

Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco.  
División de ciencias básicas e ingeniería

**Licenciatura:** Ingeniería Mecánica.

**Nombre del Proyecto de Integración (PI):** Diseño y Construcción de un Calentador Solar de Tipo CPC con Serpentin de Cobre.

**Modalidad:** Proyecto Tecnológico.

**Versión:** Primera.

**Trimestre Lectivo:** 24-P

**Nombre:** González Silva Fabián

**Matrícula:** 2193041675

**Correo electrónico:** al2193041675@azc.uam.mx

**Firma:** \_\_\_\_\_



**Nombre:** Vilchis Bernal Osvaldo

**Matrícula:** 2193042761

**Correo electrónico:** al2193042761@azc.uam.mx

**Firma:** \_\_\_\_\_



**Asesor:** Dr. Hilario Terres Peña.

**Categoría:** Titular.

**Departamento de adscripción:**

Energía.

**Teléfono:** 5530521392.

**Correo electrónico:** tph@azc.uam.mx

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Co-asesor:** M. en C. René Rodríguez Rivera.

**Categoría:** Asistente.

**Departamento de adscripción:**

Energía.

**Teléfono:** 7737369335.

**Correo electrónico:** rerori@azc.uam.mx

**Firma:** \_\_\_\_\_

Fecha: 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.

---

González Silva Fabián

---

Vilchis Bernal Osvaldo

---

Dr. Hilario Terres Peña

---

M. en C. René Rodríguez Rivera

## 1. Introducción.

La energía solar es un recurso ilimitado y renovable, que ofrece una alternativa limpia al uso de los combustibles fósiles. Gracias a los avances tecnológicos, es posible captar y convertir la energía solar en otras formas de energía, por ejemplo: energía eléctrica o térmica [1].

La energía solar térmica se utiliza para obtener agua caliente, facilitando numerosas actividades cotidianas y los calentadores solares son la principal tecnología utilizada para calentar agua de manera efectiva.

En países con alta radiación solar, como México, ubicado entre 15° y 35° de latitud, se recibe diariamente un promedio de 5.5 kWh/m<sup>2</sup> de radiación solar. Este alto potencial permite que el desarrollo solar sea especialmente significativo para su implementación continua [2].

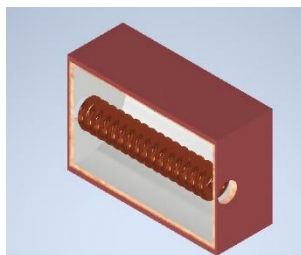
Entre la variedad de calentadores, se incluyen los planos, los de tubo de vacío y los de concentración:

**Calentadores solares planos:** Pueden ser con o sin cubierta, alcanzando temperaturas entre 55 a 70°C según el diseño [3].

**Calentadores solares de tubos de vacío:** Formados por tubos de cristal con interiores de cobre, pueden alcanzar temperaturas de 85°C, dependiendo del tamaño y diseño [3].

**Concentrador Parabólico Compuesto (CPC):** Utilizados principalmente en industrias, concentran la energía solar en un punto determinado. Son muy eficientes con radiación solar directa y generalmente incorporan seguidores solares para optimizar su funcionamiento, alcanzando temperaturas de hasta 400°C [3].

A pesar de que existe una gran variedad de calentadores, el laboratorio de energía solar de la Universidad Autónoma Metropolitana presenta ciertas limitaciones de equipos que dificultan la realización de experimentos y prácticas que se requieren en este curso. Implementar un calentador solar CPC en el laboratorio permite obtener una fuente sostenible de agua caliente. Este equipo permitirá a estudiantes y profesores realizar experimentos prácticos y llevar a cabo investigaciones más completas en el área de energía solar. Por lo que se pretende diseñar y **construir** un calentador solar con serpentín de cobre, junto con una estructura que permita su orientación, según la posición del sol de manera manual, como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Prototipo de CPC con serpentín de cobre. Imagen propia.

## 2. Antecedentes.

En 2016 Gómez Fauda *et al* [4], rediseñaron y evaluaron un concentrador solar parabólico para diversas aplicaciones. Este proyecto se toma como referencia para comprender la composición de los sistemas de concentración solar.

En 2018 Hernández Sánchez Juan Carlos y Sánchez Duana Díaz [5], realizaron el proyecto “Diseño, construcción y simulación de un calentador solar de agua tipo canal parabólico para enseñanza en la UEA de Taller de Procesos de Manufactura I”. Este proyecto se toma como una guía para la construcción del concentrador de tipo CPC, al igual que sirve como referencia para el análisis de los materiales a implementar.

En 1988 García Noriega Francisco [6], realizó el proyecto “Diseño y fabricación de dos calentadores solares autocontenidos y un destilador solar”. Este proyecto se toma como base en el análisis de especificaciones respecto a la radiación solar en México, así como consideraciones al diseñar y construir prototipos que aprovechen dicha energía para una mayor eficiencia y funcionamiento.

## 3. Justificación.

El Laboratorio de Energía Solar Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana presenta ciertas limitaciones de equipos que dificultan la realización de experimentos y prácticas que se requieren de este curso. Actualmente el laboratorio no cuenta con calentadores solares, este proyecto busca cubrir dicha necesidad, mediante el diseño y construcción de un calentador solar de tipo CPC con un serpentín de cobre. Con este equipo se podrán realizar pruebas de eficiencia térmica en el suministro de agua caliente bajo diferentes condiciones de operación. Además, el diseño del banco de pruebas desmontable facilitará su manejo y almacenamiento en el laboratorio.

## 4. Objetivos.

### **Objetivo general.**

Diseñar y construir un calentador solar de tipo CPC con serpentín de cobre, para su implementación en el laboratorio de energía solar.

