

VARIABLES Y ESTÁNDARES PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UN COLECTOR SOLAR DE LENTE TIPO FRESNEL, PARA USO DOMÉSTICO

Origel Vázquez, José Daniel (1), Ramírez Martínez, Alma Lizbeth (2), Rubio Jiménez, Carlos Alberto (3)

1 Licenciatura en Ingeniería en Energías Renovables | Dirección de correo electrónico: jd.origelvazquez@ugto.mx

2 Licenciatura en Ingeniería Ambiental | Dirección de correo electrónico: lizbeth.rmzmtz@gmail.com

3 Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca | Dirección de correo electrónico: carlos.rubio@ugto.mx

Resumen

La Energía es uno de los principales motores para el desarrollo de México. La energía térmica generada a partir de combustibles fósiles tiene aplicaciones en el sector de transporte, industrial, doméstico, entre otros, pero esta contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Este es uno de los principales problemas mundiales a los que se enfrenta actualmente la humanidad, por lo que el uso de estos combustibles debe moderarse. La energía solar térmica es un recurso que puede sumarse a la cadena de suministro energético, abriendo un área de oportunidad de las Energías Renovables. El presente trabajo muestra la relación presente entre la radiación que concentra un lente Fresnel y la temperatura a la que puede llegar su punto focal a fin de aprovechar esta energía dentro del sector doméstico, específicamente para calentamiento de agua sanitaria. Esta relación ha sido determinada a partir de un estudio experimental básico. A la par, se analiza el histórico de la radiación media mensual en el corredor industrial del Bajío-Guanajuato y el tiempo efectivo de radiación, el cual fue de 5.99 horas al día. A partir de este resultado se muestra la tendencia de la temperatura en el punto focal a lo largo del año para su posterior aplicación como fuente de energía térmica.

Abstract

Energy is one of the main driving for Mexico's development. Thermal energy generated by fossil fuels has applications in the sectors of transportation, industry, residential, etc., but this contributes to the emission of greenhouse gases. This is one of the main global issues which humanity is currently facing on so that the use of these fossil fuels should be moderated. Solar thermal energy is a resource that can be added to the energy supply chain, opening up an area of opportunity for Renewable Energies. The present work shows the existing relationship between the radiation that concentrates a Fresnel lens and the temperature at which its focal point can reach in order to take advantage of this energy into the residential sector, specifically for sanitary water heating. This relationship has been determined from a basic experimental study. Parallely, the history of the average monthly radiation in the region along the Bajío-Guanajuato industrial and the effective radiation time were analyzed. This time was 5.99 hours a day. From this results, the tendency of the temperature at the focal point along the year is shown. This information is going to be used as thermal energy source.

Palabras Clave

Energía Solar; Radiación Solar; Lente Fresnel; Bajío-Guanajuato; Energía Renovable

INTRODUCCIÓN

Los recursos energéticos son usados por el hombre para satisfacer algunas necesidades básicas como lo es la generación de calor. El calor es necesario para un gran número de aplicaciones, desde su uso para la cocción de alimentos hasta la generación de potencia para producir energía eléctrica.

El masivo consumo de hidrocarburos está produciendo alteraciones en la atmósfera. El actual esquema de consumo energético, tanto en México como a nivel global, simplemente no es sustentable, es decir, no puede mantenerse indefinidamente sin amenazar su propia existencia. Algunos modelos que consideran los efectos que está teniendo actualmente el uso y abuso de los combustibles fósiles, considerando las posibles tendencias futuras, amenazan con producir una catástrofe en contra de la humanidad, antes de que termine el siglo XXI. [1]

Auguste Jean Fresnel fue un físico francés cuyas ideas aportadas colaboraron para sostener la teoría ondulatoria de la luz. Este científico desarrolló un nuevo lente para faros en 1822, mucho más eficiente que los que se usaban en la época.

Fresnel elaboró una serie de fórmulas para calcular la forma en que la luz cambia de dirección, o refracta, mientras pasa a través de prismas de vidrio. Trabajando con algunos de los fabricantes de vidrio más avanzados de la época, produjo una combinación de formas de prisma que juntos formaban una lente. El lente del faro de Fresnel utilizó una lámpara grande en el plano focal como su fuente de luz. También contenía un panel central de lupas rodeadas por encima y por debajo de anillos concéntricos de prismas y espejos, todos inclinados para recoger la luz, intensificarla y proyectarla hacia fuera.

La primera lente de Fresnel, instalada en el elegante faro de Cardovan Tower en el río Gironde en 1822, era visible en el horizonte, a más de 30 kilómetros de distancia. "Nada puede ser más hermoso que un aparato entero para una luz fija", dijo un ingeniero sobre el dispositivo de Fresnel. [2]

Colectores y Calentadores solares.

