



*Diseño y simulación de un sistema de aire acondicionado basado en energía solar térmica para aplicaciones residenciales en una vivienda estándar*

*Design and simulation of an air conditioning system based on solar thermal energy for residential applications in a standard home*

*Projeto e simulação de um sistema de ar condicionado baseado em energia solar térmica para aplicações residenciais em uma residência padrão*

Cristian Paúl Topa-Chuquitarco <sup>I</sup>

[ctopac@uteq.edu.ec](mailto:ctopac@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-2780-5488>

Félix Ronaldo Paladinez-Armijos <sup>II</sup>

[fpaladineza@uteq.edu.ec](mailto:fpaladineza@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-5037-7554>

Yusimit Karina Zamora-Hernández <sup>III</sup>

[yzamorah@uteq.edu.ec](mailto:yzamorah@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-0112-1061>

Edison Geovanny Díaz-Campozano <sup>IV</sup>

[ediazc2@uteq.edu.ec](mailto:ediazc2@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-3639-4040>

**Correspondencia:** [ctopac@uteq.edu.ec](mailto:ctopac@uteq.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 18 de noviembre de 2024 \* **Aceptado:** 20 de diciembre de 2024 \* **Publicado:** 22 de enero de 2025

- I. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- II. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- III. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

## Resumen

El presente estudio tuvo como propósito diseñar y simular un sistema de climatización residencial eficiente y sostenible, adaptada a las condiciones climáticas de la ciudad de Quevedo, caracterizada por una alta radiación solar. El enfoque principal fue reducir tanto la demanda de energía eléctrica como las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la implementación de un sistema de aire acondicionado por absorción alimentado por energía solar térmica, para ello, se utilizaron colectores solares como fuente principal de energía térmica. Se llevó a cabo un análisis de las cargas térmicas de la vivienda conforme a los lineamientos establecidos en el Manual ASHRAE, complementado con la simulación de los procesos termodinámicos en la plataforma DWSIM. Este enfoque permitió desarrollar una alternativa eficiente y ambientalmente responsable frente a los sistemas convencionales de refrigeración, los cuales emplean refrigerantes hidrofluorocarbonados (HFC), conocidos por su significativo impacto negativo sobre la capa de ozono y su contribución al calentamiento global. La investigación propone un sistema de refrigeración por absorción amoníaco-agua como una solución viable y sostenible, priorizando la selección óptima de componentes clave como el absorbente, evaporador y condensador.

**Palabras clave:** entalpía; amoníaco; sistema de absorción; temperaturas.

## Abstract

The purpose of this study was to design and simulate an efficient and sustainable residential air conditioning system, adapted to the climatic conditions of the city of Quevedo, characterized by high solar radiation. The main focus was to reduce both the demand for electrical energy and greenhouse gas emissions through the implementation of an absorption air conditioning system powered by solar thermal energy, for this, solar collectors were used as the main source of thermal energy. An analysis of the thermal loads of the home was carried out in accordance with the guidelines established in the ASHRAE Manual, complemented by the simulation of thermodynamic processes in the DWSIM platform. This approach allowed us to develop an efficient and environmentally responsible alternative to conventional refrigeration systems, which use hydrofluorocarbon refrigerants (HFC), known for their significant negative impact on the ozone layer and their contribution to global warming. The research proposes an ammonia-water absorption refrigeration system as a viable and sustainable solution, prioritizing the optimal selection of key components such as the absorber, evaporator and condenser.

**Keywords:** enthalpy; ammonia; absorption system; temperatures.

## Resumo

O objetivo deste estudo foi projetar e simular um sistema de ar condicionado residencial eficiente e sustentável, adaptado às condições climáticas da cidade de Quevedo, caracterizada por alta radiação solar. O foco principal foi reduzir tanto a demanda de energia elétrica quanto as emissões de gases de efeito estufa através da implantação de um sistema de ar condicionado por absorção alimentado por energia solar térmica, para isso foram utilizados coletores solares como principal fonte de energia térmica. Foi realizada uma análise das cargas térmicas da habitação de acordo com as diretrizes estabelecidas no Manual ASHRAE, complementada pela simulação de processos termodinâmicos na plataforma DWSIM. Esta abordagem permitiu-nos desenvolver uma alternativa eficiente e ambientalmente responsável aos sistemas de refrigeração convencionais, que utilizam refrigerantes hidrofluorcarbonetos (HFC), conhecidos pelo seu impacto negativo significativo na camada de ozono e pela sua contribuição para o aquecimento global. A pesquisa propõe um sistema de refrigeração por absorção de amônia-água como uma solução viável e sustentável, priorizando a seleção ideal de componentes-chave como absorvedor, evaporador e condensador.

