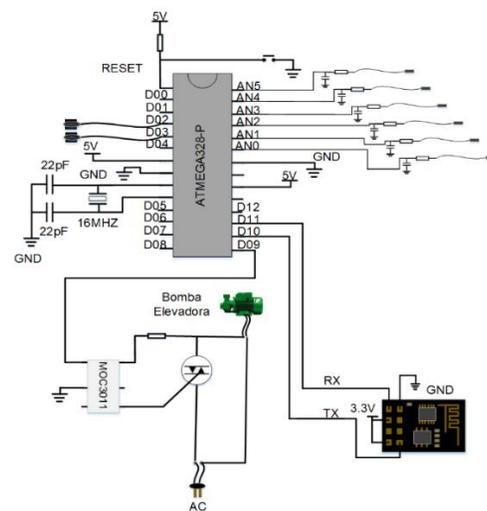


Figura 4 Diagrama electrónico del calentador solar
Fuente: Elaboración Propia

La página web sirve como una interfaz gráfica al usuario para monitorear la información de los distintos sensores instalados en el sistema, además esta interfaz permite descargar la información de los sensores en cualquier ordenador o dispositivo móvil, en el Gráfico 2 se aprecia la página web.

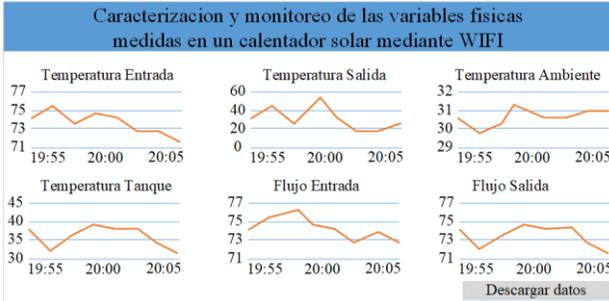


Gráfico 2 Página web
Fuente: Elaboración Propia

B) Deshidratador solar

El sistema de instrumentación que se implementa para monitorear las variables físicas cambiantes en el deshidratador solar de tipo armario se muestra en la Figura 5.

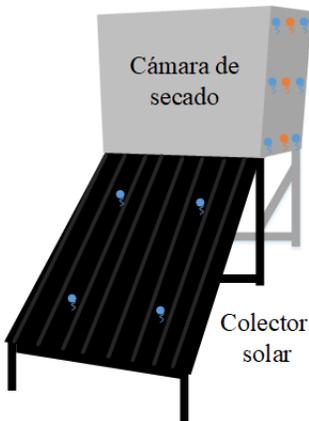


Figura 5 Deshidratador solar
Fuente: Elaboración Propia

En el deshidratador solar se instalan sensores de temperatura digitales *DS18B20* (Maxim Integrated, 2015) y sensores de humedad digitales *DHT22* (Aosong Electronics, 2014), se instalan 4 sensores de temperatura y 1 sensor de humedad en cada uno de los 3 niveles dentro de la cámara de secado, en el colector solar se instalan 4 sensores de temperatura para conocer la densidad del aire, este dato se requiere para calcular la eficiencia del colector.

Las señales de todos los sensores instalados en el deshidratador solar se reciben y transmiten por wifi dentro del panel de control, al igual que en el calentador solar de agua se usa el mismo módulo *ESP8266* para almacenar la información de los sensores en la plataforma *Thingspeak*. En la Figura 6 se muestra el interior del panel de control usado en el deshidratador solar.

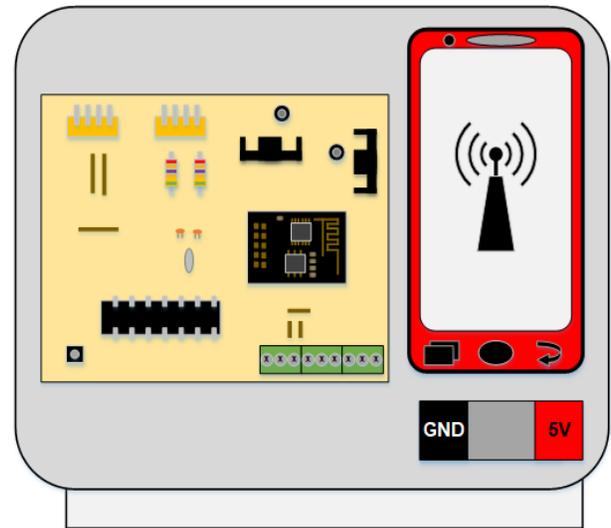


Figura 6 Panel de control del deshidratador solar
Fuente: Elaboración Propia

Los sensores digitales que se usan en el deshidratador funcionan con el protocolo *onewire*, este les permite comunicarse con el microcontrolador con el mismo cable de datos. En la Figura 7 se muestra el diagrama electrónico que se usa dentro del panel de control.

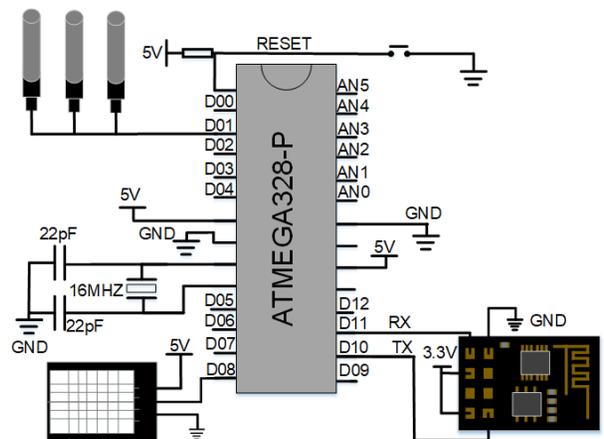


Figura 7 Sistema electrónico del sistema de secado
Fuente: Elaboración Propia

Para el monitoreo de la temperatura y humedad que cambia dentro de la cámara de secado del deshidratador solar se tiene una página web HTML como se muestra en el Gráfico 3.

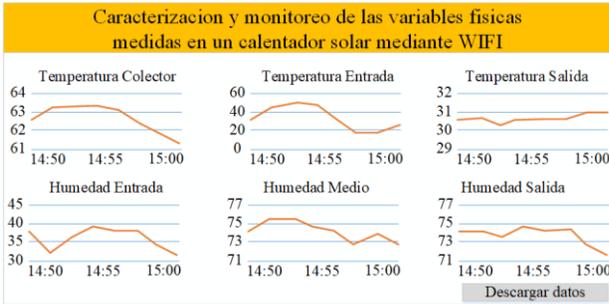


Gráfico 3 Página web del deshidratador solar
Fuente: Elaboración Propia

5. Resultados

A) Calentador de agua solar

Se almacenaron datos desde las 7 AM a las 7 PM del día 29 de abril del 2018 con un periodo de muestreo de 5 minutos para calcular la eficiencia con la que trabaja el calentador de agua solar, el 29 de abril fue un día nublado por lo que afecto la eficiencia del calentador solar al bloquear los rayos del sol, en el Gráfico 4 se muestra la eficiencia que se calculó con un algoritmo que se desarrolló en Matlab.

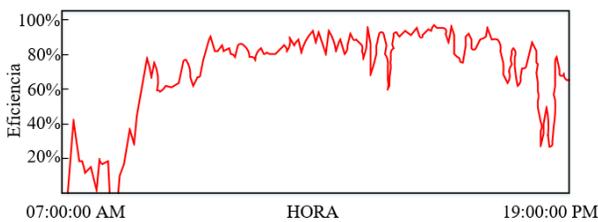


Gráfico 4 Eficiencia del calentador solar el día 29 de abril
Fuente: Elaboración Propia

Este día se alcanzó una eficiencia de 90% a las 3 de la tarde, en el Gráfico 5 se muestra la eficiencia promedio por hora con la que trabajo el calentador solar de tubos al vacío.

