

Licenciatura: ingeniería Mecánica

Diseño, simulación y evaluación de un colector solar plano con una red de tuberías no convencional.

Modalidad: Proyecto de investigación.

Versión: Primera.

Trimestre lectivo: 24-P

Datos del alumno:

Herrera Arroyo José Pablo

Matricula: 2192045320

al2192045320@azc.uam.mx



Datos del Asesor:

Dr. Hilario Terres Peña

Categoría: Titular

Departamento de adscripción: Energía

Teléfono: 5553189161

tph@azc.uam.mx

Datos del co-asesor:

M en C. René Rodríguez Rivera

Categoría: Asistente

Departamento de adscripción: Energía

Teléfono: 7737369335

rerori@azc.uam.mx

Firma

Firma

06/09/2024

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Herrera Arroyo José Pablo

Dr. Hilario Terres Peña

M en C. René Rodríguez Rivera

1. Introducción

La energía solar representa una de las energías renovables con mayor potencial de aplicaciones debido a su amplia disponibilidad [1]. Algunas aplicaciones de la energía solar son la obtención de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos o la iluminación solar. Una de las aplicaciones más importantes es la conversión de la energía solar a la térmica mediante dispositivos como estufas, secadores, destiladores y calentadores solares [3].

El calentador solar es un dispositivo que convierte la energía solar en térmica, se utiliza para obtener agua caliente. Además, los colectores pueden utilizarse como evaporadores en bombas de calor, lo que implica un mayor uso de energías renovables en diferentes aplicaciones. Existen diferentes tipos de colectores, como los colectores de placa plana que están conformados por una cubierta de vidrio, una placa absorbente, un aislamiento térmico y una tubería embebida o en contacto con la placa absorbente [4] como se muestra en la figura 1.

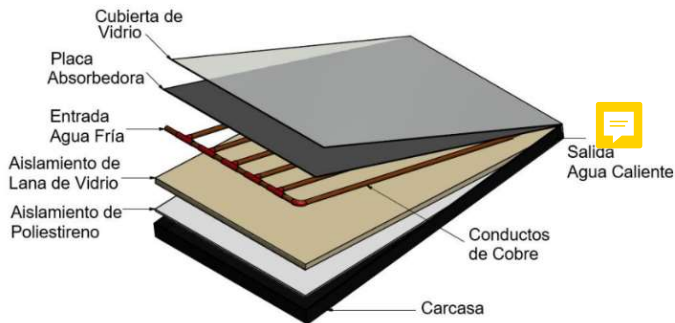


Figura 1. Esquema de un colector solar de placa plana.

La tubería es el medio por el cual se transfiere la energía solar al agua provocando que aumente su temperatura. Los colectores convencionales están formados por tuberías en forma de tubos paralelos o de serpentín porque son de fácil construcción, sin embargo, tienen caídas de presión altas comparadas contra colectores con geometrías no convencionales que integran patrones fractales [5]. La modificación de la tubería convencional con la integración de patrones fractales muestran menores caídas de presión, hasta 90% menor y eficiencias térmicas más altas contra un colector convencional bajo condiciones de operación similares [5].

En este proyecto se diseñará y evaluará numéricamente un modelo de colector solar plano que integre un patrón de tuberías no convencional, inspirado en patrones fractales. Con el análisis numérico se determinará la configuración de la tubería que permita obtener menores caídas de presión y una eficiencia térmica similar o más alta contra un colector convencional bajo las mismas condiciones de operación. El diseño propuesto considerará materiales que permitan su futura construcción para su uso en el suministro de agua caliente.

2. Antecedentes

En 2023, Rodríguez et al [5] evaluaron un modelo de colector que integró un patrón de tuberías con teselado rómbico y escalas alométricas (RTP) y compararon su desempeño contra un colector con tubos paralelos (PPP). Con el RTP la caída de presión fue 91% menor que con el PPP bajo las mismas condiciones de operación. De este trabajo se tomará la metodología para realizar el dimensionamiento de la tubería del colector que se diseñará y la metodología para el análisis numérico.