**Palavras-chave:** entalpia; amônia; sistema de absorção; temperaturas.

## Introducción

El calentamiento global y la creciente demanda de energía han impulsado la búsqueda de soluciones sostenibles para satisfacer las necesidades energéticas de los hogares (Tovar & Pazuña, 2023; Pérez & Méndez, 2024). En este contexto, la energía solar térmica se ha convertido en una alternativa viable, especialmente para aplicaciones residenciales (Osornio et al., 2022), donde el consumo energético asociado al acondicionamiento de aire representa una proporción significativa del gasto total de electricidad del conjunto residencial (De La Hoz et al., 2021).

El aire acondicionado representa una tecnología ampliamente utilizada para regular la temperatura y garantizar el confort térmico en espacios interiores de sitios habitables (Jover, 2023; García et al., 2024). Sin embargo, su implementación conlleva costos significativos, principalmente asociados al elevado consumo de energía eléctrica derivado de su operación continua durante varias horas (Pocasangre & Gonzalez, 2021). A estos gastos operativos se le suman los costos

relacionados con el mantenimiento periódico del equipo, lo que en conjunto supone una inversión muy considerable a largo plazo (Torres et al., 2022).

Los sistemas tradicionales de aire acondicionado, que dependen de refrigerantes fluorocarbonados y de la red eléctrica convencional, no solo son costosos sino también perjudiciales para el medio ambiente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero y su impacto en la capa de ozono (Amirov et al., 2022). Las investigaciones parten de la premisa de que la implementación de un sistema de acondicionamiento de aire basado en energía solar térmica puede reducir significativamente el consumo energético y contribuir a la sostenibilidad ambiental (Zhovkva, 2020).

Los sistemas de refrigeración por absorción, como el utilizado en este proyecto, emplean mezclas de amoníaco-agua para generar el efecto refrigerante, aprovechando la energía térmica captada por colectores solares (Zacarías et al., 2024). Esta tecnología, aunque no es nueva, ha ganado relevancia debido a los avances en materiales, diseño de colectores y herramientas de simulación computacional, como DWSIM, que permiten optimizar el rendimiento de estos sistemas (Camacho, 2022).

El objetivo principal de esta investigación fue contribuir al desarrollo de sistemas de climatización más eficientes y sostenibles, alineados con los objetivos globales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y transición hacia una matriz energética más limpia.

## **Metodología**

El diseño para el presente trabajo se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y experimental, combinando métodos analíticos y computacionales para el diseño y simulación de un sistema de aire acondicionado basado en energía solar térmica. El estudio se llevó a cabo en una vivienda tipo ubicada en Quevedo, Ecuador, una zona con alta disponibilidad de radiación solar.

La vivienda seleccionada que constaba de un área superficial total de 73,46 m<sup>2</sup> estuvo ubicada en la dirección Transversal Central y Av. Revolución Ciudadana de la ciudad de Quevedo, provincia Los Ríos – Ecuador. Caracterizada por un clima cálido y húmedo, con temperaturas promedio que oscilan entre 24 °C y 34 °C. Las mediciones de radiación solar y otras variables climáticas se realizaron mediante software especializado, como El Tiempo y herramientas de medición locales.

### **Procedimiento de diseño del sistema:**

Análisis de cargas térmicas: Se calculó la carga térmica de la vivienda utilizando el Manual ASHRAE como referencia principal. Se consideraron cargas térmicas sensibles y latentes, así como factores externos como radiación solar y temperatura ambiente

Selección de componentes: Se seleccionaron colectores solares térmicos, evaporadores, condensadores, generadores y absorbedores óptimos para el sistema. Los materiales para aislamiento térmico, como lana de vidrio y paneles de poliuretano, fueron considerados para minimizar las pérdidas de calor.

Simulación del sistema: Se utilizó el software DWSIM para modelar el sistema de refrigeración por absorción. Las simulaciones permitieron evaluar el rendimiento energético, la eficiencia del sistema y el comportamiento de los componentes bajo diferentes condiciones operativas.

### **Herramientas de simulación y análisis**

Software DWSIM: Para la simulación de los procesos termodinámicos del sistema de refrigeración.

Manual ASHRAE: Como referencia para el cálculo de las cargas térmicas.

El Tiempo: Para obtener datos climáticos precisos de la zona de estudio.