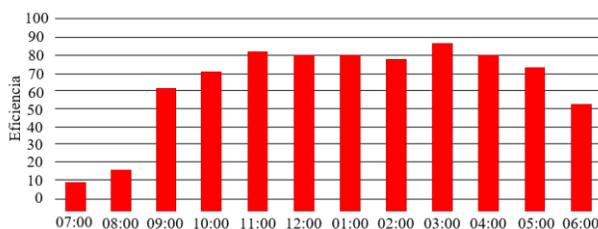


Gráfico 5 Eficiencia promedio por hora el día 29 de abril
Fuente: Elaboración Propia

La segunda prueba se realizó el día 7 de mayo, este día fue soleado por lo que la eficiencia se mantiene constante como se observa en el Gráfico 6.

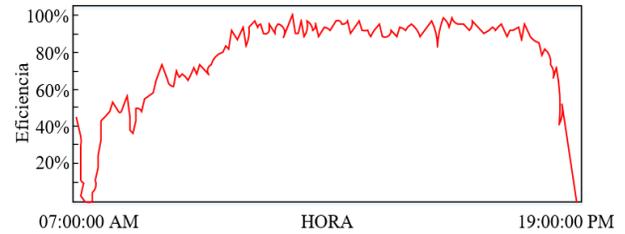


Gráfico 1 Eficiencia del día 7 de mayo del 2018.
Fuente: Elaboración Propia

La eficiencia promedio por hora del día 7 de mayo se muestra en el Gráfico 7, se observa que el sistema se mantiene con una eficiencia superior a los 90% desde las 11 AM a 4 PM.

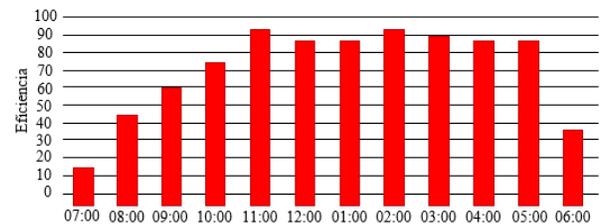


Gráfico 2 Eficiencia promedio por hora 7 de mayo
Fuente: Elaboración Propia

La tercera prueba que se realizo fue para aumentar la cantidad de agua caliente disponible, esto fue posible al comparar la temperatura interna en ambos tanques de almacenamiento, cuando en el tanque principal se tiene una temperatura mayor a 75°C se activa una bomba elevadora para bombear agua al tanque externo, cuando en el tanque externo se tiene una temperatura de 60°C la bomba se apaga.

En el Gráfico 8 se muestra que la bomba se activó por primera vez a las 14:15 PM donde se elevó la temperatura del tanque externo de los 39.6°C a los 60.3°C, después de eso se observa que el tanque externo pierde temperatura por la falta de aislamiento térmico del propio tanque, la bomba se vuelve a encender a las 17:37 PM, la temperatura del tanque externo pasa de los 56.8°C a los 62.4°C. Al final del día el tanque principal quedo con una temperatura de 70.9°C y el tanque externo con 60.1°C con lo que se aumentó la capacidad de agua caliente de 150 a 250 litros.

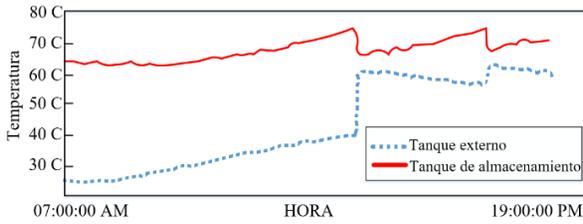


Gráfico 8 Temperatura en ambos tanques de almacenamiento
Fuente: Elaboración Propia

B) Deshidratador solar

Con el deshidratador solar de tipo armario se realizaron dos pruebas, en la primera prueba se calculó la eficiencia de trabajo en el colector. El Gráfico 9 muestra la eficiencia que se obtiene.

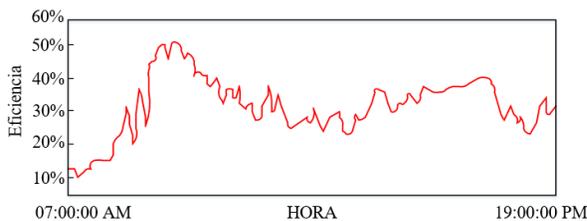


Gráfico 9 Eficiencia del deshidratador solar
Fuente: Elaboración Propia

El punto con más eficiencia de la prueba fue de 54.82%, en el Gráfico 10 se muestra la curva de funcionamiento para saber la ganancia en grados centígrados del deshidratador con relación a la radiación solar incidente.

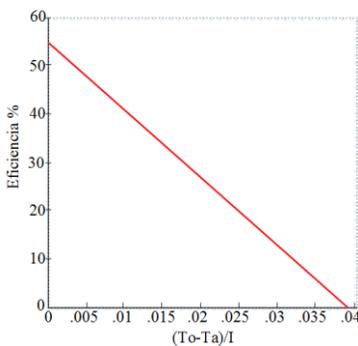


Gráfico 3 Curva de funcionamiento del deshidratador
Fuente: Elaboración Propia

En el Grafico 11 se tienen las humedades medidas en las camas de la cámara de secado del deshidratador solar sin alimento en donde se observan las humedades en los niveles de la cámara de secado comparada con la humedad ambiente y en el Gráfico 12 se muestran las mismas humedades durante la prueba con alimento en este caso mango.

Los gráficos muestran cuando se comienza a ganar humedad en el deshidratador por lo cual ya no es conveniente mantener alimento dentro del deshidratador.

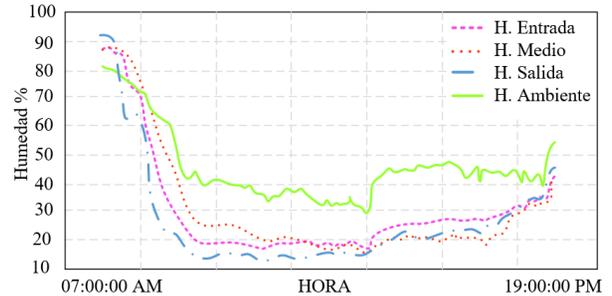


Gráfico 4 Humedades
Fuente: Elaboración Propia

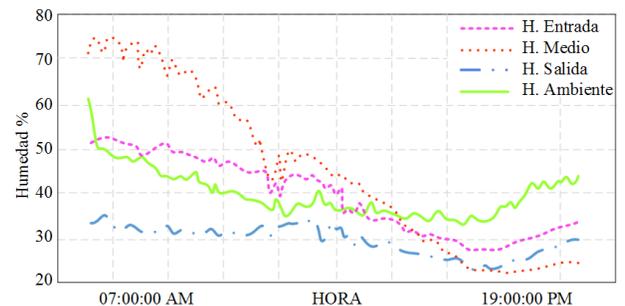


Gráfico 5 Humedades durante la primera prueba
Fuente: Elaboración Propia

Al mango de la segunda prueba se le realizaron pruebas químicas donde se comprueba la humedad del producto después del proceso de deshidratación, para esta prueba se tomaron 2 muestras por cada nivel de la cámara de secado. En la Tabla 1 se muestra el peso inicial y final de cada una de las muestras después de la deshidratación, también se muestra la humedad perdida durante la deshidratación y la humedad final del producto, las muestras 1 muestran los datos durante el primer día y las muestras 2 muestran los datos durante el segundo día de la prueba.

