

Volumen 3 Número 9 — Abril — Junio - 2019

ISSN 2523-2517

# Revista de Ingeniería Eléctrica



## **ECORFAN®**

### **Editor en Jefe**

QUINTANILLA-CÓNDOR, Cerapio. 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 Ingeniería Eléctrica**, Volumen 3, Número 9, de Abril a Junio 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](http://www.ecorfan.org/republicofperu), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editor en Jefe: QUINTANILLA - CÓNDOR, Cerapio. PhD. ISSN: 2523-2517. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio 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 Ingeniería Eléctrica**

## **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 de electromagnetismo, fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales, diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas.

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

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

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

Revista de Ingeniería Eléctrica 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 Electromagnetismo, fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales, diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas 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**

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Massachusetts Institute of Technology

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

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

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

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

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

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD  
University of Amsterdam

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD  
University of Manitoba

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD  
University of Southampton

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

## **Comité Arbitral**

TECPOYOTL - TORRES, Margarita. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

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

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

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

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

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD  
Universidad de Guadalajara

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

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

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

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

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

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Eléctrica 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 mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

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

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

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Electromagnetismo, fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales, diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Desarrollo de un sistema electrónico con desplazamiento bidimensional para obtener el flujo lumínico en distintas fuentes de iluminación para conseguir sus curvas características*, por GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo, VÁZQUEZ-ZAVALA, Laura, SOTO-DELGADO, Douglas Kevin y JIMÉNEZ-QUEZADA, Einar Genaro, con adscripción en la Universidad Nacional Autónoma de México, como segundo artículo presentamos, *Uso de energía cinética para la obtención de energía eléctrica para señalamientos viales tipo leds y alumbrado publico aplicado en la Ciudad de la Venta, Tabasco*, por MARTINEZ-VALERA, Elizabeth & MUÑOZ-ROQUE, Micaela, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Villa la Venta Tabasco, como tercer artículo presentamos, *Optimización de la eficiencia de la celda fotovoltaica*, por SANDOVAL-VILLEGAS, Juan Carlos, TOLOSA-GARMA, Irving Manuel y QUINTAL-VÁZQUEZ, José Francisco, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Cancún, como último artículo presentamos, *Análisis energético de la biomasa en Michoacán: Con caso de estudio para generación eléctrica de 4MWh*, por ZAPIEN-RODRÍGUEZ, José Manuel, ESCOTO-SOTELO, Edgardo Abdiel y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco Augusto, con adscripción en la Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Desarrollo de un sistema electrónico con desplazamiento bidimensional para obtener el flujo lumínico en distintas fuentes de iluminación para conseguir sus curvas características</b> GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo, VÁZQUEZ-ZAVALA, Laura, SOTO-DELGADO, Douglas Kevin y JIMÉNEZ-QUEZADA, Einar Genaro <i>Universidad Nacional Autónoma de México</i>	1-9
<b>Uso de energía cinética para la obtención de energía eléctrica para señalamientos viales tipo leds y alumbrado publico aplicado en la Ciudad de la Venta, Tabasco</b> MARTINEZ-VALERA, Elizabeth & MUÑOZ-ROQUE, Micaela <i>Instituto Tecnológico Superior de Villa la Venta Tabasco</i>	10-20
<b>Optimización de la eficiencia de la celda fotovoltaica</b> SANDOVAL-VILLEGAS, Juan Carlos, TOLOSA-GARMA, Irving Manuel y QUINTAL-VÁZQUEZ, José Francisco <i>Universidad Tecnológica de Cancún</i>	21-28
<b>Análisis energético de la biomasa en Michoacán: Con caso de estudio para generación eléctrica de 4MWh</b> ZAPIEN-RODRÍGUEZ, José Manuel, ESCOTO-SOTELO, Edgardo Abdiel y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco Augusto <i>Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas</i>	29-34

## Desarrollo de un sistema electrónico con desplazamiento bidimensional para obtener el flujo lumínico en distintas fuentes de iluminación para conseguir sus curvas características

### Development of an electronic system with two-dimensional displacement to obtain the luminous flux in different lighting sources to achieve its characteristic curves

GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo†\*, VÁZQUEZ-ZAVALA, Laura, SOTO-DELGADO, Douglas Kevin y JIMÉNEZ-QUEZADA, Einar Genaro

*Universidad Nacional Autónoma de México*

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

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Laura, Vázquez-Zavala* / ORC ID: 0000-0002-3222-627X, Researcher ID Thomson: C-5585-2019, CVU CONACYT ID: 963138

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Douglas Kevin, Soto-Delgado* / ORC ID: 0000-0002-4967-6365, Researcher ID Thomson: C-5598-2019, CVU CONACYT ID: 963141

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Einar Genaro, Jiménez-Quezada* / ORC ID: 0000-0003-2282-5794, Researcher ID Thomson: C-8383-2019, CVU CONACYT ID: 964165

DOI: 10.35429/JEE.2019.9.3.1.9

Recibido: 18 de Abril, 2019; Aceptado 30 de Junio, 2019

#### Resumen

Se desarrolló un sistema electrónico controlado con desplazamientos equidistantes de forma perpendicular, para obtener la intensidad lumínica de distintas fuentes de iluminación, con una tarjeta de adquisición de datos para registrar y graficar las curvas características en una cámara oscura. Se implementó una estructura de aluminio colocando bandas dentadas en cada eje y montado sobre el engrane de cada uno de los motores a pasos bipolares, que permiten el movimiento de forma bidimensional. Se generó una interfaz gráfica para controlar la resolución del desplazamiento y se diseñaron soportes en 3D para colocar el sensor de flujo lumínico, obteniendo la curva característica de los distintos tipos de fuentes de iluminación como panel LED, ahorradores, LED de alta potencia e incandescentes en el arreglo experimental. Este tipo de sistema presenta diversos beneficios para aplicaciones en la caracterización de lentes, láseres o bien, en sensores ópticos para aplicarlos en el campo de la electrónica, mecatrónica y robótica. El sistema permite obtener la curva de intensidad lumínica que puede determinar el comportamiento de la fuente luminosa conforme al desplazamiento bidimensional de forma equidistante mostrado en una interfaz gráfica.

**Desplazamiento bidimensional, Flujo lumínico, Curvas características**

#### Abstract

A control electronic system was developed with equidistant perpendicular displacements to obtain the light intensity of different lighting sources, with a data acquisition card to graph the characteristic curves in an obscure chamber. An aluminum structure was implemented, placing bands jagged on each axis and mounted on the gear of each of the with bipolar steps motors, which allow movement in two-dimensional form. A graphical interface was generated to control the resolution of the displacement and 3D supports were designed to place the light flow sensor, obtaining the characteristic curve of the different types of lighting sources as LED panel, Compact Fluorescent Lights, high power LED, and incandescent in the experimental arrangement. This type of system presents diverse benefits for applications in the characterization of lenses, lasers or optical sensors to apply them in the field of electronics, mechatronics and robotics. The system allows to obtain the curve of light intensity that can determine the behavior of the light source in accordance with the two-dimensional displacement of equidistant form shown in a graphical interface.

**Two-dimensional displacement, Luminous flux, Characteristic curves**

**Citación:** GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo, VÁZQUEZ-ZAVALA, Laura, SOTO-DELGADO, Douglas Kevin y JIMÉNEZ-QUEZADA, Einar Genaro. Desarrollo de un sistema electrónico con desplazamiento bidimensional para obtener el flujo lumínico en distintas fuentes de iluminación para conseguir sus curvas características. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2019 3-9: 1-9

\* Correspondencia del Autor (unam\_alf@comunidad.unam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad la iluminación es sumamente importante en algunas áreas de trabajo, y al mismo tiempo está ligado en el ahorro de energía y a serios problemas de contaminación, para que se conserven tanto el medio ambiente como los recursos, satisfacer las necesidades inmediatas de tareas, sociales, de comportamiento, estéticas, emocionales, de salud y de seguridad. Conocer la intensidad luminosa en distancias pequeñas es sumamente relevante, sabemos que la energía eléctrica se convierte en luz, y la caracterización es mediante varios parámetros, como el flujo luminoso, la luminancia, la iluminación, la distribución de la potencia espectral, la temperatura del color y el índice de reproducción cromática.

Estos parámetros pueden servir también para evaluar la calidad de las fuentes de luz, es un elemento de radiación óptica que reconoce el ojo humano, es decir, en gran medida la longitud de onda visibles que va de los 360 nm y 830 nm. El enfoque principal son las técnicas de medición, se deben usar dependiendo de las necesidades y tener en cuenta las ventajas como las desventajas de cada una de ellas, conforme a a las necesidades. Uno debe contemplar las características de la fuente de iluminación, pero existe un problema que es vital cuando la fuente de luz esta en movimiento durante el proceso de de evaluación y la recolección de datos. La medición reaccionará muy sensiblemente a un cambio espacial de posición debido a la colocación de la fuente de luz.

En este caso, las únicas técnicas de medición de “*distribución de intensidad luminosa*” (LID), que pueden considerarse son aquellas que dejan al sujeto en reposo. Las técnicas usadas para medir la intensidad luminosa son: distancia fotométrica de la fuente de luz, ángulo sólido relevante, fuente de luz, contraste relevante, reproducibilidad y exactitud, resolución angular de la LID, tiempo tomado por medidas, requisitos de espacio y por costos que influye la cantidad de espacio debido a la distancia fotométrica (Schwanengel, 2012). En algunas aplicaciones de iluminación, será bueno tener la posibilidad de una medición continua de los parámetros radiométricos, fotométricos o colorimétricos de las fuentes de luz.

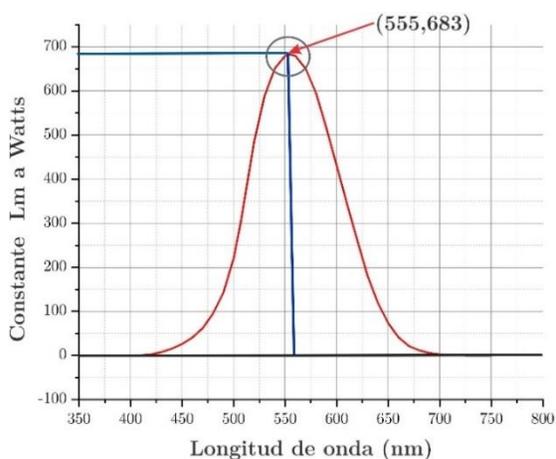
Además, en el proceso para determinar la calidad de las fuentes de iluminación, es importante tener en cuenta el hecho de que los parámetros técnicos de la luz no son constantes en toda la superficie de la fuente. En la Universidad de Tecnología de Bialystok, Polonia trabajan para determinar si es posible medir la distribución de luminancia e iluminancia de la fuente de luz con el apoyo de un robot móvil no demasiado costoso, disponible comercialmente.

Otros estudios que se están haciendo es la medición de luminancia usando una cámara digital equipada con un sensor de imagen para para determinar el resplandor de incomodidad en automóviles los parámetros del dispositivo de medición se basan en número de píxeles, dimensiones del sensor y la distancia o longitud focal, el principal problema detectado fue causado por los diodos emisores de luz en el arreglo de múltiples fuentes de iluminación (Słomiński, 2016). El diseño de investigación deficiente, el tamaño pequeño de las muestras y el uso inadecuado de las pruebas estadísticas, afectan la calidad de la base bibliográfica. Una revisión de la literatura reveló sólo una comprensión débil de las relaciones entre las condiciones luminosas y estas necesidades humanas (Veitch & Newsham, 1998).

La importancia de algunos trabajos que se están en desarrollo con aplicaciones luminosas es de gran relevancia, la tecnología de neuromodulación precisas en modelos en animales que presentan enfermedades de neuropsiquiatría clínica, estas técnicas están basadas en la exposición de luz usando fibra óptica direccionada a una zona específica del cerebro utilizando como interruptores automáticos, la región del espectro visible de la luz azul 470 nm y la luz amarilla a 580 nm (Zhang, Aravanis, Adamantidis, de Lecea, & Deisseroth, 2007). La importancia de conocer el tipo de fuente de iluminación es de gran importancia para las aplicaciones en los reactores fotoquímicos ya que al exponer un compuesto químico estos interactúan con los fotones emitidos y son analizados en los espectrofotómetro de UV-Vis para observar las curvas de Absorbancia y longitud de onda (Montoya Alvarez, 2019; Reinoso Sanchez, 2019).

La forma de medir la luz en una determinada porción del espectro electromagnético es mediante un instrumento llamado espectrómetro y esta dentro de la clasificación de los detectores que interactúan con la radiación y la materia y son llamados detectores de centelleo (Herranz Heredia, 2019). Otras de las aplicaciones es la germinación de la semilla ya que es un proceso complejo y sensible, tanto a las condiciones ambientales como en las sustancias endógenas del crecimiento (comúnmente conocidas como fitohormonas).

Dentro de los factores ambientales, se ha observado que las semillas de muchas especies requieren luz para germinar y para algunas, la luz, es un requerimiento obligatorio, en algunas especies el proceso de preparación en las semillas para su germinación tiene hasta un 50% si está expuesta a la luz infrarroja en el rango del espectro visible que va de 620 nm a 750 nm (Fryc & Dimitrova-Grekow, 2016)



**Gráfica 1** Gráfica para obtener las constantes respecto a las longitudes de onda

Para poder realizar la conversión de lúmenes a Watts es necesario tener una constante que permita conocer su equivalencia. En la Gráfica 1 se muestra la coordenada (555,683) donde la longitud de onda es 555 nm y 683 es la constante 683 lumen = 1 Watts o 1 lumen = a 0.001464 Watts. La mayoría de las mediciones radiométricas no requieren un cálculo preciso del área de superficie esférica para convertir entre unidades. Las estimaciones de área plana pueden ser sustituidas por área esférica cuando el ángulo sólido es menor que 0.03 estereorradián, lo que resulta en un error de menos del uno por ciento.

Esto se traduce aproximadamente a una distancia al menos 5 veces mayor que la dimensión más grande del detector. El flujo radiante es una medida de la potencia radiométrica. El flujo, expresado en vatios, es una medida de la tasa de flujo de energía, en Joules por segundo. Dado que la energía fotónica es inversamente proporcional a la longitud de onda, los fotones ultravioletas son más poderosos que los visibles o infrarrojos (Ryer., 1997)

### Hipótesis

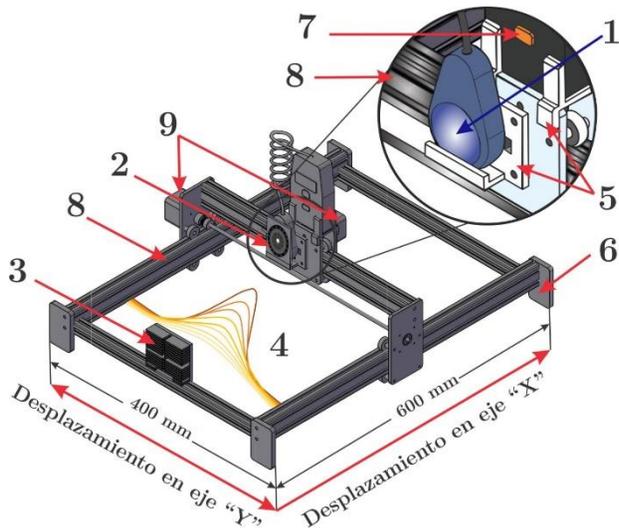
Si se tiene un sistema que permita conocer la cantidad de iluminación radiada, por una fuente de luz específica para aplicaciones en distancias pequeñas, entonces se podrá caracterizar las curvas para distintas fuentes de luz emitida y se podrá seleccionar que tipo de fuente y conocer su potencia.

### Objetivos

Desarrollar un sistema con la finalidad de seleccionar una fuente de iluminación para aplicaciones de radiación a pequeñas distancias, es por ello que se realizará un sistema con desplazamiento bidireccional que será controlado por medio de un panel frontal, para la caracterización de la curva de intensidad luminosa.

### Metodología

El trabajo experimental fue desarrollado en el Laboratorio de Medición e Instrumentación y Control, del Centro Tecnológico Aragón (CTA); dicho trabajo es de gran importancia, ya que nos permite seleccionar la fuente de iluminación ideal para una aplicación específica. Se desarrolló una estructura con desplazamiento bidimensional con medidas de 600x400 mm, elaborada con perfil de aluminio estructural 2020 y 2040; para dar movilidad a la estructura, se utilizaron bandas dentadas y motores a pasos bipolares, se diseñaron piezas para dar soporte a un iris al que se le pueden colocar aperturas de 20mm 15mm 10mm 7.5mm 5mm y 2.5mm, se acopló un luxómetro que presenta las siguientes características; presenta un rango de 0 a 50,000 luxes (lx) con escalas de  $\times 1$ ,  $\times 10$  y  $\times 100$  lx, con una precisión de +(5%), dentro de sus especificaciones, trabaja con una temperatura de operación de 0° a 40° C.



