

ISSN 2523-6881

Volumen 3, Número 8 — Enero — Marzo — 2019

Revista de Energías Renovables



ECORFAN®

Editor en Jefe

SERRANO-PACHECO, Martha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Energías Renovables, Volumen 3, Número 8, de Enero a Marzo 2019, es una revista editada trimestralmente por Ecorfan-Perú. La Raza Av. 1047 No.-Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode:11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: SERRANO-PACHECO, Martha. PhD. 2523-6881. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática Ecorfan. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Marzo 2019.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista de Energías Renovables

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 Energía solar y sus aplicaciones, Energías renovables y el cambio climático, Impacto ambiental, Plantas hidroeléctricas, Energías renovables contaminantes, Energía eólica, Energía geotérmica en el mundo

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

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

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Energías Renovables es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Energía solar y sus aplicaciones, Energías renovables y el cambio climático, Impacto ambiental, Plantas hidroeléctricas, Energías renovables contaminantes, Energía eólica, Energía geotérmica en el mundo con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-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

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

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

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

RODRIGUEZ - ROBLEDO, Gricelda. PhD
Universidad Santander

Comité Arbitral

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

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

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD
Universidad Politécnica de Amozoc

GÓMEZ - MERCADO, Abdiel
Instituto Tecnológico de Pachuca

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

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

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

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

AGUILAR - VIRGEN, Quetzalli. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

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

Cesión de Derechos

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

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

Declaración de Autoría

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

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

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional 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 mandará 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 Energía solar y sus aplicaciones, Energías renovables y el cambio climático, Impacto ambiental, Plantas hidroeléctricas, Energías renovables contaminantes, Energía eólica, Energía geotérmica en el mundo y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos *Banco de prueba y entrenamiento para sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico* por PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar Paul†*, FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe y DIBENE-ARREOLA, Luis Martin con adscripción en la Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas, como segundo artículo presentamos, *Caracterización de los desechos orgánicos para el proceso de obtención de biogás en biodigestor UTSOE, apoyada por los cálculos realizados mediante una herramienta de TI* por RAMOS-LÓPEZ, Humberto, RODRÍGUEZ-VARGAS, María De Jesús, ARROYO-ALMAGUER, Marisol, CORRAL-GARCÍA, María Del Socorro y LEDESMA-JAIME, Reynaldo con adscripción Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, como tercer artículo presentamos *Proyecto de ahorro y calidad de la energía en el Centro de Rehabilitación y Educación Especial* por DÍAZ-RAVELO, Daniela†*, LÓPEZ-SIMENTAL, Maite y ALANÍS-RODRÍGUEZ, Eduardo con adscripción en la Universidad Tecnológica de Durango, como cuarto artículo presentamos *Bioenergía a partir de microalgas en México* por PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, MENDOZA-MARTÍNEZ, Ana María, CASTAÑEDA-CHÁVEZ, Maria del Refugio y AGUILERA-VÁZQUEZ, Luciano con adscripción en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.

Contenido

Artículo	Página
Banco de prueba y entrenamiento para sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar Paul, FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe y DIBENE-ARREOLA, Luis Martin <i>Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas</i>	1-8
Caracterización de los desechos orgánicos para el proceso de obtención de biogás en biodigestor UTSOE, apoyada por los cálculos realizados mediante una herramienta de TI RAMOS-LÓPEZ, Humberto, RODRÍGUEZ-VARGAS, María De Jesús, ARROYO-ALMAGUER, Marisol, CORRAL-GARCÍA, María Del Socorro y LEDESMA-JAIME, Reynaldo <i>Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato</i>	9-15
Proyecto de ahorro y calidad de la energía en el Centro de Rehabilitación y Educación Especial DÍAZ-RAVELO, Daniela, LÓPEZ-SIMENTAL, Maite y ALANÍS-RODRÍGUEZ, Eduardo <i>Universidad Tecnológica de Durango</i>	16-22
Bioenergía a partir de microalgas en México PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, MENDOZA-MARTÍNEZ, Ana María, CASTAÑEDA-CHÁVEZ, Maria del Refugio y AGUILERA-VÁZQUEZ, Luciano <i>Instituto Tecnológico de Ciudad Madero</i>	23-34

Banco de prueba y entrenamiento para sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico**Test and training bank for hybrid systems and solar pumping**

PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar Paul†*, FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe y DIBENE-ARREOLA, Luis Martin

Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas, Engineering Division

ID 1^{er} Autor: Cesar Paul, Paredes-Vázquez / ORC ID: 0000-0002-4408-9487, arXiv Author ID: 284265, CVU CONACYT ID: 890844

ID 1^{er} Coautor: Noé Guadalupe, Fletes-Camacho / ORC ID: 0000-0002-2435-6971, Researcher Thomson ID: U-9488-2018, arXiv Author ID: 2839471

ID 2^{do} Coautor: Luis Martin, Dibene-Arreola / ORC ID: 0000-0002-1906-4528, CVU CONACYT ID: 412156

Recibido 30 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

Resumen

La Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas (UTBB) ofrece la carrera de Técnico Superior Universitario e Ingeniería en Energías Renovables. Considerando que su programa de estudios es 70% práctica y 30% teoría, es de suma importancia tener al interior un sistema que sirva para realizar pruebas de funcionamiento y montaje de sistema híbridos (eólica, fotovoltaico) para que los alumnos optengan las habilidades necesarios para un campo laboral exigente. Además, se contempla un espacio para bombeo solar, debido a una de las áreas ecocómicas de la región; la agricultura y ganadería, aunque se tiene canales de riego existen zonas alejadas con necesidades de agua. Se pretende usar equipos, accesorios y condiciones apegadas a una instalación común en el campo laboral, de tal forma que los alumnos cuando lleguen a una instalación privada estén familiarizados con marcas, modelos y diagnósticos reales, no teóricos, como normalmente lo hacen los módulos académicos de fabricantes.

Híbridos, Paneles, Bombeo, Módulos**Abstract**

The Technological University of Bahía de Banderas offers the career of Advanced University Technician and Engineering in Renewable Energies. Considering that its program of studies is 70% practical and 30% theory, it is of the utmost importance to have inside a system that serves to perform tests of operation and assembly of hybrid systems (wind, photovoltaic) so that students can acquire the necessary skills to a demanding work field. In addition, a space for solar pumping is contemplated, due to one of the eco-economic areas of the region; agriculture and livestock, although there are irrigation channels there are remote areas with water needs. It is intended to use equipment, accessories and conditions attached to a common facility in the field of work, so that students when they arrive at a private facility are familiar with real, not theoretical marks, models and diagnoses, as the academic modules normally do. of manufacturers.

Polycrystalline, Monocrystalline Efficient

Citación: PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar Paul, FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe y DIBENE-ARREOLA, Luis Martin. Banco de prueba y entrenamiento para sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico. Revista de Energías Renovables 2019. 3-8: 1-8

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La industria fotovoltaica presenta grandes retos que se pueden resumir en una sola pregunta, ¿Cómo podrían los sistemas fotovoltaicos mantener su potencia ante un decremento en la irradiancia y a bajo costo?, Si este reto se enfoca hacia la carga, no resulta ser tan difícil, solo basta hacer unos arreglos de respaldo para mantener la continuidad del servicio, sin embargo, esto incrementa todo costo, en los cimientos de calidad de la energía esto es conocido como redundancia.

Estos tipos de sistemas son conocidos como sistemas híbridos, el objetivo es mantener siempre la energía eléctrica disponible cuando es necesario.

La Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas tiene el equipamiento para realizar la configuración de un sistema híbrido, sin embargo, no cuenta con un espacio dedicado para esta actividad, viéndolo desde el punto de vista académico, es importante contar con las adecuaciones necesarias para que los alumnos puedan realizar prácticas de instalación, puestas en marcha y diagnóstico de fallas. En el documento se realizara el diseño de un módulo educativo de sistemas fotovoltaicos híbridos con equipos de alta calidad y con simulación de fallas para el diagnóstico de un estudiante.

Objetivos

Desarrollar el diseño de un módulo entrenador para alumnos de la carrera de TSU e Ingeniería en Energías Renovables de la Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas logrando integrar tecnología en instrumentos y equipos comerciales para la industria fotovoltaica.

Diseñar prácticas básicas y fundamentales para que los alumnos egresen más capacitado en instalaciones solares fotovoltaicas.

Metodología

La metodología utilizada para el diseño del módulo entrenador se realizará por dos líneas; ofertas comerciales de fabricantes especializados en módulos educativos y programas de estudios de la carrera considerando los competencias de la misma.

Mediante el análisis de los diferentes modelos en el mercado se analizará las características y alcances de prácticas para hacer una combinación en un solo módulo.

Contribución De La Investigación

La contribución del presente trabajo es básicamente nula desde el punto de vista científico, sin embargo, como institución educativa podría presentar una gran contribución teniendo equipamiento que logren que los estudiantes asimilen el mundo real de su campo laboral, quizás con magnitudes de variables a escala, pero, con ambiente real.

Fundamentos

En la actualidad existen módulos educativos de energía solar fotovoltaica pero con una seria de desventajas; alto costo, origen de otro país y la principal, son fabricados como equipo didáctico. Esta última, tiene una gran diferencia con los equipos que su usan convencionalmente en una instalación real, limitando al estudiante a la práctica de teórica (comprobación), cuando en verdad se podría aprender la teoría y la práctica de una instalación real, saber de torques, empalmar, cambiar un fusible, secuencia de encendidos y apagados y coordinación protecciones entre otras.



Figura 1.1 Bananan plug + jack (AliExpress)

En la figura 1.1 se muestra el tipo de conector comúnmente utilizado en los modelos educativos comerciales, los equipos utilizados en una instalación real, llevan partes mecánicas más firmes (terminal con tornillo), además, estos módulos presentan una forma física diferente, como se muestra en la figura 1.2.



Figura 1.2 Módulo ET250 Solar Cell Measurements (Gunt Hamburg)

Comparado con una instalación real, se tendría un arreglo como se muestra en la figura 1.3



Figura 1.3 Caja de conexión real de un sistema fotovoltaico (Yaru Mendez)

De acuerdo al modelo educativo de la UTBB, 70% práctica y 30% teórica se pretende que con este modelo de módulo se tenga el 70% de práctica real.

Cuando dos o más sistemas de generación de energía se combinan en una sola instalación para generación de energía eléctrica surge los que se denomina un sistema híbrido. Estos sistemas están compuestos generalmente por fuentes energéticas renovables y de ser necesario se complementan con grupos electrógenos, dejándolos en la mayoría de los casos solo para funciones de emergencia. (Avila, Alesanco and Veliz, 2011).

Los sistemas híbridos fotovoltaicos y eólicos constan de módulos fotovoltaicos y aerogeneradores para captar la energía.

Debido a que los tiempos picos de operación para los sistemas eólicos solares fotovoltaicos ocurren en diferentes momentos del día y del año, es más probable que los sistemas híbridos produzcan energía cuando la necesite.

Los sistemas híbridos son sistemas autónomos que operan sin estar conectados a un sistema de distribución de electricidad. Para los tiempos en que ni el viento ni el sistema solar están produciendo, la mayoría de los sistemas híbridos proporcionan energía a través de baterías y/o un generador de motor alimentado por combustibles convencionales, como el diésel. Si la batería se agota, el generador puede proporcionar energía y recargas las baterías. (Galván, 2019).

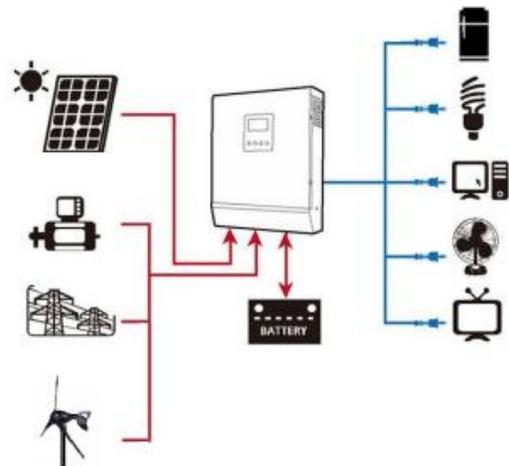


Figura 1.4 Esquema general de un sistema híbrido (auto solar)

En la figura 1.4 se muestra un esquema general de un sistema híbrido, la explicación es sencilla, dependiendo del recurso disponible en la zona será la combinación de las fuentes; fotovoltaico, generador, red pública y aerogeneradores. Las combinaciones de dos fuentes son las que se podrían conectar al inversor cargador, que a su vez cargara y descargara las baterías de acuerdo a la demanda de las cargas eléctricas. Es indispensable señalar que el inversor deberá tener la característica de ser inversor y cargador.

En el mercado existen módulos educativos como ET 250; El entrenador ET 250 contiene dos módulos solares. La inclinación de los módulos se puede ajustar. Los cables se pueden utilizar para conectar los dos módulos en serie o en paralelo. Una resistencia de deslizamiento simula diferentes cargas.

De este modo, la resistencia de deslizamiento permite grabar curvas de tensión-corriente.



Figura 1.5 Módulo ET 250 (GUNT)

Datos técnicos del módulo

2 Paneles solares de 36 celdas de silicio monocristalino, 0.64m^2 con parámetros típicos del módulo bajo Condiciones de Prueba Estándar (STC), máxima potencia de salida 85W.

Corriente de corto circuito: 5.3 Amp

Voltaje de circuito abierto: 22 Volts

1 Resistencia de deslizamiento: 0 a 10Ω

2 Resistencia de potencia: $22\Omega / 50\text{W}$

Temperatura: 0 a 100°C

Voltaje: 0 a 200 V

Intensidad: 0 a 20 A

Iluminancia: 0 a $3\text{ KW}/\text{m}^2$

Inclinación: 0 a 90°

Dimensiones: $1400\text{X}800\text{X}1490\text{mm}$, 93Kg

Otro módulo ofertado por la firma Gunt Hamburg; ET 250.02 Energía solar fotovoltaica para funcionamiento en isla.



Figura 1.6 Módulo ET 250-02 Energía solar fotovoltaica en isla (GUNT)

Datos técnicos del módulo:

En el funcionamiento en isla no existe ninguna conexión entre la instalación solar fotovoltaica y la red eléctrica pública. Las instalaciones solares fotovoltaicas en funcionamiento en isla se utilizan para, p.ej., la alimentación de corriente a ubicaciones alejadas.

El ET 250.02 ha sido diseñado como ampliación para el banco de ensayos ET 250 y contiene componentes de instalación típicos de la práctica fotovoltaica. (Gunt.de, 2019).

Seccionador de corriente continua

Corriente: máx. 30A

Voltaje tolerable: 1000V

Deflector de sobre voltaje

Corriente de descarga nominal: 20kA

Regulador de carga

Corriente de carga: 20A

Tensión de corte: aprox. 14V

Inversor

Tensión de entrada: 12V

Potencia de salida: 150W

Acumulador

Tensión nominal: 12V

Capacidad nominal: 12Ah

PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar Paul, FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe y DIBENE-ARREOLA, Luis Martin. Banco de prueba y entrenamiento para sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico. Revista de Energías Renovables 2019.



Figura 1.7 Módulo ET 250 Energía solar fotovoltaica para funcionamiento en paralelo a la red.(GUNT)

Datos técnicos del módulo:

Para la alimentación de corriente de módulos solares fotovoltaicos a una red eléctrica pública se requieren distintos componentes de instalación. Estos componentes garantizan la transformación y el registro de la corriente solar fotovoltaica así como la seguridad de la instalación.

El módulo de ensayos ET 250.01 contiene estos componentes y ha sido diseñado como ampliación para el banco de ensayos ET 250.