Muestra	Peso inicial	Peso final	Humedad Perdida	Humedad final
Entrada 1	3.97 g.	1.96 g.	49.91%	50.09%
Medio 1	3.66 g.	1.57 g.	57.00%	43.00%
Salida 1	4.18 g.	1.08 g.	69.90%	30.10%
Entrada 2	4.2 g.	0.6 g.	85.56%	14.44%
Medio 2	3.5 g.	0.63 g.	81.80%	18.20%
Salida 2	3.1 g.	0.47 g.	84.81%	15.19%

Tabla 1 Pruebas de humedad de las muestras
Fuente: Elaboración Propia

La prueba de proteínas se muestra en la Tabla 2 donde se tienen los datos para calcular el porcentaje de proteínas como el peso de la muestra después de su deshidratación, el gasto de ácido clorhídrico en mililitros durante la titulación y el porcentaje de proteínas de la muestra.

Muestra	Peso de la muestra	Titulación	Proteínas en el alimento
1	0.0539 g.	0.2	0.52%
2	0.0583 g.	0.3	0.72%
3	0.0550 g.	0.3	0.76%
4	0.0543 g.	0.1	0.26%

Tabla 2 Pruebas de proteínas en las muestras deshidratadas

Fuente: *Elaboración Propia*

Al comparar los resultados de la prueba de proteínas con (Pérez Lizaur & Palacios González, 2014) que muestra que el mango cuenta con 0.3% de proteínas se comprueba que el mango mantiene sus proteínas después del proceso de deshidratación.

6. Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por el apoyo que proporcionaron al proyecto “Desarrollo y caracterización del recurso solar para aplicaciones tecnológicas en energías renovables del sector primario” con clave 6070.17-P.

7. Conclusiones

Conocer cuál es la eficiencia con la que trabaja el sistema térmico permite saber si trabaja de manera correcta o necesita alguna modificación, contar con una base de datos de los sensores permite desarrollar un algoritmo que calcule la eficiencia donde se consideren las pérdidas reales del sistema.

Obtener las variables físicas que afectan a los sistemas térmicos ayuda a mejorar los resultados de los dos sistemas que se instrumentan en este trabajo, en el calentador solar de tubos al vacío se logró aumentar la cantidad de agua caliente de 150 a 250 litros con una temperatura promedio de 65°C, en el deshidratador solar se obtuvo como producto mango seco con una humedad mínima del 15% y 0.5% de proteínas.

Para obtener estos resultados se acondicionaron y caracterizaron sensores de temperatura en el calentador solar de agua con tubos al vacío y se le agregaron sensores de humedad al deshidratador solar, con esto se recopiló y almaceno información que luego se usó para tomar decisiones de operación en cada sistema térmico.

Finalmente una interfaz gráfica permite al operador observar el comportamiento que tienen las variables físicas que interactúan en el sistema térmico, para almacenar la información se usó la plataforma digital *Thingspeak*, esto para que cualquier persona desde un ordenador o dispositivo móvil tenga acceso a la información de cada uno de los sensores se creó una página web *HTML*, dentro de esta página se muestran las gráficas de los sensores y botones que permiten descargar la información que se recopila a lo largo del día.

8. Referencias

- Alvarado, M. A. (2017). Analisis energetico y viabilidad de un colector solar de tubos de vacio global energy de 120 litros. Ciudad de mexico: IPN.
- Aosong Electronics. (2014). Digital output relative humidity and temperature sensor module DHT22.
- Boudet, P. (2010). Desarrollo de aplicaciones de monitorizacion en tiempo real con el empleo del protocolo inalambrico ZIGBEE para sistemas de calentamiento de agua con energia solar. Ciencia en su PC, pp 41-57, Vol 3.
- Cabrera, A. E. (2009). Manual de energía solar térmica e instalaciones asociadas. Uruguay: Universidad ORT.
- Casals, M. R. (2006). Energia Solar Termica. ATARAXIANC: Bogota.
- Cengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa un enfoque práctico. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Duffie, J. A., & Beckaman, W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes. New Jersey: John Wiley & Sons.

Hafeezgayasudin, K., & Naveen, R. (2016). Experimental studies on solar dehydrator, greenhouse dehydrator and open drying. International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability, pp 5-11.

Hottel, H. (1976). A simple model for estimating the transmittance of direct solar radiation through clear atmospheres. Solar energy, pp 126 Vol 18.
Jansen, T. J. (1985). Solar Engineering Technology. Prentice Hall.

Maxim Integrated. (2015). DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer.

National Semiconductor Corporation. (2000). LM35 Precision Centigrade Temperature Sensor.

Pérez Lizaur, A., & Palacios Gonzáles, B. (2014). Sistema Mexicano de alimentos equivalentes. Ciudad de México: Ogali.

Pérez, L. B. (2008). Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares. Habana: cubasolar.

Rodriguez, J. C. (2008). Energias renovables y eficiencia energetica. canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

Tome, J. F. (2011). Guías didácticas de educación ambiental. Sevilla: Consejería de medio ambiente.

Vu Lan, N. (2017). Improvement of conventional solar drying system. International Conference on System Science and Engineering, pp 690-693.

Yifa the plastic ltd. (2013). YF-S201.

Evaluación energética de un prototipo de calentador de agua de paso en estado no permanente

Energy evaluation of a step water heater prototype in non-steady state

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

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

ID 1^{er} Autor: *Raymundo, López-Callejas* / ORC ID: 0000-0001-9415-3435, Researcher ID Thomson: H-2084-2018, CVU CONACYT ID: 213601

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

ID 2^{do} Coautor: *Hilario, Terres-Peña* / ORC ID: 0000-0001-7996-5734, Researcher ID Thomson: G-6072-2018, CVU-CONACYT ID: 98093

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

Recibido Junio 30, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

Se presenta el análisis energético de un prototipo de laboratorio de un calentador de agua de paso, diseñado para un flujo de 11 L/min, en condiciones de flujo no permanente. La evaluación experimental se realizó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana. El prototipo se construyó empleando como base un calentador de agua de paso comercial, el cual se adaptó e instrumentó completamente para obtener mediciones confiables de las variables físicas requeridas para la evaluación, para el registro de estas variables se realizó un programa en el software Lab-View. La evaluación se realizó para un flujo de 9, 10, 11, 12 y 13 L/min, en periodos de 1 min. Los resultados obtenidos muestran que el consumo de gas L.P. que se registró no varió en todos los casos. La temperatura máxima del agua fue de 44 °C para el flujo de 9 L/min, con 84 % de eficiencia y la mínima registrada de 35.5 °C para los 13 L/min, con una eficiencia de 67 % la cual fue la más baja registrada. En ningún caso se obtuvo la eficiencia reportada por el fabricante de 87 %.

Calentador de agua, eficacia energética, software Lab-View

Abstract

This paper presents the energy analysis of a laboratory prototype of a step water heater, designed for a flow of 11 L/min, in non-steady flow conditions. The experimental evaluation was conducted in accordance with the Mexican official standard. The prototype was built using as a basis a commercial step water heater, which was fully adapted and implemented to obtain reliable measurements of physical variables required for the evaluation, for the registration of these variables a program was developed in the Lab-View software. The evaluation was at 9, 10, 11, 12, and 13 L/min, in periods of 1 minute. The results show that the consumption of LP gas recorded remained unchanged in all cases. The maximum water temperature was 44 °C for 9 L/min flow, with 84% efficiency and the recorded minimum was 35.5 °C for the 13 L/min, with an efficiency of 67%, which was the lowest registered. In any case efficiency reported by the manufacturer of 87% was obtained.

