

# CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN COLECTOR TERMOSOLAR FRESNEL: TOMA DE DATOS PARA UN MODELO A PEQUEÑA ESCALA

---

**JEREZ-CARRIZALES, MANUEL FERNANDO<sup>1</sup>.**

Magíster en ingeniería mecánica, Instructor SENNOVA.  
E-mail: Mfjerez0@misena.edu.co

**SERRANO PEDRAZA, NICOLÁS ESTEBAN<sup>2</sup>.**

Aprendiz del programa Electricidad Industrial.  
E-mail: neserrano3@misena.edu.co

**ANDRADE BALAGUERA, NAYHARA ALEXANDRA<sup>3</sup>.**

Aprendiz del programa Electricidad Industrial.  
E-mail: alexandrandra@misena.edu.co

**GONZALEZ GUILLEN, HAIDER<sup>4</sup>.**

Aprendiz de Mantenimiento Electromecánico Industrial.  
E-mail: hgonzalez939@misena.edu.co

---

## RESUMEN

La presente investigación terminada se centra en la elaboración de un prototipo de un colector solar térmico bajo la tecnología Fresnel y con el cual se realizaron pruebas en el municipio de Girón en el departamento de Santander. En este artículo se mencionan datos relacionados con el diseño, la construcción y las mediciones obtenidas con este.

El prototipo construido, a pequeña escala, se diseñó así con el fin de obtener recomendaciones para que al momento de construir el modelo real se obtengan buenos valores de eficiencia del dispositivo a lo largo del año. Por tal motivo, se construyó el modelo con un área de recepción de la luz solar de 30 [cm<sup>2</sup>]. Para la construcción del prototipo se usaron materiales comerciales de bajo costo entre estos vidrio, cobre, aluminio y madera. Para la calibración individual de los espejos se optó por usar un laser el cual se dejó fijo apuntando verticalmente hacia abajo y se desplazó paralelamente el prototipo verificando que no se produjera giros, y a pesar de ello, se encontraron algunos inconvenientes al momento de exponer el prototipo a la luz solar, causados tanto por la caja de vidrio como por la falta de un sistema para un seguimiento preciso de la posición del sol.

**Palabras claves:** Colector, energía, solar, temperatura, fresnel.



**La energía solar es una fuente ilimitada de energía que ha influido en la vida de los seres vivos desde tiempos inmemoriales.**

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía solar es una fuente ilimitada de energía que ha influido en la vida de los seres vivos desde tiempos inmemoriales. Los seres humanos, de la mano de la ciencia, han desarrollado dispositivos que permiten aprovechar esta fuente de energía y con ello, resolver diferentes necesidades (CELSIA, 2019) (Cengel, 2007).

Algunas de las necesidades que se pueden resolver con los sistemas solares corresponden a procesos térmicos, por ejemplo: aumentar la temperatura de las materias primas para producir la cocción, la evaporación, la esterilización, la separación o incluso la aceleración de las reacciones químicas. Todos estos procesos requieren de una gran cantidad de energía que no solo afecta el costo final del producto de una empresa, sino que también pueden contaminar el medio ambiente por la quema de combustibles fósiles (Acciona Energía, 2019).

En Girón existen empresas dedicadas a la cocción de alimentos, la cuáles tienen el problema de consumir grandes cantidades de energía a través de la quema de combustibles fósiles, lo cual, genera un impacto ambiental negativo. A partir de este problema se plantea la siguiente hipótesis: la construcción de un concentrador solar tipo fresnel podría proveer la cantidad de energía térmica necesaria en diferentes procesos de las empresas, la cual, de ser comprobada, generaría una reducción en los costos de las facturas de energía y sería un apoyo a las políticas ambientales de las empresas que le ayudará a reducir los factores contaminantes generados por esta. (CELSIA, 2019).

Los colectores lineales Fresnel son unas de las dos tec-

nologías de concentración lineales más viables junto con la parabólica. En el primer caso, utilizan una sección de perfil bajo, reflectores principalmente planos o casi planos y un conjunto de receptor fijo que incluye uno o más tubos receptores lineales y un reflector secundario opcional. La arquitectura de perfil bajo del reflector permite aumentar la relación de concentración sin aumentar las cargas del viento, esto se debe al hecho de que la carga de par del viento es aproximadamente proporcional al cuadrado de la altura del espejo (Delgado, 2007).