Seccionador de corriente continua

Corriente: máx. 30A

Tensión tolerable: 1000V

Deflector de sobretensión:

Corriente de descarga nominal: 20kA

Inversor para funcionamiento en paralelo a la red

Potencia de entrada nominal: 150W

Potencia de salida máx.: 125W

Máx. rendimiento: 89%

Contador reversible

Frecuencia nominal: 50Hz

tensión nominal: 230V



Figura 1.8 Módulo ET 255 Aprovechamiento fotovoltaico: en paralelo a la red o en isla. (GUNT)

Datos técnicos del módulo:

La corriente solar fotovoltaica puede utilizarse para la alimentación en una red eléctrica pública (funcionamiento en paralelo a la red) o para el consumo local (funcionamiento en isla).

Con el banco de ensayos ET 255, se pueden examinar componentes eléctricos típicos para ambas posibilidades del aprovechamiento fotovoltaico.

Simulador fotovoltaico

Potencia máx.: aprox. 140W

Corriente de cortacircuito: aprox. 4,5A

Tensión de circuito abierto: aprox. 40V

Inversor para funcionamiento en paralelo a la red

Potencia de entrada nominal: 150W

Potencia de salida máx.: 125W

Máx. rendimiento: 89%

Regulador de carga para funcionamiento en isla

Corriente de carga: 20A

Tensión de corte: aprox. 14V

Desarrollo

PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar Paul, FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe y DIBENE-ARREOLA, Luis Martin. Banco de prueba y entrenamiento para sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico. Revista de Energías Renovables 2019.

Tomando como base los módulos entrenadores que hay en el mercado y las necesidades de la UTBB, se pretende realizar el diseño del módulo que haga uso de los equipos con los que se cuenta actualmente, el diseño deberá considerar la manipulación directa por los alumnos, realizar simulación de fallas para que los alumnos realicen las pruebas necesarias para encontrar la falla. Además, deberá considerar a mediano plazo la instrumentación para hacer mediciones de ingeniería con lecturas útiles para el análisis de datos mediante la ayuda de software especializado.

El banco de pruebas y entrenamiento de sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico en su primera etapa solo se considera el uso de energía solar autónoma (isla), interconectada y combinadas con baterías y sin baterías. Sumando la opción de un recipiente para agua útil para realizar pruebas a solares midiendo su presión y caudal.

Las dimensiones del módulo recomendadas para un traslado en las instalaciones es de 80 centímetros de ancho por 150 centímetros de largo y con una altura útil de 1.7 metros, divididos en dos partes, parte inferior para alojamiento de baterías y recipiente con agua, parte superior para soporte de paneles solares y equipos, en la parte intermedia serían dos cajones para guardar herramienta básica e insumos y teniendo la funcionalidad como banco de trabajo.

Los equipos que se destinarán al módulo son:

2 Cargadores de baterías marca Xantrex modelo TRUECHARGER2 40

Características de entrada. 120Vac 47-63Hz

Características de salida 12Vdc 40 Amp.



Figura 1.9 Truecharger2 40A (Xantrex)

1 Inversor cargador marca Xantrex modelo HF1800

Características como cargador. 90-130 Vac 40 Amp.

Características como inversor. 115 +/- 10Vrms 60Hz 1800W



Figura 1.10 Inversor cargador HF1800 (Xantrex)

4 Baterías marca epcom 12Volts 110Ah



Figura 1.11 Batería epcom 12V (epcom)

2 Bomba de superficie con autocebado y función en seco marca Shurflo modelo 2088-443-144. Motor de imán permanente, 12Vdc, Interruptor de presión, 3.5 GPM y 45 PSI.



Figura 1.12 Bomba Shurflo 2088-443-144 (Shurflo)

2 Bombas de presión, esta bomba tiene un funcionamiento a 12V en corriente continua, es capaz de bombear 13,6 LPM a una presión máxima de 2,8 bares a una altura de 28 m.



Figura 1.13 Bomba marca shurflo 2088-514-145 (Shurflo)

Los paneles solares que se usarán son de una variedad de marcas y modelos así como de capacidad.

Los alcances de prácticas en el módulo se describen a continuación:

1. Sistemas fotovoltaicos autónomos, mediante la integración de paneles solares, baterías, controladores de carga tipo Modulación por Ancho de Pulso de sus siglas en inglés PWM y una gran variedad de cargas eléctricas que pondrán a funcionar para realizar los análisis necesario que comprueben los cálculos hechos con anticipación.
2. Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, mediante la integración de microinversores, paneles solares de mayor potencia y con variedad de cargas eléctricas que pondrán a funcionar para realizar el análisis del comportamiento de las corrientes del sistema vs red pública.
3. Sistema fotovoltaicos híbridos con respaldo de baterías, esta práctica será una combinación entre las prácticas 1 y 2, con la diferencia que la red será utilizada como una fuente secundaria ante la ausencia de la generación fotovoltaica para cargar las baterías.
4. Bombeo solar, con ayuda de un sistema de tubería independiente al módulo se pondrán a prueba el funcionamiento de las bombas para analizar el comportamiento de las mismas analizando la eficiencia del caudal y presión vs altura, agregando la prueba en función de voltaje.

5. En la segunda etapa del proyecto, la implementación la instrumentación se podrán realizar las pruebas específicas con fines académicos demostrativos y de investigación.

Resultados

Analizados los parámetros y dimensiones de los equipos se realizó el diseño de los módulos para poder hacer las prácticas necesarias.

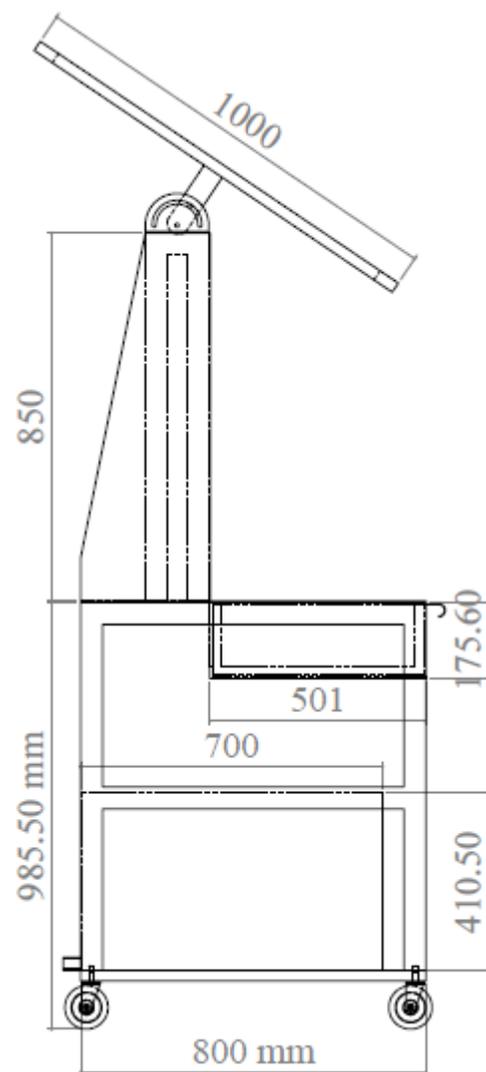


Figura 1.14 Corte lateral del módulo

Fuente: *Elaboración Propia*

En corte lateral del módulo se puede observar en la parte superior que el ángulo del o los paneles solares puede ser ajustable de forma manual, en la parte media, se observa que los cajones para trabajo y guardar herramienta tienen un profundidad aceptable para poder utilizar la parte trasera como canalización de arriba hasta abajo, además, rueda locas para un mejor desplazamiento en los laboratorios y al exterior.

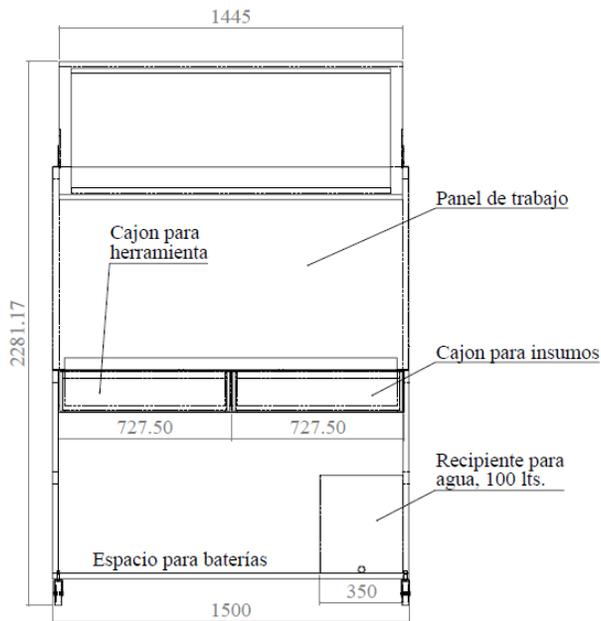


Figura 1.15 Vista frontal del módulo
Fuente: *Elaboración Propia*

Básicamente, en la vista frontal se observa el espacio que se tiene para trabajo de los alumnos, en donde, cómodamente podrían trabajar dos alumnos.

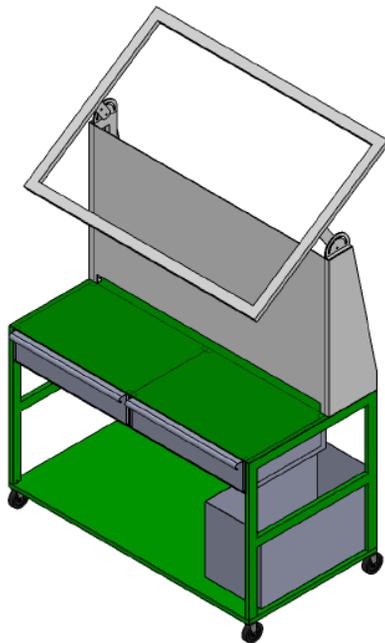


Figura 1.16 Vista isométrica del módulo
Fuente: *Elaboración Propia*

Agradecimiento

En conjunto los autores extienden su más sincero agradecimiento a la Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas por todas las facilidades otorgadas para poder desarrollar esta implementación de prototipo, de igual forma al cuerpo académico de Innovación y Aplicación Tecnológica por sus aportaciones en recurso intelectual y material.

Conclusiones

Sin duda, las universidades necesitan de herramientas tecnológicas y didácticas para una mejor enseñanza de a los alumnos, con este módulo que une dos mundos distintos, la teoría de los sistemas fotovoltaicos vistos en clases con las situaciones reales en el mundo laboral con equipos sofisticados y de calidad. Los alumnos junto con el docente podrán realizar prácticas muy similares a las instalaciones particulares.

Referencias

Avila, D., Alesanco, R. and Veliz, J. (2011). Sistemas híbridos con base en las energías renovables para el suministro de energía a plantas desaladoras. In: Ingeniería Mecánica, 14th ed. La Habana, p.La Habana.

Galván, G. (2019). Sistemas híbridos: eólico y fotovoltaico, ventajas y desventajas - Engimía. [online] engimia.com. Available at: <https://engimia.com/blog/sistemas-autonomos-hibridos-eolico-y-fotovoltaico-ventajas-y-desventajas> [Accessed 11 Jul. 2019].

Gunt.de. (2019). GUNT Gerätebau. [online] Available at: https://www.gunt.de/index.php?option=com_gunt&task=gunt.list.category&lang=es&category_id=669&product_id=190 [Accessed 25 Jul. 2019].

Gunt.de. (2019). GUNT Gerätebau. [online] Available at: https://www.gunt.de/index.php?option=com_gunt&task=gunt.list.category&lang=en&category_id=669&product_id=186 [Accessed 25 Jul. 2019].

Gunt.de. (2019). GUNT Gerätebau. [online] Available at: https://www.gunt.de/index.php?option=com_gunt&task=gunt.list.category&lang=en&category_id=669&product_id=188 [Accessed 25 Jul. 2019].

Caracterización de los desechos orgánicos para el proceso de obtención de biogás en biodigestor UTSOE, apoyada por los cálculos realizados mediante una herramienta de TI

Characterization of the organic waste for the process of obtaining biogas in the UTSOE biodigester, supported by the calculations carried out using an IT tool

RAMOS-LÓPEZ, Humberto†*, RODRÍGUEZ-VARGAS, María De Jesús, ARROYO-ALMAGUER, Marisol, CORRAL-GARCÍA, María Del Socorro y LEDESMA-JAIME, Reynaldo

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

ID 1^{er} Autor: *Humberto, Ramos-López* / ORC ID: 0000-0001-8954-9128, CVU CONACYT ID: 507943

ID 1^{er} Coautor: *María De Jesús, Rodríguez-Vargas* / CVU CONACYT ID: 509738

ID 2^{do} Coautor: *Marisol, Arroyo-Almaguer* / CVU CONACYT ID: 469149

ID 3^{er} Coautor: *María Del Socorro, Corral-García* / ORC ID: 0000-0001-9484-3305, CVU CONACYT ID: 165239

ID 4^{to} Coautor: *Reynaldo, Ledesma-Jaime* / ORC ID: 0000-0001-9484-3305

Recibido 3 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

Resumen

El proceso para la producción de biogás comienza con la recolección de desechos orgánicos, la carrera de Energías Renovables de la UTSOE, crea un prototipo de biodigestor. Con la finalidad de nivelar la proporción de materia orgánica y agua, dentro del proceso de biodigestión, es necesario triturar los desechos orgánicos para facilitar su descomposición; una vez llenado el reactor, se cierra herméticamente para obtener biogás. Como complemento del prototipo de biodigestor se desarrolló una aplicación de escritorio para agilizar los cálculos del biodigestor, facilitando la obtención de datos referentes a las cantidades aproximadas de gas metano producido por una cantidad específica de materia orgánica con sus propiedades. Desarrollo: El proyecto se desarrolla en dos fases: 1.- Investigar y caracterizar los desechos orgánicos que se generan en la UTSOE, para el llenado de un biodigestor, con la finalidad de producir biogás desde el laboratorio. 2.- Desarrollar una aplicación de escritorio que agilice y simplifique el proceso de cálculo de gas metano que se produce al mezclar algunas materias orgánicas y sus propiedades, y así definir si la mezcla propuesta es productiva o no. Los resultados obtenidos, representan las bases para nuevas investigaciones referentes a bioenergía en la zona, al proponer un modelo que permite efectuar estudios y pruebas, cuyo proceso es ágil al contar con un software para la realización de los cálculos requeridos.

Biodigestor, Software, Metano

Citación: RAMOS-LÓPEZ, Humberto, RODRÍGUEZ-VARGAS, María De Jesús, ARROYO-ALMAGUER, Marisol, CORRAL-GARCÍA, María Del Socorro y LEDESMA-JAIME, Reynaldo. Caracterización de los desechos orgánicos para el proceso de obtención de biogás en biodigestor UTSOE, apoyada por los cálculos realizados mediante una herramienta de TI. Revista de Energías Renovables 2019. 3-8: 9-15.

Abstract

The process for the production of biogas begins in the collection of organic waste, the career of Renewable Energies of the UTSOE, creates a prototype of biodigester. In order to level the ratio of organic matter and water, within the biodigestion process it is necessary to crush the organic waste, to facilitate its decomposition, once the reactor is filled, it is hermetically sealed to obtain biogas. As a complement to the biodigester prototype, a desktop application was developed to speed up the biodigester calculations, facilitating the obtaining of data referring to the approximate amounts of methane gas produced by a specific amount of organic matter with its properties. Developing: The project is developed in two phases: 1.- Investigate and characterize the organic waste generated in the UTSOE, for the filling of a biodigester, with the purpose of producing biogas from the laboratory. 2.- Develop a desktop application that streamlines and simplifies the methane gas calculation process that occurs when mixing some organic materials and their properties, and thus define whether the proposed mixture is productive or not. The results obtained represent the basis for new research on bioenergy in the area, by proposing a model that allows studies and tests, whose process is agile to have a software to perform the required calculations.