En 2012, López Martínez et al [6] realizaron una evaluación de un calentador solar de agua fabricado con tubería PVC en serie y envases PET translucidos donde se describe el proceso de evaluación preliminar realizado a un calentador solar de agua caliente sanitaria (ACS), fabricado con materiales económicos no convencionales. Se obtuvo como resultado un rendimiento máximo del calentador del 76.3% para seguir investigando sobre los materiales empleados y el diseño realizado. De este trabajo se tomará la metodología de análisis para el rendimiento del colector.

En 2016 Aranda Ramírez et al [7] realizaron un estudio numérico de un calentador solar de tubos evacuados utilizando la dinámica de fluidos computacional (CFD). En él se permitió estudiar el comportamiento térmico e hidráulico de un mismo calentador solar con diferentes relaciones de volumen, Se determinó el comportamiento térmico para una relación de volumen de 1 que de 5 siempre manteniendo la geometría en los tubos. De este proyecto se utilizará el análisis y los resultados del estudio para comparar con los resultados obtenidos en nuestro diseño con la red de tuberías no convencional.

3. Justificación

Los colectores solares planos son ampliamente utilizados para obtener agua caliente a nivel residencial e industrial, además, pueden funcionar como el evaporador de una bomba de calor. Estos han experimentado avances importantes con el tiempo, impulsados por el desarrollo tecnológico. Los colectores planos se fabrican con un patrón de la tubería en serpentín o tubos paralelos, sin embargo, estos presentan grandes caídas de presión contra otros con geometrías diferentes que integran patrones fractales. En este trabajo se diseñará y evaluará mediante dinámica de fluidos computacional (CFD) un colector plano que integre patrones fractales, con menores caídas de presión y eficiencia térmica similar o mayor a un colector de tubos paralelos y de serpentín bajo las mismas condiciones de operación. El diseño del colector se realizará considerando materiales que permitan su construcción futura lo que contribuirá a una producción de energía más sostenible.

4. Objetivos

Objetivo General:

Diseñar y evaluar con dinámica de fluidos computacional un colector solar plano que integre un patrón de tubería no convencional

Objetivos particulares:

Definir la geometría fractal que dará origen a la red de tuberías en el colector 

Diseñar el modelo del colector que integre la tubería con geometría fractal.

Evaluar el comportamiento hidrodinámico del colector diseñado contra uno de tubos paralelos y uno de serpentín

Evaluar el comportamiento térmico del colector diseñado contra uno de tubos paralelos y uno de serpentín

5. Metodología.

Se definirá el patrón fractal a utilizar para formar la tubería del colector, tentativamente será inspirado en árbol fractal con bifurcación o trifurcación.

Se utilizará el software Inventor para el diseño de la red de tuberías inspirada en patrones fractales con diámetros utilizados en colectores comerciales, respetando medidas estándares para el diseño de la tubería. Posteriormente se realizará el análisis numérico del modelo 3D a través de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) en estado estacionario con diferentes condiciones de operación: Flujo másico y radiación solar.

A partir de principios físicos como la conservación de la masa, conservación de la energía y la conservación de momentum se obtendrán resultados del funcionamiento en térmicos de distribución de temperaturas, distribución de velocidades, distribución de presiones y eficiencia térmica.

Al concluir con esta simulación, se compararán los resultados con los de un colector convencional de tubos paralelos y otro de tubería en forma de serpentín bajo las mismas condiciones de operación.

6. Normatividad.

ISO 9806:2017, Esta norma especifica los métodos de ensayo para evaluar la durabilidad, fiabilidad, seguridad y el rendimiento térmico de captadores solares térmicos. Los métodos son aplicables para ensayos en laboratorio y en exteriores [8]. Esta norma aporta información acerca de las formas correctas para realizar las pruebas del rendimiento térmico de los colectores solares y su durabilidad.

NMX-ES-001-NORMEX-2005, ENERGIA SOLAR-RENDIMIENTO TERMICO Y FUNCIONALIDAD DE COLECTORES SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA-METODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO, establece la clasificación y terminología de los colectores solares utilizados para el calentamiento de agua en sistemas solares térmicos. [9]. Esta norma sirve para comparar las especificaciones del diseño con los estándares establecidos para determinar qué tan innovador y eficiente es el diseño.