**Figura 1** Primer prototipo de un sistema bidireccional para obtener el flujo lumínico

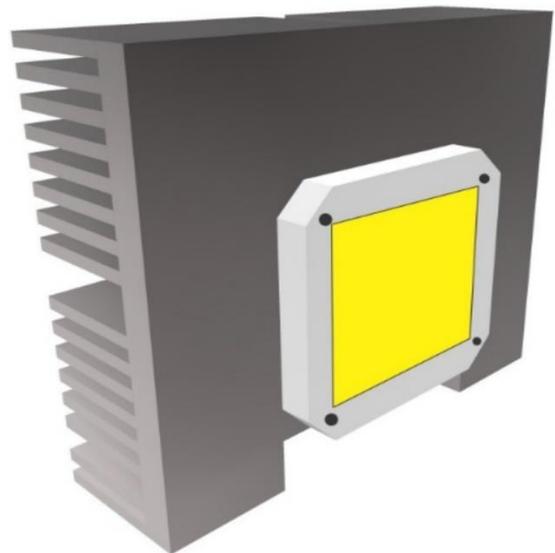
Empleando un software de diseño asistido por computadora del inglés: (Computer-Aided Design CAD), se obtuvo el modelo en 3D (E- Alfredo, 2018; Muguruza Blanco, 2019b). El filamento PLA utilizado tiene un diámetro de 1.75mm para las piezas impresas. En la estructura del perfil de aluminio se colocó un fotodetector para la adquisición de datos de las diferentes fuentes de iluminación, también se colocó un iris que permite el paso del flujo luminoso que recibe el fotodetector.

En la Figura 1 se representa el sistema bidireccional con el que se hicieron las primeras pruebas para obtener el flujo lumínico, el cual está conformado por los siguientes componentes: 1.-Fotodetector, 2.- Iris (Pinhole), 3.- LED de alta potencia, 4.-Curvas de intensidad, 5.-Pieza impresa en 3D, 6.-Base de acrílico, 7.-Botón Apagado/ Encendido, 8.-Perfil estructurado de aluminio, 9.-Motores a pasos bipolares.



**Figura 2** Representación del arreglo experimental de las primeras pruebas con LED de alta potencia (100W) con un fotodetector digital (Luxómetro)

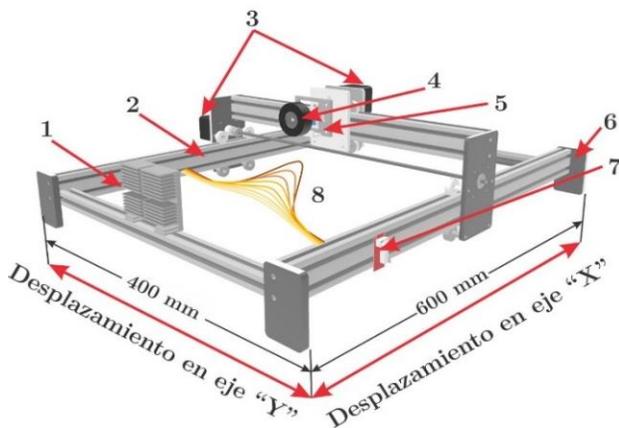
En la Figura 2 se puede observar las primeras pruebas del arreglo experimental que se realizó con un fotodetector digital (luxómetro). Antes de comenzar con los experimentos del arreglo final se determinaron puntos de referencia que se usaron para las pruebas en las que se llevaron a cabo barridos del flujo luminoso de distintos tipos de fuentes de iluminación, dentro de las que se encuentran: 1.- Foco de 100 Watts de halógeno OSRAM a 125 Volts con una frecuencia de 60 Hertz, de luz cálida con una luminiscencia de 1500 lm 2.- Foco de 72 Watts equivalente a 100 Watts de halógeno ADIR a 120 Volts con una frecuencia de 60 Hertz, de luz cálida con una luminiscencia de 1600 lm 3.-Foco ahorrador de 60 Watts equivalente a 300 Watts ECOSMART a 120 Volts a una frecuencia de 60 Hertz, de luz blanca con una luminiscencia 4150 lm 4.- Foco de 53 Watts de halógeno BrillaMax a 120 volts con una frecuencia de 60 Hertz, de luz cálida con una luminiscencia de 1050 lm 5.- Foco de 40 Watts 6.- Led de alta potencia de 100 Watts de 30 volt a 3000 mA con una luminiscencia de 9000 lm 7.- Led de alta potencia de 33 Watts de 30 volts a 900 mA con una luminiscencia de 2800 lm 8.- Panel led de alta potencia de 4.4 Watts a 12 Volt.



**Figura 3** Diodo emisor de luz de alta potencia de 100W montado en el sistema

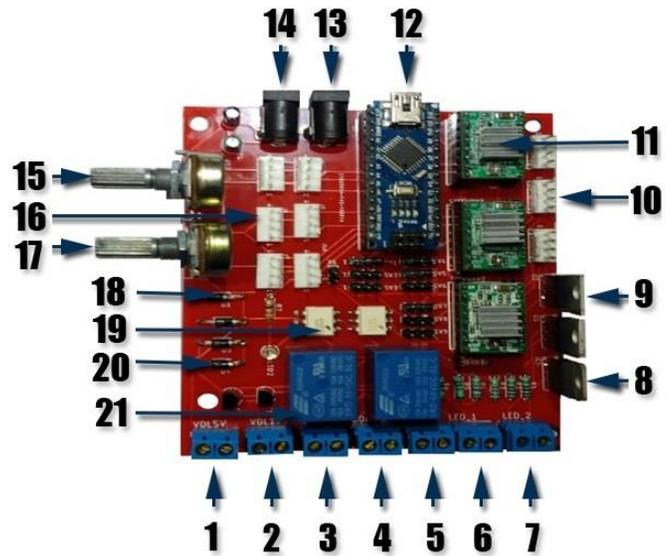
Para las nuevas pruebas de este arreglo experimental, se colocó el fotodetector a una distancia inicial de 10 mm de separación respecto al eje "x", se propuso esta distancia ya que si se tomarán mediciones antes de los 10 mm las lecturas obtenidas no darían como resultado una gráfica tipo gaussiana y no permitiría que fuera útil para algunas aplicaciones.

El uso del final de carrera (end stop) como se muestra en la Figura 4 delimita específicamente el punto de origen y término para desplazarse sobre el eje “y”, se presenta, la misma condición de desplazamiento para el eje “x” a lo largo del perfil de aluminio 2040, con una separación de 260 mm entre ellos. El punto de partida de nuestro sistema será determinado en la coordenada (x, y) donde  $x = 10 \text{ mm}$  y  $y = 0 \text{ mm}$ . Para la captura de los datos se realizó un desplazamiento sobre el eje “y”, con las coordenadas (x, y), donde  $x = 10 \text{ mm}$  y  $y = 10 \text{ mm}$ ,  $20 \text{ mm}$ ,  $30 \text{ mm}$ , ... ,  $260 \text{ mm}$ ; cuando  $y = 260 \text{ mm}$ , esta regresara a su coordenada  $y = 0 \text{ mm}$  finalizando así el primer recorrido, para el segundo recorrido, se realiza un desplazamiento de  $10 \text{ mm}$  sobre el eje x dando la coordenada (x, y) con  $x = 20 \text{ mm}$  y  $y = 10 \text{ mm}$ ,  $20 \text{ mm}$ ,  $30 \text{ mm}$ , ... ,  $260 \text{ mm}$ , finalizando así el segundo recorrido. Repitiendo este procedimiento en los siguientes recorridos hasta llegar a la coordenada (110 mm, 260 mm).

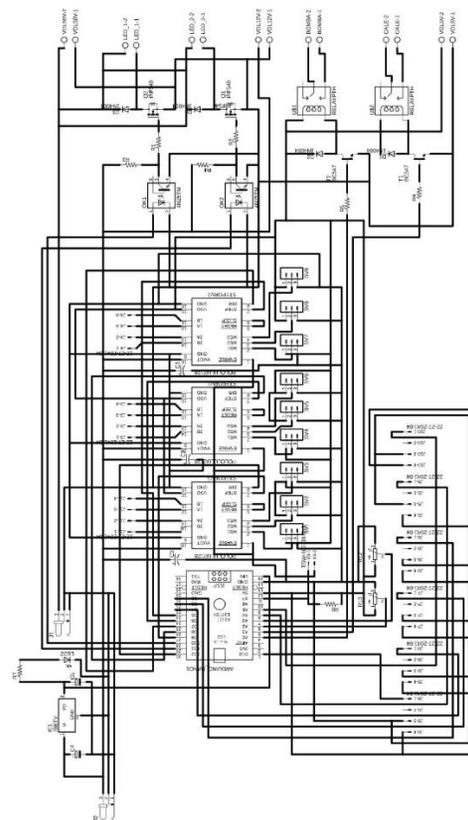


**Figura 4** Representación del nuevo arreglo experimental en pruebas con LED de alta potencia (100W)

En la Figura 4 se representa el nuevo sistema bidireccional para obtener el flujo lumínico, el cual se describe de la siguiente manera: 1.-LED de alta potencia, 2.-Perfil estructurado de aluminio, 3.-Motores a pasos bipolares, 4.-Iris (Pinhole) 5.- Sensor de luz modelo MD0338 en el rango de la luz visible de  $560 \text{ nm}$ , con un rango de entrada de  $1-65535 \text{ lx}$ , 6.-Base de acrílico, 7.-Final de carrera (end stop) y 8.-Curvas de intensidad. Para realizar el movimiento bidimensional de nuestro sistema se llevó a cabo el diseño de una placa PCB (por sus siglas en inglés *Printed Circuit Board*), en la Figura 5 se muestra la tarjeta de propósito general con los componentes electrónicos que se emplearon para el desarrollo de esta y en la Figura 6 se observa el circuito esquemático de la tarjeta de circuito impreso.



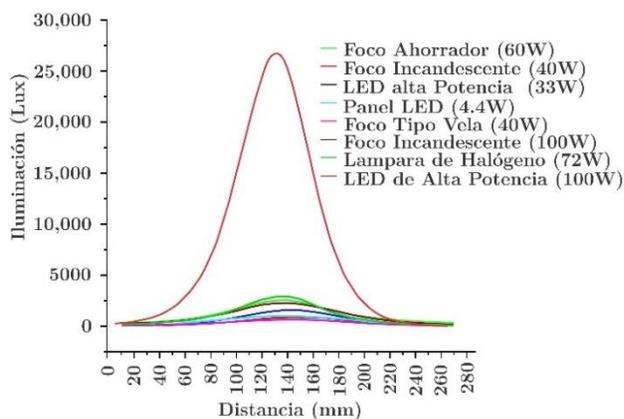
**Figura 5** Tarjeta de control de propósito general empleada en el arreglo experimental



**Figura 6** Circuito esquemático correspondiente a la placa de propósito general usado en el sistema

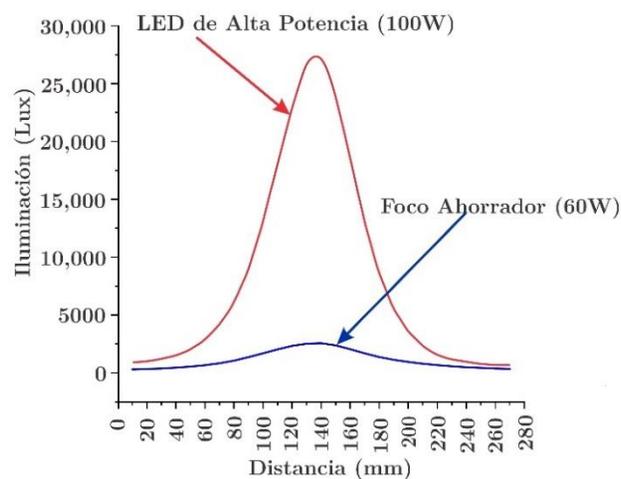
La descripción de la tarjeta de control de propósito general se explica de la siguiente manera: 1.-Bornera para entrada de 5 volts, 2.- Bornera para entrada de 12 volts, 3.- Bornera para entrada de 50 volts, 4.- Bornera para salida de Bomba, 5.- Bornera para salida de Calentador, 6.- Bornera para salida de LED 1, 7.- Bornera para salida de LED 2, 8.- Transistor regulador de voltaje LM7805, 9.- Transistor MOSFET IR3205, 10.- Pin Header para la conexión de los motores bipolares.





**Gráfica 2** Comparativa de todas las fuentes de iluminación empleadas en el arreglo experimental

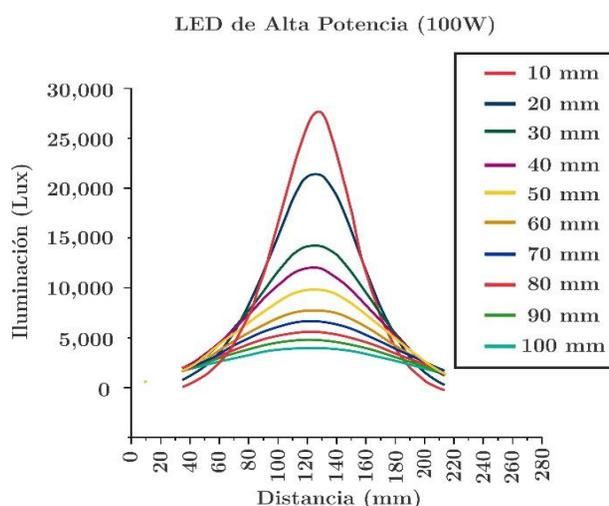
En la Gráfica 2 se aprecia el comportamiento de la intensidad luminosa obtenida a través la adquisición de datos y representado gráficamente los puntos máximos de cada fuente usadas en el arreglo experimental como se muestra en la Figura 7 usando un LED de alta potencia de 100 Watts dando un punto máximo de 27,100 luxes o su equivalente en potencia de  $39.677 \frac{W}{m^2}$ . Se realizó una comparación entre dos fuentes de iluminación, ya que con ellas se obtuvieron los mejores resultados del arreglo experimental; en la Gráfica 3 se puede observar que existe una diferencia de  $\approx 25,000$  luxes entre sus puntos máximos.



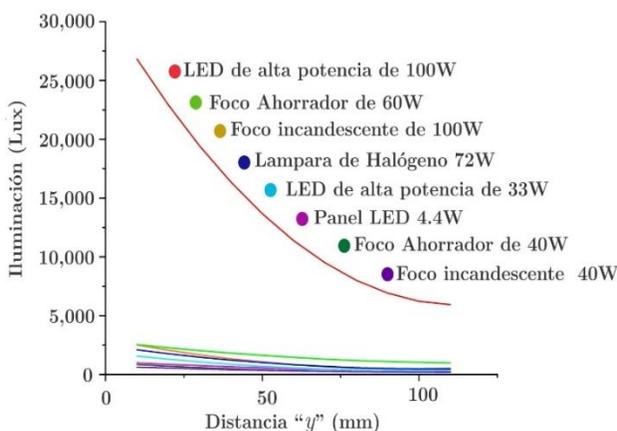
**Gráfica 3** Gráfica comparativa de las fuentes de iluminación Foco ahorrador de 60W equivalente a 300 Watts y LED de alta potencia de 100W

La Gráfica 4 muestra el barrido de todos los datos obtenidos por el arreglo para el diodo emisor de luz (LED) de alta potencia a 100W.

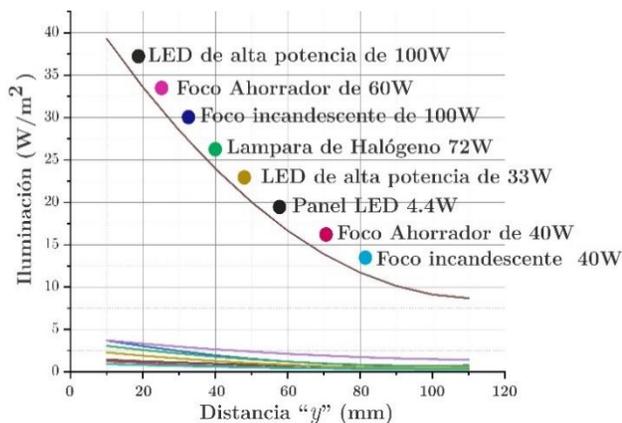
A lo largo del barrido se puede observar que conforme se aumenta la distancia de separación entre el fotodetector y la fuente de iluminación en el eje "x" el valor de los luxes en el punto máximo se disminuyen de forma muy significativa, mientras que a los extremos del eje "y" se obtienen valores muy similares entre sí, sin importar la distancia que se tenga en el eje "x".



**Gráfica 4** Gráfica de barridos del LED de alta potencia (100W)



**Gráfica 5** Gráfica comparativa de puntos máximos con unidades de iluminación (Lux)



**Gráfica 6** Gráfica comparativa de puntos máximos con unidades de potencia  $\frac{W}{m^2}$

En las gráficas 5 y 6 se observa una comparación de los puntos máximos obtenidos por cada una de las fuentes de iluminación, donde el eje de las abscisas representa la distancia en  $mm$  y el eje de las ordenadas representa la intensidad luminosa en las unidades de luxes para la Gráfica 5 y su conversión a  $\frac{W}{m^2}$  para la Gráfica 6; en ambas gráficas se puede observar que el LED de alta potencia de  $100W$  muestra los mejores resultados ya que presenta una diferencia de  $24,430$  luxes o  $35.7684516$   $Wm^2$  con referencia a la segunda fuente con mejores resultados (Lámpara de halógeno  $72W$ ).