Biodigester, Software, Methane

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hramoslo@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

1. Introducción

Un biodigestor es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en un medio sin oxígeno y facilita la extracción del gas resultante para utilizarlo como energía. El biodigestor cuenta con una entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás), y una salida para el material ya procesado (Figura 1) (Guerrero, 2018).

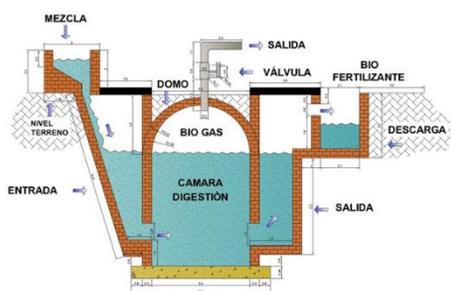


Figura 1 Biodigestor

Fuente: Grupo de Trabajo en Investigación y Desarrollo Islas Canarias, 2018.

<http://energia-libre.info/biodigestor.html>

El biodigestor propuesto permitirá la extracción de gas metano, producido por la descomposición anaerobia de los residuos orgánicos, el gas metano será utilizado para la producción de energía eléctrica, por medio de un generador equipado con un sistema de combustión a gas, el producto que no se utilice será canalizado para la generación de energía calorífica dentro de los laboratorios que lo requieran.

Para facilitar el proceso de cálculo de variables para la mezcla de materias orgánicas, y determinar si es favorable para la producción de gas metano, se desarrolló el “Software de cálculo y manejo de desechos orgánicos (Biodigestor)”.

2. Planteamiento del problema

En la cafetería de la UTSOE se genera una gran cantidad de desechos orgánicos, los cuales una parte es destinada para composta de la carrera de agricultura y la otra parte se tira. Los desechos más comunes de la cafetería son: lácteos, cáscaras, zumo, cárnicos, residuos de frutas y verduras, granos y semillas, etc., cabe señalar que estos residuos son altamente contaminantes si no se tiene una disposición final adecuada.



Figura 2 Evidencia de desechos orgánicos

Fuente: Cafetería UTSOE

Por otra parte, los tiempos para realizar los cálculos de cantidades y mezclas adecuadas, son muy prolongados, incluso es difícil deducir si una mezcla tendrá una adecuada producción de metano, será una mezcla pobre o bien demasiado tardía.

3. Objetivo

Producir biogás desde laboratorio, mediante la investigación y caracterización de los desechos orgánicos generados por la comunidad universitaria, a través de un prototipo de biodigestor apoyado en los cálculos obtenidos por el software.

4. Metodología a desarrollar

El procedimiento seguido para determinar la mezcla adecuada para la producción del biogás se muestra en la figura 3.

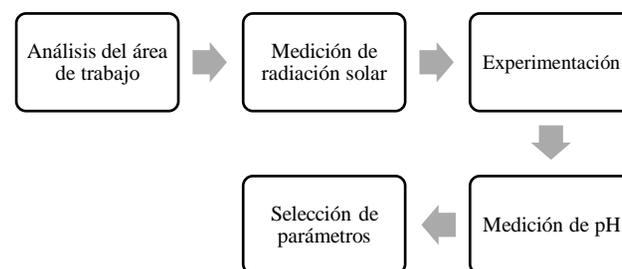


Figura 3 Metodología para la caracterización de los desechos orgánicos

Fuente: Elaboración Propia

1. Análisis del área de trabajo. Se consideran varios factores entre ellos: el clima, la temperatura y la radiación.
2. Medición de la radiación solar. Permite determinar que el biodigestor tendrá la temperatura adecuada para el proceso.
3. Experimentación. Se analizan los contenidos energéticos de los principales desechos a utilizar.

4. Medición del pH. Se compara el grado de acidez de la(s) mezcla(s) que entra(n) al biodigestor.
5. Selección de parámetros. Se revisan los pasos anteriores a fin de determinar las variables requeridas para que la mezcla sea productiva y se obtengan los resultados idóneos.

El desarrollo del software se basó en la metodología de desarrollo evolutivo (Figura 4), considerando la constante comunicación con los usuarios finales y el equipo de trabajo; realizando reuniones diarias para revisión de avance y retroalimentación efectiva, de forma tal que al final se obtuvo un producto de calidad que cumple con los requerimientos del cliente.



Figura 4 Metodología de desarrollo evolutivo

Fuente: Elaboración Propia

5. Desarrollo del proyecto

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables, ya que produce un combustible de valor, además de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico.

El resultado es una mezcla constituida por metano en una proporción que oscila entre un 50% y un 70% en volumen, y dióxido de carbono conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y Ácido sulfhídrico/sulfuro de hidrógeno. El biogás tiene como promedio un poder calorífico entre 18,8 y 23,4 mega julio (unidad) por metro cúbico (MJ/m³).

Básicamente el biogás se compone como se describe en la tabla 1.

Elemento	%
Metano (CH ₄)	50-70
Dióxido de Carbono (CO ₂)	30-50
Nitrógeno (N ₂)	0.5-3
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	0.1-1
Vapor de agua	Trazas

Tabla 1 Composición del biogás

5.1. Desarrollo del prototipo

5.1.1. Análisis del área de trabajo

Con la finalidad de comprobar la hipótesis referente a la radiación solar (figura 5), se realizó un estudio para determinar las horas solares pico en la zona y justificar la viabilidad del proyecto (Tabla 2).

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:00	84	76	111	83	79
9:00	103	112	125	121	114
10:00	128	125	142	142	136
11:00	137	348	243	265	321
12:00	338	397	364	423	312
13:00	823	753	723	634	713
14:00	1123	924	863	736	834
15:00	1245	1321	1123	1425	1983
16:00	1145	1292	1232	1324	1123
17:00	879	934	889	987	837

Tabla 2 Horas solares promedio

Fuente: Elaboración Propia

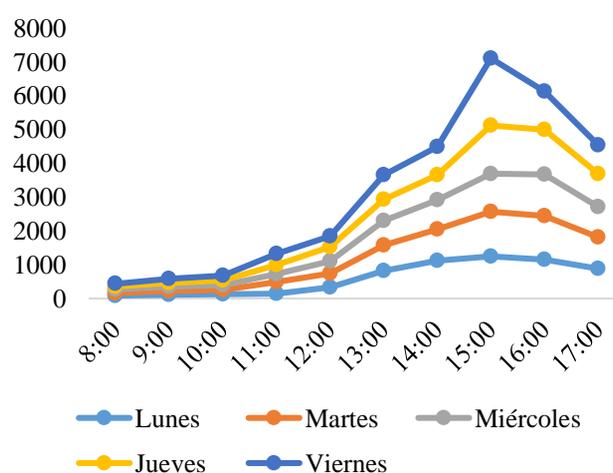


Figura 5 Resultados del estudio de radiación solar promedio por semana

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Medición de radiación solar

Para realizar el estudio de radiación solar, se utilizó un solarímetro portátil, SM-206-Solar, mismo que cuenta con las siguientes características.

- Seleccionable de dos unidades: BTU y W/m²
- Función de valor máximo de retención.
- Función de retención de datos.
- Medida directamente sin ajuste.
- Medida de forma constante durante un largo periodo.



Figura 6 Solarímetro
Fuente: Fotografía del equipo

5.1.3. Experimentación

A partir de los análisis realizados a los desechos generados en la cafetería, se muestra en la tabla 4, la cantidad porcentual de contenido por cada depósito.

Desechos orgánicos	Porcentajes de contenido por recipiente
Frutas	60%
Verduras	30%
Lácteos y otros	10%

Tabla 3 Desechos y porcentajes
Fuente: Elaboración Propia

Considerando que en la cafetería es más frecuente el consumo y desecho de naranja, cilantro, sandía, papa, cascarón de huevo y lechuga, se hace mayor énfasis en el análisis de los contenidos energéticos de estos y de su contenido de acidez (pH), ya que de ello depende la capacidad de producir metano (figura 7).



Figura 7 Análisis de contenidos energéticos
Fuente: Elaboración Propia

Utilizando los desechos seleccionados como muestra se mezclan respetando un porcentaje de 90% materia orgánica y 10% agua. La solución resultante se consideró como respaldo para pruebas (figura 8).



Figura 8 Solución obtenida (respaldo para pruebas)
Fuente: Elaboración Propia

Como reactor para la biodigestión, se propone el uso de un depósito con una capacidad de 450 litros, el cerrado debe ser hermético, para evitar la entrada de oxígeno.

5.1.4. Medición de pH

Para comparar el grado de acidez de la mezcla, se utiliza una tira reactiva, la cual en un lapso de 10 a 15 segundos permite identificar el pH de acuerdo a los colores indicadores de la tabla de referencia (figura 9).



Figura 9 Medidores de pH
Fuente: Fotografía

5.1.5. Selección de parámetros

Se revisan los pasos anteriores a fin de determinar las variables requeridas: parámetros (Tabla 6), glucosa, carbohidratos y pH, para que la mezcla sea productiva y se obtengan los resultados idóneos.

Parámetro	Criterios
DQO	Mostrará el oxígeno equivalente al contenido de la materia orgánica.
pH	Se notará si el biodigestor se encuentra dentro de las condiciones óptimas de crecimiento de las bacterias metanogénicas, además de que éste tiene influencia en la actividad enzimática.
Radiación Solar	Dado que el biodigestor en su parte externa es de color negro, absorbe la radiación, permitiendo el aumento de la temperatura en el biodigestor.
Temperatura del medio ambiente.	Dado que la temperatura del medio ambiente es consecuencia de la radiación solar, se notará si existe relación con la temperatura del biodigestor.
Temperatura del biodigestor	Denotará si la temperatura se encontrará dentro de los Intervalos de crecimiento de las bacterias metanogénicas.

Tabla 4 Criterios de Selección de los Parámetros
Fuente: *Elaboración Propia*

5.2. Desarrollo de la aplicación

El modelo de casos de uso visualiza los requerimientos de usuario y la interacción de los actores con el sistema.

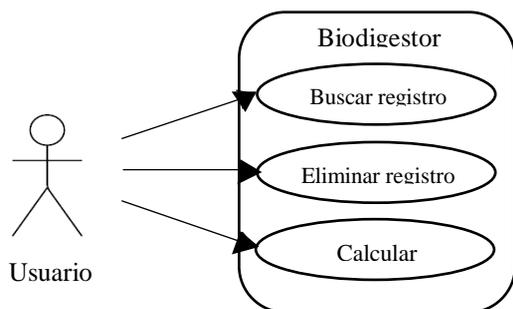


Figura 10 Modelo de casos de uso
Fuente: *Elaboración Propia*

5.2.1. Interfaces

La interfaz da la bienvenida al sistema con un diseño llamativo y representativo para los usuarios.



Figura 11 Interfaz de bienvenida
Fuente: *Elaboración Propia*

La interfaz de cálculos permite al usuario seleccionar la materia con la que se desea trabajar y realizar los cálculos de metano producido según la materia con la que se esté trabajando, la cantidad de ésta y el estado de la mezcla (*Productivo, No productivo, Tarda en producir*). Muestra la cantidad de glucosa, agua, tiempo de retención y pH de la materia seleccionada.



Figura 12 Interfaz de cálculos
Fuente: *Elaboración Propia*

La interfaz “Agregar materia” (figura 13) permite al usuario ingresar las materias nuevas con sus propiedades y elementos necesarios (agua, tiempo de retención, carbono, nitrógeno y pH), almacenarlas en la base de datos y que aparezcan en la lista de materias de la interfaz de “Cálculos”; buscarlas en la base de datos y llenar automáticamente los campos y eliminar la materia de una forma más práctica, para ello el usuario escribe el nombre de la materia que desea eliminar y da clic en el botón “Eliminar”.



Figura 13 Interfaz agregar materia
Fuente: *Elaboración Propia*

Conclusiones

Respecto a la investigación que se realizó para conocer a detalle las características de los desechos orgánicos que se generan en la cafetería, se obtuvieron los siguientes hallazgos:

- La materia orgánica desechada por la cafetería en general, se considera propicia para la producción de biogás, gracias a las cantidades que poseen de contenido energético y glucosa.
- El uso del biogás permitirá eliminar alrededor de 5 toneladas de CO₂ al ambiente.
- Los lixiviados provenientes del biodigestor -después del proceso anaerobio- pueden utilizarse como biofertilizante.
- El biogás -generado por el biodigestor- se utilizará para la producción de energía eléctrica y energía calorífica.

En cuanto a los beneficios que se obtuvieron con el uso de la aplicación:

- Se redujo el tiempo invertido en realizar los cálculos.
- Se obtienen cálculos precisos.
- Se pueden manipular los registros de materias orgánicas almacenados en el sistema.

La figura 14, presenta un ejemplo de la serie de cálculos que realizaban de forma manual.

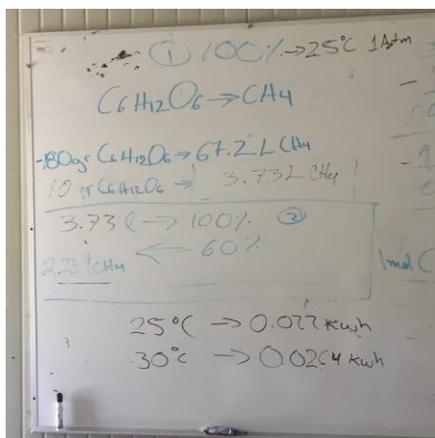


Figura 14 Cálculos realizados sin utilizar el sistema
Fuente: Foto de procedimiento de cálculos manuales

Con el uso del sistema, estos cálculos se facilitaron y se redujo el tiempo para hacer las operaciones necesarias.

Dichos cálculos se realizan de manera automática al ingresar los datos requeridos (Figura 15).

Figura 15 Cálculos utilizando el sistema

Fuente: Software Biodigestor

Agradecimiento

A la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, por las facilidades prestadas para la realización del proyecto. A las direcciones de las carreras de Energías Renovables y Tecnologías de la Información.

Trabajo a Futuro y recomendaciones

El software presentado, permitirá obtener resultados puntuales a cerca de la obtención de biogás derivado de la materia orgánica, tiene la característica de que puede modificarse, por lo tanto se cargará las veces que sea necesario de acuerdo a cada materia orgánica que se alimente.

Se modificará en la segunda etapa parte del diseño para que resulte más atractivo.

Referencias

- Duarte Möller, J. A. (2012). Energía Solar. Chihuahua Solar, 23-40.
- Eduardo, P. d. (25 de noviembre de 2005). Biogás | Textos Científicos. Obtenido de Biogás Textos Científicos: www.textoscientificos.com/energia/biogas
- HANSSON G., M. N. (1979). Methane formation and methane oxidation by methanogenic bacteria. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC218466/>.

Hernández Hernández, H. A. (1998). Diseño de un biodigestor instrumentado electrónicamente. Mexico:

www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/5289.

Melissa, O. (2015). Bioguía. Recuperado el 2018, de http://www.bioguia.com/tecnologia/que-son-las-energias-renovables_29282792.html

NOM-001-SEMARNAT. (1996). Especificaciones Técnicas para el Diseño - Acceso al sistema. Obtenido de biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001057.pdf

SEGOB. (2004). Diario Oficial De La Federación. Recuperado el 2018, de www.dof.gob.mx

SEMARNAT. (Enero de 2010). Biblioteca Semarnat. Recuperado el 2018, de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx>

Teresa, V. M. (2011). Manual De Biogas. Recuperado el 2018, de [www.fao.org>docrep](http://www.fao.org/docrep/018/y5902s/es/06.htm)
Guerrero, L. (24 de MAYO de 2018). ¿Qué es un biodigestor? Recuperado el 30 de JULIO de 2018, de <https://www.aboutspanol.com/que-es-un-biodigestor-3417683>

Cobo, Á., Gómez, P., Pérez, D., & Rocha, R. (2005). PHP y MySQL Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web. España: Editorial Díaz de Santos. Obtenido de <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479787066.pdf>

Mendoza González, G. (2015). Herramienta de Desarrollo Netbeans. Recuperado el 13 de Agosto de 2018, de http://www.consultorjava.com/wp/wp-content/uploads/2015/09/herramienta_desarrollo_netbeans.pdf

Talledo San Miguel, J. (2015). Pruebas Funcionales. En J. Talledo San Miguel, Implantación de aplicaciones web en entorno internet, intranet y extranet (pág. 127). España: Paraninfo.