Water heater, energy efficiency, Lab-View software

Citación: LÓPEZ-CALLEJAS, Raymundo, VACA-MIER, Mabel, TERRES-PEÑA, Hilario y LIZARDI-RAMOS, Arturo. Evaluación energética de un prototipo de calentador de agua de paso en estado no permanente. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-7: 27-33.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

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

Introducción

En el pasado la satisfacción de la necesidad de agua caliente se hacía de forma muy rudimentaria e ineficiente, por ejemplo, se colocaban los recipientes con agua directamente bajo la radiación solar, o se utilizaba la combustión de algunos productos de origen orgánico como el carbón y la leña. La primera patente que se registró de un calentador de agua con almacenamiento automático fue en 1889 (Patente US443797, 1889) y lo hizo el ingeniero noruego radicado en Pennsylvania, USA, Edwin Ruuden 1889, su funcionamiento era semejante a un generador de vapor, pero de dimensiones menores. Rápidamente se popularizó y a partir de entonces este dispositivo ha sufrido muchos cambios con la finalidad de mejorar su manejo y la eficiencia termodinámica.

Estos equipos se han hecho indispensables en todos los hogares del mundo por la comodidad del servicio que proporcionaban, principalmente porque su fuente energía es el gas LP. De todos los calentadores que más se ha desarrollado y comercializado es el de tanque de almacenamiento con controles automáticos, los cuales permiten a sus usuarios olvidarse prácticamente de ellos de su operación diaria, ya que únicamente necesitan el abastecimiento del gas y por supuesto del agua.

Hasta los años 90 las eficiencias térmicas de éstos se encontraban entre los valores de 35% y 67.4%, y por ello se realizaron algunas mejoras con el objetivo de incrementarlas. Por ejemplo, se le agregaron deflectores, lo que elevó la eficiencia del 68 al 80 % (Tajwar S. S., Saleemi A.R., Ramzan N., Naveed S., 2011). La combustión se ve fuertemente influenciada por las condiciones ambientales la cual afecta también su eficiencia, este análisis lo realizaron (Bussman W. R., Baukal, C.E., 2009).

Estos equipos también se pueden combinar con algún sistema de aire acondicionado utilizados en el calentamiento de algunos espacios dentro de las casas-habitación (Der J. P., Kostiuk L. W., McDonald A. G., 2017). Con la finalidad de mejorar aún más el aprovechamiento de la energía actualmente se ha desarrollado un nuevo tipo de calentador de agua, el llamado instantáneo, el cual no tiene tanque de almacenamiento de agua y cuando se hace pasar el agua de inmediato se activa el sistema de alimentación de gas iniciando así el calentamiento del fluido.

Este calentador se ha beneficiado en su eficiencia con el desarrollo de los sistemas electrónicos de ignición y detección del flujo de agua. En México las eficiencias que reportan sus fabricantes son muy cercanas al 90 % de acuerdo al análisis realizado en el Laboratorio Nacional de Protección al Consumidor, (Revista del Consumidor. 2011). Se evaluaron 33 modelos de 17 marcas de calentadores de agua a gas; en lo que respecta a los calentadores de agua de paso tipo instantáneo se verificó la capacidad de calentamiento (L/min) con un incremento de temperatura (ΔT) mínimo de 25°C, la presión máxima de trabajo (que debe ser de 0.45 MPa) y la presión hidrostática mínima requerida para la apertura del control para suministro de gas en MPa.

Para su realización se utilizó la norma mexicana NOM-020-SEDG-2003 (la actualización de esta norma publicada en 2012 es: NOM-011-SESH-2012), la cual establece las condiciones mínimas de seguridad, los métodos de prueba a los que deben ser sometidos para garantizar que cumplan con dichas especificaciones, el marcado y la información comercial para los calentadores de agua tipo almacenamiento, de paso de rápida recuperación y de paso tipo instantáneos que utilizan como combustible gas LP o gas natural y que proporcionan únicamente agua caliente con carga térmica no mayor de 108.0 kW. La NOM-003-ENER-2011, establece los niveles mínimos de eficiencia térmica que deben cumplir los calentadores para uso doméstico y comercial.

La eficiencia térmica mínima con base al poder calorífico inferior para los calentadores de agua tipo instantáneo según esta norma es de 84%. En este trabajo se presenta la evaluación experimental de un calentador de agua del tipo instantáneo para analizar su comportamiento termodinámico, el cual se instaló, instrumentó y evaluó, las condiciones de evaluación son de flujo no permanente.

Las variables físicas que se obtuvieron son: la temperatura del agua en la entrada y salida y el flujo volumétrico, el cual se varió cada minuto; el consumo de gas L.P.; la temperatura de los gases de combustión a la entrada y salida del cambiador de calor compacto, y el flujo másico de los gases a la salida de la chimenea.

Descripción del equipo utilizado

El calentador de agua del tipo instantáneo elegido es de 11 L/min de capacidad, sus dimensiones físicas son 0.63 m de altura, 0.34 m de ancho y un espesor de 0.18 m. La tubería por donde circula el agua es de 0.0125 m de diámetro nominal de cobre, y el diámetro de la sección de escape de los gases de combustión es de 0.10 m. En su interior hay dos secciones de calentamiento, la primera es un serpentín aletado de 5 pasos, de 0.248 m largo por 0.138 m de ancho y una altura de 0.05 m, además tiene 72 aletas de 0.001 m de espesor. Posteriormente la tubería forma un serpentín en espiral de dos vueltas completas, que va hacia la parte inferior del calentador.

Las especificaciones del calentador en la placa son: a) tipo de calentador: instantáneo; b) tipo de gas utilizado: gas L.P.; c) capacidad de calentamiento: 11 L/min; d) carga térmica: 13 kW; e) presión hidrostática mínima: 0.0095 MPa; f) presión máxima de trabajo: 0.45 MPa.

El dispositivo totalmente instrumentado, se ubica en un sistema de recirculación del agua, para evitar el desperdicio del fluido, los elementos de medición y control exteriores son: una motobomba centrífuga con un motor de 370 W de potencia, su función es la proporcionar la cantidad de fluido requerido (4); una válvula de globo para el control del flujo volumétrico (3); dos manómetros tipo Bourdon, para medir la presión a la entrada y salida del dispositivo (1-2); el calentador de agua instantáneo (7); perilla de control de calentamiento, suministro de gas L.P. (6); medidor del flujo de gas L.P. (5); válvula de globo (8); tubería de descarga, según se muestra a detalle en la Figura 1.

En el interior se instalaron cuatro termopares tipo K para medir la temperatura en la pared de la tubería del cambiador de calor; el primero se colocó a la entrada del dispositivo, el segundo a la salida del cambiador de calor compacto, de esta manera se sabe el incremento de la temperatura en él. El tercer termopar se ubicó a la salida del serpentín, con este se mide la temperatura con la que sale el agua del calentador. Finalmente, el cuarto termopar proporciona la temperatura de salida de los gases de escape y se coloca exactamente a la salida del dispositivo.

Para la medición de la temperatura de los gases de combustión se instalaron tres termopares del tipo bayoneta ubicados a la salida del quemador, a la entrada y salida del cambiador de calor compacto. En la Figura 2 se presenta el diagrama de la ubicación de los medidores de temperatura descritos anteriormente.