De la Tabla 1. podemos observar que el diodo emisor de luz (LED) de alta potencia a  $100W$  tiene una mayor intensidad luminosa, ya que alcanza los  $27,100$  luxes cuando se encuentra posicionado en la coordenada ( $10$  mm,  $130$  mm) del sistema empleado, como se muestra en la Gráfica 2.

Foco ahorrador 60w	Foco incandescente 40 w	Led de alta potencia 33w	Panel led 4.4w	Lampara tipo vela 40w	Foco incandescente 100w	Lampara de halogeno 72w	Led de alta potencia 100w
340	98	90	50	61	170	100	600
380	119	110	70	75	210	130	600
430	146	150	90	93	270	160	700
490	179	190	110	116	340	200	900
570	222	250	130	145	420	270	1100
670	278	340	190	186	540	360	1500
790	348	450	340	237	700	470	2300
950	433	590	510	303	890	650	3600
1130	531	770	630	382	1130	850	5600
1370	662	980	730	467	1430	1150	8800
1690	797	1210	830	548	1700	1560	13300
2050	856	1420	910	612	1960	2120	18900
2380	870	1560	970	644	2180	2670	24200
2560	875	1610	1000	647	2290	2930	27100
2520	816	1490	990	625	2250	2880	26400
2330	718	1320	940	587	2110	2620	22500
2030	592	1090	860	525	1850	2180	17600
1690	468	860	770	447	1500	1680	12700
1360	360	650	660	368	1210	1260	8600
1060	274	490	550	305	970	980	5800
830	209	350	440	247	750	730	4000
660	160	260	320	201	590	550	2700
540	123	190	180	163	480	450	1900
450	97	140	110	133	390	350	1400
380	78	110	80	110	330	270	1100
330	63	80	60	92	290	220	900
290	52	70	50	76	230	180	800

**Tabla 1** Comparación de las distintas fuentes de iluminación usados en el arreglo experimental

La Tabla 2 presenta los datos de los puntos máximos en unidades de potencia  $Wm^2$  de las distintas fuentes de iluminación, en dicha tabla se observa que el diodo emisor de luz (LED) de alta potencia a  $100W$  continúa presentando los valores más altos, alcanzando un valor de  $\approx 40 \frac{W}{m^2}$  cuando se encuentra posicionado en la coordenada ( $10$  mm,  $130$  mm) del sistema empleado.

Foco Ahorrador (60w)	Foco (40W) Incandescente	Led de alta potencia (33w)	Panel led (4.4w)	Foco tipo vela (40w)	Foco (100w) Incandescente	Lampara de halogeno (72w)	Led de alta potencia (100 w)
3.748	1.281	2.357	1.464	0.943	3.192	3.909	39.68
3.294	1.025	1.889	1.259	0.801	2.548	2.958	33.67
2.987	0.836	1.508	1.098	0.678	2.064	2.240	28.11
2.635	0.695	1.230	0.937	0.589	1.713	1.845	23.28
2.357	0.586	0.981	0.820	0.508	1.449	1.508	20.06
2.123	0.502	0.820	0.717	0.451	1.230	1.259	16.84
1.947	0.435	0.703	0.644	0.394	1.054	1.069	13.76
1.772	0.378	0.615	0.571	0.357	0.922	0.922	12.15
1.611	0.332	0.542	0.527	0.316	0.791	0.805	10.54
1.479	0.294	0.483	0.454	0.284	0.703	0.717	9.22
1.420	0.264	0.425	0.395	0.255	0.615	0.630	8.20

**Tabla 2** Comparación de puntos máximos y su conversión de Lux a  $W/m^2$  de las distintas fuentes de iluminación usadas en el arreglo experimental

## Conclusiones

En la actualidad existen sistemas que controlan la intensidad de iluminación que son simples y fáciles, que cubren los metros cuadrados regidos por la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 para los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo. Algunos sistemas tienen fuentes de iluminación adaptados para trabajar en áreas pequeñas, pero se desconoce la intensidad luminosa que se emite de la fuente al área de trabajo, como son los microscopios, las lupas, las estaciones de trabajo para soldar, los reactores fotoquímicos etc.

El sistema desarrollado que realiza el desplazamiento bidireccional para la caracterización de la curva de intensidad luminosa permite saber cuál es la potencia emitida a una distancia pequeña de distintas fuentes de iluminación si comparamos los datos adquiridos de dos fuentes de iluminación como se muestra en la Tabla 2 de un foco incandescente de  $100$  Watts y un diodo emisor de luz (LED) de  $100$  Watts, se observó que es de aproximadamente  $12.5$  veces mayor la potencia de un diodo emisor de Luz de  $100$  Watts.

El arreglo experimental permite la irradiación controlada de luz a diferentes distancias (24,540 luxes), cubriendo un amplio rango de aplicación y de esta manera cubrir las necesidades de cada diseñador.

### Agradecimiento

Los autores agradecen al Centro Tecnológico de la Facultad de Estudios Superiores Aragón de la Universidad Nacional Autónoma de México, por las facilidades en el uso del Laboratorio de Medición e Instrumentación y Control, al Laboratorio de Ingeniería Ambiental y al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) con No. de clave PE105519, también se agradece a Omar Yair Espinosa Luna y Oscar Abraham Luy Marín por su colaboración técnica.

### Referencias

- E- Alfredo, G.-G. (2018). Diseño de una superficie de revolución libre de forma impreso en 3D como concentrador solar tipo Fresnel. *Congreso Internacional de Investigación e Innovación 2018*, 3, 8377-8388.
- Fryc, I., & Dimitrova-Grekow, T. (2016, 13-16 Sept. 2016). An automated system for evaluation of the quality of light sources. Paper presented at the 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4).
- Herranz Heredia, E. (2019). Estudio de técnicas de imagen, radiaciones ionizantes y sus aplicaciones en radioterapia. 35-36.
- Montoya Alvarez, X. J. (2019). Informe Técnico Diseño de colores en Fibra de Alpaca en un Laboratorio de una Empresa Textil. 39-40.
- Muguruza Blanco, A. (2019a). Contribución a las tecnologías de fabricación aditiva para la obtención de piezas multimaterial, combinando la impresión 3D por máscara con la impresión funcional mediante sistemas InkJet (Vol. 2).
- Muguruza Blanco, A. (2019b). Contribución a las tecnologías de fabricación aditiva para la obtención de piezas multimaterial, combinando la impresión 3D por máscara con la impresión funcional mediante sistemas InkJet (Vol. 1).
- Reinoso Sanchez, M. A. (2019). Fabricación de celdas híbridas con arquitectura planar basadas en compuestos metal-orgánicos con estructura perovskita. Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8691/IQmoalxj.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>
- Ryer., A. (1997). The Light Measurement Han. International Light Technologies, 1, 30-40.
- Schwanengel, C. J. Ç. A. h. w. t. d. r. d. L. M. p. (2012). Comparison of techniques for measuring luminous intensity distribution overall and across segments.
- Słomiński, S. (2016). Identifying problems with luminaire luminance measurements for discomfort glare analysis. *Lighting Research & Technology*, 48(5), 573-588. doi:10.1177/1477153515596374
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. J. J. o. t. I. E. S. (1998). Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction, and comfort. 27(1), 107-129.
- Zhang, F., Aravanis, A. M., Adamantidis, A., de Lecea, L., & Deisseroth, K. (2007). Circuit-breakers: optical technologies for probing neural signals and systems. *Nature Reviews Neuroscience*, 8, 577. doi:10.1038/nrn2192

## Uso de energía cinética para la obtención de energía eléctrica para señalamientos viales tipo leds y alumbrado publico aplicado en la Ciudad de la Venta, Tabasco

## Use of kinetic energy for the obtaining of electrical power for road signs type leds and public lighting applied in the City of la Venta, Tabasco

MARTINEZ-VALERA, Elizabeth†\* & MUÑOZ-ROQUE, Micaela

*Instituto Tecnológico Superior de Villa la Venta Tabasco*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Elizabeth, Martinez-Valera* / ORC ID: 0000-0002-4036-7873

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Micaela, Muñoz-Roque* / ORC ID: 0000-0002-7946-0354

DOI: 10.35429/JEE.2019.9.3.10.20

Recibido 20 Marzo, 2019; Aceptado Junio 30, 2019

### Resumen

Esta investigación aborda la generación de energía alternativa, para la implementación de semáforos, todos necesitamos el uso y aprovechamiento de la energía eléctrica como un instrumento de transformación en la comunidad de La Venta, Tabasco. Existe una nula conciencia del uso de los señalamientos viales, por parte de los auto conductores de esta Ciudad; es por eso que se propone diseñar e implementar una infraestructura técnica que permita utilizar y transformar la energía cinética del paso vehicular en zonas de tránsito. El principal objetivo es obtener la mayor cantidad de energía a partir del empleo de un multiplicador de velocidad, la inercia de un disco y un generador eléctrico. La energía potencial de un vehículo debido a su peso puede ser aprovechada a través de un mecanismo que la transforme en energía cinética y posteriormente a energía eléctrica y canalizarla para el aprovechamiento de suministro para señalamientos viales tipo LEDS y para alumbrado publico, Ayudando al entorno social y a nuestro planeta para no contaminarlo más.

### Energía Cinética, Leds, Transformación

### Abstract

This research deals with the generation of alternative energy, for the implementation of traffic lights, we all need the use and use of electric power as an instrument of transformation in the community of La Venta Tabasco. There is no awareness of the use of road signs, by the drivers of this City; that is why it is proposed to design and implement a technical infrastructure that allows to use and transform the kinetic energy of vehicular traffic in transit areas. The main objective is to obtain the greatest amount of energy from the use of a speed multiplier, the inertia of a disk and an electric generator. The potential energy of a vehicle due to its weight can be exploited through a mechanism that transforms it into kinetic energy and then into electrical energy and channel it for the use of supply for road signs type LEDS and for public lighting, Helping the social environment and to our planet so as not to contaminate it anymore.

### Kinetic Energy, Leds, Transformation

**Citación:** MARTINEZ-VALERA, Elizabeth & MUÑOZ-ROQUE, Micaela. Uso de energía cinética para la obtención de energía eléctrica para señalamientos viales tipo leds y alumbrado publico aplicado en la Ciudad de la Venta, Tabasco. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2019. 3-9: 10-20

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

\*Correspondencia al Autor correo electrónico: (mave\_sbc@hotmail.com)

## Introducción

Desde el descubrimiento de la energía eléctrica el hombre ha buscado varias formas de producirla, ya que en esta nueva era de avances tecnológicos y científicos esta energía es esencial para el funcionamiento de muchos de los aparatos que utilizamos diariamente. La producción de esta energía ha ido avanzando con los años, pero aun dependemos mucho de los combustibles fósiles para obtenerla y ello conlleva a la contaminación del planeta, aunque en los últimos años se han desarrollado tecnologías no contaminantes para la producción de energía eléctrica, como ejemplos tenemos la Eólica, Solar, Mareomotriz, Hidráulica, etc.

El trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar el prototipo para la obtención de energía a través del tránsito vehicular por un reductor de velocidad, ubicado en las avenidas como una medida de seguridad vial, las autoridades vienen instalando reductores de velocidad, conocidos como “tope” con la intención de reducir la potencialidad de accidentes e incidentes de tránsito en los sectores de las carreteras que atraviesan las zonas urbanas y que no presentan la debida señalización.

En el país existen muchas estaciones de pasaje y de peaje que no cuentan con suministro de energía eléctrica por lo que recurren al uso de sus propios grupos electrógenos. En algunos casos, estas estaciones tienen un bajo consumo de energía, sin embargo, deben mantener encendido el grupo electrógeno, lo que significa un permanente consumo de combustible.

En muchas zonas urbanas el suministro eléctrico se realiza por cableado aéreo, lo que en algunas ocasiones resulta difícil e inseguro conseguir la electricidad para la señalización e iluminación diferenciada del reductor de velocidad.

El principal objetivo es obtener la mayor cantidad de energía a partir del empleo de un multiplicador de velocidad, la inercia de un disco y un generador eléctrico. La energía potencial de un vehículo debido a su peso puede ser aprovechada a través de un mecanismo que la transforme en energía cinética y posteriormente a energía eléctrica.

Este sistema neumático, eléctrico y electrónico ofrece una fuente de energía que podrá ser usada en señalamientos viales tipo leds (semáforos) en las carreteras, estaciones de pasaje y de peaje que no cuentan con el mismo; así como los “tope” ubicados en las zonas urbanas en el que el suministro de energía por la vía aérea resulta peligroso.

Este trabajo se genera con el objetivo de transferir tecnología que ayude el entorno social y a nuestro planeta para no contaminarlo, el diseño y mantenimiento de este sistema es sencillo, y nos confirma que la idea es factible y práctica. Teniendo proyección hacia el futuro, ya que se suma a las demás energías alternativas, renovables y limpias ya que presentan grandes ventajas en cuanto a su relación con el medio ambiente, su carácter inagotable y se determinan aspectos en los que se debe poner énfasis, primero la seguridad de las personas, así como la de los automovilistas.

## Base Teórica

El suministro de energía es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad, tanto para la provisión y prestación de bienes y servicios, como en su faceta de factor productivo, que puede llegar a representar una de las claves de la competitividad de muchos sectores económicos. No hay duda de que la energía debe erigirse en un elemento dinamizador dentro de la economía y nunca llegar a convertirse en obstáculo para su crecimiento. (Paul, 2013).

En México la Comisión Federal de Electricidad (CFE), abastece de energía eléctrica al 97% de la población mexicana. La CFE genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica con alrededor de 900 mil nuevos clientes cada año, y a causa de la desaparición de Luz y Fuerza del Centro (LFC) que lo realizaba en el centro del país (D.F.) y área metropolitana.

Ahora la CFE abastece de energía eléctrica a la totalidad de país. La CFE ha unificado los criterios técnicos y económicos del Sistema Eléctrico Nacional, normalizando los voltajes de operación para estandarizar los equipos, reducir sus costos y los tiempos de fabricación, almacenaje e inventariado.

Ha unificado también la frecuencia a 60 hertz en todo el país y se han integrado los sistemas de transmisión en el Sistema Interconectado Nacional. Aunque se supone que a través del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) se garantiza la seguridad, calidad y economía del suministro de energía eléctrica en el Sistema Eléctrico Nacional. (Satow 2009).

El uso de la energía mecánica para facilitar el desarrollo de actividades ha sido desde hace miles de años una forma de lograr más confort para el ser humano. La energía cinética del aire en movimiento se transforma en energía eólica y es entonces cuando puede ser aprovechada para mover elementos o dispositivos que transformen esa energía eólica en otro tipo de energías, de tal manera que pueda tenerse en la salida de un sistema otra forma de energía, normalmente la energía eléctrica.

El uso de la energía eléctrica ha traído grandes beneficios a la humanidad, pero también ha logrado que se contamine el medio ambiente por la utilización de combustibles fósiles que emiten tasas muy altas de agentes contaminantes a la atmósfera. Esto ha generado una preocupación mundial por buscar nuevas fuentes de energía que no contaminen y cuyo costo de generación sea competitivo. (Ruedas 2011).

La generación de energía eléctrica es tal vez una de las principales fuentes de desarrollo y de mejoramiento de la calidad de vida del hombre actual, ya que, gracias a ella, hoy en día es posible llevar a cabo un sin número de actividades que contribuyen al crecimiento integral de la sociedad, tanto desde el punto de vista científico y tecnológico, como industrial, cultural y económico. Por esta razón, la energía eléctrica se ha convertido en uno de los servicios sociales de mayor demanda e importancia en nuestro medio, haciéndose cada vez más indispensable para la ejecución de actividades de gran trascendencia.

En general puede decirse que la energía de origen hidráulico ha sido la de mayor acogida hasta el momento, a pesar del surgimiento de otras formas de obtención de energía eléctrica a partir de diversas fuentes de generación, tales como la energía nuclear, la eólica, la solar, entre otras.

Y debido a esa gran aceptación o respuesta que se logró de la generación hidroeléctrica (por facilidades de construcción, economía, impacto ambiental y costos de mantenimiento, pues utiliza como materia prima un recurso renovable), y a la importancia de la electricidad, cada vez se ha vuelto más especializado el estudio de este proceso, convirtiéndose en un amplio campo de acción de la ingeniería.

En cada instante en el universo se convierte energía mecánica en eléctrica. Sin pretensión de entrar en consideraciones sobre la diferencia entre un tipo de energía y otra, que, sin duda, cuanto más se profundice sobre la estructura del universo y de lo que lo compone menor es, se producen a todos los niveles procesos en los que la energía cinética de una masa pasa a ser, con una cadena de conversiones más o menos compleja, energía eléctrica. (Jurado 2007)

La energía no es un concepto fácil de asimilar ya que realmente la energía sólo se percibe en la medida en que realiza trabajo. Podríamos definir energía como la capacidad de producir trabajo. Pero, ¿qué pasa con la energía una vez que se ha producido el trabajo? De acuerdo con el Primer Principio de la Termodinámica, la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma. Por tanto, cuando se produce un trabajo, la energía se degrada, convirtiéndose en algo incapaz de realizar trabajo. La energía se puede presentar de diversas formas: energía mecánica, térmica, química, nuclear, electromagnética.