Proyecto de ahorro y calidad de la energía en el Centro de Rehabilitación y Educación Especial

Energy saving and quality proyect in the Centro de Rehabilitación y Educación Especial

DÍAZ-RAVELO, Daniela†*, LÓPEZ-SIMENTAL, Maite y ALANÍS-RODRÍGUEZ, Eduardo

Universidad Tecnológica de Durango

ID 1^{er} Autor: Daniela, Díaz-Ravelo / ORC ID: 0000-0001-9383-6349

ID 1^{er} Coautor: Maite, López-Simental / ORC ID: 0000-0002-2316-2622

ID 2^{do} Coautor: Eduardo, Alanís-Rodríguez / ORC ID: 0000-0002-3411-5194

Recibido 10 de Marzo, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

Resumen

El Centro de Rehabilitación y Educación Especial (CREE) requirió buscar alternativas para disminuir el costo de energía, por lo cual a través de la metodología DESMB (Sifuentes, Martínez & Berumen, 2016) se realizaron los diagnósticos energéticos tipo 1 y 2 dentro de este, en los cuales se observó el alto consumo y un %THD de corriente fuera del límite establecido por la norma IEEE-519-1998 (Tellez, Eugenio, 2017); este análisis previo fue requerido para conocer el estado de la instalación eléctrica en el plantel y así ubicar diferentes formas de contribuir en su mejora, ya que al saber las necesidades que se tienen en el centro se buscó una solución a los problemas que no afectara su proceso; con base a esto se optó por diseñar un proyecto de ahorro y calidad de la energía para el, por medio del dimensionamiento de filtros pasivos sintonizados y un sistema fotovoltaico interconectado a la red con el fin de generar un ahorro económico.

Calidad, Energía, Armónicos, SFV

Abstract

The Centro de Rehabilitación y Educación Especial (CREE) required to look for alternatives to reduce the energy cost, so the DESMB methodology (Sifuentes, Martínez & Berumen, 2016) was used to find these alternatives. Energy dignostics type 1 and 2 were implementeda and they thrown as a result high consumption and current %THD above limit established by IEEE-519-1998 (Tellez, Eugenio, 2017); This previous analysis was required to know the condition of the electrical installation on the center and this locate different ways of contributing to its improvement, knowing the needs that are in the center, a solution was sought to the problems that would not affect its process; Based on this, it was decided to design a project of saving and quality of energy for it, through the sizing of passive tuned filters and a grid-connected photovoltaic system to generate economic savings.

Power, Quality, Harmonics, PV System

Citación: DÍAZ-RAVELO, Daniela, LÓPEZ-SIMENTAL, Maite y ALANÍS-RODRÍGUEZ, Eduardo. Proyecto de ahorro y calidad de la energía en el Centro de Rehabilitación y Educación Especial. Revista de Energías Renovables 2019. 3-8: 16-22.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: diaz.dani.14s.dd@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El Centro de Rehabilitación y Educación Especial (CREE) es una empresa encargada de atender las necesidades de rehabilitación para personas con cualquier tipo de discapacidad, ya sea permanente o temporal. Así como consultas médicas, sesiones de terapia física, ocupacional y de lenguaje, entre otros. Este al preocuparse por la calidad de su servicio busca cumplir con las normas, con el fin de brindar seguridad a sus trabajadores y pacientes. Al mismo tiempo que desempeñan su compromiso con el medio ambiente. A través de la metodología DESMB (Sifuentes, Martínez & Berumen, 2016) se realizaron dos diagnósticos energéticos; el primero fue desarrollado por medio de la recopilación de información mediante la inspección visual, en el se trabajó por secciones, haciendo uso de los edificios que lo conforman, el A,B,C y área de mantenimiento. A simple vista no se identificaron fallas en el sistema, pero se observó que el proceso no podía ser modificado o acortado, además se ubicaron en cada uno de los tableros principales un equipo de medición "Power Logic 710 y 800", siendo estos un área de oportunidad para verificar el correcto estado de las instalaciones, identificando posibles mejoras a realizar. Dando inicio al segundo diagnóstico, el cual consiste en la medición de variables eléctricas; en el se mostraron niveles altos de %THD de corriente por encima del límite establecido por la IEEE-519-1992 (Tellez, Eugenio, 2017). Esto representando un problema latente en la instalación eléctrica, con el posible aumento de corriente al momento de conectar más cargas no lineales al sistema. Así mismo se buscó reducir el costo de facturación utilizando una fuente de energía alterna, en este caso se optó por el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red, el cual al ser instalado representa una carga no lineal, provocando posibles aumentos de corriente. Por lo tanto la importancia de realizar los diagnósticos correspondientes para un análisis profundo de un establecimiento es fundamental cerciorarse del correcto estado de la instalación, para la implementación de una fuente alternativa de energía. El cálculo de filtros pasivos sintonizados y su instalación; previene que las posibles alteraciones se manifiesten en el sistema.

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo

Diagnósticos energéticos

DEN 1

Se realizó un diagnóstico energético en el CREE, el cual consistió en la inspección visual del establecimiento. Comenzando por el seccionamiento de áreas, las cuales fueron divididas por los edificios que se conforma, siendo el A, donde se llevan a cabo las funciones administrativas, así como consultas, trabajo social, además de encontrarse rayos x y neurocefalografías; el edificio B en el se realizan terapias físicas para adultos a través de tanques terapéuticos, tinas de hubbart y de remolinos, consultas psicológicas y educación.

El C aquí se encuentra otra parte administrava, terapias de movimiento prematuro, terapias físicas para niños. Y el area de mantenimiento donde se encuentra un tablero general y los jets correspondientes a las tinas del edificio B. Dentro de cada sección se observó el uso correcto de calibre y colores del cable, por excepción del B, el cual mostró sus puestas a tierra se encontraban fuera de lugar. Por lo que se considera puede ser peligroso para el personal.

Por otro lado, cabe destacar que los tableros principales de cada edificio cuentan con el equipo de medición "Power Logic 710 y 800" este consite en una pantalla que entrega datos generales a tiempo real de la instalación eléctrica. Vease Tabla 1.

Edificio	Tipo de pantalla	Datos recolectados
A	POWER LOGIC 710	Entrega V, I, F.P,THD _v , TH _i Y Potencia.
B	POWER LOGIC 800	Fuera de servicio
C	POWER LOGIC 800	Entrega V, I, F.P, THD _v , TH _i , armónicos, individuales de voltaje e individuales de corriente y la Potencia.
Área de mantenimiento	POWER LOGIC 800	"

Tabla 1 Datos de los tableros generales en los edificios
Fuente: Elaboración Propia, 2019

Después de esto se pudo apreciar que en el lugar cuenta con dos transformadores tipo pedestal, uno de 300KVA, uno de 500KVA y uno de CFE de 113.5KVA. Los transformadores tipo pedestal reciben mantenimiento preventivo; se contrata una empresa certificada cada seis meses para la realización de este, también se llevan a cabo observaciones más frecuentes, la cual consta en verificar los niveles de aceite, temperatura y presión.

En seguida se analizó el recibo de facturación que ofrece la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se observa que cuentan con la tarifa Gran Demanda Media Tensión Horaria (GDMTH), una demanda contratada de 565 kW, Considerando que los servicios que ofrecen son variados, se puede asumir que tienen la tarifa correcta.

Durante el análisis se puede resumir que el cableado estaba en óptimas condiciones al igual que el calibre de este, en donde tiene un 4AWG a la salida de los transformadores y en la de los tableros se tiene un calibre de 8AWG.

Los transformadores se encuentran en perfectas condiciones; no presentan derramamiento de aceite dieléctrico por ende no existe calentamiento por sobre cargas y cuentan con una conexión delta- estrella con tierra.

Poseen cuatro tableros generales, en los cuales cada uno tiene su interruptor termomagnético de 600 Amperes.

DEN 2

Se decidió por realizar el DEN 2, por el motivo que en cada tablero principal de los edificios se cuenta con los equipos de medición "Power Logic 710" y "Power Logic 800", ambos encargados de mostrar los valores de voltaje, corriente, potencia, factor de potencia (FP), distorsión total armónica (%THD) en tiempo real, solo que el segundo adicionalmente muestra armónicos individuales de corriente y de voltaje (Tabla 1).

Siendo estos un área de oportunidad para verificar el correcto estado de las instalaciones, identificando posibles mejoras a realizar.

Durante una semana en un horario de 8:00 am a 8:00 pm se registraron manualmente

en una hoja de cálculo los valores del edificio A, C y el cuarto de mantenimiento, faltando el B, ya que como antes se mencionó, este se encuentra fuera de servicio.

Respecto al voltaje L-L, los datos recolectados de los tres tableros, mostraron una variación de entre 227v y 231v, la cual se encontró dentro de los parámetros indicados por la ANSI-C84. Los resultados se situaron en menos del 5% siendo la variable máxima en media tensión.

La corriente de cada uno de los tableros mostró cambios significativos, esto por motivo del tipo de proceso llevado por el plantel; existen diversas variaciones a lo largo de la semana, ya que cada día ingresan diferentes pacientes en busca de un trato especializado para ellos y al cubrir esas necesidades, siendo en la energía donde se manifiestan.

En el caso del cuarto de mantenimiento, este es el tablero que más corriente llega a consumir, ya que oscila entre los 54A hasta los 100A, mientras que el edificio A es el que tiene menor consumo con una media de 21A y el C una de 27A.

Uno de los valores que se mostró más interés en conocer fue la distorsión total armónica en voltaje (THD_v), la cual se encontró en estándares favorables, ya que en ningún edificio se obtuvieron porcentajes mayores al 2%.

Mientras que el THDI al analizarlo debidamente en cada uno de los edificios, se concluyó que ninguno de estos cumplía lo dictado por la IEEE-519-1998 (TELLEZ, Eugenio, 2017), ya que sobrepasaban sus respectivos límites.

Filtrado de armónicos

El cálculo de los filtros adecuados para la disminución del THD en cada uno de los edificios es de suma importancia para evitar posibles fallas en el sistema además de prevenir el aumento de este al conectar un SFV, el cual por su naturaleza y componentes generan armónicos, así como aumento de corriente.

Se inició con el edificio A, el cual muestra (Gráfico 1) alteraciones en el armónico

tres que sobrepasa hasta 15% más de lo permitido, gracias a los datos obtenidos se concluye que el filtro adecuado para esta área sería un filtro pasivo sintonizado (FPS), siendo su función absorber la armónica que se desea retirar del sistema.

Espectro armónico (A)

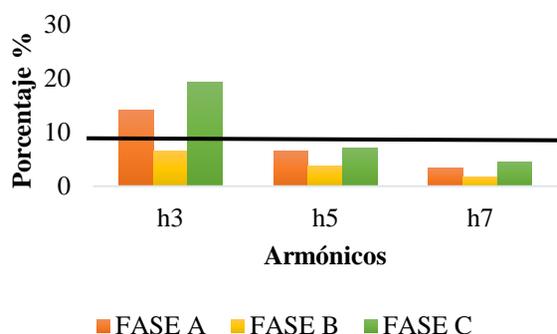


Gráfico 1 Armónicos h3, h5, h7 edif. A
Fuente: Elaboración Propia, 2019

Para obtener el resultado de cuantos filtros serán necesarios, primero se calculó la corriente en corto circuito.

$$ICC = \frac{\text{Potencia del transformador}}{(\sqrt{3})(\text{Tensión secundaria})} \quad (1)$$

En el caso de este se encuentra conectado a un transformador de 300KVA y con una tensión secundaria de 220V. Al sustituir los valores, da como resultado 787.29A

El filtro se calcula al 50% de la ICC. Lo cual corresponde a:

$$H3 = (787.29)(0.5) = 393 A \quad (2)$$

Siendo 393 A la corriente a cubrir por los armónicos.

Se continuó con el edificio C, en el cual se encontró un %THDi fuera de norma, hasta más del 10% (Gráfico 2) fuera del límite establecido por la IEEE-519-1998 (Tellez, Eugenio, 2017). Siendo el armónico tres el causante de dicho aumento.

Espectro armónico (C)

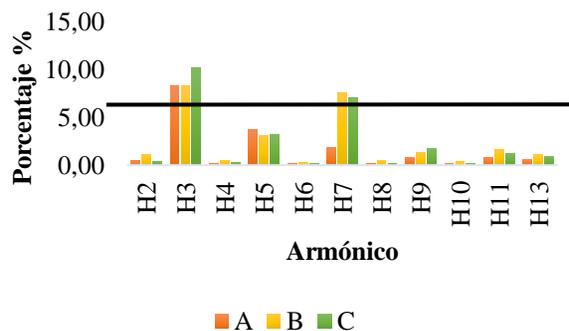


Gráfico 2 Armónicos del 2 al 13 edif. C
Fuente: Elaboración Propia, 2019

Por lo que al igual que en el anterior edificio, se requerirá usar un filtro pasivo sintonizado y su cálculo fue realizado con la ecuación (1), Para obtener la corriente en corto circuito correspondiente. En el caso del C, este se encuentra conectado a un transformador de 500KVA. Por lo cual se tuvo un total de 1,312.15 A, el cual se requiere el 50% para el cálculo del número de filtros, utilizando la ecuación (2), siendo como resultado 656.075 A.

Respecto al cuarto de mantenimiento su tablero principal el cual se deriva del transformador de 500KVA tiene la presencia de armónicos con un porcentaje fuera de los límites permisibles por la IEEE-519-1998 (Tellez, Eugenio, 2017). Siendo el H3 y H5 los causantes de dicha distorsión (Gráfico 3).

Espectro armónico (MTTO)

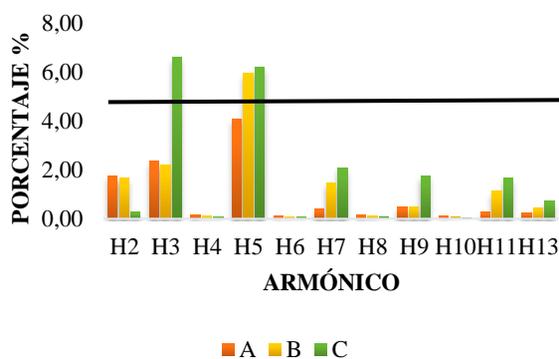


Gráfico 3 Armónicos del 2 al 13 Cuarto mtto.
Fuente: Elaboración Propia, 2019

El filtro para el 3er armónico se calcula al 50% de la ICC, al estar conectado al transformador de 500KVA. Su valor es de 1,312.15 A, y 656.075 A.

En caso del armónico 5 es necesario multiplicar la corriente armónica por raíz de tres por el voltaje nominal en kilovolts.

$$H5 = (\sqrt{3})(IH)(V) \quad (3)$$

Al sustituir las variables con los valores correspondientes se obtiene como resultado un filtro con capacidad de 22.48 KVAR.

Dimensionamiento SFV

Una vez corregido el THD se prosiguió con el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para poder contribuir con el ahorro en la facturación eléctrica. Se inició con la obtención del consumo anual de la empresa (Gráfico 4), respecto al CREE se cuenta con la tarifa Gran Demanda Media Tensión Horaria (GDMTH), en la cual se observa que el mayor consumo se encuentra en el horario intermedio, por lo que se optó diseñar el SFV en este periodo.