Históricamente la mayoría de los colectores lineales Fresnel fueron utilizados o desarrollados para la generación de calor a baja o media temperatura. Debido a que la arquitectura de bajo perfil proporciona una gran flexibilidad en la selección de una relación de concentración, los colectores lineales Fresnel se pueden adaptar fácilmente para diferentes temperaturas objetivos según la necesidad a satisfacer (Zhu, 2013) (Montes, 2014).

En general, los diseños de los concentradores lineales fresnel se diferencian en el diseño del ensamblaje del absorbedor y la disposición de la sección de los espejos (Zhu, 2013).

En el presente documento se narra el proceso de construcción de un prototipo a escala y se presentan algunos de los datos obtenidos durante las pruebas realizadas.

## 2. METODOLOGÍA

La investigación comenzó con la revisión bibliográfica referente al tema y con la formulación de un proyecto, el cual fue aprobado para construir un prototipo a escala natural del colector solar fresnel de 12 m<sup>2</sup>. Se optó, como primer paso, construir un prototipo funcional a escala reducida del cual se pudiera obtener algunas recomendaciones de diseño para la construcción del modelo real.

El modelo a escala del Colector Solar 1 (en adelante, CS1) debía tener una facilidad de transporte y de almacenamiento, debía ser funcional tanto en el calentamiento del fluido de trabajo (agua) como el almacenamiento de esta.

Al ser CS1 un modelo pequeño, no se usó una bomba para recircular el fluido, en cambio, se optó por una recirculación natural del fluido causada por la diferencia de densidad en el sistema.

En los colectores solares tipo fresnel los espejos suelen tener la misma longitud que el absorbedor; para el caso de colectores solares tipo fresnel sin seguimiento solar, a medida que el absorbedor sea más largo, se tendrá menos pérdidas por reflexiones indeseadas cuando el sol se aleje de la posición ideal, pero al mismo tiempo, una excesiva longitud del absorbedor puede aumentar las pérdidas por transferencia de calor con el aire circundante.

El ancho del colector también es un factor importante en el diseño de los dispositivos, a medida que se aumente el ancho total de la zona de recepción de los rayos y se aumente la cantidad de espejos, mayor será la concentración de los rayos solares, sin embargo, esto genera una mayor complejidad en el proceso de construcción.

La zona del absorbedor debe tener un tamaño equiparable al de los espejos. A medida que el absorbedor sea más grande, recibirá por más tiempo la energía del sol pero también, tendrá mayores pérdidas por transferencia de calor.

La inclinación de los espejos depende de diversos factores entre los que se puede destacar: posición ideal del sol, ancho de los espejos, ancho del absorbedor, distancia horizontal y vertical de cada espejo al absorbedor, factores que definen la manera como las leyes de reflexión y refracción se aplican en el prototipo.

El prototipo construido, el cual se muestra en la figura 1, tiene un área de recepción de rayos solares de 300 cm<sup>2</sup>, cada uno de los 10 espejos tiene 1cmx30cm, se realizó una caja de vidrio de 4mm de espesor y de 2cmx4cm.

Dentro de los materiales utilizados se encuentra: vidrio común de 4mm, espejo común de 4mm, tubo de cobre de 3/16" y madera.



**Figura 1. Fotografías del prototipo:** a la izquierda, ajuste de los espejos con ayuda de un laser; a la derecha, puesta a prueba y monitoreo de variables.

Asimismo, fue necesario construir un sistema de adquisición de datos basados en los sensores Lm35dz y termopares tipo K, en el circuito integrado Max6675, en un arduino mega, una pantalla LCD, un módulo de grabación de datos en una memoria SD y unos paneles solares para abastecer de energía eléctrica al sistema electrónico del proyecto. Desde las primeras pruebas se evidenció que la pantalla LCD no debe ser irradiada directamente con los rayos solares.

Si bien los ángulos de los espejos se pueden definir teóricamente por geometría y las leyes que rigen la óptica, en la práctica y debido a que la construcción se realizó manualmente, se recurrió a un láser fijo y desplazamientos paralelos del prototipo.

## 3. RESULTADOS

El prototipo desarrollado se puso a prueba en el Centro Industrial de Mantenimiento Integral, CIMI, ubicado en el municipio de Girón, departamento de Santander. Se realizaron diferentes pruebas con el colector en las cuales se buscaba obtener tanto la temperatura máxima alcanzada por el sistema como la diferencia de temperatura máxima, como se puede observar en la figura 2.





