**Propuesta de Proyecto de Integración de Ingeniería Mecánica.**

**Licenciatura:** Ingeniería Mecánica.

**Nombre del Proyecto de Integración (PI):** Análisis de energía, exergía y entropía de un destilador solar semiesférico.

**Modalidad:** Proyecto de Investigación.

**Versión:** Segunda.

**Trimestre Lectivo:** 22 O.

**Datos del alumno:**

**Nombre:** Cristian Alexis Martínez Zacarías.

**Matricula:** 2192045062.

**Correo electrónico:** crismtz1001@gmail.com

**Teléfono:** 7713403564.

**Firma:** _____

**Asesora:**

**Nombre:** M. en C. Sandra Chávez Sánchez.

**Departamento de adscripción:** Energía.

**Categoría:** Asociado.

**Teléfono:** 5553189058.

**Correo:** scs@azc.uam.mx

**Firma:** _____

**Asesor:**

**Nombre:** Dr. Hilario Terres Peña.

**Departamento de adscripción:** Energía.

**Categoría:** Titular.

**Teléfono:** 5553189061.

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

**Firma:** _____

Fecha 09/01/23

**Declaratoria**

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.

_____

Cristian Alexis Martínez Zacarías

_____

M. en C. Sandra Chávez Sánchez

_____

Dr. Hilario Terres Peña

## 1. Introducción

El agua y la energía solar son dos elementos básicos que influyen en la calidad de nuestra vida. El agua es la fuente fundamental de la vida en la tierra. Hoy en día, la demanda de agua dulce está aumentando continuamente debido al desarrollo industrial, la agricultura intensificada, la mejora en el nivel de vida y el aumento de la población mundial. La creciente necesidad de energía y Las preocupaciones ambientales han centrado mucha atención en los recursos de energía renovable [1].

Los métodos térmicos son las primeras técnicas de desalinización introducidas y se utilizan para la producción de agua dulce. La base de los métodos térmicos es el fenómeno de cambio de fase. Primero, el agua salada se calienta para que se evapore, luego, el vapor producido se condensa y se obtiene agua dulce. Este método requiere una gran cantidad de energía térmica.

Por esta razón, la purificación de los suministros de agua es extremadamente importante. Los destiladores solares se utilizan debido a su simplicidad en la construcción y operación, además porque utiliza el abundante suministro natural de energía solar disponible para evaporar el agua y, por lo tanto, este método tiene un costo nulo de operación. Los destiladores solares se clasifican como activos y pasivos, los pasivos solo usan la radiación solar directa para evaporar el agua, y los activos funcionan por medio de un colector solar para el calentamiento previo de la solución a destilar [2].

Por ello es de interés el analizar energéticamente al destilador, mediante la variación de su volumen inicial. Ya que gracias a dicho análisis podemos incorporar novedades en cuanto a la geometría, materiales, métodos de construcción y operación. Tanto para el destilador, como para el sistema aletado. Además de determinar el volumen inicial con el que el destilador es más eficiente.

## 2. Antecedentes

Omara [3] realizó una evaluación teórico y experimental con el fin de determinar el desempeño de un destilador solar de una sola pendiente, cuyos experimentos se llevaron a cabo bajo las condiciones climáticas de Rewa, India durante las temporadas de verano e invierno donde encontraron un modelo matemático para determinar la eficiencia en un destilador, el cual arrojo una eficiencia del 55.36%. Este trabajo es de importancia, ya que será una guía para realizar los balances tanto de energía, exergía y entropía.

En 2022 Saxena y Cuce [4] realizaron por primera vez en la literatura una exhaustiva revisión a los destiladores solares desde una perspectiva termodinámica. Marcando un precedente en los sistemas de destilación solar. Analizando varios factores de rendimiento, tales como diseño, costo, eficiencia energética y exergética, productividad del agua y sostenibilidad. En cuanto al uso de aletas dentro del destilador, amplía el área de absorción para la máxima

captación de energía solar y transporte del calor uniforme. La aleta debe diseñarse de acuerdo con la profundidad de la cuenca, nivel del agua, longitud óptima, además se debe utilizar materiales con buena conductividad y capacidad de almacenamiento de calor. Dicha investigación permitirá obtener una idea acerca del comportamiento termodinámico dentro de un destilador solar, además de conocer más a fondo acerca de los sistemas aletados.

Singh y Tiwari en 2020 [5] realizaron un estudio comparativo de destiladores solares, en donde incorporaron tubos colectores. En este trabajo se calculó el número óptimo de tubos colectores, así como su caudal másico. Mediante el análisis de energía y exergía del destilador.