Consumo de la empresa en periodo intermedio

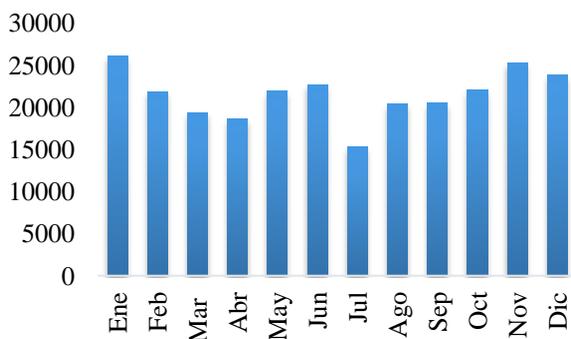


Gráfico 4 Registro del consumo anual en horario intermedio

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Obteniendo un total de 257,965kWh anual.

Se seleccionó un panel solar de 300W, con el cual se harán los cálculos necesarios para el dimensionamiento, comenzando por los kWh que este produce anualmente, utilizando una sencilla fórmula que consta de multiplicar la potencia del panel, la hora solar pico y los 365 días del año, entre la constante de 1000. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Mes	Wh
Enero	43,245
Febrero	52,086
Marzo	46,500
Abril	54,360
Mayo	57,985.5
Junio	57,914.82
Julio	57,914.82
Agosto	55,481.01
Septiembre	46,711.8
Octubre	40,408.5
Noviembre	27,000
Diciembre	40,696.8
Total Wh	580,093.83

Tabla 2 Producción de panel por mes

Fuente: Creación propia, 2019

$$\text{Producción anual del panel} = \frac{(\text{potencia del panel})(HSP)(\text{días del año})}{1000} \quad (4)$$

Obteniendo como resultado 569.4 kWh de producción anual. Al hacer el cálculo con sus respectivos valores.

En seguida se efectúa la relación del consumo anual entre la producción del panel al año, para así obtener el número de paneles necesarios a colocar en el Centro de Rehabilitación y Educación Especial; obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{No. de paneles} = \frac{\text{Consumo anual}}{\text{Producción del panel al año}} \quad (5)$$

El sistema requiere un total de 445 paneles para cubrir el consumo anual.

Por lo tanto la potencia total del sistema será de 133.5 kW. Este resultado se obtuvo de la siguiente ecuación.

$$(300W)(445) = 133.5 \text{ kW} \quad (6)$$

Metodología a desarrollar

La metodología que se desarrolló fue la de Deming o sus siglas en inglés PDCA la cual consta de cuatro pasos, planificar, hacer, verificar y actuar, en el caso de la presente solo se llegó al primer paso, planificar.

En espera de continuar con el segunda parte, ya que se requiere el recurso financiero para proseguir con el proyecto.

Resultados

Al calcular los filtros de armónicos se pudo apreciar el porcentaje final de THD_I, mostrando los resultados en la siguiente tabla.

Edificio	Filtro	THD Inicial	THD Final
A	Filtros para 393 A	16.41%	5.4%
C	Filtros para 656.075 A	9.35%	3.13%
MTTO.	Filtros para 656.075 A y un filtro de 24 KVAR.	7.37%	3.13%

Tabla 3 THD final en corriente
Fuente: *Elaboración Propia, 2019*

En cuanto al sistema fotovoltaico, el cual fue diseñado para cubrir los gastos generados en el escalón intermedio, únicamente en el mes de enero, octubre, noviembre y diciembre no cumpliría con ese propósito, ya que estos se caracterizan por tener menor cantidad de hora solar pico y por el costo mayor en la tarifa. En la Gráfico 5 se observa el consumo de la empresa en el 2018 y la generación de los paneles en cada uno de los meses.

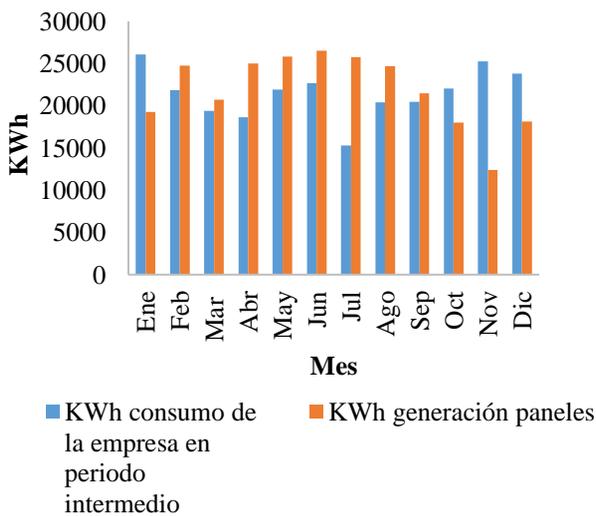


Gráfico 5 Ahorro por mes al colocar el SFV
Fuente: *Elaboración Propia, 2019*

La gráfica manifiesta que enero, octubre, noviembre y diciembre serían los meses en donde se pagaría una pequeña cantidad del monto total, estos representan la temporada del año en la cual las horas solar pico disminuyen y el precio de KW se encuentra cerca de su máximo importe, por lo cual, el monto total de la empresa es más que la generación del SFV.

A pesar de esto la cantidad a pagar es de

12.4% de lo que se pagaba al año en el periodo intermedio.

El sistema fotovoltaico consta de 445 paneles solares de 300W, 10 inversores de 15KW y un total de 133.5 kW de potencia total.

Conclusiones

Con el término de este proyecto se puede concluir que el análisis previo de los diagnósticos energéticos es de suma importancia antes de tomar como primera opción la instalación de un sistema fotovoltaico, ya que esta puede llegar a ser muy costosa al momento de su colocación; mediante la metodología DESMB (SIFUENTES, MARTÍNEZ & BERUMEN, 2016) se puede ubicar distintas maneras de ahorrar energía, ya sea con el mejoramiento del factor de potencia, o de equipos, así como la correcta distribución de cargas, entre otros. En el caso de la presente la forma en la que contribuyó este estudio fue en el conocimiento del THD_I dentro del centro, esto para corregirlo y así evitar riesgos de aumento de corriente al instante de ser implementado el SFV, debido a que este al ser una carga no lineal tiende a generar su propio porcentaje en armónicos.

Sugerencias del tema

En cuanto a las sugerencias del tema se recomienda la instalación de equipos de medición en los tableros generales del establecimiento, ya que en este caso fueron útiles para la realización de este proyecto; o en su defecto contar con analizador de redes con la finalidad de observar el comportamiento del sistema eléctrico del lugar. Así para prevenir algún tipo de problema que se pudiera presentar en la instalación, al momento de realizar diagnósticos frecuentemente y evitar cualquier tipo de pérdidas.

Referencias

Aurora, O. S. (2012). SEGOB. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280607&fecha=29/11/2012

Carro, R & González, D. Administración de la calidad Total. Obtenido de: http://nulan.mdp.edu.ar/1614/1/09_administracion_calidad.pdf
Centro de Rehabilitación y Educación A.C

(2014). Obtenido de -
<https://www.facebook.com/Centro-de-Rehabilitaci3n-y-Educaci3n-AC-329675577225274/>

CÓDIGO DE RED. (2016). criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad. Continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional. Company, s. e. (octubre de 2015). Obtenido de energía solar: <https://solar-energia.net/definiciones/radiacion-solar.html>

Grid-Connected Photovoltaic Systems. De University of Waterloo Sitio web: https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/4943/Omran_Walid.pdf?sequence=1

Guadalupe, A., & Carmen. (2017). Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER) del Instituto de Investigaciones Eléctricas. COFEPRIS.

Harper, G. (1999). el abc de la calidad de la energía eléctrica. España : LIMUSA.
 LUZ, D. L.,

National Electrical Manufacturers Association. (2016). American National Standard for Electric Power Systems and Equipment- Voltage Ratings.

Omran, Walid. (2010). Performance Analysis of

Sifuentes, D., Martínez, E., & Berumen, G. (2016). Diseño e implementación de metodología para la elaboración de diagnósticos. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, 1-8.

Tellez, Eugenio. (2017). DISTORSIÓN ARMÓNICA. AP&C, 12- 14.

Bioenergía a partir de microalgas en México

Bioenergy from microalgae in Mexico

PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva †, MENDOZA-MARTÍNEZ, Ana María, CASTAÑEDA-CHÁVEZ, Maria del Refugio y AGUILERA-VÁZQUEZ, Luciano*

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tamaulipas; Instituto Tecnológico de Boca del Rio, Veracruz

ID 1^{er} Autor: *Sheila Genoveva, Pérez-Bravo* / ORC ID: 0000-0001-5333-3763, Researcher ID Thomson: I-5924-2018, CVU CONACYT ID: 728001

ID 1^{er} Coautor: *Ana María, Mendoza-Martínez* / ORC ID: 0000-0003-2592-9230, Researcher ID Thomson: Q-3436-2017, CVU CONACYT ID: 8374

ID 2^{do} Coautor: *Maria del Refugio, Castañeda-Chávez* / ORC ID: 0000-0001-8095-6528, Researcher ID Thomson: R-3885-2017, CVU CONACYT ID: 202403

ID 3^{er} Coautor: *Luciano, Aguilera-Vázquez* / ORC ID: 0000-0003-2592-9230, Researcher ID Thomson: E-9693-2019, CVU CONACYT ID: 123018

DOI: 10.35429/JRE.2019.8.3.23.34

Recibido 03 de Febrero, 2019; Aceptado 10 Marzo, 2019

Resumen

La demanda energética de la población mundial va en aumento debido al incremento poblacional y el desarrollo tecnológico. La base energética actual es generadora de emisiones de CO₂, el gas de efecto invernadero más abundante y principal responsable del calentamiento global, así como los gases contaminantes óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno. El deterioro ambiental y la alza en los precios de los combustibles fósiles hacen necesaria la investigación de fuentes de energía menos agresivas con el medio ambiente a costos competitivos en el mercado. Los biocombustibles son una alternativa para la producción de energía debido a su origen en el ciclo corto del carbono, sus emisiones se consideran casi nulas, entre ellos se encuentran el biodiésel y bioetanol. Estos últimos pueden ser obtenidos a partir de microalgas ricas en carbohidratos y lípidos, fácil de cultivar en cortos periodos de tiempo. El objetivo de esta investigación es resumir los hallazgos realizados acerca de la existencia de microalgas útiles como materia prima para producir biocombustibles en territorio mexicano. Se realizó una revisión exhaustiva de la bibliografía, que contribuyó estimar la diversidad microalgal en el país y sus contenidos lipídicos así como de carbohidratos, encontrándose distintas especies de los géneros Chlamydomonas, Chlorella, Scenedesmus, Desmodesmus principalmente.

Microalgas, Biocombustibles, Bioenergía

Abstract

The energy demand of the world population is increasing due to population growth and technological development. The current energy base is a generator of CO₂ emissions, the most abundant and main greenhouse gas responsible for global warming, as well as pollutants, sulfur oxides and nitrogen oxides. The environmental deterioration and the increase in fossil fuel prices make it necessary to investigate less aggressive energy sources with the environment at competitive costs in the market. Biofuels are an alternative for energy production due to their origin in the short carbon cycle, their emissions are considered almost zero, including biodiesel and bioethanol. The latter can be obtained from microalgae rich in carbohydrates and lipids, easy to grow in short periods of time. The objective of this research is to summarize the findings made about the existence of useful microalgae as raw material to produce biofuels in Mexican territory. An exhaustive review of the literature was carried out, which contributed to estimate the microalgal diversity in the country and its lipid contents as well as carbohydrates, with different species of the genera Chlamydomonas, Chlorella, Scenedesmus, Desmodesmus being found mainly.

Microalgae, Biofuels, Bioenergy

Citación: PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, MENDOZA-MARTÍNEZ, Ana María, CASTAÑEDA-CHÁVEZ, Maria del Refugio y AGUILERA-VÁZQUEZ, Luciano. Bioenergía a partir de microalgas en México. Revista de Energías Renovables. 2019. 3-8: 23-34

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: luciano.aguilera@itcm.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En 2016 la población en el país era aproximadamente de 122 millones de habitantes y por cada uno se requieren 2,126.8 kWh conforme a los indicadores energéticos reportados por la SENER (Secretaría de Energía; Rodríguez *et al.*, 2017; SENER, s/f). Además de la estimación del crecimiento poblacional de personas en el mundo a 9 billones de individuos para el año 2050, se nota un incremento en el consumo de recursos para satisfacer sus necesidades individuales, lo que conlleva una expansión del sector transporte debido a la internalización de la economía y del comercio (Alcalá-Galiano *et al.*, 2018).

El transporte es un sector que aumenta proporcionalmente con el crecimiento de la población, los combustibles requeridos para este sector provienen de la destilación fraccionada de petróleo, compuesto generalmente del 85% en carbono, 12% en hidrógeno y 3% de azufre, nitrógeno y oxígeno.

Debido a su origen fósil es inevitable el arrastre de partículas de azufre, y posteriores emisiones de SOx¹, además de CO₂, NOx², e hidrocarburos no quemados (Medina Ramírez *et al.* 2012; Concepción-Fandiño y Rodríguez-Machín, 2018), la utilización de biodiésel en lugar de diésel puede reducir las emisiones de NOx² y de SOx¹, así como contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Tobío-Pérez *et al.*, 2018). La gasolina es el derivado del petróleo con un mayor consumo, ya que es destinado para el funcionamiento de vehículos con motor de encendido provocado y el diésel para motores de encendido a compresión (Rodríguez *et al.*, 2017).

El parque vehicular actual se divide por el tipo de combustible que utilice, siendo los vehículos a gasolina los más utilizados con 97.52 % y del 2.48% el total de vehículos diésel en 2015 (SENER, s/f).

Actualmente el mundo enfrenta dos grandes problemas energéticos, la reserva de petrolíferos y la contaminación ambiental causada por la quema de los mismos (Fernández-Linares *et al.*, 2012).

La tendencia es la reducción de los combustibles fósiles y reemplazarlos por biocombustibles renovables que no contaminen y resulten en carbono neutro (Medina Jasso *et al.* 2012; González-Fernández y Ballesteros, 2012; Lin *et al.*, 2018), o por vehículos impulsados con energía eléctrica.

Los biocombustibles con propiedades fisicoquímicas análogas a los derivados del petróleo tienen las ventajas de poder ser utilizados directamente o con algunas modificaciones en el parque automotor actual, como el biodiésel que puede ser almacenado y distribuido en las mismas instalaciones sin requerir cambios importantes en la infraestructura instalada, la tecnología de los motores a compresión no requiere cambios importantes para su utilización. Un estudio realizado por (Tobío-Pérez *et al.*, 2018) evaluó mezclas de diésel-biodiésel y concluye que al usar una mezcla B20 se presenta una disminución de emisiones de CO, CO₂ y NOx², sin comprometer las prestaciones del motor. Así como el bioetanol puede utilizarse en mezclas con la gasolina como un oxigenante, mejorando la combustión y disminuyendo las emisiones, una mezcla con 10% de bioetanol en gasolina reduce 3% las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Debido a una combustión más completa se disminuyen las emisiones de CO₂, CO y NOx², así como de partículas sin quemar mientras se aumenta el octanaje. A este porcentaje de mezcla no se presentan efectos corrosivos en las mangueras, conexiones y tanques de almacenamiento, por otra parte se reporta un incremento en el consumo de combustible del 3.41% comparado con gasolina de 92 octanos (Andrés, 2018).

El bioetanol producido a partir de caña de azúcar, genera 90% menos emisiones de gases de efecto invernadero que la gasolina, consumiendo menos del 80% de energía en la producción (Montiel Montoya, 2010). Los vehículos a gasolina y diésel son una de las principales fuentes móviles de contaminación atmosférica por su contribución de CO, NOx² e hidrocarburos (HC) a los inventarios nacionales y locales de emisiones (Llanes Cedeño *et al.*, 2018).

¹ Valencia del azufre correspondiente al óxido.