En la actualidad existen varios tipos de colectores y calentadores solares que han sido mejorados a medida que los procesos tecnológicos, tanto de diseño como de manufactura, han mejorado. Los diferentes tipos de calentadores solares tienen el mismo objetivo, calentar agua con energía solar. [3]

- *Colector de placa plana:* Consiste en un sistema en donde la energía es absorbida por una placa usualmente fabricada con algún material con alta absorción o cubierto con algún material que le entregue dicha característica. A la placa se le incluyen vetas o canales por donde se hace circular el fluido a calentar, la placa al presentar una mayor superficie que los tubos se calienta y por conducción transfiere calor al fluido. Para evitar las pérdidas de calor por conducción hacia el suelo o estructura, la placa y el fluido son colocados dentro de un compartimiento cubierto de algún material aislante como lana mineral o madera. [4]
- *Tubos al vacío:* Consiste en colocar tubos, por los cuales circula el fluido a calentar, dentro de cilindros al vacío. El objetivo de este diseño es recibir la radiación solar, y reducir al mínimo las pérdidas hacia el ambiente. Usualmente el fluido a calentar es evaporado en la sección del tubo al vacío, se coloca una cúpula en la cumbre del tubo donde se transfiere el calor al fluido definitivo, mientras el fluido térmico se condensa y precipita. [4]

Así, la energía solar es una alternativa de energía limpia para mitigar las afectaciones actuales y futuras sobre la contaminación mundial y cambio climático por lo que el presente trabajo contribuye a la investigación para el desarrollo de nuevos productos que ayuden al desarrollo energético de nuestro país, y el mundo. La energía solar térmica se usa de forma intensiva en calefacción de naves industriales y de viviendas, así como climatización de piscinas.[5]

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento Lente Fresnel y radiación

Para el desarrollo del presente trabajo se hizo uso de 1 lente Fresnel de 300 x 300 (mm), el cual ha sido reciclado de un equipo de proyección de acetatos. Para la medición de la radiación local se hizo uso de un piranómetro que mide la radiación solar incidente de un rango de 0 a 2000 W/m². La temperatura fue medida a partir de termopáres tipo K. Este equipo es utilizado dentro de un set de prueba mostrado en la Imagen 1.

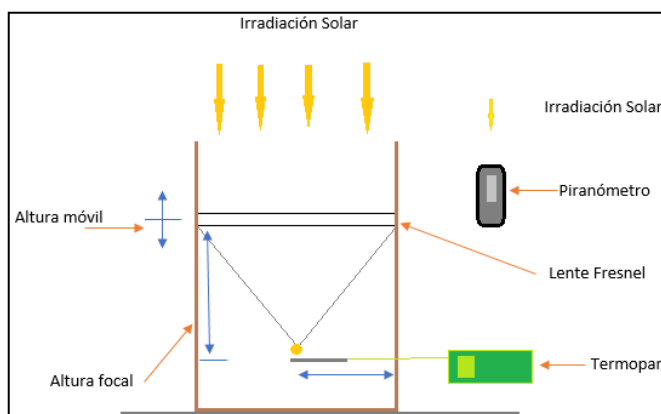


IMAGEN 1: Esquema de la base de madera y lente Fresnel del experimento.

Este experimento se realizó con el fin de conocer la relación entre, radiación Solar y temperatura del punto focal del lente Fresnel.

Durante el análisis experimental se recabaron los siguiente datos: *i)* temperatura del punto focal (°C), *ii)* hora de la medición, *iii)* radiación vertical y radiación dirigida al Sol (W/m²), *iv)* ángulo de inclinación del Sol (grados), *v)* Altura desde el lente al punto focal (cm), *vi)* Diámetro del punto focal (mm), *vii)* defase del punto focal con respecto a la vertical (mm), y *viii)* temperatura ambiente.

El set experimental presenta la bondad de modificar la altura del lente Fresnel, en intervalos de ½ pulgada, a fin de que la superficie en la que se generaba el punto focal se mantuviera fija. Una vez determinada la altura correspondiente para generar el punto focal, se procedía a hacer la medición con el termopar, generando un par de lecturas con cada sistema de medición (repetitibilidad). Estas mediciones fueron realizadas en la región de Irapuato, Guanajuato.

Para este estudio, el área de interés es la región corredor industrial del Bajío, dentro del estado de Guanajuato ya que es la zona de mayor demanda energética en el estado, por lo que, estudios energéticos de este tipo son la base para futuros trabajos en beneficio directo del estado. A lo largo del corredor industrial se cuenta con varias estaciones meteorológicas por parte de la Comisión Nacional del Agua [6] así como de la Fundación Guanajuato Produce A.C. [7]. Once estaciones meteorológicas (Tabla 1).