Cuando se habla de fuentes de energía, se distingue entre energía primaria, energía secundaria y energía final. La diferencia radica en que la energía final es aquella que se utiliza directamente como trabajo o calor, mientras que la energía primaria es la obtenida directamente de la naturaleza, contenida en las materias primas energéticas y que necesita ser transformada en energía secundaria o intermedia antes de su consumo final. La energía secundaria es energía mecánica, eléctrica o térmica.

### **La creciente demanda de energía**

Según el Centro Público Pablo Guzmán, la nueva sociedad que nació de la Revolución Industrial trajo también nuevas demandas de energía.

Con la máquina de vapor aparecieron inventos revolucionarios que mejoraron los medios de transporte, como la locomotora que George Stephenson construyó en 1825.

Sin embargo, a pesar de que este sistema de locomoción era seguro y eficaz, consumía grandes cantidades de carbón para convertir la energía calorífica en mecánica; el rendimiento que producía era inferior a un 1%. Aún hoy día se consume gran cantidad de energía para producir un rendimiento muy inferior; por ejemplo, una central eléctrica que utilice carbón o petróleo rinde menos del 40%, y en el caso de un motor de combustión interna incluso menos del 20%.

Esta pérdida de rendimiento es a causa de las leyes físicas; la energía que no utilizamos (o no somos capaces de aprovechar) no se pierde, sino que se transforma; en los casos de combustión interna, por ejemplo, el resto de energía que no aprovechamos se disipa en forma de calor. Por ello, una lucha tecnológica constante es la de mejorar el rendimiento de las máquinas para aprovechar al máximo la energía.

La neumática se encarga del estudio de las propiedades y aplicaciones de los gases comprimidos, Aunque las aplicaciones de los fluidos (gases) no son nuevas, lo que sí es relativamente reciente es su empleo en circuitos cerrados en forma de sistemas de control y actuación. Un problema de automatización y control puede resolverse empleando mecanismos, circuitos eléctricos y electrónicos, circuitos neumohidráulicos o bien una combinación de todo ello.

### Circuito neumático

Los circuitos neumáticos utilizan aire sometido a presión como medio para la transmisión de una fuerza. El aire se toma directamente de la atmósfera y se deja salir libremente al final del circuito habitualmente través de un silenciador, pues de lo contrario resultan muy ruidosos. La distancia desde el depósito hasta el final del circuito puede ser de decenas de metros.

### Ventajas del aire comprimido:

- Es abundante (disponible de manera ilimitada).

- Transportable (fácilmente transportable, además los conductos de retorno son innecesarios).
- Se puede almacenar (permite el almacenamiento en depósitos).
- Resistente a las variaciones de temperatura.
- Es seguro, antideflagrante (no existe peligro de explosión ni incendio).
- Limpio (lo que es importante para industrias como las químicas, alimentarias, textiles, etc.).
- Los elementos que constituyen un sistema neumático, son simples y de fácil comprensión).
- La velocidad de trabajo es alta.
- Tanto la velocidad como las fuerzas son regulables de una manera continua.

### Ventajas de la neumática

- La neumática resulta útil para esfuerzos que requieran precisión y velocidad.
- Aguanta bien las sobrecargas (no existen riesgos de sobrecarga, ya que cuando ésta existe, el elemento de trabajo simplemente para sin daño alguno).

Emprendedores mexicanos han desarrollado un sistema que aprovechará el tráfico de vehículos para generar energía eléctrica. Ese desarrollo tiene la potencialidad de producir la electricidad necesaria para alimentar un hogar a través de un dispositivo que “atrapa” la fuerza de los automóviles en movimiento.

“Se trata de una tecnología que provee energía sostenible y podría resultar bastante económica, pues es un complemento a la infraestructura ya existente: el hormigón de las calles y avenidas”, destaca Héctor Ricardo Macías Hernández, desarrollador del sistema, que agrega que a nivel mundial no existen antecedentes de proyectos similares, con excepción de una patente inglesa, pero con la diferencia de que en ese país europeo se emplean pisos piezoeléctricos, que resultan demasiado costosos para países en desarrollo.

La tecnología consiste en un sistema que integra una rampa-escalón (elaborada a partir de material polimérico similar al de las llantas) que se eleva a cinco centímetros sobre el nivel del concreto. Al recibir el impacto provocado tanto por el tonELAJE como por la inercia del vehículo, esa rampa ejerce presión sobre un fuelle.

Este artefacto, al contener aire, lo expelle a cierta presión a través de una manguera; posteriormente, ese elemento viaja hacia un tanque que lo comprime y lo relanza a una turbina generadora de electricidad. Macías Hernández comenta que la acumulación de energía eléctrica es proporcional al flujo de automóviles que existe sobre determinado lugar; sin embargo, explica que en un lugar con poca afluencia vehicular podrían ser colocadas varias rampas-escalón para multiplicar el impacto del paso del vehículo.

La tecnología también podría ser implementada en lugares con alto flujo peatonal. De esa forma, los pasos de las personas estarían generando electricidad con base a las leyes de la energía gravitacional. Aprovechar el peso vehicular y peatonal para generar energía es una alternativa viable y sostenible. Israel muestra avances concretos en esta materia con la utilización de aplicaciones piezoeléctricas, mientras que en México se están delineando soluciones basadas en leyes de energía gravitacional.

Las soluciones piezoeléctricas no contaminan, la energía obtenida es renovable y sostenible, y su aplicación es adaptable a cualquier lugar, independientemente del clima y de la región geográfica. Utilizar la energía mecánica que generan los ferrocarriles durante su funcionamiento, o el paso de vehículos por carreteras y de paseantes por sendas peatonales, y aprovecharla para convertirla en electricidad es una opción que muchos países ya están adoptando.

En algunos lugares del mundo, se emplean soluciones basadas en el fenómeno físico de la piezoelectricidad, descrito por primera vez por los hermanos Pierre y Jacques Curie, a finales del siglo XIX. Otros investigadores se valen de las leyes de la energía gravitacional, como es el caso del investigador mexicano Héctor Ricardo Macías Hernández, para generar energía eléctrica.

### **Carreteras, fuente potencial de energía**

En los automóviles, sólo una parte de la energía procedente de la combustión se utiliza para moverlo por la carretera o poner en funcionamiento algunos accesorios útiles, como el aire acondicionado.

El resto de la energía, debido a la ineficiencia de los motores, se pierde. Los generadores de Innowattech, que comenzaron a comercializarse en 2009, se incrustan a una profundidad de alrededor de 5 centímetros y logran captar la energía de los vehículos cuando pasan por encima de ellos para reutilizarla. Este sistema, que es aplicable en asfalto, hormigón o cemento compuesto, no daña la carretera y no aumenta el consumo de combustible de los vehículos.

De acuerdo con estudios de Innowattech, el paso de 600 vehículos viajando a un promedio de 72 kilómetros por hora sobre una carretera con generadores piezoeléctricos instalados a lo largo de 1 kilómetro permitiría producir 200 kilowatts por hora.

### **Desarrollo de la propuesta y caso de aplicación**

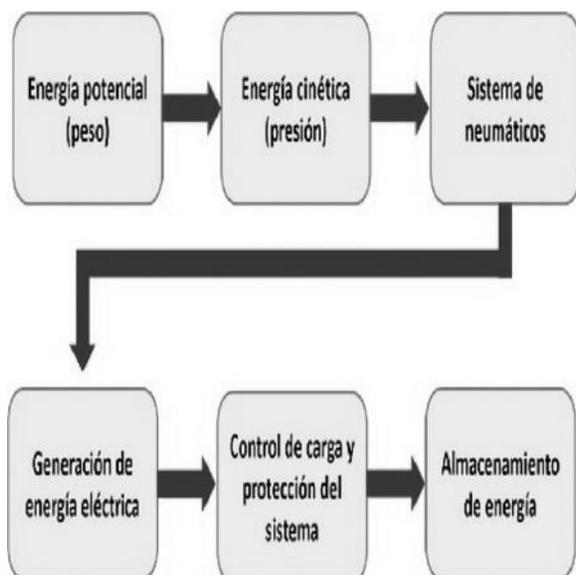
De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo, explicativo y correlacionado.

El Estudio que se realiza sobre la generación de energía, mediante la hidráulica, se realiza mediante la consulta de material bibliográfico y hemerográfico, el cual nos llevó al diseño del prototipo para la realización del tope así también se realiza un sondeo de opiniones en el que se consulta directamente acerca de la generación de energías para la señalización por medio de semáforos leds.

La población motivo de esta investigación está conformada por 8,821 habitantes de la Venta Tabasco .de todos los niveles los cuales se verán beneficiados por la implantación de señalamientos viales tipo leds y alumbramiento de calles.

La muestra a utilizar en esta investigación es todas aquellas personas que cuentan con un transporte ya sea de automóviles, motos, bicicletas, bicitaxis, etc. Así como cualquier otro tipo de persona que tenga interés por participar.

### Sistema Mecánico Hidráulico



**Figura 1** Diagrama de funcionamiento del sistema Mecánico-Hidráulico

Fuente: *Elaboración Propia*

En la figura 1, la energía potencial que entrega el peso del vehículo se aprovecha para la generación de energía eléctrica, la que es optimizada mediante el uso de un sistema de neumáticos. Se desarrolla un sistema mecánico - hidráulico a ser instalado en un reductor de velocidad de tipo tope.

El paso de un vehículo por el “tope” desplazará la rampa del sistema hacia abajo transmitiendo el movimiento a unos actuadores neumáticos que accionará un sistema de generación de aire comprimido. El uso de un sistema de actuadores neumáticos tiene como finalidad generar aire para mover una turbina la cual genera energía multiplicar la velocidad para alcanzar la deseada en el generador eléctrico seleccionado.

Resortes para el retorno de la rampa: Estos resortes son fabricados de acero ASTM A229 y cuentan con un diámetro de alambre de 7 mm, diámetro exterior de 35 mm, 2 espiras activas y una constante de 130 689.38 N mm/rad. Para esta selección se ha tenido en cuenta las cargas que estarán presentes, así como la constante equivalente que permite el retorno de la rampa a su posición inicial. Son 5 juegos de resortes que se encuentran distribuidos linealmente en las bisagras de la rampa del sistema. Es importante resaltar que los resortes no van a soportar el peso del vehículo, solo almacenarán la energía necesaria para poder retornar la rampa a su posición inicial.

Acumuladores de energía eléctrica: es un dispositivo que almacena energía por procedimientos electroquímicos y de la cual la energía se puede disponer en forma de electricidad. Los acumuladores se basan en la fuerza electromotriz (f.e.m.) de polarización que se crea durante un proceso de electrolisis y que se opone a la f.e.m aplicada para llevar a cabo esa electrolisis.

Batería principal: será usada para almacenar la energía generada. Esta batería es capaz de suministrar 480 Wh, sin embargo, para este diseño sólo se ha considerado emplear el 85 % de su capacidad de carga (408 Wh). La tecnología de esta batería es del tipo Li-Ion, se escogió esta batería debido a que cuenta con características del tipo LiFePo4 (indicado por el fabricante) porque es capaz de recibir grandes cantidades de corriente de carga, por lo general entre 0,5 C y 3 C. La batería seleccionada soporta como máxima corriente de carga 1 C, es decir 40 A. Además, la batería cuenta con un sistema de protección interno contra cortocircuitos, sobrecargas y sobre descargas.

La batería secundaria seleccionada es del tipo VRLA (batería de ácido-plomo regulada por válvula) y sólo será utilizada como fuente de alimentación para el circuito de control de carga. Se ha considerado el uso de esta batería para mantener una fuente constante en el circuito de control, debido a que se espera que la batería principal se descargue continuamente. No se requiere que esta batería soporte una gran cantidad de corriente de carga, debido a que su corriente de descarga es pequeña (1.97 mA). Se mantendrá cargada con una corriente mayor a la corriente de flotación indicada por el fabricante, debido a que la carga no es constante. Para evitar la sobrecarga de la batería, se ha previsto el uso de un diodo Zener y un transistor en paralelo.

### Ecuaciones y Cálculo de generación de energía eléctrica

El proyecto utilizara alternadores de 12V de C.A. Y 5.5 W de generación. Se debe de calcular la corriente que genera para poder hacer una comparación con las especificaciones de la luminaria a utilizar

$$I = \frac{5.5 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 0.4435 \text{ A} \quad (1)$$

Teniendo una corriente producida de 0.4435 Amperes. Si la velocidad del rotor por cada golpe de automóvil sea de 2500 RPM.

NOTA: La velocidad se obtuvo a partir de experimentos realizados para obtener la tensión de 12V

$$KW = \left( \begin{array}{c} 600 \\ \text{automóviles} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} 5.5 \text{ W por} \\ \text{dinamo} \end{array} \right) = 3.3 \text{ Kwh} \quad (2)$$

Una vez teniendo esto consideramos que la generación con un alternador de CA. Se debe alimentar una carga aproximada de 120kWh ¿Por qué? En aproximadamente una concurrencia de 600 automóviles distribuidos uniformemente.

Entonces se tiene que:

Para poder calcular el porcentaje de error en la generación que hay que alcanzar se debe considerar que se debe sobre dimensionar un poco la capacidad generada del proyecto si consideramos un porcentaje de error de 10% para una generación de 120kWh obtenemos que lo ideal es que se produzcan 132 kW de energía o más.

$$132kW - 120kW = 12KW \text{ sobredimensionado}$$

$$kWs = \frac{12 \text{ kW}}{2} = 6 \text{ kW} \quad (3)$$

El proyecto deberá de estar sobredimensionado +- 6kW

$$\% \text{ error en generación} = \frac{126kW - 120kW}{126kW} = 5\% \text{ de error abajo} \quad (4)$$

$$\% \text{ error en generación} = \frac{132kW - 126kW}{132kW} = 5\% \text{ de error arriba} \quad (5)$$

De acuerdo con lo calculado la capacidad de generación se puede alcanzar y superar con aproximadamente 600 vehículos. Estos para que la generación sea eficiente deberán tener sobre dimensionado 5% de la generación mínima 120kWh dando la capacidad de 126kWh. Esto debido a que la concurrencia de los automóviles no siempre será la esperada.

Los cálculos realizados anteriormente tienen la intención de analizar la capacidad de generación que tiene un solo generador eléctrico y comparándolo con el proyecto que ya existe de características similares.

Esa capacidad de generación debe de ser adecuada para poder alimentar un número de luminarias con las características que antes se especificaron de las cuales las principales son: 60Wh de consumo 24V.

También se considerará que una luminaria de leds se debe de alimentar a una tensión de 24 v y una potencia de 60 Wh entonces la corriente que necesita la luminaria será de.

$$I = \frac{60 \text{ W h}}{24 \text{ v}} \left[ .18 \right] = .444 \text{ A} \quad (6)$$

El 18% es el factor de corrección que utilizado para poder calcular la corriente que consume una luminaria led este factor de corrección es aplicado ya que la corriente que consume el led es menor al de cualquier otro tipo de luminaria

Como se observa en la ecuación anterior la corriente que se debe de producir al momento de que gire el alternador debe de ser de 0.444A, sin embargo, la tensión no es la adecuada para poder alimentar el luminario es por esto que se debe de llegar a los valores nominales por medio de arreglos de generadores.

El resultado anterior fue la capacidad producida por un solo par de generadores que solamente representa una pequeña parte de la capacidad que se requiere para igualar el proyecto ya existente considerando que deben de pasar al menos 600W en una hora.

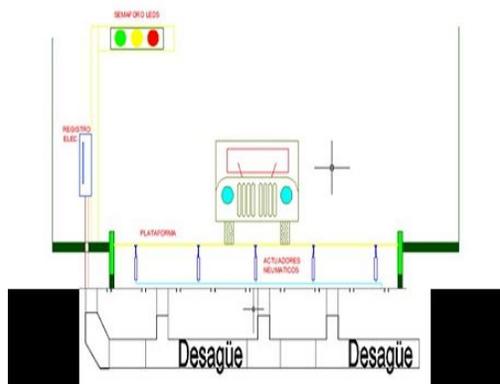
Se debe saber cuánto dinamos de CA se necesitan para producir la capacidad de 120 kWh a superar o por lo menos igualar.

De cálculos anteriores se sabe que 600 automóviles crean 132 kW con un solo par de alternadores además de que esta potencia es generada por el paso de los 2 ejes de los automóviles que son el delantero y el trasero.