La materia prima principal para la producción de biodiésel son los triglicéridos, utilizar los que provienen de aceites vegetales de cultivos oleaginosas como la soya, girasol y canola se asocia a la afectación de los precios de algunos alimentos (Barajas *et al.*, 2011; Kumar y Sharma, 2016; Ortiz Tapia *et al.*, 2016; Taggar, 2014). Para la producción de bioetanol se utilizan los cultivos amiláceos como la caña de azúcar, maíz, sorgo y remolacha (Alder, 2018; Castro-Martínez *et al.*, 2012), los cuales compiten con el sector alimenticio. Una fuente alternativa de aceites vegetales que no compite con el sector alimenticio son las microalgas.

Las microalgas son organismos celulares microscópicos de 2-200 µm, cuyo metabolismo puede ser autótrofo o heterótrofo, incluso mixotrófico. Estos microorganismos se clasifican en: diatomeas, algas verdes, algas verde-azules y algas doradas (Fernández-Linares *et al.*, 2012). Fotoautotróficamente utilizan la luz como fuente de energía y CO₂ como fuente de carbono para obtener energía química a través de la fotosíntesis. Heterotróficamente en ausencia de luz utilizan sólo compuestos orgánicos como fuente de energía. Por último mixotróficamente utilizan carbono orgánico e inorgánico como fuente de carbono, la luz y el carbono orgánico son su fuente de energía. Las microalgas almacenan carbohidratos, lípidos y proteínas (Chew *et al.*, 2017; Sacramento-Rivero *et al.*, 2010), las microalgas verdes generalmente almacenan almidones y carbohidratos, mientras que las cianobacterias acumulan glucógeno. Por otro lado las diatomeas contienen un mayor porcentaje de lípidos, sus porcentajes varían entre especies, acumulando entre el 20% y 50% en peso seco de lípidos (Medina Jasso *et al.*, 2012; Alder, 2018). Para su aprovechamiento a nivel laboratorio o industrial es necesario tener una cantidad de biomasa microalgal suficiente y esto depende de las condiciones, ya que son muy diversas de acuerdo a la especie y a la cadena carbonada objetivo.

El comportamiento de las microalgas bajo condiciones de estrés fisiológico como la limitación de nitrógeno y fósforo en crecimiento heterotrófico, así como la exposición a altas intensidades lumínicas en fototrofia son estrategias consideradas eficientes para incrementar el contenido de lípidos en algas verdes, particularmente los constituidos por ácidos grasos saturados y monoinsaturados, ideales para la generación de biodiésel.

Otra de las estrategias utilizadas es cosechar la biomasa en la fase estacionaria de crecimiento, en esta fase los lípidos presentan menos insaturaciones en los ácidos grasos que los conforman (Arias Peñaranda *et al.*, 2012).

Entre las ventajas que presentan los cultivos de microalgas para la extracción de lípidos cabe destacar la naturaleza no polar de los mismos, la eficiencia fotosintética del 3 al 8% comparada con el 0.5% de las plantas terrestres y los periodos de cosecha inferiores a 10 días comparados con las cosechas de 1-2 veces al año de las plantas terrestres, por otro lado su demanda estequiométrica de 1.7 kg CO₂/kg de biomasa contribuye a la mitigación del efecto invernadero provocado por el CO₂, adicionalmente la biomasa residual puede ser utilizada en otros procesos (Arias Peñaranda, Martha Trinidad, Martínez Roldán Alfredo de Jesús, 2012), la productividad por hectárea de ácidos grasos es 30 veces mayor para las microalgas con respecto al maíz y la soya, 10 veces superior comparada con la palma africana (Montero-Sánchez *et al.*, 2012), la productividad por hectárea es su ventaja principal. El rendimiento de la biomasa de microalgas varía de 15 a 25 ton/ha/acre comparado con la soya 0.4 ton/ha/año, colza 0.68 ton/ha/año, palma aceitera 3.62 ton/ha/año y *Jatropha* 4.14 ton/ha/año (Rashid *et al.*, 2014).

El proceso de conversión de la biomasa microalgal a bioenergía dependerá del producto que quiera obtenerse, en la Figura 1. Se muestra un esquema de los procesos que sufren las fracciones lipídicas y de carbohidratos, específicamente azúcares para obtener biocombustibles.

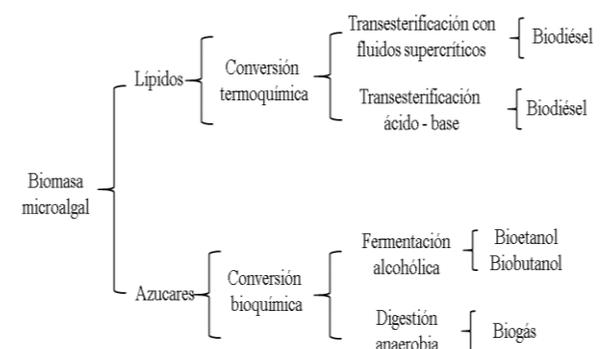


Figura 1 Procesos de generación de biocombustibles
Fuente: Basada en (Chew *et al.*, 2017)

La transesterificación es el proceso químico para la conversión de los triglicéridos haciéndolos reaccionar con un alcohol de cadena corta en presencia de un catalizador ácido, básico o enzimático, obteniendo los ésteres metílicos de ácidos grasos conocidos como biodiésel y el subproducto glicerina. Previo al proceso de transesterificación deben extraerse los lípidos de las microalgas, entre los métodos utilizados se encuentra la extracción con solvente, presión osmótica, extracción isotónica, y enzimática (Chew *et al.*, 2017), algunos investigadores buscan la eliminación de esta etapa realizando transesterificación *in situ* o directa (Cao *et al.*, 2013; Macías-Sánchez *et al.*, 2015; Sivaramakrishnan y Incharoensakdi, 2018). Generalmente para la producción de biodiésel a partir de microalgas la metodología seguida es la extracción de lípidos, transesterificación y purificación (Armas-Martínez *et al.*, 2019).

El bioetanol a partir de microalgas es obtenido partiendo de un pretratamiento para realizar la sacarificación, entre los que se encuentran los químicos (hidrólisis ácida o alcalina, supercrítica con CO₂), enzimáticos y mecánicos (homogeneización a alta presión, autoclavado y ultrasonificación). La conversión de sacáridos a bioetanol se puede realizar por los procesos de fermentación oscura, foto fermentación, hidrólisis y fermentación separadas, sacarificación y fermentación simultáneas, así como, sacarificación y co-fermentación simultáneas (Kee *et al.*, 2018).

Entre los organismos fermentadores más utilizados se encuentra la levadura *Saccharomyse cerevisiae* (Marulanda López *et al.*, 2017), *Pichia stipitis*, *Zymomonas mobilis*, *Kluyveromyces fragilis*, *Kluyveromyces marxianus*, *Escherichia coli* y *Klebsiella oxytoca* (Kee *et al.*, 2018). El fermento debe ser destilado a 78°C, seguido de una deshidratación para así obtener un bioetanol puro y anhidro. Los carbohidratos presentes en las microalgas alcanzan 50% en peso seco, entre ellos la celulosa y el almidón sin lignina, además de glucosa y polisacáridos es decir son una materia prima para la generación de bioetanol y biobutanol, o bien de biogás. Una de las rutas bioquímicas para la obtención de biocombustibles es la digestión anaerobia, en la cual la biomasa orgánica produce biogás, que contiene metano y CO₂ principalmente, el que puede servir directamente como combustible o utilizarse para generar electricidad (Klassen *et al.*, 2016).

Este proceso ha sido utilizado para el tratamiento de residuos orgánicos ya que reduce su carga orgánica además de producir biogás y un sedimento de material orgánico estabilizado con nutrientes mineralizados que puede utilizarse como un fertilizante (Ramos-Suárez y Carreras, 2014).

El proceso de digestión anaerobia se realiza en cuatro fases mediante un complejo conjunto de bacterias y se denominan hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Durante estas etapas los biopolímeros complejos se descomponen en oligómeros y monómeros que posteriormente se metabolizan en ácidos grasos de cadena corta y alcoholes, los que se convierten en CO₂, hidrógeno y acetato que sirven de sustrato para la fase de metanogénesis que es donde se produce el metano. Las microalgas sirven de materia prima para la digestión anaerobia, se estima que el 50% de la biomasa de convierte finalmente en biogás (Klassen *et al.*, 2016); entre el 45 y el 85% de los residuos de extracción de lípidos con solventes de las microalgas también pueden ser digeridos anaerobiamente (Yun *et al.*, 2014).

La biorefinación es el proceso para obtener un conjunto de productos como; biocombustibles, energía y productos de valor agregado (Chew *et al.*, 2017). Una vez obtenido el aceite de las microalgas, los residuos de la biomasa sirven para obtener azúcares y bioetanol con rendimientos del 92% y 93%, respectivamente, o bien pueden ser un sustrato para la producción de biogás o fertilizante (Sivaramakrishnan y Incharoensakdi, 2018).

También se han realizado trabajos, donde la primera etapa consiste en una hidrólisis y fermentación para obtener bioetanol, y la segunda consiste de una licuefacción de los residuos asistida por bioetanol con rendimientos del 15.84% en peso de biodiésel, además el sólido residual con 4% en nitrógeno poder ser utilizado como fertilizante (Rahman *et al.*, 2019). Un proceso rentable de biorrefinación a base de microalgas es necesario para el impulso de los biocombustibles.

Biofields anunció un proyecto de generación de bioetanol a partir de algas verdeazuladas con el apoyo de la Asociación Nacional de Productores de Biocombustibles en 2009 para la adición del 6% a las gasolinas producidas por Petróleos Mexicanos (PEMEX) (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2019).

Sin embargo, hasta el momento la empresa no se cuenta con registro de producción de dicho biocombustible. Biofields es una unidad de negocio del grupo Alejo, dedicada a la genética, agroindustria y Biorrefinación. En Sahuaral, Sonora, se lleva a cabo el cultivo de higuera a partir de semillas modificadas para la extracción de aceite y posterior biorrefinación para la obtención de oleoquímicos, reutilizando la pasta de desecho para la producción de forraje y fertilizantes (Giesemann, 2018).

México cuenta con diferentes climas, cuencas, vegetación y topografía, que permiten el desarrollo de una gran diversidad algal, aproximadamente 12 mil cuerpos epicontinentales y ocho lagos naturales (Garduño Solórzano, *et al.*, 2011). Los ríos y arroyos del país constituyen una red hidrográfica de 633 mil km de longitud entre los que destacan 50 ríos principales por los que fluye en 87% del escurrimiento superficial.

Las cuencas hidrográficas de la república mexicana son 1471 (Semarnat, 2011). La longitud de la línea de costa del océano pacífico es de 7 828 km y del golfo de México y Mar Caribe 3 294 km (INEGI, 2006). En esta investigación se presentan un listado de las microalgas que han sido aisladas en diversas partes del país.

Una reciente evaluación de los recursos naturales de México, las condiciones climáticas, datos geológicos, sitios históricos y urbanos, mediante un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 6.10) y considerando una producción conservadora de microalgas en estanque abierto con capacidad de 20 g/m²d, dan como resultado que el país es capaz de producir 3.8 billones de toneladas de microalgas al año, además considerando las condiciones climáticas, se determinó que el 26.88% del territorio nacional es adecuado para el cultivo de microalgas, resaltando el potencial de los estados de Jalisco, Oaxaca, Veracruz y Guerrero como los de mayor potencial (Lozano-García, *et al.*, 2019).

Determinar la presencia de las microalgas nativas en una región específica es un indicativo de la supervivencia de esta en las condiciones ambientales de la misma, en consecuencia, se podrá cultivar el microorganismo en condiciones similares para su posterior conversión a bioenergía.

Metodología

Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica para resumir cuales son las especies de microalgas halladas en México, así como su contenido de lípidos y carbohidratos, precursores para la producción de biocombustibles en el país, además de los procesos que han sido investigados para la producción de biocombustibles a partir de dichas microalgas.

Estudios han reportado hallazgos de cepas de microalgas en cuerpos de agua del país, tales como la laguna del Carpintero y estero del río Barberena en Tamaulipas, río presidio en Sinaloa, lago de Catemaco en Veracruz y la Bahía Santa Lucía en Guerrero, su presencia indica la capacidad de crecer en dichos ambientes y su adaptación para desarrollarse en las condiciones ambientales. (Crisóstomo-Vázquez, *et al.*, 2016; Garduño Solórzano, *et al.*, 2011; Hernández-Reyes, *et al.*, 2012; Martínez-Hernández, *et al.*, 2018; Nájera-Arce, *et al.*, 2018; Ortega-Salas & Reyes-Bustamante, 2012)

Se reporta el hallazgo de 10 clases de microorganismos y 68 especies, en la Laguna del Carpintero ubicada en Cd. Madero, Tamaulipas (Crisóstomo-Vázquez, *et al.*, 2016), seis de ellas del género *Chlorophyceae*, presentes a lo largo de los muestreos bimestrales, las microalgas encontradas tienen la característica de almacenar lípidos. *Scenedesmus sp* tiene la cualidad de almacenar lípidos neutros y polisacáridos de almidón y celulosa sin lignina (Sivaramakrishnan y Incharoensakdi, 2018) por lo cual pueden utilizarse como materia prima para la producción de biodiesel y bioetanol, sin requerir procesos de purificación previos.

En otra reciente investigación se reporta el hallazgo de cuatro especies de microalgas, presentes en agua residual de la zona industrial de Altamira, Tamaulipas, en las que la cepa *Chlorella sp.* se observa presente en los tres muestreos realizados (Martínez-Hernández, *et al.*, 2018). Por otro lado la especie *Chlorella vulgaris* fue encontrada en el lago Chalchoapan en la región de los Tuxtlas, Ver. (Hernández-Reyes, *et al.*, 2012). El género *Chlorella* se encuentra ampliamente determinado a lo largo del país y sus miembros son capaces de adaptarse a diversas condiciones ambientales y nutricionales en cuerpos de agua dulce y marinos (Moreno *et al.*, 2012; Arias Peñaranda, *et al.*, 2012).

Garduño Solórzano y colaboradores (2011) reportan el hallazgo de 17 taxa intraespecíficos, una *Cyanoprokaryota* y 16 *Clorophyta* en el Lago de Catemaco, Veracruz, entre las que destacan los géneros *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Desmodesmus*, las cuales son ricas en carbohidratos y triglicéridos.

Los cultivos de microalgas pueden realizarse en fotobiorreactores abiertos o cerrados, en los que las células de plantas o algas fotoautótrofas se cultivan o se utilizan para llevar a cabo una reacción fotobiológica. Los raceways o lagunas abiertas son sistemas menos caros que los fotobiorreactores cerrados, debido a su menor coste de construcción y operación, teniendo como desventajas una producción de biomasa inferior (Fernández-Linares *et al.*, 2012).

Los géneros de microalgas *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Nannochloris*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, son de interés en la investigación por su contenido de carbohidratos y triglicéridos (Montero-Sánchez *et al.*, 2012; Moreno *et al.*, 2012).

Las especies *Chlorella sp.*, *Scenedesmus sp.* y *S. quadricauda* fueron cultivadas en medio CHU10 con y sin nitrógeno, de las cuales se obtuvieron por extracción Soxhlet con una relación cloroformo:metanol 2:1, observándose que la tasa de crecimiento fue variable entre las especies cultivadas, y el aumento de la cantidad de lípidos en ausencia de nitrógeno, la producción de biomasa en peso seco fue de 174.7 mg/l y los lípidos totales de 243.3 mg/g biomasa seca en medio sin nitrógeno de la especie *Scenedesmus sp.* Por otro lado *Scenedesmus quadricauda* y *Chlorella sp.*, mostraron mayor producción de biomasa seca (159.1 mg/g biomasa seca y 221.1 mg/g biomasa seca respectivamente) en medios con nitrógeno.(Cobos Ruiz, *et al.*, 2016).