Encontrando que el valor de la energía anual es superior en 6.85 %. Los sistemas propuestos pueden ser utilizado a escala comercial para proporcionar agua potable. Su trabajo coadyuvará a obtener el modelo matemático para los balances necesarios.

En 2022 O. Younais [6], revisó y analizó el diseño y las características que impactan en el rendimiento de un destilador solar esférico. Además, estudió a fondo la máxima radiación solar, rendimiento acumulativo diario, eficiencia térmica, así como los periodos de recuperación. Descubrió que el destilador solar esférico, tiene un rendimiento térmico relativamente mejor que otros tipos de destiladores solares. Concluyó que el incremento de la profundidad del agua salina tuvo un impacto negativo sobre la eficiencia y que el aumento del espesor del aislante mejora la eficiencia térmica diaria del destilador solar esférico. La relevancia de este trabajó reside en que sienta una base experimental para la geometría esférica del destilador.

En 1992 S. Kabelac [7] evaluó termodinámicamente dispositivos de conversión de energía, mediante balances de energía y entropía. Mientras que el tema de la energía de radiación ha sido bien tratado, no ocurre lo mismo con la entropía de la radiación. Este artículo recopila y refleja las ecuaciones básicas necesarias para calcular la entropía de la radiación y analiza la influencia de las tres principales funciones de entrada en la entropía, tanto la distribución espectral y hemisférica como su grado de polarización. El cálculo del flujo de entropía de la radiación difusa no polarizada y distribuida isotrópicamente da valores que son aproximadamente 6% superior a los valores realistas. Las fórmulas simples derivadas permiten una estimación de los flujos de entropía cuando se conoce el flujo de energía de radiación. Su investigación ayudará a entender el comportamiento de entropía en un destilador solar, y por consecuente coadyuvará en la obtención del balance de entropía.

Solorio y Hernández [8] en 2020 llevaron a cabo un proyecto de integración acerca del diseño y construcción de un destilador solar de tipo semiesférico. La relevancia de dicho proyecto reside en el hecho de que de aquí se tomarán dimensiones y la geometría para crear el modelo matemático con el fin de evaluar al destilador termodinámicamente.

## 3. Justificación

La desalinización con energía solar generalmente es adecuada para su aplicación en áreas remotas, como desiertos e islas donde cuentan con grandes fuentes de agua salada. El uso de un destilador solar para la desalinización de agua es una alternativa bastante interesante y viable, debido a su bajo costo de construcción, así mismo es posible ahorrar en el consumo de energía eléctrica, disminuir los costos del proceso de destilación y desde luego reducir la contaminación ambiental. No obstante, el volumen destilado es menor y el tiempo de destilación es considerablemente más tardado en comparación con un sistema de destilación convencional.

En este sentido, la realización de este proyecto es importante debido a que aportará nuevos resultados referentes para analizar y comparar térmicamente al destilador solar semiesférico, con el fin de mejorar la productividad y la eficiencia de éste. Así mismo se evaluará y comparará la influencia del sistema aletado en el destilador, con el objetivo de determinar cuanto afecta al rendimiento y por lo tanto al volumen total destilado, y si es necesario realizar alguna modificación al sistema aletado.

## 4. Objetivos

**Objetivo General:**

Evaluar la eficiencia energética, exergética y entropía de un destilador solar semiesférico mediante el modelo Chen's y Kumar-Tiwari al variar su volumen inicial.

**Objetivos Específicos:**

Establecer los balances de energía, exergía y entropía en el condensador, recipiente absorbedor, fluido y sistema aletado.

Determinar la eficiencia energética, exergética y la entropía aplicando los modelos Chen's y Kumar-Tiwari, variando el volumen inicial en cada prueba.

Analizar y evaluar la productividad, así como el comportamiento térmico y exergético en el destilador solar semiesférico con y sin el sistema aletado.

## 5. Metodología

El destilador será ubicado en la azotea del edificio W. Se realizarán pruebas experimentales con salmuera, variando el volumen con intervalos de 1 litro, comenzando desde 1 litro, hasta 8 litros, esto se realizará con y sin el sistema aletado.

Durante la experimentación se obtendrán las temperaturas en el destilador solar, empleando termopares tipo K, los cuales serán colocados principalmente en la cubierta de vidrio, en el fluido, charola y en el medio ambiente. Además, se medirá la radiación solar incidente en el dispositivo mediante un piranómetro Eppley modelo 8-48. El registro de los datos se hará mediante módulos ADAM's y el software LabVIEW, cada 10 minutos en un intervalo de tiempo de las 10:00 hrs hasta las 18:00 hrs.