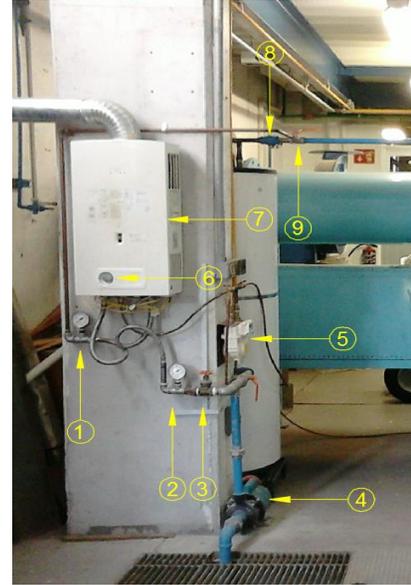


Figura 1 Instalación del prototipo

Fuente: Elaboración Propia

La medición del flujo volumétrico de agua suministrado al calentador se realizó con un medidor de flujo del tipo ultrasonido, marca Dynamic Fluid System, con exactitud de 1 mL/s. y el medidor de consumo de gas tiene una resolución de $0.010 \text{ m}^3/\text{h}$ y una exactitud de $4.4 \times 10^{-3} \text{ L/s}$, su marca comercial es Wizit. Para el registro de los valores de temperatura se utilizó el software Lab-View, el cual fue programado adecuadamente, las mediciones de las presiones, del flujo volumétrico y del consumo de gas L.P. se realizaron manualmente.

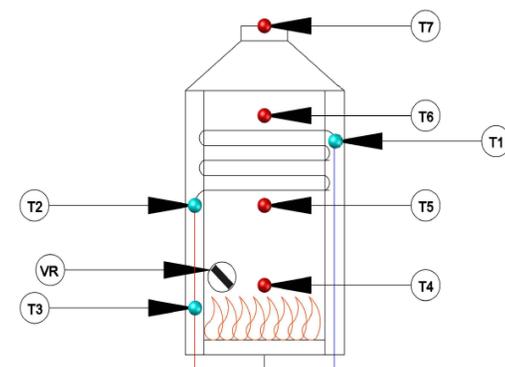


Figura 2 Ubicación de los termopares

Fuente: Elaboración Propia

Consideraciones teóricas

Para el volumen de control mostrado en la figura 3, considerando que el agua de entrada y salida tiene el mismo flujo másico; el gas empleado es L.P. y que se suministra por el conjunto de toberas del quemador en forma simétrica y que para lograr su combustión entra el flujo másico de aire requerido la suma de éstas son los gases de combustión que salen por la chimenea; el único suministro requerido de energía eléctrica es para el electrodo que proporciona la chispa de ignición, la cual es suministrada por dos baterías alcalinas tamaño C de 1.5 V cada una conectadas en serie, finalmente el volumen de control pierde calor, hacia el medio ambiente, a través de la cubierta del calentador, entonces la ecuación de conservación de la energía es:

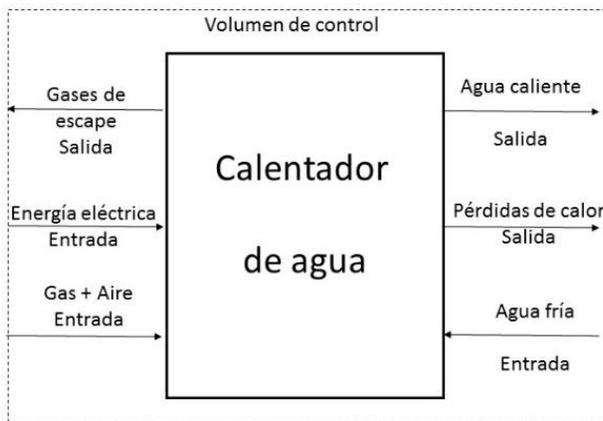


Figura 3. Volumen de control del prototipo

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{dE_{vc}}{dt} = \dot{E}_e + \dot{E}_s + \dot{W} + \dot{Q} \quad (1)$$

Donde E_{vc} es la energía dentro del volumen de control, \dot{E}_e es el flujo de energía que entra y \dot{E}_s es la que sale, \dot{W} la potencia y \dot{Q} es el flujo de calor. Sustituyendo en esta ecuación las variables físicas conocidas o determinadas es:

$$C_c \frac{dT_f}{dt} = \dot{Q}_{sum} - \dot{m}C(T_f - T_e) - UA(T_f - T_e) \quad (2)$$

Donde C_c es la capacitancia térmica del calentador; T_f es la temperatura del fluido; \dot{Q}_{sum} es el flujo de calor suministrado; \dot{m} es el flujo másico del agua, T_e es la temperatura con la que entra al calentador; U es el coeficiente de transferencia de calor entre el calentador y el medio que lo rodea y A es el área exterior del calentador.

De acuerdo al desarrollo realizado por TESS, 2008 y presentado en (Grant P. W., 2010). La capacitancia térmica se determina como:

$$C_c = \frac{\dot{m}C(T_f - T_e)}{dT_s/dt} \quad (3)$$

T_s es la temperatura del fluido a la salida del calentador. La temperatura del fluido T_f se determina como:

$$T_f = T_1 e^{a\Delta t} + \frac{b}{a} e^{a\Delta t} - \frac{b}{a} \quad (4)$$

Donde T_1 es la temperatura anterior y las constantes a y b se determinan con:

$$a = \frac{-(\dot{m} C_p + UA)}{C_c} \quad (5)$$

$$b = \frac{\dot{Q}_{sum} - \dot{m}CT_1 - UAT_0}{C_c} \quad (6)$$

El \dot{Q}_{sum} se determina como el flujo volumétrico de gas suministrado en la prueba y con el poder calorífico inferior del gas utilizado (PCI), en este caso el gas L.P., la expresión es:

$$\dot{Q}_{sum} = v PCI \quad (7)$$

Finalmente, la eficiencia del calentador se calcula como:

$$\eta = \frac{\dot{m}C(T_f - T_e)}{\dot{Q}_{sum}} \quad (8)$$

Metodología experimental

Lo primero que se realizó fue evaluar el comportamiento del calentador para el flujo volumétrico de diseño, en este caso de 11 L/min, lo cual se hace regulando la abertura de la válvula de globo instalada en la entrada del prototipo. Se conectan los termopares a los módulos ADAMS y se activa el software en la computadora para su registro, las temperaturas se registrarán cada 5 segundos. Se anotan las presiones de entrada y salida del fluido y la medición inicial y final del medidor de gas. Se activa el encendido del calentador y se procede a realizar la prueba, la cual se realiza durante 10 min.

Para tener la certeza de los valores obtenidos la prueba se llevó a cabo 3 veces y se obtiene el promedio de los resultados que es el reportado. Para hacer la prueba de variar el caudal a intervalos de 1 min, se inicia con un flujo de 9 L/min, se deja así por 60 s; posteriormente se abre un poco más la válvula para permitir el paso de 10 L/min; otra vez un minuto y así sucesivamente hasta alcanzar el flujo de 13 L/min.

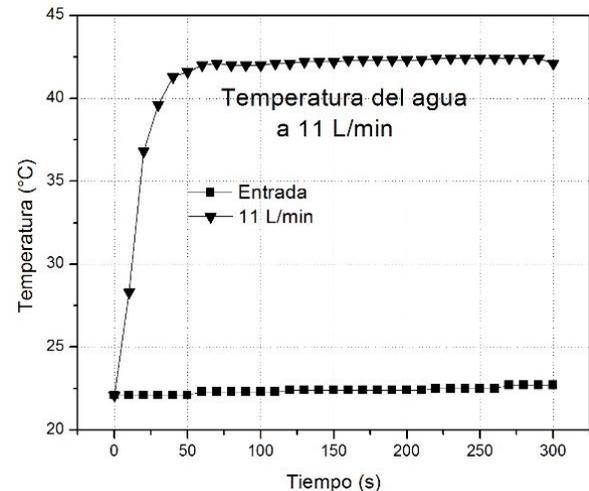
Una vez terminado esto, se deja enfriar el calentador para repetirla nuevamente, esto se realizó durante 6 días y los valores que se reportan son el promedio de estas evaluaciones. Para el registro de las temperaturas se utiliza un programa del software LabView, por otro lado, las presiones de entrada y salida, el consumo de gas L.P. y el flujo volumétrico se realiza por separado de manera manual.

Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos para el caudal de diseño del calentador de 11 L/min, la presión del agua a la entrada del calentador es de 0.15 MPa y a la salida de 0.04 MPa, la apertura del suministro de gas L.P. del 40 % y la temperatura promedio del medio ambiente de 20 °C.

El agua de alimentación al calentador se mantuvo a una temperatura de 22.1 °C la cual varió ligeramente a 22.2 °C después de 180 s (3 min) y posteriormente ya no se presentaron cambios hasta el final de la prueba, por lo tanto, en las gráficas únicamente se muestran los valores hasta los 300 s (5 min). En la gráfica 1 se muestran los resultados obtenidos.

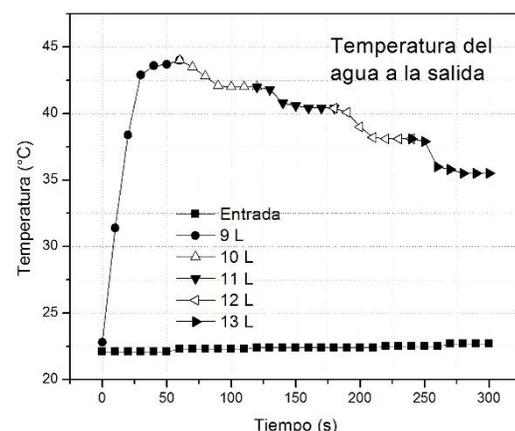
En los primeros 30 s el incremento de temperatura es bastante considerable, ya que el agua llega hasta 39.6 °C y después se hace de manera gradual de tal manera que a los 60 s se tiene una temperatura de 42.0 °C. El volumen de gas suministrado en el tiempo de evaluación fue de 0.046 m³, dando por resultado un flujo másico de 3.46×10^{-4} kg/s, el cual se mantuvo prácticamente constante este consumo.



Gráfica 1 Comportamiento del calentador a caudal de diseño.

Fuente: Elaboración propia

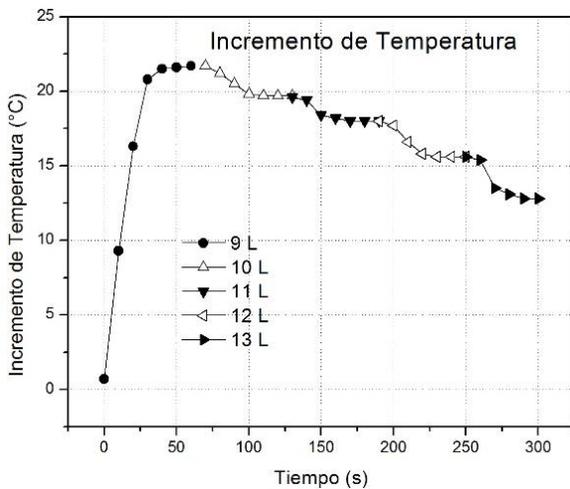
Los resultados obtenidos cuando se aumentó el caudal de 9 hasta 13 L/min fueron los siguientes: Para un flujo de 9 L/min la temperatura se incrementa rápidamente, en los primeros 30 s se llega hasta 43.0 °C y la máxima temperatura es de 44.0 °C; cuando se llega a los 60 s se cierra ligeramente la válvula de globo, la cual fue previamente calibrada para permitir el flujo de 10 L/min, ahora el proceso es contrario, la temperatura disminuye muy ligeramente en los primeros 30 s, ya que se alcanza un valor de 42.1 °C y se estabiliza en 42.0 °C; se repite el proceso y ahora fluyen 11 L/min, la temperatura disminuye gradualmente hasta un valor de 40.4 °C; para el flujo de 12 L/min le corresponde una temperatura de 38.1 °C y finalmente para 13 L/min de 35.5 °C que es la mínima registrada. En todos los casos la temperatura final disminuyó gradualmente en los primeros 30 s y posteriormente casi no fue así. El volumen consumido de gas L.P. en todos los casos fue constante de 0.046 m³, en la gráfica 2, muestran estos resultados.



Gráfica 2 Temperatura del agua de salida del calentador

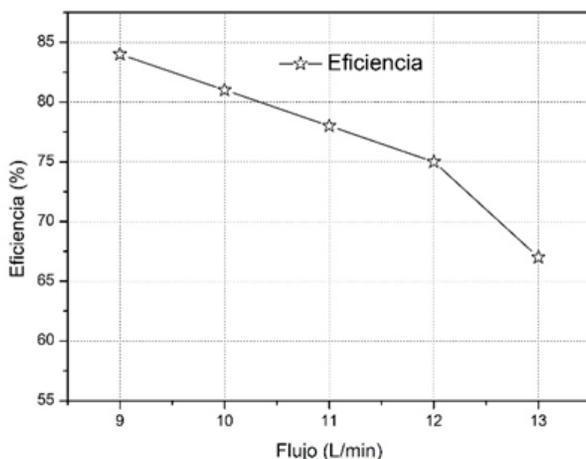
Fuente: Elaboración Propia

Como la temperatura de entrada del agua al calentador es casi la misma ya que al inicio era de 22.1 °C y al final de la prueba, 5 minutos después, fue de 22.7 °C, entonces la gráfica de la diferencia de temperatura contra el tiempo es prácticamente similar, tal y como se presenta en la gráfica 3.



Gráfica 3 Incremento de temperatura del agua
Fuente: Elaboración Propia

Utilizando el desarrollo teórico presentado anteriormente se tiene que la eficiencia del calentador de agua que corresponde a cada flujo másico varía desde 84 % para el flujo de 9 L/min, para el flujo de diseño de 11 L/min la eficiencia es 78 % y llega hasta el 67 % para el flujo de 13 L/min. En todos los casos no se alcanza la eficiencia que se menciona en la placa de este que es del 87 %, la gráfica 4 muestra la eficiencia del calentador a los flujos empleados en la evaluación.



Gráfica 4 Eficiencia del calentador
Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

Se instrumentó completamente un calentador de paso para convertirlo en un prototipo de laboratorio y evaluar su comportamiento termodinámico. Se midieron las variables físicas requeridas tales como temperatura en diversas secciones, medición del flujo volumétrico de agua y gas L. P. suministrado. La medición de temperaturas se realizó con la ayuda de un programa realizado en el software Lab-View.

Primero se realizó la evaluación con el flujo volumétrico de diseño del calentador que es de 11 L/min, posteriormente, se hizo la evaluación del prototipo variando el flujo volumétrico con 9, 10, 11, 12 y 13 L/min. Las eficiencias encontradas fueron de 84 % para el flujo menor y de 67 % para el flujo máximo, la eficiencia para el flujo de diseño fue del 78 %, en ningún caso se logró la eficiencia que se reporta en la placa del éste que es del 87 %.