### **Objetivos particulares.**

Diseñar y construir el calentador solar que integre un CPC y un serpentín de cobre.

Diseñar y construir la estructura que permita orientar el calentador solar según la posición del sol manualmente.

Diseñar y construir el banco de pruebas desmontable.

Evaluar experimentalmente el calentador bajo diferentes condiciones de operación.

## 5. Descripción técnica.

El calentador solar contará con un Concentrador Parabólico Compuesto (CPC) y un serpentín de cobre integrados en una caja de madera que se posicionará sobre una base ajustable, mediante la cual se pretende calentar el agua durante su paso por el serpentín.

El calentador solar tendrá una caja de madera con las siguientes dimensiones aproximadas: 90 cm de longitud, 70 cm de ancho y 40 cm de alto, con cubierta de vidrio en la parte superior.

Se colocará un Concentrador Parabólico Compuesto hecho de lámina de acero, calibre 26 acabado espejo.

El serpentín de cobre se fabricará con tubo de cobre flexible de 5/16”.

El calentador tendrá válvulas de paso en la entrada y la salida para controlar el flujo de agua.

El banco de pruebas desmontable se realizará con perfil PTR de 1” a 1 1/2 ”

Los depósitos para el agua fría y caliente tendrán capacidad de 100 litros cada uno y se construirán con lámina de acero.

El desplazamiento del agua se realizará mediante el efecto de la gravedad por altura.

## 6. Normatividad.

La Norma Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018, “Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad”. Proporciona los requisitos de seguridad necesarios para calentadores solares con capacidad máxima de 500 L [7].

La Norma Mexicana NMX-ES-004-NORMEX-2010, “Evaluación Térmica de los Sistemas”. Proporciona el procedimiento de prueba para evaluar y comparar el rendimiento térmico de los sistemas de calentamiento de agua solar, específicamente para uso doméstico, con una capacidad máxima de 500 litros y una temperatura máxima de 90°C [8].

La Norma Oficial Mexicana NMX-ES-001-NORMEX-2005, “Energía solar-rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua-métodos de prueba y etiquetado”. Se proporcionan los métodos de prueba para determinar tanto el rendimiento térmico como las características funcionales de los colectores solares que emplean agua como fluido de trabajo y circulación natural [9].

## 7. Cronograma de actividades.

UEA para las que se solicita autorización:

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

TRIMESTRE 24-O		SEMANA											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Definir el diseño y dimensiones finales del dispositivo.	■	■										
2	Obtener los costos de los materiales.	■	■	■									
3	Diseñar y construir la caja de madera que contendrá el CPC y el serpentín.			■	■	■							
4	Diseñar y construir la parábola del CPC.					■	■	■					
5	Diseñar y construir el serpentín de cobre							■	■	■			
6	Diseñar y construir la base que permita orientar el calentador solar según la posición del sol manualmente.									■	■	■	
7	Diseñar y construir el banco de pruebas desmontable.										■	■	■

TRIMESTRE 25-I		SEMANA											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Ensamblar y aplicar acabados finales (pintura, conexiones, etc.).	■	■	■									
2	Realizar el manual de usuario del dispositivo.		■	■	■	■	■	■					
3	Realizar hojas de proceso para los elementos del dispositivo.					■	■	■	■	■			
4	Realizar 6 pruebas de funcionamiento bajo diferentes condiciones de operación, 3 pruebas por semana.										■	■	
5	Redactar y entregar el reporte final.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 8. Entregables.

Calentador solar tipo CPC con serpentín de cobre integrado.

Hoja de procesos para el calentador solar tipo CPC con serpentín de cobre.

Banco de pruebas.

Hoja de procesos para el banco de pruebas.

Manual de usuario.

Reporte final.

## 9. Referencias bibliográficas.

- [1] Gasca, C. y Arancibia, C. 2010, "Las energías renovables: La energía solar y sus aplicaciones", Revista Digital Universitaria, vol. 11, no. 8, págs. 18-26.
- [2] Secretaría de Energía, 2012, "Prospectiva de energías renovables 2013 2027", de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/284342/Prospectiva\\_de\\_Energias\\_Renovables\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/284342/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2017.pdf).
- [3] Alcubierre, D. 2019. "CEMAER". Disponible en: <https://www.cemaer.org/tipos-de-calentadores-solares/#comment-8965>.

- [4] Gómez, A., López, D. y Mayorga, J. 2016, “Rediseño y evaluación de un concentrador solar parabólico para diversas aplicaciones de uso”, Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.
- [5] Sánchez, J. y Díaz, D, 2018, “Diseño e implementación de los procesos de manufactura de un calentador solar parabólico didáctico”, Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.
- [6] García Noriega, F. 1988. *Diseño y fabricación de dos calentadores solares autocontenidos y un destilador solar*. Primera Edición. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.
- [7] Norma Mexicana, 2018, “Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares”, NOM-027-ENER/SCFI-2018.
- [8] Norma Mexicana, 2010, “Energía solar – evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua – método de prueba”, nmx-es-004-normex-2010.
- [9] Norma mexicana, 2005, “Energía solar-rendimiento termico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua-metodos de prueba y etiquetado”. NMX-ES-001-NORMEX-2005.

## 10. Terminología.

No es necesaria.

## 11. Infraestructura.

El proyecto será financiado por el Dr. Hilario Terres Peña.

Taller de Mecánica de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Taller de Fundición de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Laboratorio de Energía Solar de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Software de dibujo (Autodesk Inventor).

## 12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

## 13. Publicación o difusión de resultados.

No se tiene la intención de publicar.