Como un solo par de generadores no es suficiente entonces se debe de tener un mayor número de estos para que se aporte una mayor cantidad de kWh al sistema. Esto tiene solución si se tienen 10 pares de generadores aportando energía al mismo tiempo a un grupo de baterías que puedan almacenar toda la energía para que las luminarias la consuman.

$$kWh\ totales = 132kWh * 10 = 1320KWh \quad (7)$$

### Diseño de la rampa o del sistema Mecanico-Hidraulico



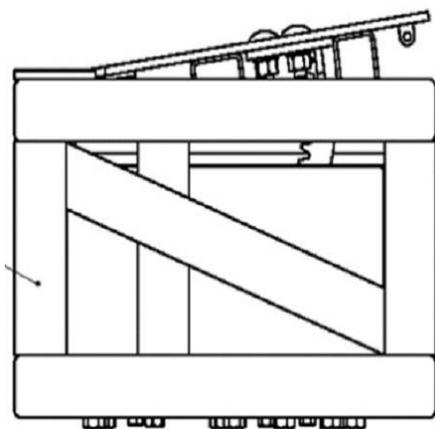
**Figura 2** Diseño del sistema

Fuente: Elaboración Propia

### Conformación del Sistema

- Rampa o tope
- Actuadores
- Tanque
- Turbina
- Banco de baterías
- Registro de flujo
- Resorte de Alta Resistencia

Vista lateral del ensamble general del sistema mecánico-hidráulico.



**Figura 3** Vista Lateral

Fuente: Elaboración Propia

### Sistema de desagüe

El sistema desagüe que tendrá el proyecto es parte fundamental del anteproyecto ya que no todas las calles son uniformes y aunque así sea debido a que hay partes que suben y bajan del nivel del piso hay filtración de agua y polvo.

Estos factores que no se pueden controlar pueden afectar, de tal modo que de acuerdo al lugar se tendrá que estudiar estadísticas del comportamiento ambiental, y de esta forma proponer un plan de mantenimiento.

El sistema de desagüe estaría conectado a el sistema de drenaje de la ciudad en caso de tenerlo y su implementación se muestra en la figura, en caso de no contar con él, lo que se necesitaría hacer es sacar el tubo de drenaje de agua hacia las áreas verdes más cercanas y que la salida no se obstruya con nada entonces se tendría que construir una pequeña coladera o registro.

### Material a Utilizar para sistema mecánico-hidráulico

El material que se utiliza para la estructura del tope es de uso rudo es acero al alto carbono esto por su dureza y densidad, para el proyecto estas características son esenciales puesto que tendrá un esfuerzo mecánico muy grande provocado por el golpe del paso de los automóviles.

Acero para herramientas: ACERO 4840R este material es de fácil temple y es usado para fabricar partes mecánicas sujetas a un gran esfuerzo mecánico como pueden ser engranes, engranes sin fines, flechas, piñones, etc. Este tipo de material nos ayudara a evitar el desgaste mecánico rápidamente. La composición del acero en general para este tipo de herramientas debe ser: carbono (.38 - .43%), silicio (.15 - .35%), manganeso (.79 - .90%), potasio (.04%), sulfuro (.04%), cromo (.70 - .90%), níquel (.85 - 1.15%).

### Plan de mantenimiento

En el plan de mantenimiento se planteará conforme a cómo se comporta el clima en la República Mexicana Específicamente en el Estado de Tabasco ya que es ahí donde se implantará específicamente en la ciudad de la Venta, Tabasco.

Es importante saber esta información ya que es preferible checar las condiciones del mecanismo en fechas más peligrosas para el mismo que es al estar a mitad de periodo de lluvias e inmediatamente después de terminar temporada de lluvias. El siguiente plan de mantenimiento es preventivo y las partidas a revisar del mecanismo son las siguientes:

1. Revisión de funcionamiento del desagüe (desazolvar en caso de ser necesario).
2. Que tenga una falta de lubricación (lubricar en caso de ser necesario).
3. Ver que el metal contenga un bajo nivel de oxidación. (limpiar en caso de ser necesario).
4. Revisar la condición de desgaste de las piezas (en caso de necesitar cambio de piezas el tiempo varía de acuerdo a las mismas).
5. Pruebas eléctricas a generadores (Cambio de los mismos, el tiempo está sujeto a cambios de acuerdo al número de elementos a cambiar).

#### **Factibilidad:**

Este proyecto se genera con el objetivo de transferir tecnología que ayude el entorno social y a nuestro planeta para no contaminarlo, el diseño y mantenimiento de este sistema es sencillo, y nos confirma que la idea es factible y práctica.

Teniendo proyección hacia el futuro, ya que se suma a las demás energías alternativas, renovables y limpias ya que presentan grandes ventajas en cuanto a su relación con el medio ambiente, y su carácter inagotable, se determinan aspectos en los que se debe poner énfasis, primero la seguridad de las personas, así como la de los automovilistas.

En la actualidad un semáforo tradicional gasta alrededor de 1200 W por hora lo cual genera un gasto 10,713,600.00 W por año, con un costo de \$79,442.624 anual mente por semáforo.

Comparando con el precio del tope lo cual es de \$58,790.00 lo cual solo necesitara un mantenimiento mínimo y cuenta con una duración de 15 años de vida útil tendremos un ahorro de \$1,132,849.36 aproximadamente lo cual lo hace un proyecto altamente rentable.

#### **Ubicación del mecanismo**

Como se mencionó la ubicación de este mecanismo es en la ciudad de la Venta Tab., debe de ser la correcta tiene que haber una concurrencia de 600 automóviles. Se tendrá actuadores neumáticos que generan según los cálculos efectuados individualmente para producir 47.99W aproximadamente con una tasa promedio de 600 Automóviles se producirán 287.982W y se tiene pensado tener 6 actuadores neumáticos entonces la generación total en Watts sería de 172 789 kWh esto con un eje de automóvil.

La importancia de estar en un lugar apropiado que necesite iluminación sin embargo que cuente con un poco de infraestructura que carezca de mantenimiento como postes reduciría el costo del proyecto y a su vez que en dado caso de interrupción de paso en la vía tenga rutas alternas o un tránsito por calles aledañas. En tanto se terminen las construcciones del proyecto.

#### **Resultados**

A la fecha se cuenta de manera física con un simulador a escala que nos proporcione una visión clara y precisa de que el sistema funciona, almacenando la energía en un banco de baterías para posteriormente ser utilizadas en la implantación de semáforos, con este simulador hemos logrado alcanzar 40lb de presión con el peso de una persona y se ha logrado prender los leds, por lo cual consideramos que el sistema es factible y rentable, su mantenimiento es sencillo ya que ninguno de los elementos que componen el sistema requieren mantenimiento especializado.

La Venta, es una ciudad del estado mexicano de Tabasco, siendo la segunda más importante del municipio de Huimanguillo, el incremento en el número de vehículos ha hecho que la urbe misma se modifique, porque donde hace décadas había calles o avenidas con grandes camellones llenos de árboles o palmeras, ahora hay ejes viales, autopistas y avenidas.

Esto nos lleva a que la demanda de automóviles es grande por año esto nos da un amplio panorama de que se puede generar gran cantidad de energía renovable y no contaminada por lo que no se cuenta con competidores de esta índole.

Cabe destacar que este prototipo a participado en varias convocatorias obteniendo el 1er lugar como es:

- 3er concurso estatal innovando energía en el estado de Tabasco
- 2° Foro de Divulgación Científica y Tecnológica nov. 2014 en el ITSLV.

También ha participado en el Congreso Internacional de la Academia Journals Celaya 2014.

### Conclusión

Para el desarrollo del sistema generador de corriente eléctrica y de manera sustentable, se tiene la necesidad de buscar una energía alternativa no contaminante y aprovechar la energía cinética que genera el tráfico vehicular que transita, para utilizarla en señalamientos viales, ya que tiene como objetivo tener un beneficio social, cultural y tecnológico.

El instituto Tecnológico será el primero en instalar este tipo de modernos Semáforos Inteligentes además de ser el primero de su tipo instalados en Tabasco, esta nueva tecnología en controladores de tránsito que poseen mayor durabilidad que alcanza 100 mil horas frente a 8 mil de un bombillo convencional y nos permite tener 100 veces menos consumo de energía para su funcionamiento.

La tecnología LED se fundamenta en la programación computarizada de bombillos individuales con mayor grado de luminancia que un bombillo convencional. Por su diseño, en caso de dejar de funcionar un bombillo no se apaga la cara completa del semáforo, sino uno de los tantos bombillos identificadores y por su versatilidad permite dibujar diferentes figuras sin necesidad de usar otras piezas para definir las, lo cual genera ahorros en el mantenimiento preventivo anual.

De lo anteriormente expuesto se toma como base de innovación la instalación de diodos tipo LED que reducen 100 veces el consumo normal de un semáforo con iluminación por lámparas, disminuyendo la demanda de energía para su funcionamiento lo cual hace de este sistema de gran utilidad.

Este sistema recolector de energía sin moverse de lugar será capaz de generar tanta energía que será necesaria almacenarla en bancos de baterías para su posterior utilización, ya que el tránsito vehicular permanece constante las veinticuatro horas y además se intensifica en ciertas horas del día.

El esquema mecánico cumple con los requerimientos tanto de fácil montaje al suelo para una construcción y acceso rápido al momento de dar mantenimiento. Además de contar con un sistema de desagüe para evitar encharcamientos en épocas de lluvia y finalmente tiene un plan de mantenimiento preventivo para asegurar su durabilidad, así el proyecto cumple con requisitos esperados.

### Referencias

Camilo González Paul. (2013). Energías renovables no convencionales para uso domiciliario. Santiago, Chile: Universidad de Chile facultad De Derecho Departamento De Derecho Económico.

Crane, 1987, "Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías", McGraw-Hill.

Edgar López Satow. (2009). Utilización De Energías Renovables En México: Hacia Una Transición En La Generación De Energía Eléctrica México: Universidad Nacional Autónoma De México.

Francisco Bañuelos Ruedas. (2011). Impacto De La Generación Eléctrica Usando Fuentes De Energía Eólica En La Red Eléctrica Nacional. México: Universidad Nacional Autónoma De México.

González, J., Ballesteros, R., Parrondo, J. L., 2005, "Problemas de oleohidráulica y neumática", Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.

José Antonio Aguilera Folgueiras. (2012). Fuentes de energía y Protocolo de Kioto en la Evolución del Sistema Eléctrico Español. Oviedo: UNIVERSIDAD DE OVIEDO.

Julio Andrés Cáceres Vergara. (2006). Estudio De Pre-Factibilidad De La Microcentral Hidroeléctrica De San Pedro De Huacos – Canta – Lima. Lima – Perú: Universidad Nacional De Ingeniería.

Lavonbille, R., 1991, "Circuits hydrauliques". Ecole Polytechnique de Montreal (Canadá).  
SMC, 2000, "Neumática", Thomson-Paraninfo.

Manuel Pinilla Martín (2011). Sistema de conversión electromecánica de alta potencia específica para generación eléctrica de origen renovable. Madrid: universidad politécnica de Madrid.

Marcelo Betancourt jurado. (2007). Diseño de un módulo interactivo de generación hidráulica de energía eléctrica. Pereira: Universidad Tecnológica De Pereira.

White, F.M., 2004 (quinta edición), "Mecánica de Fluidos", McGraw-Hill.

## Optimización de la eficiencia de la celda fotovoltaica

### Optimization of the efficiency of the photovoltaic cell

SANDOVAL-VILLEGAS, Juan Carlos†\*, TOLOSA-GARMA, Irving Manuel y QUINTAL-VÁZQUEZ, José Francisco

*Universidad Tecnológica de Cancún, División de Ingeniería y Tecnología.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Juan Carlos, Sandoval-Villegas / ORC ID: 0000-0002-4767-4059, CVU CONACYT ID: 343213

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Irving Manuel, Tolosa-Garma / ORC ID: 0000-0003-3765-0050, CVU CONACYT ID: 484309

ID 2<sup>do</sup> Coautor: José Francisco, Quintal-Vázquez / ORC ID: 0000-0002-5071-6459, CVU CONACYT ID: 306762

DOI: 10.35429/JEE.2019.9.3.21.28

Recibido Marzo 20, 2019; Aceptado Junio 30, 2019

#### Resumen

La eficiencia de producción eléctrica de una celda solar se ve afectada por su temperatura de operación: al incrementar esta la eficiencia disminuye. El propósito del presente trabajo es demostrar tal efecto y cómo el uso de disipadores de calor ayudan a mejorar la eficiencia en las celdas fotovoltaicas a temperaturas superiores a las de diseño (NOCT 20°C). El experimento consistió en medir la temperatura ambiente, la temperatura de la superficie de la celda solar, velocidad del viento, voltaje, corriente y potencia de la celda solar, al aplicarle una carga electrónica controlada. Estas variables se registrarán para una celda solar, adjuntándole un disipador de calor en la cara posterior y para una celda solar sin disipador. Las mediciones permitieron obtener la curva corriente-voltaje de ambas celdas, que revela que la celda con disipador de calor es más eficiente en la producción de energía que la celda sin disipador de calor en un rango entre 3.4%-5.4%. El estudio fue desarrollado en la ciudad de Cancún, Quintana Roo, con una temperatura media de la superficie del panel de 40.42°C, irradiación solar promedio de 675 W/m<sup>2</sup> y una velocidad promedio del viento de 1.88 m/s.

**Celda Fotovoltaica, Eficiencia, Potencia**

#### Abstract

The electrical production efficiency of a solar cell is affected by its operating temperature: when it increases, efficiency decreases. The purpose of this paper is to demonstrate this effect and how the use of heat sinks help to improve the efficiency in photovoltaic cells at temperatures higher than those of design (NOCT 20 ° C). The experiment consisted in measuring environmental temperature, cell's surface temperature, wind speed, voltage, current and power production of the solar cell while an electronically controlled load was connected (or demanding .01A). These measures were taken from two solar cells, one of them with a heatsink and the other (or another) without it. The measurements allowed us to obtain the current-voltage curve of both cells, which reveals that the cell with heat sink is more efficient in the production of energy than the cell without heat sink in a range between 3.4% -5.4%. The study was developed in the city of Cancún, Quintana Roo, with an average surface temperature of the panel of 40.42 ° C, average solar irradiation of 675 W/m<sup>2</sup> and an average wind speed of 1.88 m/s.

**Photovoltaic cell, Power, Efficiency**

**Citación:** SANDOVAL-VILLEGAS, Juan Carlos, TOLOSA-GARMA, Irving Manuel y QUINTAL-VÁZQUEZ, José Francisco. Optimización de la eficiencia de la celda fotovoltaica. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2019. 3-9: 21-28

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

\*Correspondencia al Autor correo electrónico: (jsandoval@utcancun.edu.mx)

## Introducción

La producción de energía eléctrica a través de celdas solares, requiere del fenómeno fotovoltaico, que genera un voltaje de circuito abierto y no hay un flujo de corriente eléctrica en el circuito externo, es el voltaje máximo que la celda solar puede producir, que se expresa con la relación:  $V_{oc}(T) = V_{oc} + \frac{dV_{oc}}{dT}(T - T_{STC})$

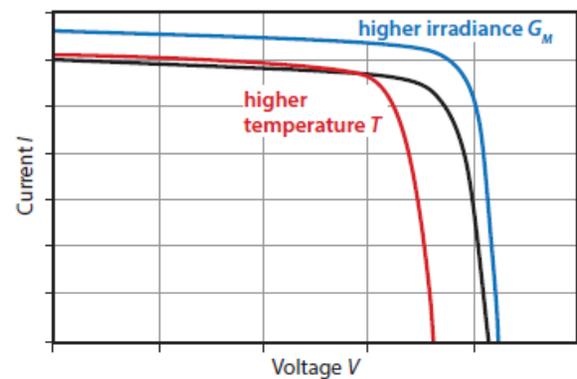
Donde se observa que su voltaje en circuito abierto está a razón del cambio de temperatura. Por otra parte, el rango común de eficiencia de las celdas solares comerciales está entre 12 y 19% y los factores que permiten su variación son: la temperatura, la exposición a la luz solar, las propiedades de los rayos solares, suciedad, polvo, entre otros. (S. Mekhilef, 2012/6.). La forma de mejorar la eficiencia de las celdas solares es disminuyendo su temperatura de operación, para que se mantengan operando en el rango de especificaciones técnicas del fabricante.

Para la ciudad de Cancún, la irradiancia para un día despejado es de 5.8 kWh/m<sup>2</sup>, que es la insolación diaria promedio y se expresa en horas solares pico (HSP), (Lesage, 2017) temperatura ambiente máxima de 33.6°C (Organización meteorológica mundial, 2019), es conveniente mantener los paneles solares dentro de sus especificaciones de operación. El propósito es mejorar la eficiencia de la celda solar, instalando en su cara posterior un disipador de calor que pueda descender la temperatura de operación. Es decir, al disminuir la temperatura de operación de la celda solar, se incrementa su eficiencia.

Se hace una revisión de la eficiencia de las celdas solares, se describe las relaciones y variables del voltaje en circuito abierto. Se utilizó una metodología teórico-práctica; describiendo el proceso de ubicación y método de medición de los parámetros de la celda solar, se ilustra el comportamiento de la potencia eléctrica, el viento y la temperatura de la celda solar y cómo se relacionan éstas. También se utilizaron estadísticos de prueba para conocer si la producción promedio de potencia de la celda solar, son iguales usando el disipador de calor y sin disipador de calor.