Referencias

- Bussman W. R., Baukal, C.E. 2009. Ambient condition effects on process heater efficiency. *Energy*, vol. 34, 1624-1635. doi:10.1016/j.energy.2009.07.009.
- Der J. P., Kostiuik L. W., McDonald A. G. 2017. Analysis of the performance of a tankless system: Space heating only mode. *Energy and Buildings*, vol. 137, 1-12. doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.020
- Grant P. W. 2010. Evaluation of the Performance of Gas Tankless Water Heaters. Tesis Master of Science. Recuperada de: https://scholar.colorado.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1042&context=cven_gradetds.
- Haller M. Y., Paavilainen J., Konersmann L., Haberl R., Dröscher A., Frank E., Bales C., Streicher W. 2011. A unified model for the simulation of oil, gas and biomass space heating boilers for energy estimating purposes. Part II: Parameterization and comparison with measurements. *Journal of Building Performance Simulation*. VOL. 4, 19-36, DOI: 10.1080/19401491003653629.

NOM-003-ENER-2011, N. O. 2011. Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Recuperada de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203930&fecha=09/08/2011&print=true

NOM-011-SESH-2012, N. O. 2012. Calentadores para agua que utilizan como combustible gas L.P. o natural, de uso doméstico y comercial. Recuperada de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5295786&fecha=12/04/2013&print=true

Patente US443797, 1889. Recuperado en 2017, de <https://patentimages.storage.googleapis.com/c7/8b/49/46f2a838d33972/US443797.pdf>.

Revista del Consumidor. 2011. Estudio de calidad de los calentadores de agua de uso doméstico. Recuperado de: <http://red.ilce.edu.mx/sitios/tabletas/familia/Calentadoresdeagua.pdf>.

Tajwar S. S., Saleemi A.R., Ramzan N., Naveed S. 2011. " Improving thermal and combustion efficiency of gas water heater.". Appl. Therm. Eng., vol. 31, 1305-1312. doi:10.1016/j.applthermaleng.2010.12.038.

TESS. (2008). Type 940: Tankless Water Heater. Madison, WI: Thermal Energy System Specialists. Recuperado de: <http://www.tess-inc.com/pubs>.

Fabricación de un horno de crisol removible con materiales reciclados

Manufacture of a removable crucible furnace with recycled materials

ALCÁNTARA, J. A.*†, MEDINA, M., CRUZ, A. G. y SALAZAR, R.

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Av. Emiliano Zapata S/N, El Trafico, 54400 Villa Nicolás Romero, México

ID 1^{er} Autor: J. A, Alcántara

ID 1^{er} Coautor: M, Medina

ID 2^{do} Coautor: A. G., Cruz

ID 3^{er} Coautor: R., Salazar

Recibido Junio 30, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

Los hornos de gas para fundición tienen un papel importante en los procesos metalúrgicos. La producción final depende de su rendimiento y fiabilidad. Durante su operación, están expuestos a todo un rango de carga que influye en su desgaste y duración. La carga de gas es un indicador relevante, que debe ser conocido especialmente cuando es necesario realizar cambios en los parámetros de rendimiento durante la operación actual o futuras. El cambio de los parámetros de rendimiento representa una intervención muy importante en el rendimiento del horno de gas con respecto a los requisitos de producción y también influye en el proceso de daño del horno de gas a otro tipo de hornos. Este trabajo presenta un método artesanal adecuado para una posible elaboración de hornos de fundición, teniendo en cuenta el aumento de los precios para las máquinas que de fundición y el poco presupuesto que se tiene en las universidades de la república mexicana.

Horno de gas, Artesanal, Económica, Fácil de armar

Abstract

Gas furnaces for foundry play an important role in metallurgical processes. The final production depends on its performance and reliability. During their operation, they are exposed to a whole load range that influences their wear and duration. The gas load is a relevant indicator, which must be known especially when it is necessary to make changes in the performance parameters during the current or future operation. The change of the performance parameters represents a very important intervention in the performance of the gas furnace with respect to the production requirements and also influences the process of damage of the gas furnace to other types of furnaces. This work presents a suitable artisanal method for a possible elaboration of foundry furnaces, taking into account the increase of the precise ones for the casting machines and the little budget that one has in the universities of the Mexican Republic.

Gas oven, Handmade, Economical, Easy to assemble

Citación: ALCÁNTARA, J. A., MEDINA, M., CRUZ, A. G. y SALAZAR, R. Fabricación de un horno de crisol removible con materiales reciclados. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2018. 2-7: 34-38.

†Investigador contribuyendo como primer autor.

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

Introducción

Este trabajo tiene como finalidad que éste sea artesanal, funcional y económico. Para ello se consiguió una ardua búsqueda de materiales exhaustiva en la cual se obtuvo un panorama de los requerimientos del trabajo. Se podría decir, que este trabajo ha resultado ambicioso pues ha requerido una gran cantidad de tiempo, recursos y energías (J.Setién, 2008) (Amienyo, 2016). Sin embargo, con el fin de poder beneficiar a los futuros estudiantes y servir como fundamento para una posterior construcción de un horno de fundición, se procedió a realizar el trabajo a pesar de las implicaciones. En el diseño y construcción del horno se pusieron en práctica muchos de los conocimientos adquiridos a través de los cuatrimestres de la carrera de nanotecnología en la Universidad Fidel Velázquez, en especial en el área de ingeniería mecánica.

Desde el análisis termodinámico del horno hasta la elaboración de la base que lo sustenta, todo ello exitoso y resultado de la aplicación correcta de la base teórica. Es importante destacar que hubo ciertas habilidades que tuvieron que adquirirse y aprenderse, como de igual manera, hubo personas con vasta experiencia en el área que brindaron su ayuda y asesoría. Con este trabajo se pone de manifiesto el deseo de los estudiantes de nanotecnología, por realizar trabajos funcionales y beneficiosos (A.Wereszczak, 2018)

Metodología

Material

- 1 barril de 80 a 100 cm
- 1 cortadora para metales
- 2 tubos de 2 pulg. de diámetro de acero inoxidable
- 2 tubos de cobre de ½ pulg. de diámetro
- 1 varilla de ½ pulg.
- 1 soldadora
- 5 soldaduras
- 1 perilla reguladora de gas
- Cemento refractario
- Tabiques refractarios
- Agua
- Ventilador de ½ caballo de fuerza

Desarrollo

A un barril de metal de 80 cm (figura 1) se le hizo un corte de unos 15 cm de grosor aproximadamente, de la parte superior con una cortadora, para que esta fuese la tapa del horno y los 65 cm restantes del barril funcionará como el cuerpo del horno.



Figura 1 Barril metálico

En el cuerpo del horno a unos 10 cm antes de llegar al fondo del barril metálico (figura 2) se le hizo un orificio de 2 pulgadas de grosor para que un tubo de acero inoxidable deposite el gas por este orificio.

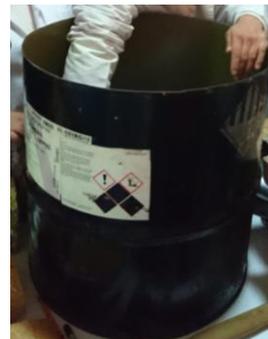


Figura 2 Haciendo el orificio inferior del cuerpo

La tapa de 15 cm de grosor ya cortada del barril metálico, se le hizo un orificio en el centro de la tapa de 15 cm de diámetro y se le colocó un tubo de acero inoxidable de 15 cm de espesor y de un diámetro para que embonara en el orificio que se hizo en el centro por la parte inferior de la tapa como se muestra en la figura 4, la formando un pequeño cilindro como respiradero y en la figura 3 se le soldó unas varillas de ½ pulg. en la tapa en la parte inferior desde el tubo central a un punto de la pared circular más grande, dejándolo aproximadamente 5 cm entre cada varilla en la parte más grande de la circunferencia. (NÚÑEZ, 2012)



Figura 3 Soldando varilla



Figura 4 Tapa del horno

Se rellenó con latillos refractarios delgados al rededor del barril metálico dejando la forma redonda del barril y sin obstruir la entrada del tubo que lleva el gas y en para la tapa se rompieron pedazos más pequeños del tabique refractario para introducir entre las varillas ya soldadas y cubrir el mayor espacio posible como se muestra en la figura 5.