NMX-ES-002-NORMEX-2007, Esta Norma Mexicana establece los vocablos, simbología y la definición de los conceptos más usados en el campo de la investigación y el desarrollo de la tecnología para el mejor uso de la radiación solar como fuente alternativa de la energía [10]. Esta norma ayuda a comprender y explicar terminologías usadas en el proyecto.

7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización:

- Proyecto de integración en ingeniería Mecánica I.

	Actividades del trimestre 24-O	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Investigar materiales utilizados para la fabricación de colectores solares planos y sus dimensiones.	■	■										
2	Definir el patrón de la tubería del colector.			■	■	■							
3	Diseñar el modelo 3D del colector en inventor.						■	■	■	■	■	■	■
4	Diseñar un modelo de colector con tubería en serpentín y paralela.						■	■	■	■	■	■	■

	Actividades del trimestre 25-I	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Simulación en CFD de la red de tuberías propuesta.	■	■	■									
2	Interpretación de resultados.				■								
3	Simulación en CFD de los colectores solares con tubo paralelos y con serpentín.					■	■	■					
4	Comparar el comportamiento hidrodinámico del colector propuesto contra los colectores en serpentín y tubos paralelos					■	■	■	■	■			
5	Comparar el comportamiento térmico del colector propuesto contra los colectores en serpentín y tubos paralelos					■	■	■	■	■			
6	Elaborar y entregar el reporte final.		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

8. Entregable.

- Resultados de CFD sobre eficiencia térmica y caída de presión
- Reporte final.

9. Referencias Bibliográficas.

- [1] SOLARAMA, ¿Qué es y cómo funciona un colector solar?, 2019, 22/07/2024, Disponible en: <https://solarama.mx/blog/como-funciona-un-colector-solar/> (consultado: 22/Julio/2024).
- [2] Becerra Pérez, González Díaz, Villegas Gutiérrez, 2020, La energía solar fotovoltaica, análisis costo beneficio de los proyectos en México, RINDERESU vol.5, p. 600-632.
- [3] Perpiñán Lamigueiro, Energía solar fotovoltaica, versión 1.5, Marzo del 2013, Disponible en [:https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Perpinan-Lamigueiro/publication/249012821_Energia_Solar_Fotovoltaica/links/02e7e51e80783f1d9f000000/Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Perpinan-Lamigueiro/publication/249012821_Energia_Solar_Fotovoltaica/links/02e7e51e80783f1d9f000000/Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf)
- [4] Urquizo Acosta, Ortega Abril, Soriano Idrovo, Agosto 2017, Diseño de dos bancos de prueba para colectores solares de placa plana, Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Dise%C3%B1o-de-dos-bancos-de-prueba-para-colectores-de-Acosta-Abril/5e558ea52c430aa221fda10b3d2cad33a4136128>
- [5] Rodríguez Rivera, Carvajal Mariscal, Terres Peña, Cruz Ávila, León Ruiz, 2023, Numerical Evaluation of the Flow within a Rhomboid Tessellated Pipe Network with a 3x3 Allometric Branch Pattern for the Inlet and Outlet.
- [6] López Martínez, Mantilla López, Poveda Suarez, Tecnura, vol. 16, Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia, octubre, 2012, Evaluación de un calentador solar de agua fabricado con tubería PVC en serie y envases pet translucidos, pp. 120-128
- [7] Aranda Ramírez, Alfaro Ayala, 2016, Vol. 2 no. 1, Verano de la Investigación Científica, 2016, SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN CALENTADOR SOLAR MEDIANTE LA DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL (CFD)
- [8] Asociación Española de Normalización, 2020, Energía solar Captadores solares térmicos Métodos de ensayo (ISO 9806:2017).
- [9] Diario Oficial de la Federación, 2005 DOF. Obtenido de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2088922 (Acceso: 31 Julio 2024).

[10] Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2014) *Calentamiento solar de agua - normatividad-*, *gob.mx*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/calentamiento-solar-de-agua-normatividad> (Acceso: 31 Julio 2024).

10. Terminología.

No es necesaria.

11. Infraestructura

Equipo de **com**puto capaz de realizar las simulaciones necesarias.

12. Asesoría complementaria.

No es necesaria

13. Publicación o difusión de los resultados.

No se tiene la intención de publicar.