Tabla 1: Estaciones analizadas de Fundación Guanajuato Produce, A.C.

ID	Estación	Municipio	Longitud	Latitud
A	El Barrial	Sn Fco del Rincón	-101.838389	21.048639
B	Agroeduca	León	-101.651361	21.010889
C	El Huaricho	Romita	-101.545056	20.85025
D	San Diego	Silao	-101.39	20.878
E	Cbta 220	Irapuato	-101.431947	20.784452
F	El Copal	Irapuato	-101.327611	20.744222
G	El Fuerte	Salamanca	-101.207861	20.624
H	Xonótlí	Villagrán	-101.07038	20.553019
I	El Coyote	Cortazar	-101.011556	20.42694
J	F. GTO	Celaya	-100.80865	20.530506
K	Los Tecolotes	Apaseo el Alto	-100.600528	20.433639

Se seleccionaron para este estudio, tomando como criterio el que estuvieran dentro de los municipios que forman parte del corredor industrial (Imagen 2). Las estaciones disponibles por la Fundación Guanajuato Produce, A. C., son las que mejor se adaptarán a las necesidades del presente trabajo. Cada estación realiza una medición en periodos de 15 minutos. El periodo de captura de datos contemple desde el 1 de enero del 2013 al 31 de mayo del 2018 (~5 años). En base a la literatura técnica, se ha observado que la radiación solar en función de las horas del día se comporta de forma simétrica. A tempranas horas de la mañana y altas horas de la tarde, la radiación es constante a valores por debajo de los 200 W/m².



IMAGEN 2: Estaciones meteorológicas dentro del corredor industrial Bajío-Guanajuato a cargo de FUNDACIÓN GUANAJUATO PRODUCE, A. C.

En un intervalo muy corto de tiempo (cercano a las 10:00 A.M. y antes de las 6:00 P.M.), este parámetro se varía de forma importante hasta alcanzar un valor constante cercanos a la condición máxima de la zona. Este valor constante se mantiene por un lapso de tiempo de entre 4 a 7 horas. El presente estudio se enfoca solamente en el lapso de tiempo antes mencionado, por lo cual, las radiaciones por debajo de los 300 W/m² son descartadas. A partir de estos parámetros se procedió a determinar el promedio de radiación por hora (radiación promedio recibida en una hora determinada del día). Se continuó con el determinar el promedio de radiación por día (radiación promedio recibida en un día

determinando). Con ellos, se concluyó determinando la radiación promedio mensual histórica de este periodo de tiempo por cada una de las estaciones (Gráfico 1), así como el tiempo promedio diario (Gráfico 2) que se tiene disponible la radiación.

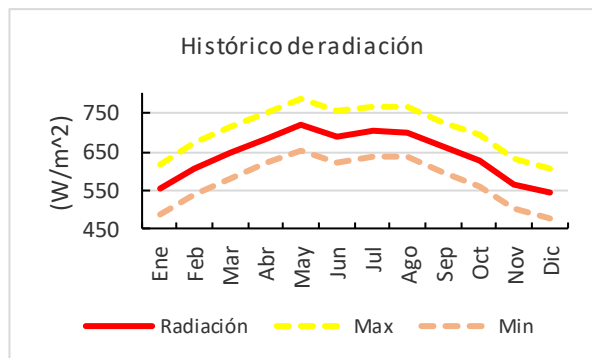


Gráfico 1: Tendencia de radiación solar en el corredor industrial del Bajío Guanajuato entre el 01/01/13 y 31/05/2018

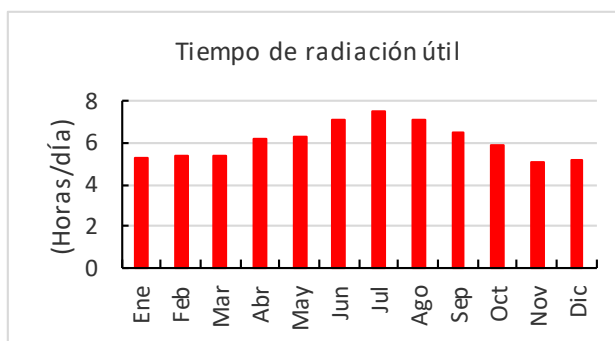


Gráfico 2: Tiempo promedio útil de los días del mes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a estos dos resultados (datos experimentales y procesamiento de datos de las estaciones meteorológicas), se determina la relación que presenta la temperatura del punto focal obtenida con el lente tipo Fresnel usado en el presente trabajo, y los límites en la que este sistema puede operar dentro del corredor industrial del Bajío-Guanajuato. A partir de los datos experimentales se generó una regresión para representar este comportamiento dentro de la irradiación máxima y mínima del año (800 W/m^2 y 500 W/m^2 , respectivamente). Así, la temperatura del punto focal dentro de este rango de radiación está entre los 55°C a 140°C , respectivamente. (Gráfico 3).