## Estado del arte

De acuerdo con (Arno Smets, 2016) si la temperatura incrementa manteniendo la irradiación solar constante, el voltaje y corriente disminuyen, efecto que se puede observar en la Figura 1. Este efecto recibe el nombre de coeficiente de temperatura de una celda solar, medida especificada por el fabricante que hace referencia a la tasa de cambio del voltaje con respecto a la temperatura.



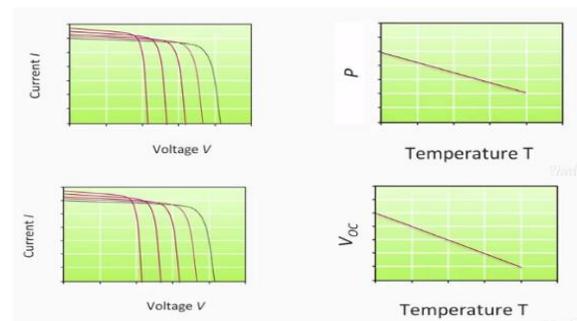
**Figura 1** Curva de corriente y voltaje

Fuente: Edx Solar energy

En la Figura 2 se puede observar el comportamiento del voltaje-corriente con respecto a la temperatura de operación de una celda solar, la disminución de la potencia con respecto al aumento de la temperatura y la disminución del voltaje de circuito abierto de la misma celda con el aumento de la temperatura, las cuales pueden resumirse en las razones de cambio (1).

$$\frac{dP}{dT}, \frac{dV_{oc}}{dT} \quad (1)$$

$P$  es la potencia en Watts,  $V_{oc}$  es el voltaje en circuito abierto.



**Figura 2** Curva de I-V incrementando el valor de la temperatura e irradiancia constante

Fuente: Edx Solar energy

Con el coeficiente de temperatura, se puede calcular la potencia de salida del panel solar con la relación:

$$P(T) = P_{STC} + \frac{dP}{dT}(T - T_{STC}) \quad (2)$$

$$V_{oc}(T) = V_{oc} + \frac{dV_{oc}}{dT}(T - T_{STC}) \quad (3)$$

La relación  $\frac{dP}{dT}$  denota el coeficiente de temperatura y la temperatura de referencia es de 25°C. (Romero, 2002) ha mostrado que la curva I-V de una celda solar a distintas temperaturas e igual irradiación, presenta una disminución del voltaje al incrementar la temperatura, que ha modelado con la relación (2). Por otra parte (E. E. Granda-Gutiérrez, 2013), ha desarrollado la simulación que, al incrementar la temperatura de la celda, el punto máximo de potencia disminuye, debido a una importante reducción del voltaje de salida, que se debe al incremento en la agitación térmica de los portadores de carga en el semiconductor, lo que se manifiesta como reducción en el potencial de unión.

(Alonso García & Balenzategui, 2004), mencionan que la diferencia de temperatura del módulo y la temperatura ambiente ( $T_j - T_{amb}$ ), con respecto a la irradiación ( $W/m^2$ ), es que, a mayor irradiación, se tiene mayor diferencia de temperatura ( $T_j - T_{amb}$ ), cuando la temperatura ambiente es de 20°C. Para calcular la temperatura del módulo, propusieron la siguiente relación:

$$T_m = T_{amb} + (NOCT - 20) \frac{E}{800} \quad (4)$$

Donde:  $T_m$  es el Módulo temperatura,  $T_{amb}$  es la temperatura ambiente,  $NOCT$ : Operación Normal de temperatura de la celda y  $E$  es la irradiación en  $W/m^2$ .

### Características de la celda solar

Las celdas solares que se utilizaron para el análisis de su eficiencia son celdas solares policristalinas de 52.8 mm x 52.8 mm x 0.22 mm, de 0.5 V, 0.1 A y 0.05 W, sus condiciones de operación normal de la celda son:  $NOCT$  20°C (Operación Normal de temperatura de la celda) a 1.5 AM (masa de aire) con una irradiación  $G=1$   $kW/m^2$  y la velocidad del viento no mayor a 1 m/s. Se adquirieron a la empresa jlsolars.com del país de China.

### Características del disipador de solar

Las características del disipador de calor son: una resistencia térmica de 2.4°C/W, y sus dimensiones de altura: 50 x 50 x 25mm, fabricado en aluminio, fabricante: Fischer elektronik.

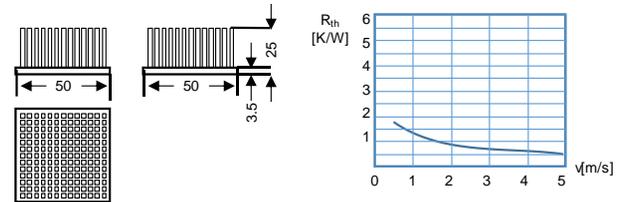


Figura 3 Disipador de calor

Fuente: <https://mexico.newark.com/fischer-elektronik>

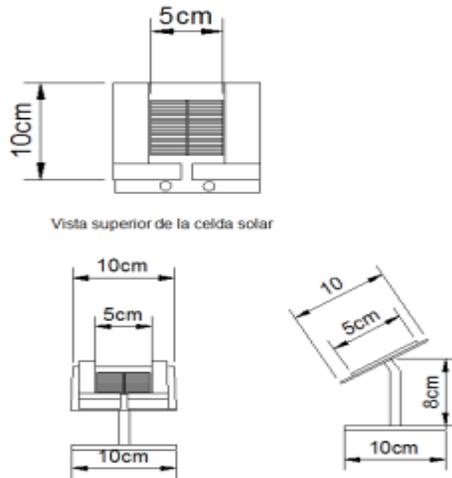
### Metodología

#### Identificación de la ubicación y posición de la celda solar:

Un factor importante en la eficiencia de las celdas solares, es la temperatura de operación, se pretende identificar si al incrementar la temperatura de celda solar, hay un cambio en su eficiencia.

Para conocer su producción de potencia eléctrica, se aplicó una carga, y se registró en un equipo de adquisición de datos, se hizo uso de métodos cuantitativos, para conocer el comportamiento de sus los parámetros eléctricos. Para los experimentos se trabajó con dos tipos de celdas, una celda solar simple y una celda solar con un disipador de calor.

Se diseñó e implementó una estructura para colocar un disipador de calor en la cara posterior de una de las celdas solares. Se identificó la ubicación y posición de la celda solar, para lo que el ángulo de inclinación debe ser igual a la latitud (distancia angular entre la línea ecuatorial y un punto determinado de la Tierra), lo que asegura la máxima cantidad de luz solar expuesta durante el día, que para la ciudad de Cancún, sus Coordenadas geográficas son: Latitud: 21°10'27" N. Longitud: 86°50'47"O, por lo tanto las celdas solares se colocaron a 21°, siendo la mejor orientación de los paneles solares hacia el sur, debido a que en el equinoccio se tiene el día con más sol, de 6:00 a 18:00 horas.



**Figura 4** Celda solar de 52.8 mm x 52.8 mm x 0.22 mm de 0.5 V, 0.1 A y 0.050 W y diseño de la base, con disipador de calor.

Fuente: Elaboración propia del diseño

El diseño de la base para las celdas solares que se aprecia en la Figura , tiene el propósito de mantenerlas fijas a la orientación antes mencionada, se construyeron con material de trovicel, cuyas características técnicas son: la resistencia a la fricción, elasticidad y con resistencia a altas temperaturas ambientales.

### Registro de parámetros eléctricos

La celda solar es sometida a la irradiación solar en un horario de 9:00 am a las 17:00 hrs durante el mes de julio, y sus parámetros eléctricos (corriente, voltaje y la temperatura), son registrados través de los siguientes equipos de adquisición de datos:

1. Fuente de carga eléctrica de CD de 300 watts BK PRECISION Serie 8500, el cual aplica una carga electrónica a la celda solar, es decir demanda una carga específica de operación, para conocer su corriente, voltaje y potencia.
2. Equipo de adquisición de datos de 20 canales Keysight 34970A, para registrar las mediciones de voltaje generado por la celda solar, la temperatura de la celda solar y el voltaje generado por el piranómetro, encargado de registrar la irradiación solar que incide en la celda solar.
3. Equipo de Radiación solar piranómetro marca Eppley modelo 8-48 con factor de conversión de:  $775 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ , el cual se empleó para la medición de la irradiación, incidente sobre la superficie del área de estudio.

4. Equipo anemómetro de hilo caliente a temperatura constante para mediciones de aire en túnel de viento para registrar la velocidad del mismo.

## Resultados

### Operación de la celda solar

Una de las celdas de 0.5V, 0.1 A y 0.05 W, se conectó al equipo de Carga eléctrica de CD de 300 watts BK PRECISION Serie 8500, y se programó para que demande un flujo de corriente eléctrica de 0.1 A, esta carga eléctrica, la estará soportando en función de la irradiación solar.

### Análisis de datos

La temperatura de la celda solar, considerando la velocidad del viento se puede expresar como:

$$TM = T_a + \frac{T_{NOCT}-20}{800} GM \left( \frac{9.5}{5.7+3.8 \cdot w} \right) \left( 1 - \frac{n_{cell}}{T_{\alpha}} \right) \quad (5)$$

Donde: TM es la temperatura nominal de la celda en °C, w es la velocidad del viento, T es la transmitancia de la parte frontal del módulo,  $\alpha$  medida de absorción de radiación del módulo,  $T\alpha$  es la fracción de incidencia de luz, que es absorbida por la celda solar, usualmente es de 0.9.

A continuación, se presentan en la Tabla 1 las medidas estadísticas registradas en el experimento.

Medición	Tem. celda (Tc, °C)	Tem. ambiente (Ta °C)	Diferencia de Tem. Tc-Ta (°C)	Irrad. (W/m <sup>2</sup> )	Viento (m/s)
Estadística					
Media	40.4	31.77	8.65	675.47	1.8
Mediana	42.03	30.79	8.33	670.79	1.7
Moda	45 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
Desviación estándar	8.1	2.9	8.1	365.4	1.13
Varianza	67.2	8.8	65.9	133566	1.2
Mínimo	22	27	-10	54	0
Máximo	54	40	25	1289	6

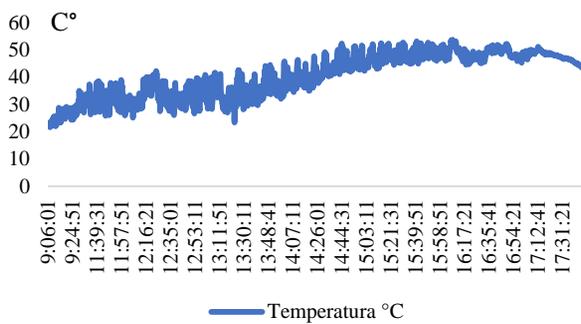
**Tabla 1** Estadístico descriptivo de la temperatura, viento e irradiación solar de 2391 muestras, que van de 09 hrs a 17 hrs

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los datos registrados de temperatura de la celda solar, temperatura ambiente, irradiación solar y viento, se hizo un estadístico descriptivo.

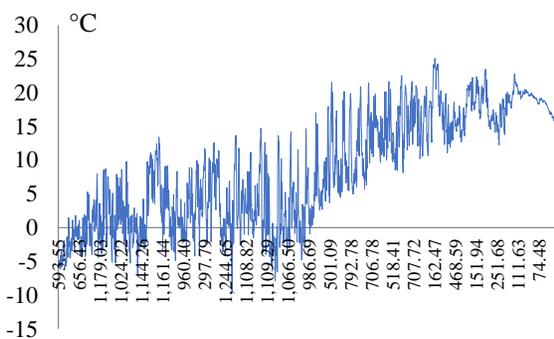
Cuyos resultados se muestran en la tabla 1, y se muestra que la diferencia de temperatura entre la temperatura de la celda solar y la temperatura ambiente es de -10 °C por debajo y 25 °C por encima de la temperatura ambiental.

En la Figura 5, se muestra la temperatura de la celda solar, que inicia a una temperatura de 22°C y va incrementado su valor al paso del tiempo, alcanzando una temperatura máxima de 54°C alrededor de las 3:00 pm.



**Figura 5** Temperatura de la celda solar  
Fuente: Elaboración Propia

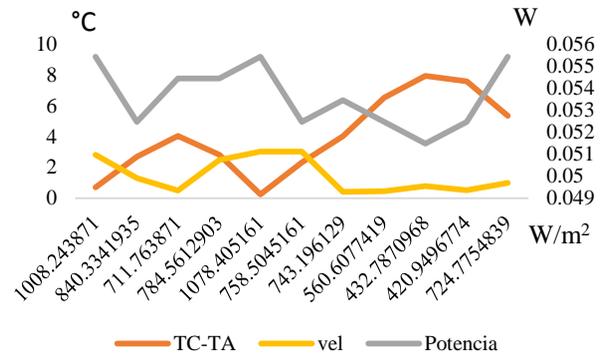
Del mismo modo la diferencia de temperaturas de la celda solar y la temperatura ambiente, (Tc-Ta) mantiene un incremento lineal, con variaciones debidas a factores como la irradiación solar y el viento, tal como se puede apreciar en la Figura 6. También se puede observar que en la variación de la diferencia de la temperatura Tc-Ta con respecto al viento, al incrementar este último, disminuye la diferencia Tc-Ta, otro dato que se puede apreciar es que la velocidad promedio del viento fue de 1.88 m/s, velocidad máxima de 6 m/s y velocidad mínima de 0 m/s.



**Figura 6** Gráfica de la diferencia de temperatura de la celda solar y la temperatura ambiente Tc-Ta  
Fuente: Elaboración Propia

En la celda solar con el disipador de calor, se registraron las mediciones eléctricas de voltaje, corriente, potencia, temperatura e irradiación solar.

La potencia de la celda solar disminuye al incrementar el valor de la diferencia de temperatura Tc-Ta. Monitoreando la velocidad del viento y la diferencia de temperatura Tc-Ta, al incrementar la velocidad del viento, disminuye la diferencia de temperatura Tc-Ta e incrementa el valor de la potencia, que se puede observar en la Figura 7.



**Figura 7** Comportamiento de la potencia de la celda solar, respecto de la diferencia de temperatura de la celda, la temperatura ambiente y la velocidad del viento.  
Fuente: Elaboración Propia

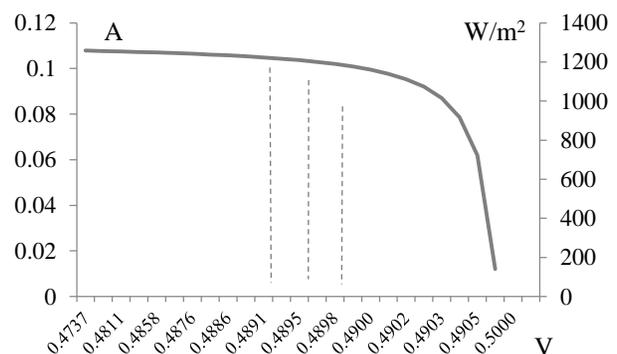
Considerando la corriente de corto circuito  $I_{sc}$  y el voltaje en circuito abierto  $V_{oc}$ , se puede generar la curva I-V (como se observa en la Figura 8) conociendo la irradiación solar y la temperatura, con la relación propuesta por (Romero, 2002):

$$I_{sc2} = I_{sc1} \left( \frac{H_2}{H_1} \right) + \alpha(T_2 - T_1)T_{sc1} \tag{6}$$

$$V_{oc2} = V_{oc1} + N \times \beta(T_2 - T_1) + N \times V_{t1} \ln \frac{H_2}{H_1} \tag{7}$$

$$V_{T2} = V_{t1} \frac{T_2}{T_1} \tag{8}$$

La celda solar tiene las siguientes características:  $I_{sc}=0.1$  A,  $V_{oc}=0.5V$ ,  $N=1$ , Viento promedio de 1.88 m/s, y Temperatura ambiente promedio de: 31.77°C, con un rango de irradiación de 54W/m<sup>2</sup> a 1289 W/m<sup>2</sup>.