Figura 4 Relleno del cuerpo

A uno de los 2 tubos de acero inoxidable de 2 pulg. de diámetro, se le hizo un orificio a unos 40 cm de distancia (mas unos 20 cm que vamos a introducir al barril) antes de llegar al barril de ½ pulg. de diámetro para poder introducir el tubo de cobre al tubo de acero inoxidable, ya que el tubo de cobre será el trasportado del gas utilizado en el proceso como se ve en la figura 6. (anonimo, 2014)



Figura 5 Colocación de los tubos

Una vez colocados los tabiques refractarios, se hizo una mezcla de cemento refractario con agua hasta quedar con una textura a plastilina colocándolo en todo el contorno de los tabiques refractarios ya colocados, sin dejar un solo hueco tanto al cuerpo como en la tapa.



Figura 6 Preparado del cemento refractario

Antes de dejar secar el cemento refractario, se le coloca el tubo de acero inoxidable dejándolo unos 20 cm dentro del barril inclinado así cualquiera de las paredes, pero sin tocar la pared, para que el gas depositado haga la forma en espiral ascendente y calentar homogéneamente el crisol. Asegurar el tubo inoxidable con cemento refractario alrededor del tubo por dentro del barril metálico.



Figura 7 Pegado del tubo

Los 2 tubos de acero inoxidable de 2 pulg. de diámetro se ensamblarán entre sí por medio de un regulador de aire, teniendo mucho cuidado de no despegar el otro tubo ya pegado al barril, posteriormente se coloca el ventilador en la parte aun sin conectar de los dos tubos de acero inoxidable ya unidos, de igual manera se colocará el tubo de cobre de ½ pulg. en el orificio ya echo del primer tubo de acero inoxidable que está pegado ya al barril, de la misma manera teniendo cuidado de no despegar el tubo de acero inoxidable del barril.



Figura 8 Unión de los tubos

Dejar secar todo el cemento refractario por 24 horas, una vez transcurridas ese tiempo colocar un medio tabique refractario en el centro del horno y un crisol de grafito y podemos empezar.



Figura 9 Horno terminado

Resultados

Se probó el horno en un laboratorio a temperatura ambiente sin la necesidad de controlar el entorno del mismo, llegando a una temperatura máxima de 1200 °C dentro del horno con un crisol de carburo de silicio controlado por un termopar conectado a un multímetro.



Figura 10 Horno a 1200 °C

Conclusiones

Las pruebas realizadas en el laboratorio permiten validar los parámetros de diseño presentados al obtener temperaturas de 1200 °C, en el interior del horno, temperatura suficiente para la fundición de algunos materiales; sin embargo, cabe recalcar, que esta temperatura fue únicamente para probar la capacidad del conjunto horno quemador, y no se mantuvo por mucho tiempo. Resulta seguro, tanto para la integridad del horno como para los operarios, llevar la operación del horno a esta temperatura.

Estas pruebas nos proporcionaron datos importantes de comprobación de la correcta selección de los materiales refractarios; debido a que el horno aun a las temperaturas antes mencionada mantiene en su exterior un nivel de temperatura seguro para los presentes. El proceso de construcción mostró la necesidad imperativa de las habilidades técnicas para la elaboración de moldes para las paredes y bases del horno, estructuras de soporte y correcto ensamble de las piezas; concluyéndose entonces que de no haber tenido a disposición la consultoría técnica oportuna para realizar el trabajo, este hubiera presentado problemas en el funcionamiento a corto plazo. Bajo este concepto, el diseño brindó una mejor oportunidad para los maestros y alumnos de la universidad tecnológica Fidel Velázquez de ampliar los campos de investigación.

Referencias

A.Wereszczak, A. (2018). Reflow-oven-processing of pressureless sintered-silver interconnects. *Journal of Materials Processing Technology*, 500-506.

Amienyo, D. (2016). Sustainable manufacturing of consumer appliances: Reducing life cycle environmental impacts and costs of domestic ovens. *Sustainable Production and Consumption*, 67-76.

anonimo. (2014). Guía de construcción y manejo. *Horno de Fundición*, 10.

J.Setién. (2008). aproximacion historica y metalurgica a los primeros hornos de fundición . *Revista de Metalurgia*.

NÚÑEZ, R. E. (2012). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HORNO DE CRISOL. *univercidad del salvador* , 128.

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 - Technology and 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 del Desarrollo Tecnológico. 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]

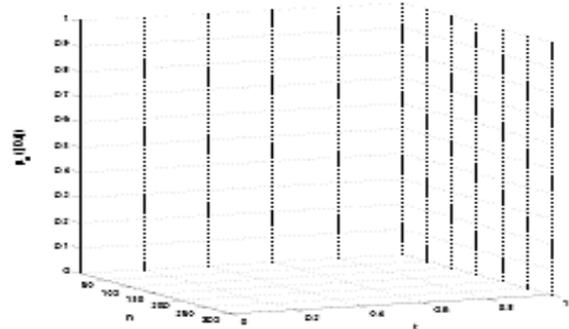


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

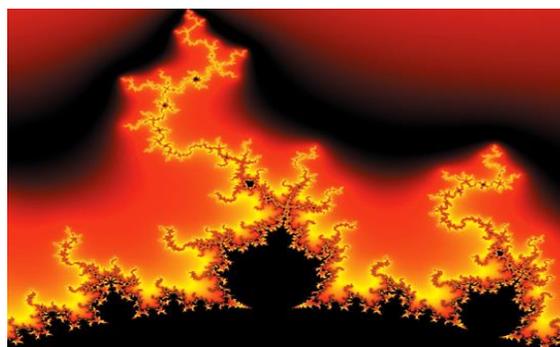


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

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.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

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

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Spain para su Revista del Desarrollo Tecnológico, 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

MIRANDA-GARCIA, Marta. 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.

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

Revista del Desarrollo Tecnológico

“Diagnóstico energético de primer nivel en la industria de fabricación de materiales para la construcción”

HUCHIN-MISS, Mauricio, OVANDO-SIERRA, Juan y CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita

Universidad Autónoma de Campeche

“Diseño de una superficie cuadrada como concentrador solar de revolución de forma libre tipo fresnel impreso en 3D”

GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, J. Guadalupe y PINELO-AGUILAR, Luis Angel

Universidad Nacional Autónoma de México

“Caracterización y monitoreo mediante WIFI de las variables físicas en sistemas solares térmicos”

LOZA-LARA, Faustino, LIZARRAGA-CHAIDEZ, Héctor Manuel, ONTIVEROS-MIRELES, Joel Josué y RUBIO-ASTORGA, Guillermo Javier

Instituto Tecnológico de Culiacán

“Evaluación energética de un prototipo de calentador de agua de paso en estado no permanente”

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

Universidad Autónoma Metropolitana

“Fabricación de un horno de crisol removible con materiales reciclados”

ALCÁNTARA, J. A.*, MEDINA, M., CRUZ, A. G. y SALAZAR, R.

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez



2 5 3 1 2 9 6 0

ISSN 2531 - 2960



www.ecorfan.org