Evidentemente a mayor cantidad de triglicéridos mayor producción de biodiésel, el cuello de botella en la transesterificación de lípidos de microalga es la deshidratación de las mismas, este paso genera un gasto energético que encarece el proceso, pudiendo llegar a representar hasta el 30% de los costos totales (Cao *et al.*, 2013; Macías-Sánchez *et al.*, 2015; Patil *et al.*, 2012).

La disrupción celular de la biomasa microalgal se realiza para acceder con más facilidad a los lípidos intracelulares mediante extracción con solventes, los más utilizados son: hexano, cloroformo, metanol, CO₂ supercrítico. Con la finalidad de hacer más eficiente el proceso de transesterificación convencional se han realizado investigaciones más avanzadas, en condiciones supercríticas, con nuevos catalizadores, *in situ* o con la ayuda de las tecnologías de sonicación y microondas. Queda fuera del alcance de este trabajo la descripción detallada y análisis de los procesos de obtención del biodiésel, en la Tabla 3 se mencionan los rendimientos de biodiésel obtenidos a partir de microalgas.

El proceso de fermentación alcohólica requiere de un microorganismo fermentador para convertir los carbohidratos en bioetanol, entre los cuales el más utilizado hasta el momento es *Saccharomise cerevisiae*, para el caso de la fermentación de *Chlorella sp.* se obtiene un 68.59% de rendimiento para una carga de 100g/L, el cual es mejorado al utilizar *Pichia stipitis* a 74.73% para la misma carga. Generalmente se ha utilizado la fermentación como segunda etapa en la obtención de bioenergía a partir de microalgas, siendo la primera la extracción de lípidos. Rhaman y colaboradores (2019) proponen realizar la fermentación alcohólica como primer paso y en segundo la licuefacción asistida por etanol para la obtención de biodiésel, obteniendo un rendimiento del 15.84% para *Chlorella sp.* afirmando que el rendimiento mejoro un 40.7% con comparación con la licuefacción de la biomasa original (Rahman *et al.*, 2019). Por otro lado *Scenedesmus* es conocida por su acumulación de lípidos, carbohidratos y proteínas, del orden del 40, 22.2 y 19% respectivamente.

Los azúcares de esta microalga se pueden extraer con un pretratamiento en autoclave a 121°C y 15 psi con NaOH y H₂SO₄ durante 20 min, logrando rendimientos de sacarificación de 82 y 92 %. Generalmente los procesos de fermentación alcohólica se realizan después del pretratamiento de hidrólisis ya sea simultáneos o separados alcanzando rendimientos del 68 al 89% con distintos microorganismos fermentadores, el género de microalga más estudiado es la *Chlorella*, en la Tabla 4 se observan los rendimientos específicos obtenidos de bioetanol.

La biomasa microalgal puede ser sometida al tratamiento de digestión anaerobia, en este tipo de experimentos se ha encontrado que la composición de la pared celular de las microalgas tiene un efecto negativo en el rendimiento de metano, ya que algunas presentan resistencia a la degradación en condiciones anaeróbicas. Debido a lo anterior se requiere de un pretratamiento para facilitar la ruptura de las paredes celulares durante la digestión anaerobia (Neves *et al.*, 2016). La aplicación de tratamientos hidrotérmicos son una estrategia efectiva para mejorar la biodegradabilidad de distintas especies de microalgas (Klassen *et al.*, 2016). Al utilizar la biomasa residual de la extracción de lípidos se ha observado que el cloroformo tiene un efecto inhibitorio tanto en la producción de hidrógeno como de metano, la biomasa puede ser sometida a un lavado y secado previo a la digestión para disminuir el contenido de cloroformo. En el caso de *Chlorella vulgaris* se observa un mayor efecto inhibitorio en la producción de metano que de hidrógeno cuando la concentración es de 100mg CHCl₃/L (Yun *et al.*, 2014). Además del cloroformo o sus mezclas cloroformo:etanol para la extracción de lípidos con solventes también se utilizan mezclas de hexano:isopropanol (3:2) y metil pentano, los cuales no presentan efectos inhibitorios en la productividad del biometano (Neves *et al.*, 2016; Zhao *et al.*, 2014). Para procesos conjuntos de obtención de energía o bien biorrefinación no es recomendable la extracción de lípidos con cloroformo si el residuo de biomasa será sometido a digestión anaerobia, debido a la inhibición de la metanogénesis.

En un estudio completo elaborado por Klassen y colaboradores (2019) acerca de la digestión anaerobia concluyen que varios factores, entre ellos: las condiciones de cultivo, composición de la biomasa, el momento de la cosecha, pretratamientos, composición química del sustrato, parámetros de digestión anaerobia (pH, temperatura, tasa de carga orgánica, tiempo de retención de sólidos, disponibilidad de nutrientes, potencial de óxido-reducción, presencia de compuestos tóxicos, tamaño de partícula del sustrato y accesibilidad) afectan significativamente la eficiencia del proceso de digestión anaerobia. En este trabajo sólo se mencionan las microalgas que han sido utilizadas con o sin tratamiento para la digestión anaerobia en la Tabla 5, mostrando la productividad de metano por unidad de sólidos volátiles.

Resultados

En la tabla 1 se muestran las especies de microalgas nativas identificadas en México, así como los cuerpos de agua en los cuales se encontraron.

En la tabla 2 se reportan los contenidos de lípidos y carbohidratos reportados en la literatura para las especies de microalgas más estudiadas hasta el momento

Estado	Cuerpo de agua	Microalga	Referencia
Cd. Madero, Tamps.	Laguna del Carpintero	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Crisóstomo, <i>et al.</i> , 2016
		<i>Chlorella vulgaris</i>	
		<i>Desmodesmus denticulatus</i>	
		<i>Desmodesmus quadricauda</i>	
		<i>Scenedesmus bijurgus</i>	
		<i>Scenedesmus sp.</i>	
		<i>Chaetoceros sp.</i>	
Altamira, Tamps.	A.R.I	<i>Chlorella sp.</i>	Martínez-Hernández, <i>et al.</i> , 2018
		<i>Lagerheima sp.</i>	
		<i>Desmodesmus quadricauda</i>	
		<i>Oscillatoria sp.</i>	
Tuxtla, Ver.	Lago Chalchoapan	<i>Chlorella vulgaris</i>	Hernández-Reyes, <i>et al.</i> , 2012
Tampico, Tamps.	Estero del Río Barberena	<i>Spirulina subsalsa</i>	Hernández-Reyes, <i>et al.</i> , 2012
MazatlánSinaloa	Río Presidio	<i>Kirchneriella obesa</i>	Ortega-Salas, <i>et al.</i> , 2012
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	
		<i>Chlorococcum infusorium</i>	
Catema-co, Ver.	Lago de Catemaco	<i>Acutodesmus acuminatus</i>	Garduño-Solorzano, <i>et al.</i> , 2011
		<i>Closteriopsis acicularis</i>	
		<i>Oocystis marssonii</i>	
		<i>Monactinus simplex</i>	
		<i>Chlorella minutissima</i>	
		<i>Coelastrum microporum</i>	
		<i>Pseudanabaena limnetica</i>	
		<i>Desmodesmus quadricauda</i>	
		<i>Scenedesmus aculeolatus</i>	
		<i>Scenedesmus obliquus</i>	
<i>Staurastrum gracile</i>			
AcapulcoGuerrero	Bahía Santa Lucía del Puerto de Acapulco	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Nájera-Arce, <i>et al.</i> , 2018
		<i>Asterionella japonica</i>	
		<i>Biddulphia mobiliensis</i>	

Tabla 1 Especies de microalgas en México

Fuente: Elaboración Propia

Microalga	Lípidos (% peso seco)	HC (% peso seco)	Referencia
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	21	17	Spolaore, et al., 2006
<i>Chlorella vulgaris</i>	30-40 ¹	12-17 ²	¹ Liang, et al., 2009 ² Yeh & Chang., 2012
<i>Scenedesmus sp.</i>	19.6 – 21.1		Mata, et al., 2010
<i>Chlorella sp.</i>	28-32		Chisti, 2008
<i>Lagerheima sp.</i>	42-48		Martínez-Hernández, et al., 2018
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	31		Shen, et al., 2009
<i>Chlorella vulgaris</i>	14-22	12-17	Spolaore, et al., 2006
<i>Chlorella minutissima</i>	31	42	Illman, et al., 2000
<i>Scenedesmus obliquus</i>	12-14	10-17	Spolaore, et al., 2006
<i>Coelastrum microporum</i>	25		Valdez-Ojeda, et al., 2015

Tabla 2 Contenido de lípidos y carbohidratos
Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que de los géneros *Spirulina* y *Chaetoceros* encontrados en Guerrero y Tamaulipas han presentado características adecuadas para alimentación. El género *Spirulina* es rico en vitaminas y minerales, entre los que destacan el beta-caroteno (provitamina A), vitaminas E y complejo B, hierro y oligoelementos, dándole un valor comercial, puede producirse biohidrógeno como subproducto (Montiel Montoya, 2010; Colorado, et al., 2013). El género *Chaetoceros* se ha reportado como alimento de larvas acuáticas (Medina Jasso, et al., 2012).

Microalga	Proceso	Rend.	Ref.
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Transesterificación <i>in situ</i>	86.8%	Cao, et al., 2013
Chrysophyta	Transesterificación supercrítica con metanol y scCO_2 como solvente	56.3%	Zhou, et al., 2017
<i>Chlorella sp.</i>	Transesterificación supercrítica con metanol y scCO_2 como solvente	63.7%	Zhou, et al., 2017
<i>Nannochloropsis oculata</i>	Transesterificación heterogénea con ZnO:Mn^{+2} encapsulado en PEG (Polietilenglicol)	87.5%	Vinoth, et al., 2019
<i>Scenedesmus sp.</i>	Transesterificación directa catalizada por enzimas	92%	Sivaramakrishnan & Incharonsakdi, 2018
<i>Nannochloropsis gaditana</i>	Transesterificación directa	100%	Macías-Sánchez, et al., 2015

<i>Nannochloropsis sp.</i>	Transesterificación extractiva asistida por microonda	80.1%	Patil, et al., 2012
<i>Nannochloropsis sp.</i>	Transesterificación con metanol supercrítico	84.1%	Patil, et al., 2012
<i>Chlorella sp.</i> hidrolizada y fermentada	Licuefacción asistida por etanol	15.84 %	Rahman, et al., 2019

Tabla 3 Producción de biodiésel a partir de microalgas
Fuente: Elaboración Propia

Microalga	Proceso	Rend.	Referencia
<i>Chlorella vulgaris</i>	Hidrolisis y fermentación separados con <i>Z. mobilis</i>	87.59%	Ho, et al., 2013
<i>Chlorella vulgaris</i>	Hidrolisis y fermentación simultánea con <i>Z. mobilis</i>	87.1%	Ho, et al., 2013
<i>Desmodosmus sp.</i>	Hidrolisis y fermentación	81.4%	Sanchez Rizza, et al., 2017
<i>Chlorella sp.</i>	Hidrolisis y fermentación con <i>P. stipitis</i>	74.73%	Rahman, et al., 2019
<i>Chlorella sp.</i>	Hidrolisis y fermentación con <i>S. cerevisiae</i>	68.59%	Rahman, et al., 2019
<i>Chlorella vulgaris</i>	Hidrolisis y fermentación separados con <i>S. cerevisiae</i>	89%	Kim, et al., 2014)

Tabla 4 Producción de bioetanol a partir de microalgas
Fuente: Elaboración Propia

Microalga	Pretratamiento	Productividad $\text{L CH}_4/\text{kg VS}$	Referencia
<i>Chlorella vulgaris</i>	Ninguno	337	Zhao, et al., 2014
<i>Chlorella vulgaris</i>	Lípidos extraídos	314	
<i>Nannochloropsis oculata</i>	Ninguno	357	
<i>Nannochloropsis oculata</i>	Lípidos extraídos	399	Ramos & Carreras, 2014
<i>Scenedesmus</i>	Ninguno	140	
<i>Scenedesmus</i>	Aminoácidos extraídos	272.8	
<i>Scenedesmus</i>	Lípidos extraídos	212.3	

Tabla 5 Producción de biogás a partir de la digestión anaerobia de microalgas por unidad de sólidos volátiles.
Fuente: Elaboración Propia

Agradecimiento

Se agradece a CONACYT por la beca nacional 21542 otorgada al primer autor para cursar el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.

Conclusiones

Entre los generos con mayor porcentaje de lípidos se distingue *Chlorella* y *Lagerheimia*, para producir biodiésel se han investigado *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Nannochloropsis* con rendimientos que van desde 56 a 92% mediante diferentes procesos de conversión.

En cuanto a carbohidratos también se distingue el genero *Chlorella*, la cual ha sido investigada en la producción de bioetanol así como el genero *Desmodesmus* con rendimientos de conversión del 68 al 89%.

Además para la producción de biogás pueden ser utilizados los mismos géneros, *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Nannochloropsis*, los cuales pueden ser utilizados con o sin tratamiento o bien de forma residual después de haber sufrido la extracción de lípidos o aminoácidos.

Al término de esta investigación se concluye que las microalgas nativas encontradas a lo largo del territorio nacional, específicamente los géneros *Chlorella* y *Scenedesmus* halladas en los estados de Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz son susceptibles de ser cultivadas y aprovechadas para la producción de los biocombustibles biodiesel, bioetanol y biogás. Además de los géneros *Chlamydomonas* y *Desmodesmus*, reportadas como interesantes para la producción de biocombustibles.

Por otro lado se aporta conocimiento de la diversidad microalgal hallada en México, específicamente de las especies *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella* sp., *C. vulgaris*, *C. minutissima*, *Scenedesmus* sp., *S. bijurjus*, *S. dimorphus*, *S. obliquus*, *S. quadricauda* y los géneros *Chaetoceros*, *Biddulphia*, *Asterionella*, *Staurastrum*, *Pseudanabaena*, *Monactinus*, *Acutodesmus*, *Chlorococcum*, *Kirchneriella*, *Oscillatoria*, de las cuales es necesario continuar investigando su potencial como materia prima para la generación de bioenergía.

Referencias

Alcalá-Galiano, D., Cujilema-Quitio, M., León-Revelo, G., Baryolo-González, L., y Ramos-Sánchez, L. (2018). Producción enzimática de biodiesel con biomasa lignocelulósica. *Tecnología Química*, 38(1), 162–182.

Alder, V. A. (2018). biocombustibles y microalgas marinas. *Ciencia e Investigación*, 68(1), 29–40.

Andrés, L. Estudio del comportamiento del motor de gasolina chevrolet luv 2200 utilizando bioetanol a partir del residuo de papa con la mezcla E10 (2018). Informe técnico. Universidad Técnica del Norte.

Arias Peñaranda, Martha Trinidad, Martínez Roldán Alfredo de Jesús y Cañizares Villanueva Rosa Oliva (2012). Biodiesel production from microalgae: Cultivation Parameters that Affect Lipid Production. *N. Biotechnol.*, 29(1), 43–68.

Armas-Martínez, A. C. D., Morales Zamora, M., Albernas Carvajal, Y., y Erenio, G. S. (2019). Proyección de una industria azucarera para transformarse en una biorrefinería a partir de biocombustibles de segunda y tercera generación. Projection of a sugar industry to become a biorefinery from second and third generation biofuels. *Tecnología Química*, 39(3), 489–507.

Barajas, A., González, A., Kafarov, V., Plata, V., Garzón, L., Guzmán, A. y Velásquez, G. (2011). Bioprospección de microalgas colombianas para la producción de biodiesel. *Revista Virtual Pro*, 1–55.

Cao, H., Zhang, Z., Wu, X. y Miao, X. (2013). Direct Biodiesel Production from Wet Microalgae Biomass of *Chlorella pyrenoidosa* through In Situ Transesterification. *BioMed Research International*, 2013, 1–6.