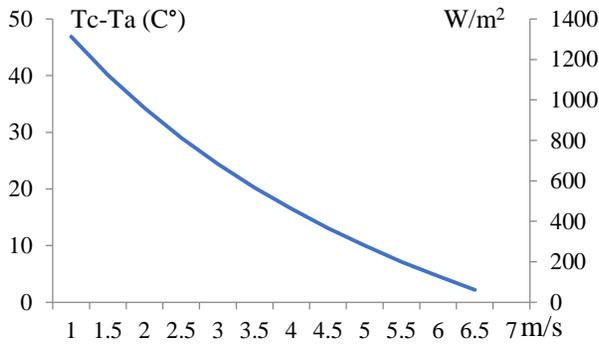


**Figura 8** Curva I-V, a distinta irradiación y temperatura  
Fuente: Elaboración Propia

El comportamiento de la diferencia de temperatura  $T_c - T_a$  como se aprecia en la Figura 9, se puede conocer en función de la intensidad de radiación solar y de la velocidad del viento, y pueden aproximarse según las ecuaciones desarrolladas por (Romero, 2002):

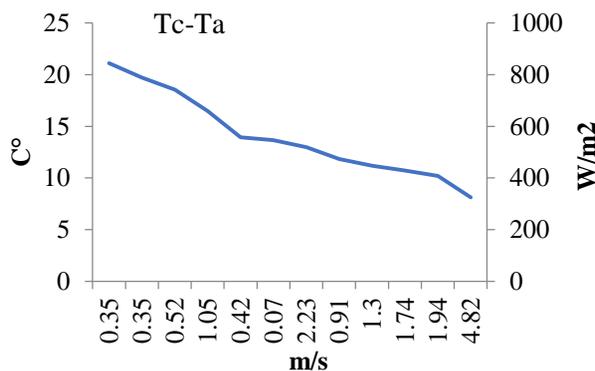
$$T_c - T_a = \frac{q}{h} \tag{9}$$

$$h = a_o + b_o v \tag{10}$$



**Figura 9** Relación del  $T_c - T_a$ , con respecto a la velocidad del viento y la irradiación solar teórica.  
Fuente: Elaboración Propia

Con valores de los coeficientes:  $a_o = 22$ ,  $b_o = 3.6$  y  $T_c - T_a$  siendo la diferencia de temperatura de la celda solar y la temperatura ambiente,  $q$  la irradiación solar,  $v$  la velocidad del viento y  $h$  el coeficiente de transmisión térmica. Aplicando la relación (9), se observa que la velocidad del viento tiene un efecto importante en la disminución de la temperatura de la celda solar. En condiciones reales, la irradiación solar, la temperatura y la velocidad del viento, es variable, sin embargo, con las mediciones realizadas, se puede observar en la Figura 10, como al incrementar la velocidad del viento, disminuye la diferencia de la temperatura  $T_c - T_a$ , también en función del valor de la irradiación solar. Por otra parte, se observa que, a mayor irradiación, se tiene mayor diferencia de temperatura ( $T_c - T_a$ ).



**Figura 10** Relación del  $T_c - T_a$ , con respecto a la velocidad del viento y la irradiación solar en condiciones reales  
Fuente: Elaboración Propia

Utilizando la relación (2) para calcular la potencia en la celda solar, con un coeficiente de temperatura:

$$\frac{dP}{dT} = -0.0004/^\circ C \text{ se tiene:}$$

$$P(T) = P_{STC} + \frac{dP}{dT} \times (T - T_{STC}) \tag{2}$$

$$X = V_{OC}, P, V_{SC}$$

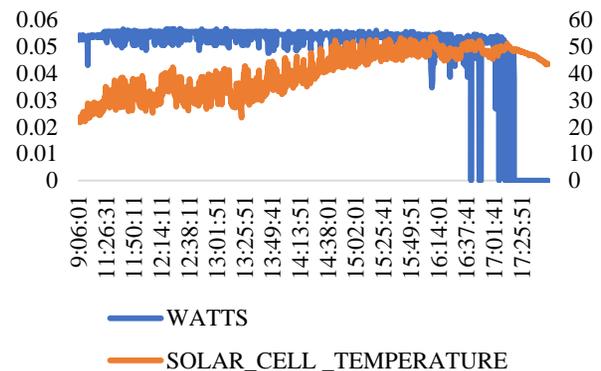
$T = 54^\circ C$ , es la temperatura de la celda

$T_{STC} = 25^\circ C$ , es la temperatura de operación

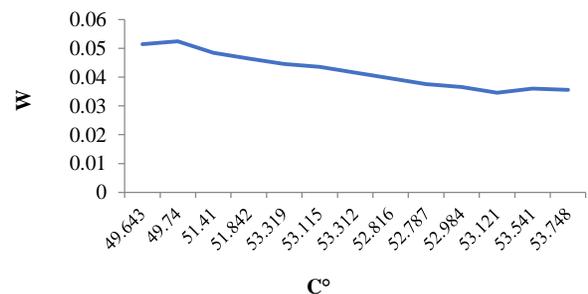
$$P(T) = 0.05W_{STC} + \left(-\frac{0.0004W}{^\circ C}\right) \times (54^\circ C - 25^\circ C_{STC})$$

$$P(T) = 0.038W$$

Como se puede observar el signo del coeficiente de temperatura, determina si incrementa o disminuye la potencia de salida de la celda solar. En la Figura 3, se muestra la potencia de salida y la temperatura de la celda solar, y de acuerdo al estadístico descriptivo se tiene que; la temperatura de la celda solar tiene una media de  $42.03^\circ C$ , una mínima de  $22^\circ C$  y máxima de  $54^\circ C$ , y una potencia media de:  $0.0486 W$  una mínima de  $0.02 W$  y máxima de  $0.06 W$ . Sin embargo en la celda solar, se mantiene la potencia en un promedio de  $0.0486 W$  hasta llegar a una temperatura de  $53.7^\circ C$  y que puede apreciarse en la Figura 4, donde la potencia disminuye a  $0.035W$  que se acerca al cálculo de la potencia con la relación (2),  $P(T) = 0.038W$



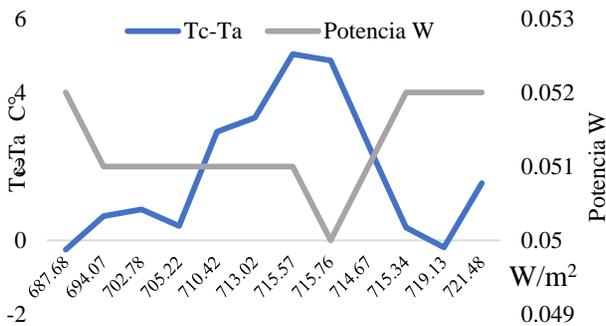
**Figura 3** Temperatura y potencia de salida de la celda solar  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 4** Relación de la potencia de salida de la celda solar y la temperatura  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las mediciones realizadas, se identifica que el comportamiento de la potencia de salida de la celda solar, tiene la tendencia de la relación (2), en función del coeficiente de temperatura  $\frac{dP}{dT}$  y la temperatura de operación de la celda solar T, que a 53.74°C, disminuye su potencia a un valor de 0.03564W

Al incrementar el valor de la temperatura, disminuye la potencia de salida de la celda solar. En función del coeficiente de temperatura y la diferencia de  $T - T_{STC}$ .



**Figura 13** Comportamiento de la potencia de la celda solar sin disipador, respecto de la diferencia de temperatura de la celda solar y la temperatura ambiente  
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 13 se aprecia que la potencia incrementa cuando disminuye la diferencia de temperatura Tc-Ta, aun cuando hay un incremento de la irradiación solar.

**Comparación de la eficiencia de la celda solar con disipador y sin disipador**

Potencia (W)	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Con Disipador	2218	.00	.06	.0524	.00663
Sin disipador	2218	.00	.05	.0506	.00868
N	2218				

**Tabla 2** Estadístico descriptivo de la potencia de la celda con disipador y sin disipador  
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3, se muestra la prueba Anova, para conocer si hay diferencia en la producción de potencia eléctrica entre, la celda solar con disipador y la celda solar sin disipador. El resultado muestra que, el nivel de significancia (0.000) es menor a 0.05, entonces, se rechaza que sean de medias iguales y se acepta que son diferentes, es decir, la eficiencia de las celdas solares es diferente usando el disipador de calor. Al disminuir la temperatura de la celda solar, se encontró que mejora su eficiencia del 3.4 al 5.4%

ANOVA						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig	
Inter sujetos	.125	2217	.000			
Intra sujetos	Entre elementos	.004	1	.004	61.59	.000
	Residuo	.139	2217	.000		
	Total	.143	2218	.000		
Total	.268	4435	.000			
Media global = .0515						

**Tabla 5** Prueba Anova de potencia eléctrica con disipador y sin disipador de calor en la celda solar  
Fuente: Elaboración Propia

**Conclusiones**

En la ciudad de Cancún, las celdas solares empleadas con disipador de calor, sometidas a operación en las condiciones ambientales; temperatura ambiente en promedio de 31.77°C, irradiación solar promedio de 675.47 W/m<sup>2</sup> y con una velocidad del viento de 1.88m/s, registra un voltaje promedio de 0.4911V, un voltaje mínimo y máximo de 0.00 V, 0.57V respectivamente, una potencia promedio de 0.0524W, la temperatura media, mínima y máxima es de 40.42°C, 22°C y 54°C respectivamente.

Como se puede ver en la figura No. 10; al incrementar la velocidad del viento, disminuye la diferencia de temperatura Tc-Ta e incrementa el valor de la potencia. También se muestra en la gráfica No. 9 que, al incrementar la temperatura de la celda solar, disminuye la potencia, debido al coeficiente de temperatura y la temperatura máxima de operación. Sin embargo, su producción de energía se mantiene en un promedio de: 0.0524W, cuando la celda solar alcanza la temperatura máxima registrada de 53.74°C, disminuye su eficiencia al 71%.

Con respecto a la comparación de la potencia de la celda solar con disipador y sin disipador, a través de la prueba Anova, se obtiene un nivel si significancia menor de 0.05, con lo que se rechaza que sean potencias de medias iguales y se acepta que son diferentes y mejora su eficiencia en un rango del 3.4 al 5.4%

**Agradecimientos**

Para llevar a cabo esta investigación, se requirieron recursos económicos para la adquisición de equipo de laboratorio, que fue adquirido por la aprobación de la red temática de colaboración académica de la convocatoria de PRODEP.

Un agradecimiento especial al Dr. Frédéric J. Lesage del Département d'informatique et d'ingénierie, Université du Québec en Outaouais por su dirección y recomendaciones para la realización de este proyecto.

## Referencias

Alonso García, M. C., & Balenzategui, J. L. (2004). Estimation of photovoltaic module yearly temperature and performance based on Nominal Operation Cell Temperature calculations. *Renewable energy*, 29(12), 1997-2010.

Arno Smets, K. J. (2016). *Solar Energy*, t. p. Cambridge: UIT Cambridge.

E. E. Granda-Gutiérrez, O. A.-G. (2013). MODELADO Y SIMULACIÓN DE CELDAS Y PANELES SOLARES. *Congr. Int. Ing. Electrón. Mem. Electro*, 35, 17-22.

Lesage, F. S. (Marzo de 2017). Eficiencia de las celdas solares. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 4(19), 19-27. Obtenido de [www.ecorfan.org/bolivia](http://www.ecorfan.org/bolivia)

Organización meteorológica mundial. (7 de Mayo de 2019). *Servicio de información meteorológica mundial, predicciones oficiales*. Obtenido de <http://wwis.aemet.es/es/city.html?cityId=1209>

Romero, F. C. (2002). *Cálculo de la Temperatura de Operación de Células Solares en un Panel Fotovoltaico Plano*. Departamento de Energías Renovables. MADRID, ESPAÑA: Editorial CIEMAT.

S. Mekhilef, R. S. ( 2012/6.). Effect of dust, humidity and air velocity on efficiency of photovoltaic cells. *Renewable Sustainable Energy*, 16(5), 2920–2925.

## Análisis energético de la biomasa en Michoacán: Con caso de estudio para generación eléctrica de 4MWh

### Biomass energy analysis in Michoacán: With study case for 4 MWh electric generation

ZAPIEN-RODRÍGUEZ, José Manuel†\*, ESCOTO-SOTELO, Edgardo Abdiel y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco Augusto

*Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas, Ingeniería Mecatrónica Av. Galeanas Sin Número, Colonia Las 600 Casas, Cd. Lázaro Cárdenas, Michoacán, C.P. 60950*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *José Manuel, Zapien-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0001-7198-2118, CVU CONACYT ID: 228342

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Edgardo Abdiel, Escoto-Sotelo* / ORC ID: 0000-0002-9802-9770, CVU CONACYT ID: 390313

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Francisco Augusto, Núñez-Pérez*

DOI: 10.35429/JEE.2019.9.3.29.34

Recibido Marzo 20, 2019; Aceptado Junio 30, 2019

#### Resumen

La reforma energética promueve el uso de energías renovables para hacer frente a la reducción del consumo de energías fósiles. Michoacán es un estado donde prolifera la agricultura, contando con una diversidad de climas que favorece al cultivo de una variedad significativa de frutos, además que su área de cosecha es abundante. En muchas ocasiones los residuos generados de la cosecha, representa un problema para los agricultores, debido a que el volumen es demasiado y no saben que uso darle, desafortunadamente optan por la quema ilegal de dichos residuos. Sin embargo, la biomasa puede usarse como combustible con rendimientos térmicos elevados, con un costo inferior al de otros combustibles, lo que representa una alternativa para numerosas industrias que requieren combustión en sus procesos y servicios. Michoacán destaca continuamente en los primeros lugares en la producción de diversos alimentos a nivel nacional, pero sus residuos se emplean para el consumo en ganado, por lo que este trabajo de investigación no solo toma en cuenta la cosecha neta, si no que realiza un estimado de residuos efectivos que pueden considerarse biomasa disponible para su uso en procesos térmicos, indicando de acuerdo a su poder calorífico el potencial energético hasta el momento desaprovechado.

**Biomasa, Análisis Energético, Generación Eléctrica**

#### Abstract

The energy reform promotes the use of renewable energies to face the reduction of fossil energy consumption. Michoacán is a state where agriculture proliferates, counting on a diversity of climates that favors the cultivation of a significant variety of fruits, in addition that its harvest area is abundant. On many occasions the waste generated from the harvest represents a problem for the farmers, because the volume is too much and they do not know what to do, unfortunately they opt by the illegal burning. However, biomass can be used as fuel with high thermal outputs, with a lower cost than other fuels, which represents an alternative for many industries that require combustion in their processes. Michoacán stands out continuously at the first places in the production of diverse fruits at national level, but its residues are used only for cattle consumption, so this research work not only takes into account the net harvest, it also makes an estimate of effective waste that can be considered biomass available for use in thermal processes, indicating according to its calorific value the energy potential wasted until the moment.

**Biomass, Energy Analysis, Electric Generation**

**Citación:** ZAPIEN-RODRÍGUEZ, José Manuel, ESCOTO-SOTELO, Edgardo Abdiel y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco Augusto. Análisis energético de la biomasa en Michoacán: Con caso de estudio para generación eléctrica de 4MWh. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2019. 3-9: 29-34

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

\*Correspondencia al Autor correo electrónico: (zapien\_jomazaro@uplc.edu.mx)

## Introducción

México, así como muchos países cuenta con problemas ambientales debido a la dependencia energética de hidrocarburos, debido al elevado consumo de combustibles fósiles, siendo necesario el desarrollo de diferentes modelos energéticos renovables, sostenibles, eficientes, económicamente viables, prácticos y seguros, que den respuesta a las necesidades de abastecimiento de energía en el contexto de un desarrollo social sostenible.

La biomasa juega un papel importante en el nuevo marco energético federal, debido a que los residuos agrícolas que se producen en todo México son relativamente grande, sin embargo la eficiencia energética que presentan pueden variar de acuerdo a las características de cada producto. Los combustibles agrícolas se clasifican según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en cultivos de combustible, subproductos agrícolas (paja, tallos), los subproductos animales (estiércol y otros excrementos) y subproductos agroindustriales.

La biomasa analizada a diferencia de una cosecha agrícola deberá delimitarse a residuos, no a la producción total, además se debe considerar que estos residuos en muchas ocasiones son empleados como alimento de ganado, por lo que se considera un residuo agrícola de cosecha (RAC) de 2<sup>da</sup> generación para el análisis de eficiencia energética de la biomasa, además que a lo largo de todo un año no se cuentan con una misma cosecha ya que es de acuerdo a la temporada de producción.

En la región occidente de México, la condiciones climatológicas son propicias para la cosecha de una gran variedad de flora, puntualmente Michoacán se considera líder mundial en la producción de Aguacate, sin embargo este no es el único alimento con alto impacto de cosecha en este estado. De acuerdo al información obtenida por el Desarrollo Rural y Agroalimentario (SEDRUA), Michoacán cuenta con 20 productos que ocupan el primer lugar de producción en el país, entre los cuales se encuentran el aguacate, guayaba, lenteja, fresa, zarzamora, fresa, camote, carambolo, forrajes, mano de león (flor); cempazúchil y forrajes, así como el limón, toronja, pera, lima, garbanzo, col, chayote, alcachofa, chile perón con buena producción agrícola.

## La energía en la biomasa

Todo material que contenga carbón en su estructura molecular es viable a usarse como combustible, proporcionando una cantidad de energía acorde a su poder calorífico. La energía obtenida a través del uso de la biomasa, es básicamente utilizando la materia orgánica como fuente energética.

Esta materia orgánica, es heterogénea y puede usarse de forma directa o peletizada. Su utilizan es mediante calderas donde la biomasa se quema poco a poco, quedando como residuo solo ceniza, la cual se puede utilizar como abono.