El destilador solar cuenta con una cubierta semiesférica de acrílico con un radio de 0.229 m, este se asienta sobre el soporte de acero de 0.875m x 0.845m. Así mismo cuenta con un recipiente absorbedor de aluminio pintado de negro mate con medidas de 0.697m x 0.697m x 0.056m y con un volumen de 0.026 $m^3$. Por debajo del recipiente se encuentra el aislante térmico de unicel de 1 cm de espesor. Además, en las paredes del recipiente se encuentran colocadas 4 canaletas de acrílico de 6 mm con un ángulo de inclinación de 5° aproximadamente, la cual recolecta al condensado y lo evacua hacia los barrenos cuyo diámetro es de 1 ½" en donde se colocan mangueras para la recolección del destilado.

Finalmente, el recipiente cuenta con un sistema 12 aletas de aluminio pintadas de negro mate.

Una vez iniciada la experimentación se realizarán los balances de energía para el recipiente absorbedor, fluido y sistema aletado.

## 6. Normatividad

**Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".** Tiene relevancia esta norma en este trabajo, debido a que asegura y preserva la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, la cual debe someterse a tratamientos para su potabilización.

**Proyecto "PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015".** Establece especificaciones y requisitos para las obras de toma y descarga que se deben cumplir en las plantas desalinizadoras o procesos que generen aguas de rechazo salobres o salinas.

## 7. Cronograma de actividades

Se solicita autorización para las UEA:

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

| N | Actividades del trimestre 23 I | Semana | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Revisión bibliográfica. | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Habilitación e instrumentación del destilador solar. | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Realizar pruebas piloto para detectar fugas o posibles fallas. | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Realizar pruebas experimentales con salmuera variando el volumen. | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Realizar balances de energía, exergía y entropía. | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Evaluar y analizar la eficiencia del destilador | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Elaborar y entregar el reporte final | | | | | | | | | | | | |

## 8. Entregables

- Reporte final del proyecto de integración.

## 9. Referencias


[1] Bhanu Pratap Singh, 2017 “Performance Evaluation of a Integrated Single Slope Solar Still With Solar Water Heater,” MIT International Journal of Mechanical Engineering, 1(1), pp 68-71.

[2] E. Chafik., 2018,” A new Type of Seawater Desalination Plants Using Solar Energy, Desalination”, Solar Energy, 156 (2018), pp. 333-348.

[3] Z.M. Omara, A.E. Kabeel, A.S. Abdullah, 2016, “Experimental investigation of corrugated absorber solar still with wick and reflectors” Solar Energy, 381(2016), pp. 568-583.

[4] Abhishek Saxena, Erdem Cuce, A. Kabeel, Mohamed Abdelgaied, Varun Goel, 2022,” A thermodynamic review on solar stills”, Solar energy, 237(2022), pp. 377-413.

[5] D.B. Singh, G. N. Tiwari, 2017, “Energy, exergy and cost analyses of N identical evacuated tubular collectors integrated basin type solar stills: A comparative study”, Solar energy, 155(2017), pp. 829-846.

[6] O. Younais, A. Hussein, M. El Hadi. 2022,” Hemispherical solar still: Recent advances and development”, Solar energy, 8(2022), pp. 8236-8258.

[7] S. Kabelac, D. Drake. 1992,” The entropy of terrestrial solar radiation”, Solar energy, 48(1992), pp. 239-248.

[8] E. Solorio, J. Hernández, 2020,” Diseño y construcción de un destilador solar tipo semiesférico”, “Ph. D. Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana.

## 10. Terminología

No aplica.

## 11. Infraestructura

Las pruebas experimentales se realizarán en la azotea del edificio W, ubicado en la UAM Azcapotzalco.

## 12. Asesoría complementaria

No aplica.

## 13. Publicación y difusión de los resultados

Los resultados se publicarán en el Congreso ANES 2023.

| Análisis de energía, exergía y entropía de un destilador solar semiesférico. | | | |
|---|---|---|---|
| **Pág.** | **Comentarios del CEIM** | **Pág.** | **Acción realizada en la PPI** |
| 3 | No queda claro cuál es el problema que se quiere atender con el proyecto. | 3 | Se corrigió la introducción y se explicitó la problemática que se pretende solucionar con el proyecto. |
| 4 | Explicitar que se rescatará de cada uno de los antecedentes. | 4 | Se aclaro la relevancia de cada uno de los antecedentes. |
| 5 | No queda claro el primer objetivo específico. | 5 | Se aunaron el primer y el tercer objetivo específico. |
| 5 | Misma denominación de Litros. | 5 | Se cambio la abreviatura “L” por la palabra “litros” |
| 6 | Es solo una actividad “Elaborar y entregar” | 6 | Se modificó la última actividad del cronograma. |