A pesar de que en el experimento la temperatura focal alcanzó los 750°C (Gráfico 4) como máxima temperatura focal experimental para una radiación de $1,300 \text{ W/m}^2$, esta radiación fue mantenida por cortos intervalos de tiempo, lo cual limita que el proceso de calentamiento a estas condiciones no sea sostenible. Además, la funcionalidad del sistema se ve altamente impactado por la forma en que la temperatura del punto focal y la radiación solar están relacionadas de forma exponencial. Este fenómeno está dado por el efecto de atenuación de la radiación, al incidir radiación, un flujo constante de fotones se concentra en un área reducida, la interacción del fotón con el termopar hace que sus electrones del material del termopar adquieran energía cinética, y al no dejar de incidir la radiación, la tendencia de adquirir energía cinética se comporta de forma exponencial dando lugar al aumento de la temperatura [8].

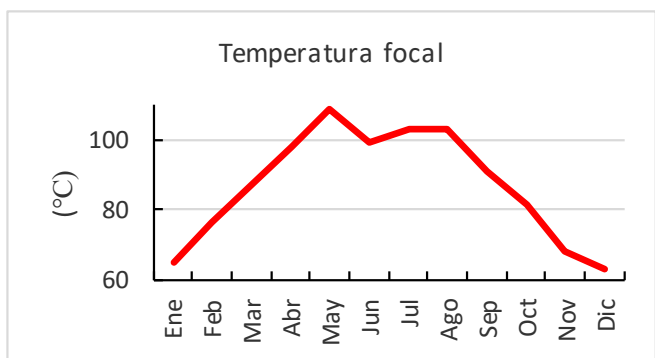


Gráfico 3: Temperatura focal con datos de las estaciones.

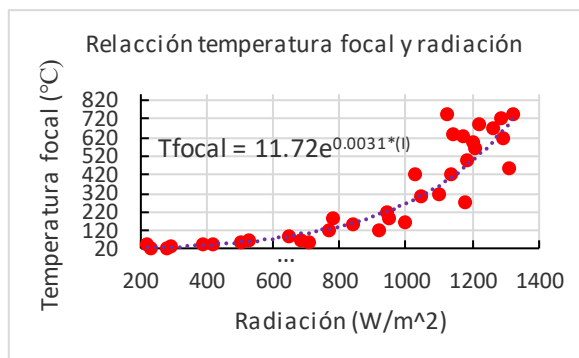


Gráfico 4: Resultados experimentales de temperatura focal del lente tipo Fresnel respecto a la radiación.

CONCLUSIONES

La temperatura focal que entrega un lente tipo Fresnel en la zona del corredor Bajío-Guanajuato puede ser utilizada para aplicaciones termosolares en la industria, principalmente generando calor de proceso o vapor de proceso a temperaturas medias, entre 100°C y 120°C (industria cárnica, bebidas, comida enlatada, industria textil, química).

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Educación Pública (SEP) por el apoyo en el proyecto "Desarrollo de Materiales de Perovskita Artificial para su Inserción en Celdas Solares" dentro de la convocatoria "PRODEP - Apoyo para el Fortalecimiento de los Cuerpos Académicos".

REFERENCIAS

- [1] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores del Occidente (1995). Curso de “Energía Solar”. Febrero, 1995, de Daniel Gudiño Ayala, Tlatepaque, Jalisco.
- [2] Mayoral B. (marzo 1, 2017). La historia de los lentes Fresnel. Febrero 16, 2018, de Beatriz Mayoral, Todo depende del lente con que se mira. Recuperado de <http://beatrizmayoral.blogspot.mx/search?q=lente+fresnel>
- [3] CEMAER. (2016). Tipos de Calentadores Solares. Febrero 16, 2018, de Blog de CEMAER. Recuperado de <http://www.cemaer.org/tipos-de-calentadores-solares/>
- [4] Schuster White A.A., Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico, (5 de Abril 2015) Santiago de Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Mecánica, pp. 16 – 17, cap 3.
- [5] Sastre, A. (2016). Análisis de Colectores de Media Temperatura, pp. 41-42. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/79176816.pdf>
- [6] CONAGUA. (2016). Información Climatológica por Estado. julio 17, 2018, de Sistema Meteorológico Nacional Sitio web: <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=gto>
- [7] F.G.P.. (2018). Estaciones Climáticas. julio 17, 2018, de Fundación Guanajuato Produce Sitio web: http://www.estaciones.fundacionguanajuato.mx/export/export_dat.php
- [8] CSN. (2013). Interacción de la radiación con la materia. julio 24, 2018, de Consejo de Seguridad Nuclear Sitio web: http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/764096047_1572009112411.pdf