Castro-Martínez Claudia; Beltrán-Arredondo Laura Ivonne y Ortíz-Ojeda Juan. (2012). Producción de biodiésel y bioetanol: ¿Una alternativa sustentable a la crisis energética? *Ra Ximhai - Revista De Sociedad, Cultura, Desarrollo*, 8(3), 93–100.

Chew, K. W., Yap, J. Y., Show, P. L., Suan, N. H., Juan, J. C., Ling, T. C. y Chang, J. S. (2017). Microalgae biorefinery: High value products perspectives. *Bioresour. Technol.*, 229, 53–62.

PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, MENDOZA-MARTÍNEZ, Ana María, CASTAÑEDA-CHÁVEZ, María del Refugio y AGUILERA-VÁZQUEZ, Luciano. Bioenergía a partir de microalgas en México. *Revista de Energías Renovables*. 2019

- Chisti, Y. (2008). Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends Biotechnol.*, 26(3), 126–131.
- Cobos Ruiz, M., Paredes Rodríguez, J. D., y Castro Gómez, J. C. (2016). Inducción de la producción de lípidos totales en microalgas sometidas a estrés nutritivo. *Acta Biológica Colombiana*, 21(1), 17–26.
- Colorado, M., Moreno, D., y Pérez, J. (2013). Desarrollo, producción y beneficio ambiental de la producción de microalgas. La experiencia en la Guajira, Colombia. *Ambient. y Desarro.*, 17(32), 113–126.
- Concepción-Fandiño, L., y Rodríguez-Machín, L. (2018). Análisis De Lubricidad En Mezcla Diesel-. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 22(1), 47–53.
- Crisóstomo-Vázquez Lilia, Alcocer-Morales Claudia, Lozano-Ramírez Cruz, R.-P. M. C. (2016). Fitoplancton de la Laguna del Carpintero, Tampico, Tamaulipas, México. *Interciencia*, 41(2), 103–109.
- Fernández-Linares Luis Carlos, Montiel-Montoya Jorge, Millán-Oropeza Aarón, B.-C. A. (2012). Producción de biocombustibles a partir de microalgas. *Ra Ximhai - Rev. Soc. Cult. Desarro.*, 8(3), 543–558.
- Garduño Solórzano, G., Rodríguez Palacio, M. C., Martínez García, M., Quintanar Zúñiga, R. E., Lozano Ramírez, C., Campos Contreras, J. E., y Monsalvo Reyes, A. C. (2011). Cultivos de microalgas del Lago de Catemaco, Veracruz. *Rev. Latinoam. Biotecnol. Ambient. y Algal*, 2(2), 67–80.
- Giesemann, R. (2018). Reporte de sustentabilidad 2017-2018. Grupo Alejo.
- González-Fernández, C., y Ballesteros, M. (2012). Linking microalgae and cyanobacteria culture conditions and key-enzymes for carbohydrate accumulation. *Biotechnology Advances*, 30(6), 1655–1661.
- Hernández-Reyes, Rodríguez-Palacio, M. C., Lozano-Ramírez, C., y Castilla-Hernández, Y. (2012). Remoción de nutrientes por tres cultivos de microalgas libres e inmovilizados. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 3(1), 80–94.
- Ho, S., Huang, S., Chen, C., Hasunuma, T. y Kondo, A. (2013). Biore source Technology Bioethanol production using carbohydrate-rich microalgae biomass as feedstock. *Bioresour. Technol.*, 135, 191–198.
- Illman, A. . M., Scragg, A. H. H. y Shales, S. W. W. (2000). Increase in *Chlorella* strains calorific values when grown in low nitrogen medium. *Enzyme Microb. Technol.*, 27, 631–635.
- INEGI. Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos, Inst. Nac. Estad. Geogr. e Informática. (2006).
- Kee, C., Chyuan, H., Chen, W., Chuan, T., y Poh, E. (2018). Overview: Comparison of pretreatment technologies and fermentation processes of bioethanol from microalgae. *Energy Conversion and Management*, 173, 81–94.
- Kim, K. H., Choi, I. S., Kim, H. M., Wi, S. G., y Bae, H. J. (2014). Bioethanol production from the nutrient stress-induced microalga *Chlorella vulgaris* by enzymatic hydrolysis and immobilized yeast fermentation. *Bioresource Technology*, 153, 47–54.
- Klassen, V., Blifernez-Klassen, O., Wobbe, L., Schlüter, A., Kruse, O. y Mussgnug, J. H. (2016). Efficiency and biotechnological aspects of biogas production from microalgal substrates. *Journal of Biotechnology*, 234, 7–26.
- Kumar, M., & Sharma, M. P. (2016). Selection of potential oils for biodiesel production. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 56, 1129–1138.
- Liang, Y., Sarkany, N., & Cui, Y. (2009). Biomass and lipid productivities of *Chlorella vulgaris* under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic growth conditions. *Biotechnol. Lett.*, 31(7), 1043–1049.
- Lin, Y., Ge, J., Ling, H., Zhang, Y., Yan, X. y Ping, W. (2018). Isolation of a novel strain of *Monoraphidium* sp. and characterization of its potential for A-linolenic acid and biodiesel production. *Bioresource Technology*, 267, 466–472.
- Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Peralta Zurita, D. B. y Leguísamo Milla, J. C. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 149–158.

- Lozano-García, D. F., Cuellar-Bermudez, S. P., del Río-Hinojosa, E., Betancourt, F., Aleman-Nava, G. S. y Parra-Saldivar, R. (2019). Potential land microalgae cultivation in Mexico: From food production to biofuels. *Algal Research*, 39(February), 101459.
- Macías-Sánchez, M. D., Robles-Medina, A., Hita-Peña, E., Jiménez-Callejón, M. J., Estéban-Cerdán, L., González-Moreno, P. A. y Molina-Grima, E. (2015). Biodiesel production from wet microalgal biomass by direct transesterification. *Fuel*, 150, 14–20.
- Martínez-Hernández Marisol, Suastes-Acosta Sandra L., Lozano-Ramírez Cruz y Rodríguez Palacio. M. C. (2018). Lipidic Profile of *Lagerheinia* sp. Isolated of Industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 9(1), 25–33.
- Marulanda López, T., Zapata Osorno, L. F. y Jaramillo Flórez, M. C. (2017). Producción de Bioetanol a partir de *Elodea* sp. *Ingenierías USBmed*, 8(1), 37.
- Medina Jasso, A., Valdez, P. P., y Soto, M. N. (2012). La importancia de las Microalgas. *Biodiversitas*, 1–5.
- Medina Ramírez E., Chávez Vela A., y Jáuregui Rincón J. (2012). Biodicel, un combustible renovable. *Investigación y Ciencia*, 55, 62–70.
- Montero-Sánchez Yatalí, M.Gómez Liliana, Álvarez Inaudis, C. Sabina Leonor, Támbara Yanet, C. Alfonso Marlén, R. R. L. (2012). Productividad de lípidos y composición de ácidos grasos de cinco especies de microalgas. *Investigación y Saber*, 1(2), 37–43.
- Montiel Montoya, J. (2010). Potencial y riesgo ambiental de los bioenergéticos en México. *Ra Ximhai - Revista De Sociedad, Cultura, Desarrollo*, 6, 57–62.
- Moreno, M. L. O.-, Castillo, C. E. C.-, Sánchez-Villarraga, J., Otero-Paternina, A. M., y Padilla, J. (2012). Evaluación del crecimiento de la microalga *Chlorella sorokiniana* en diferentes medios de cultivo en condiciones autotroficas y mixotroficas. *Orinoquia*, 16(1), 11–20.
- Nájera-Arce, Cynthi; Álvarez-Fitz Patricia; Pérez-Castro, Donaciano; Toribio-Jiménez, Jeiry; Castro-Alarcon, N. (2018). Actividad antibacteriana de diatomeas marinas aisladas de Acapulco, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 53(2), 195–207.
- Neves, V. T. D. C., Sales, E. A., & Perelo, L. W. (2016). Influence of lipid extraction methods as pre-treatment of microalgal biomass for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 160–165.
- Ortega-Salas, A. A. y Reyes-Bustamante, H. (2012). Cultivo de las microalgas dulceacuicolas *Kirchneriella obesa*, *Scenedesmus quadricauda* y *Chlorococccum infusorium* empleando tres medios de cultivo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(2), 35–44.
- Ortiz Tapia, M. del C., García Alamilla, P., Lagunes Gálvez, L. M., Arregoitia Quezada, M. I., García Alamilla, R. y León Chávez, M. A. (2016). Biodiesel production from crude palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq). Ascending path method application. *Acta Univ.*, 26(5), 3–10.
- Patil, P. D., Gude, V. G., Mannarswamy, A., Cooke, P., Nirmalakhanda, N., Lammers, P. y Deng, S. (2012). Comparison of direct transesterification of algal biomass under supercritical methanol and microwave irradiation conditions. *Fuel*, 97, 822–831.
- Rahman, Q. M., Zhang, B., Wang, L. y Shahbazi, A. (2019). A combined pretreatment, fermentation and ethanol-assisted liquefaction process for production of biofuel from *Chlorella* sp. *Fuel*, 257, 116026.
- Ramos-Suárez, J. L. y Carreras, N. (2014). Use of microalgae residues for biogas production. *Chemical Engineering Journal*, 242, 86–95.
- Rashid, N., Ur Rehman, M. S., Sadiq, M., Mahmood, T. y Han, J. I. (2014). Current status, issues and developments in microalgae derived biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 760–778.
- Rodríguez, L. B., Rionda, R. A., Félix, F. J. C., Ríos, S. B., Miranda, B. H., Hernández, M. P. G., ... Nava, E. V. (2017). Balance nacional de energía 2016. *SENER*, 136.
- Sacramento-Rivero J.C; Romero G.; Cortés-Rodríguez E.; Blanco-Rosete S. (2010). Diagnostico del desarrollo de biorefinerías en México. A diagnostic study on the development of biorefineries in Mexico. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 261–283.

- Sanchez Rizza, Lara; Sanz Smachetti, M. eugenia y D. N. M. (2017). Bioprospecting for native microalgae as an alternative source of sugars for the production of bioethanol. *Algal Res.*, 22, 140–147.
- Semarnat. (2011). Atlas del agua en México 2011. Gobierno Federal, 1–142.
- SENER. (s/f). SENER | Sistema de Información Energética. Recuperado el 25 de octubre de 2018, de <http://sie.energia.gob.mx/>
- Shen, Y., Pei, Z., Yuan, W. y Mao, E. (2009). Effect of nitrogen and extraction method on algae lipid yield. *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 2(1), 51–57.
- Sivaramakrishnan, R. y Incharoensakdi, A. (2018). Utilization of microalgae feedstock for concomitant production of bioethanol and biodiesel. *Fuel*, 217(January), 458–466.
- Spolaore, P., Joannis-cassan, C., Duran, E., Isambert, A., Génie, L. De y Paris, E. C. (2006). Commercial Applications of Microalgae. *J. Bioscience Bioeng.*, 101(2), 87–96.
- Taggar, I. S. y M. S. (2014). Recent Trends in Biodiesel Production — An Overview. *Applied Engineering Research*, 9(10), 1151–1158.
- Tobío-Pérez, I., Melo-Espinosa, E. A., Suárez-Hernández, J., y Ángel, J. (2018). Evaluación de mezclas de biodiésel de *Jatropha curcas* (L .) en bancos de motores diésel Evaluation of mixtures of *Jatropha curcas* (L .) biodiesel in diesel engine banks *Materiales y Métodos. Pastos y Forrajes*, 41(4), 300–309.
- Vilaboa-Arroniz, J., López-Collado, J., Platas-Rosado, D. E., y Vilaboa-Arroniz, I. (2019). El mito de los biocombustibles en México. The myth of biofuels in Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 431–441.
- Vinoth Arul Raj, J., Bharathiraja, B., Vijayakumar, B., Arokiyaraj, S., Iyyappan, J. y Praveen Kumar, R. (2019). Biodiesel production from microalgae *Nannochloropsis oculata* using heterogeneous Poly Ethylene Glycol (PEG) encapsulated ZnOMn²⁺ nanocatalyst. *Bioresour. Technol.*, 282, 348–352.
- Yeh, K. L. y Chang, J. S. (2012). Effects of cultivation conditions and media composition on cell growth and lipid productivity of indigenous microalga *Chlorella vulgaris* ESP-31. *Bioresour Technol*, 105, 120–127.
- Yun, Y. M., Cho, S. K., Jung, K. W., Kim, M. S., Shin, H. S. y Kim, D. H. (2014). Inhibitory effect of chloroform on fermentative hydrogen and methane production from lipid-extracted microalgae. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(33), 19256–19261.
- Zhao, B., Ma, J., Zhao, Q., Laurens, L., Jarvis, E., Chen, S. y Frear, C. (2014). Efficient anaerobic digestion of whole microalgae and lipid-extracted microalgae residues for methane energy production. *Bioresource Technology*, 161, 423–430.
- Zhou, D., Qiao, B., Li, G., Xue, S. y Yin, J. (2017). Continuous production of biodiesel from microalgae by extraction coupling with transesterification under supercritical conditions. *Bioresource Technology*, 238, 609–615.

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 de Energías Renovables. 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]

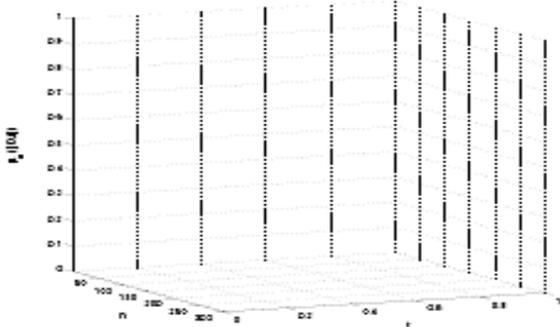


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

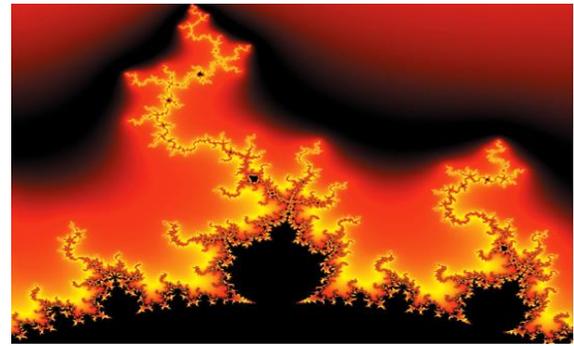


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

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 Titulo 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.

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del artículo. Revista de Energías Renovables. Año (Times New Roman No.8)

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Energías Renovables 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 Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Energías Renovables, 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)

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

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

SERRANO-PACHECO, Martha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Republic of Peru), 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

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Revista de Energías Renovables

“Banco de prueba y entrenamiento para sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico”

PAREDES-VÁZQUEZ, Cesar Paul, FLETES-CAMACHO, Noé Guadalupe y DIBENE-ARREOLA, Luis Martin

Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas

“Caracterización de los desechos orgánicos para el proceso de obtención de biogás en biodigestor UTSOE, apoyada por los cálculos realizados mediante una herramienta de TI”

RAMOS-LÓPEZ, Humberto, RODRÍGUEZ-VARGAS, María De Jesús, ARROYO-ALMAGUER, Marisol, CORRAL-GARCÍA, María Del Socorro y LEDESMA-JAIME, Reynaldo

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

“Proyecto de ahorro y calidad de la energía en el Centro de Rehabilitación y Educación Especial”

DÍAZ-RAVELO, Daniela, LÓPEZ-SIMENTAL, Maite y ALANÍS-RODRÍGUEZ, Eduardo

Universidad Tecnológica de Durango

“Bioenergía a partir de microalgas en México”

PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, MENDOZA-MARTÍNEZ, Ana María, CASTAÑEDA-CHÁVEZ, Maria del Refugio y AGUILERA-VÁZQUEZ, Luciano

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