El empleo de la biomasa como fuente alternativa de energía limpia ha tenido auge debido a una serie de factores, tales como:

- Incremento de precios de los productos derivados del petróleo.
- Crecimiento de la producción agrícola.
- El cambio climático.
- Aumento de la preparación técnica y el conocimiento científico en la investigación de renovables.
- Escenario económico propicio para la explotación de plantas de biomasa.
- Trabas burocráticas a otro tipo de promoción de energías renovables.



**Figura 1** Ciclo energético de la Biomasa

Fuente: <https://www.cointra.es>

De forma casi directa se asocia a la biomasa con el bagazo de la caña, trigo, maíz y sorgo, o en su defecto a la combinación de estos, debido a que son los productos que cuentan con una mayor cantidad de residuos una vez extraído su fruto.

Del punto de vista energético la Biomasa considera cuatro características importantes para determinar su poder calorífico: Carbón Fijo, Materia Volátil, Ceniza y Humedad.

La composición química de la biomasa es compleja; los componentes primordiales incluyen seis elementos principales C, H, O, N, S, Cl y al menos otros ocho elementos Si, Al, Ca, K, Mg, Na, P y Fe.

El principal componente de la biomasa es el C, con un proporción del 30% al 60% en peso de materia seca. El segundo elemento en importancia, con un 30% a 40% es el Oxígeno. El tercer componente principal es el H, que comprende normalmente de 5% a 6% en peso de la materia seca.

Mientras que el N, el S y el Cl suelen ser menos del 1% del peso de la biomasa. Estos valores se determinaron con un porcentaje de humedad por debajo del 11%.

La combustión es la oxidación rápida de un combustible ( $C_x H_y O_z$ ) resultando en un gas no combustible, esto se realiza a través de las siguientes etapas:



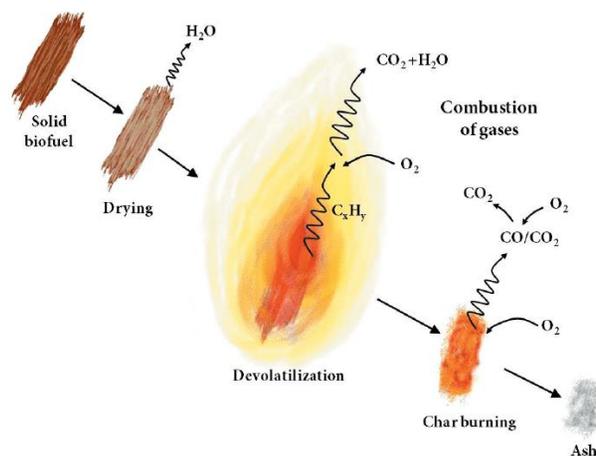
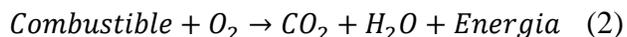
**Secado:** Vaporización de agua

Combustible + calor = Combustible + vapor de agua

**Pirolisis/gasificación:** Degradación térmica en la ausencia o presencia de oxígeno suministrado externamente.

*Combustible sólido + Calor = Gases*

**Combustión:** Oxidación del carbón - oxidación final de los gases de carbón y combustión



**Figura 2** Ciclo de Combustión

Fuente: <https://www.researchgate.net>

### Comparativa Calorífica y económica entre Biomasa y Carbón

El carbón es de los hidrocarburos fósiles que se emplean con mayor frecuencia tanto de manera doméstica como industrial, donde su uso esencial es aprovechar su poder calorífico en la combustión.

Los componentes químicos de la Biomasa con una humedad por debajo del 11% que determina el PCI es el porcentaje de Carbón Fijo, Material Volátil y la Ceniza. Comparando las propiedades de la biomasa con el carbón mineral se tiene que:

%	Ceniza	Volátil	Carbón Fijo
Sorgo	17	62	21
Maíz	2,1	78,9	19,05
Trigo	2,8	80	17,2
Cebada	6,1	77,9	16
Paja	6,2	82	11,9
Carbón M.	4,5	18	77

**Tabla 1** Composición de Biomosas y Carbón Mineral

El Poder Calorífico Inferior (PCI) del carbón mineral es de alrededor de 6300 kCal/kg, por lo que en una Tonelada se tendría una energía 26,520 MJ/Ton.

Una vez que la biomasa se somete previamente a un proceso de secado y triturado para mantener una humedad por debajo del 11%, cuenta con un PCI de 3700 kCal/kg a 4300 kCal/kg, que corresponde en energía a 15.5 MJ/kg a 18 MJ/kg. Por lo que para suministrar la misma energía del carbón mineral se requiere de 1.5 a 1.7 veces más de Biomasa por cada cantidad de Carbón.

El precio del carbón mineral colombiano por tonelada de acuerdo al World Bank, es de 74 USD, mientras que si se considera a la Biomasa como combustible, los costos de adquisición dependen de múltiples factores tales como la fuente, la oferta y demanda, contenido de humedad, transporte y procesamiento, sin embargo debido a que deshacerse de estos residuos puede representar un costo para los agricultores.

El valor de los residuos de 2da generación esta del orden de 2 a 5 USD/TON, sin embargo, su costo puede incrementar en caso que se tenga demanda de la biomasa como materia prima para la industria de la celulosa alcanzando hasta los 20 y 40 USD/TON según el tipo de residuo forestal. Finalmente el costo del flete se determina usando una distancia media de entre 50 y 70 km con un costo asociado de 0,12 y 0,20 USD/TON/km.

### Caso de estudio: Relación Energía – Potencia

La energía es la capacidad que se necesita para realizar trabajo. Teóricamente la palabra trabajo es el producto de multiplicar fuerza por distancia. Por ejemplo, si se eleva un cuerpo que pesa un kilogramo a una altura de un metro, el trabajo realizado es numéricamente igual a un kilogramo-metro. Por su parte, el trabajo realizado en un determinado tiempo se define como potencia. Así 1 J de energía es aplicada durante 1 s, es decir, 100 g levantados 1 m en 1 s, entonces la potencia requerida es exactamente 1 watt (W). La caloría está definida en términos de energía calórica como el calor requerido para incrementar 1 °C la temperatura de 1 g de agua, que es equivalente a 4.18 J. De manera analítica la relación que existe entre calorías y Wh, proviene de las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ cal} = 4.19 \text{ J} \quad \text{y} \quad 1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ}$$

$$\text{Por lo tanto: } 1 \text{ kWh} = 859.85 \text{ kCal}$$

Considerando que el poder calorífico del carbón es de 6300 kCal/kg que corresponden a 26.397 MJ/kg, la conversión ideal a potencia en Wh sería de 7.332 kWh/kg, cuando el rango de consumo residencial bajo de CFE es menor a 450 kWh bimestrales, lo que equivale a que una familia para permanecer en la cuota de bajo consumo podrá disponer de hasta 61.37 Kilogramos de Carbón bimestrales.

En caso que la potencia eléctrica que requiere la familia sea suministrada exclusivamente por biomasa cuyo PCI sería de 4300 kCal/kg equivalente a 18 MJ/kg (considere el tratamiento previo al cual deberá ser sometido para alcanzar dichos valores de PCI), la biomasa tendrá una potencia de 5 kWh/kg, de esta manera para alcanzar el límite de 450 kWh bimestrales permitidos para el Rango Bajo se requiere la energía de 90 Kilogramos de Biomasa.

De esta manera la ecuación general obtenida para relacionar la Potencia Eléctrica Consumida (PEC) y Cantidad de Combustible (CC) necesaria es:

$$CC = \frac{PEC(kWh) * 859.85(kCal/kWh)}{PCI(kCal/kg)} \quad (3)$$

Dónde:

CC = Cantidad de Combustible (kg)

PEC = Potencia Eléctrica Consumida (kWh)

PCI = Poder Calorífico Inferior del Combustible (kCal/kg)

### Discusiones

El caso de estudio analizado anteriormente revela una cantidad de biomasa bimestral alcanzable, recientemente la UdeG inauguró su primer huerto solar con una inversión de 20 millones de pesos con una generación eléctrica de 4.01 MWh, equivalentes a reducir 2 Toneladas de emisiones de CO2 anuales. Así mismo para satisfacer esta generación eléctrica usando Biomasa con un poder calorífico de 4300 kCal/kg se requeriría de:

$$CC = \frac{PEC(kWh) * 859.85(kCal/kWh)}{PCI(kCal/kg)} \approx 802 \text{ kg/hr}$$

Por lo que cronológicamente se deberá mantener un abastecimiento de biomasa de 802 kg/hr por lo que en un día se deberá tener 19.248 Ton/día, esto bajo condiciones de Eficiencia al 100%, y tratamiento previo a la biomasa.

Tiempo	Peso (Ton)
1 hora	0,802
1 día	19,248
1 año	7025,52

**Tabla 2** Abastecimiento de Biomasa con Eficiencia Térmica al 100% y PCI de 4300 kCal/kg

En condiciones reales de operación, la eficiencia térmica de las calderas es del 80%, además que la Biomasa de 2da Generación contemplada cuenta con un poder calorífico inferior del orden 3700 kCal/kg, el abastecimiento de Biomasa se incrementa hasta un 45% la cantidad de combustible requerido:

Tiempo	Peso (Ton)
1 hora	1,164
1 día	27,936
1 año	10196,64

**Tabla 3** Abastecimiento de Biomasa con Eficiencia Térmica al 80% y PCI de 3700 kCal/kg

Finalmente para tener mantener el comparativo Biomasa – Carbón, la cantidad de Carbón requerido en condiciones reales (Eficiencia Térmica al 80%), se verá reflejado en:

Tiempo	Peso (Ton)
1 hora	0,684
1 día	16,416
1 año	5991,84

**Tabla 4** Abastecimiento de Carbón Mineral con Eficiencia Térmica al 80% y PCI de 6300 kCal/kg

Por lo tanto para dejar de lado un aproximado de 16.5 Toneladas de Carbón Mineral por día, se requiere un cantidad de aproximadamente 28 Toneladas de Biomasa de 2da Generación diaria.

## Conclusiones

El uso de biomasa como biocombustible ha sido ampliamente utilizado, ya que cuenta con diversas ventajas económicas y ambientales comparada con los hidrocarburos fósiles. Su utilización se enfoca a pequeña escala, debido a que al aumentar la demanda de la biomasa se complica su abastecimiento continuo.

El principal problema es el abastecimiento de la biomasa y su tratamiento previo para reducir su porcentaje de humedad y así aumentar su densidad y poder calorífico, inclusive se puede emplear la Pirolisis para fijar el Carbón de la Biomasa y eliminar una gran parte de Materia Volátil, logrando que su PCI aumente al mismo nivel del Carbón Mineral.

En la mayoría de los casos el uso el uso de la Biomasa como combustible se hace en instalaciones híbridas, para complementar y asegurar el abastecimiento de la materia prima.

De igual forma actualmente se están realizando estudios en la misma Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas (UPLC) con Biomasa modificada para incrementar la cantidad de producto en espacios reducidos a los naturalmente requeridos, teniendo resultados muy favorables.

## Referencias

Agüero, A. C., Pisa, J. R., Agüero, C. J., & Bugeau, A. T. (2010). Poder calorífico del bagazo de caña de azúcar. *Junio*

Bustamante, C. A. G., & Cerutti, O. M. (2017). Estado del arte de la bioenergía en México.

Carpenter, D., Westover, T. L., Czernik, S., & Jablonski, W. (2014). Biomass feedstocks for renewable fuel production: a review of the impacts of feedstock and pretreatment on the yield and product distribution of fast pyrolysis bio-oils and vapors. *Green Chemistry*, 16(2), 384-406.

Golato, M. A., Franck Colombres, F. J., Aso, G., Correa, C. A., & Paz, D. (2008). Metodología de cálculo de la eficiencia térmica de generadores de vapor. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 85(2), 17-31.

Hernández Sardiñas, A., González Morales, V. M., & Freide Orozco, M. L. (2017). Aprovechamiento de las posibles fuentes de biomasa para entregar más electricidad en la fábrica de azúcar antonio sánchez. *Centro Azúcar*, 44(4), 88-97.

Jenkins, B., Baxter, L. L., Miles Jr, T. R., & Miles, T. R. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel processing technology*, 54(1-3), 17-46.

Masera, O., Coralli, F., García, C., Riegelhaupt, E., Arias, T., Vega, J., & Cecotti, L. (2011). La bioenergía en México. Situación actual y perspectivas. *Red Mexicana de Bioenergía, AC, México*, 7-8.

McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource technology*, 83(1), 37-46.

Ordóñez Díaz, J. A. B., Rivera Vázquez, R., Tapia Medina, M. E., & Ahedo Hernández, L. R. (2015). Contenido y captura potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro Jacuaro, Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(32), 7-16.

Raveendran, K., Ganesh, A., & Khilar, K. C. (1996). Pyrolysis characteristics of biomass and biomass components. *Fuel*, 75(8), 987-998.

Rueda, G. D. H. Z., Mistretta, M. G., Peralta, F. L., Gutiérrez, C. E., Feijóo, E. A., Golato, M. A., ... & Cárdenas, G. J. (2016). CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL RESIDUO AGRÍCOLA DE COSECHA DE CAÑA DE AZÚCAR (RAC) DE TUCUMÁN, ARGENTINA. *Energías Renovables y Medio Ambiente (ERMA)*, 36.

Serrano, J., Mejía, W., Ortiz, J., Sánchez, A., & Zalamea, S. (2017). Determinación del potencial de generación eléctrica a partir de biomasa en el Ecuador.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2009). Consultado 09-11-2010 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

SOLAR, E. T. (2016). *CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL CIIDIR MICHOACÁN* (Doctoral dissertation, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL).

Vassilev, S. V., Vassileva, C. G., & Vassilev, V. S. (2015). Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: An overview. *Fuel*, 158, 330-350.

# Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

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

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

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

International Identification of Science - Technology and Innovation

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

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

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

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

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

---

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

Objetivos  
Metodología  
Contribución

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

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

Objetivos  
Metodología  
Contribución

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

---

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

---

---

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

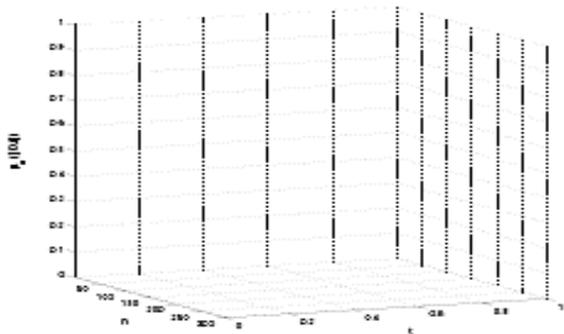
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

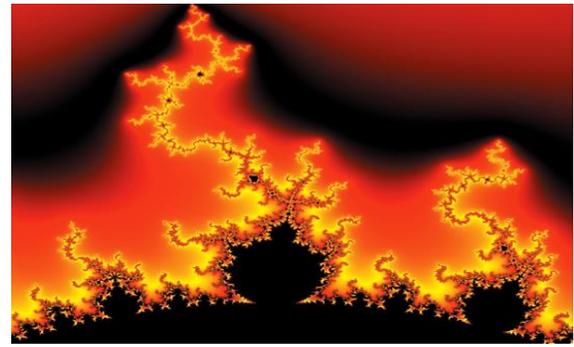
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

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



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



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

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

## Metodología a desarrollar

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

## Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

## Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

## Agradecimiento

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

## Conclusiones

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

## Referencias

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

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

## Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

## **Reserva a la Política Editorial**

Revista de Ingeniería Eléctrica 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 Ingeniería Eléctrica 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 Ingeniería Eléctrica, 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 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](mailto:contact@ecorfan.org) [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**ECORFAN®**

**Editor en Jefe**

QUINTANILLA - CÓNDOR, Cerapio. 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](mailto: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](mailto:financingprograms@ecorfan.org)

**Oficinas de Gestión**

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

# Revista de Ingeniería Eléctrica

“Desarrollo de un sistema electrónico con desplazamiento bidimensional para obtener el flujo lumínico en distintas fuentes de iluminación para conseguir sus curvas características”

**GONZÁLEZ-GALINDO, Edgar Alfredo, VÁZQUEZ-ZAVALA, Laura, SOTO-DELGADO, Douglas Kevin y JIMÉNEZ-QUEZADA, Einar Genaro**

*Universidad Nacional Autónoma de México*

“Uso de energía cinética para la obtención de energía eléctrica para señalamientos viales tipo leds y alumbrado publico aplicado en la Ciudad de la Venta, Tabasco”

**MARTINEZ-VALERA, Elizabeth & MUÑOZ-ROQUE, Micaela**

*Instituto Tecnológico Superior de Villa la Venta Tabasco*

“Optimización de la eficiencia de la celda fotovoltaica”

**SANDOVAL-VILLEGAS, Juan Carlos, TOLOSA-GARMA, Irving Manuel y QUINTAL-VÁZQUEZ, José Francisco**

*Universidad Tecnológica de Cancún*

“Análisis energético de la biomasa en Michoacán: Con caso de estudio para generación eléctrica de 4MWh”

**ZAPIEN-RODRÍGUEZ, José Manuel, ESCOTO-SOTELO, Edgardo Abdiel y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco Augusto**

*Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas*