**Figura 2. Variación de las temperaturas a lo largo del tiempo:** T\_COL corresponde a la temperatura promedio en el absorbedor y DELTA\_T corresponde a la diferencia de temperatura entre T\_COL y la temperatura ambiente.

Las diferentes pruebas realizadas dieron como resultado que la temperatura máxima promedio en el absorbedor fue de 77 [°C] y el aumento de temperatura del absorbedor respecto a la temperatura del suelo fue de 37 [°C] para el mismo instante.

Teniendo en cuenta que los mecanismos de transferencia de calor por conducción y convección dependen linealmente de una diferencia de temperaturas se considera importante mostrar el aumento de temperatura respecto a una temperatura de referencia, que en este caso corresponde a la temperatura debajo de los espejos, se encontró que esta temperatura puede superar los 30 [°C]. Se escogió esta posición por ser una zona a la zona que podría representar la temperatura del aire circundante.

Dentro de las pruebas realizadas se encontró que la ubicación de los sensores afecta significativamente las mediciones tomadas. Para el caso del absorbedor, estas mediciones se tomaron a un extremo y en el centro del absorbedor, zonas en las cuáles se encontraba las mayores y menores temperaturas, se encontró que la diferencia de temperatura entre estas dos posiciones podía superar los 10 [°C].

Los datos recopilados representan un primer conjunto de datos que junto con los datos correspondientes al prototipo modificado serán contrastados con un modelo matemático para verificar tanto la capacidad del sistema como la predicción del modelo para diferentes condiciones.

## 4. CONCLUSIONES

- Se alcanzó temperaturas máximas de 77 °C y una diferencia de temperatura máxima de 37 °C
- Si bien la calibración de los espejos se realizó con un láser emulando rayos del sol paralelos, se evidenció problemas de refracción de la luz en la caja de vidrio limitando el aprovechamiento correcto de la energía solar
- Se evidenció que la alta inclinación de los espejos (debido a la baja altitud del absorbedor) también limitó la cantidad de energía aprovechada en el prototipo.

- Es importante contar con el prototipo para obtener los datos necesarios con los cuales se espera determinar futuros ajustes que permitan realizar aportes al sector industrial.

## 5. AGRADECIMIENTOS

La presente investigación se realizó en el Centro Industrial de Mantenimiento Integral - grupo de investigación "Sena, Investigaciones y desarrollos Industriales Aplicados, I+Dea" como parte del proyecto "Diseño y construcción de un colector termosolar plano" registrado en la plataforma de SENNOVA con el código SGPS: 1809-2017.

## 6. REFERENCIAS

Acciona Energía (2019). ENERGÍA SOLAR. Recuperado de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/>

CELSIA (2019). Todo lo que debes saber sobre energía solar en Colombia. Recuperado de <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia>

Çengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico, México: McGraw Hill,

Delgado, Efredy (2007). Diseño, construcción y evaluación de tres colectores solares térmicos. Avances Investigación en Ingeniería,4, p. 72-77.

Montes, M.; Rubbia, C.; Abbas, R.; Martínez-Val, J. (2014). A comparative analysis of configurations of linear Fresnel collectors for concentrating solar power, Energy,73, p. 192-203.

Zhu, Guangdong & Wendelin, Tim & J. Wagner, Michael & Kutscher, Chuck. (2014). History, current state, and future of linear Fresnel concentrating solar collectors. Solar Energy, 103, p.639-652.

### PROTOTYPE OF A SOLAR FRESNEL COLLECTOR: DATA FROM A SMALL SCALE MODEL

#### ABSTRACT

The present research is focused on the development of a solar Fresnel collector. Tests are conducted in Girón, Santander. In this article, it is mentioned data related to the design, construction and measurements. The small scale developed prototype is designed in order to obtain recommendations for a real model, in which high efficiency throughout the year is expected. For that reason, the model is built with a reception area of 30 [cm<sup>2</sup>]. For the construction of the prototype, low cost commercial materials are used, in example, glass, copper, aluminum and wood.

It is used a laser for calibration of every mirror; laser is fixed vertically downwards, and prototype is moved in parallel. Despite this, some inconveniences are found when exposing prototype to sunlight, mostly, glass case and the lack of a precise tracking system for position of the sun.

**Keywords:** Collector, energy, solar, temperature, fresnel.