### **Resultados y discusión**

En la Tabla 1 se puede apreciar los diferentes valores de consumo de los electrodomésticos y equipos electrónicos que se encuentran en la vivienda que se asemejan a valores referenciales de su tipo (Vargas, 2024).

*Tabla 1. Valores de consumo de electrodomésticos y equipos electrónicos*

<b>Electrodoméstico</b>	<b>Consumo (W)</b>
Televisor sala	200
Televisor habitación	150
Refrigerador	700
Laptops	1500
Lavadora	350
Licuadaora	500

Después de realizar un inventario detallado de los electrodomésticos y equipos electrónicos en el hogar, se determinó que la sumatoria del consumo energético de todos los dispositivos ascendía a 3,4 kW.

Para la simulación se correlacionó cada etapa del sistema de absorción según los softwares especializados.

*Figura 1. Esquema del sistema de absorción*

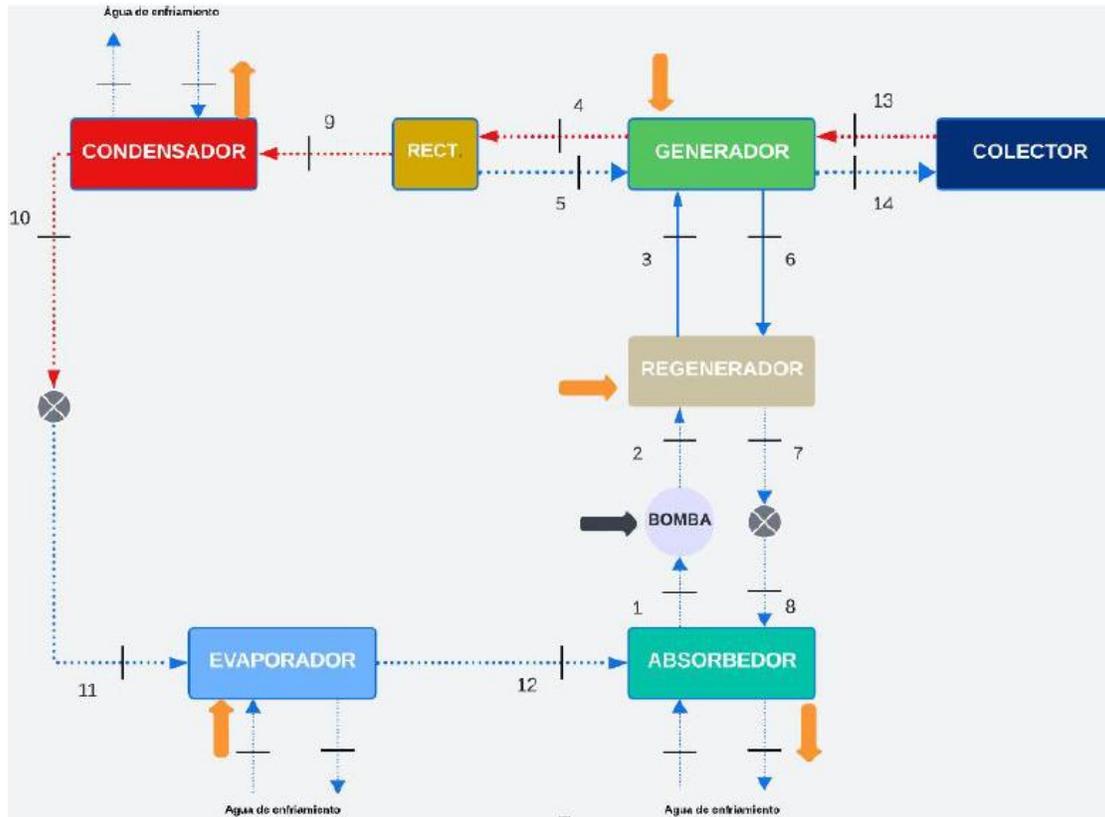


Figura 2. Simulación del rectificador

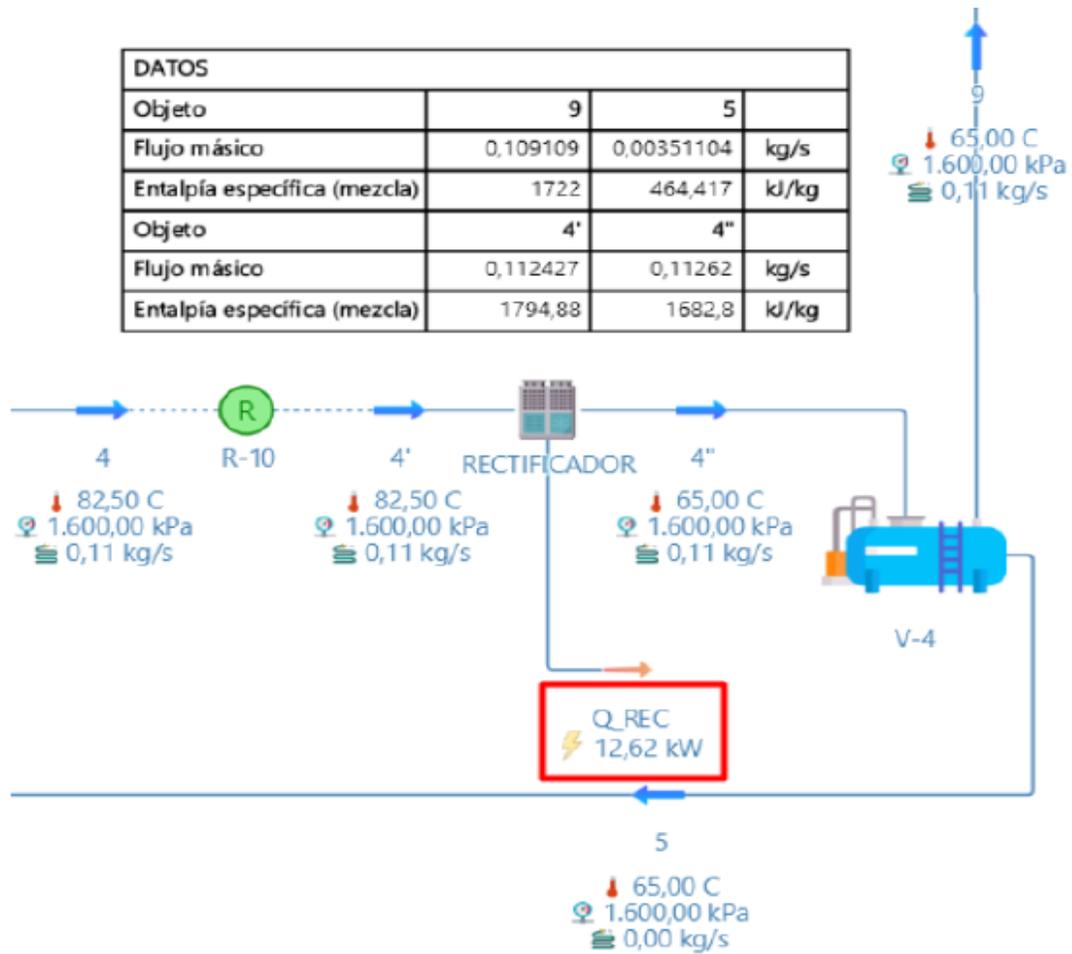


Figura 3. Simulación del condensador

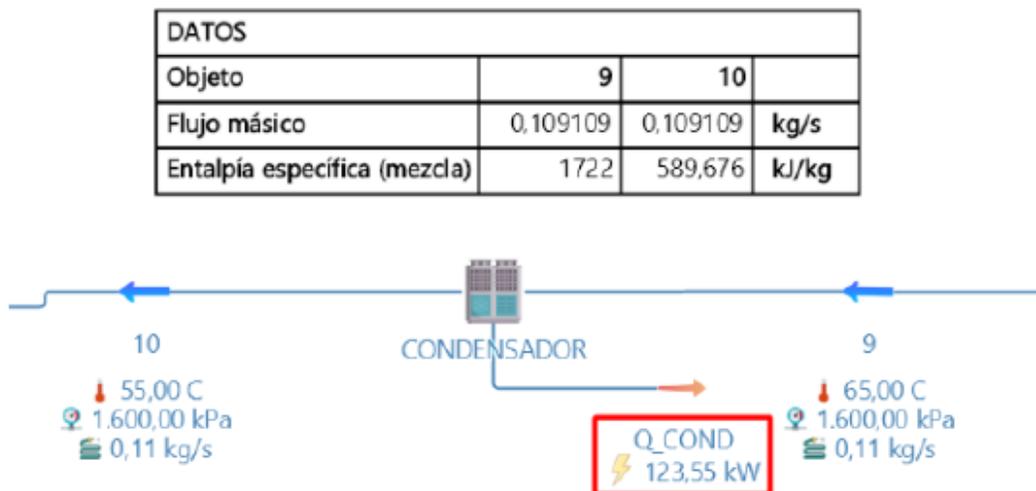


Figura 4. Simulación del evaporador

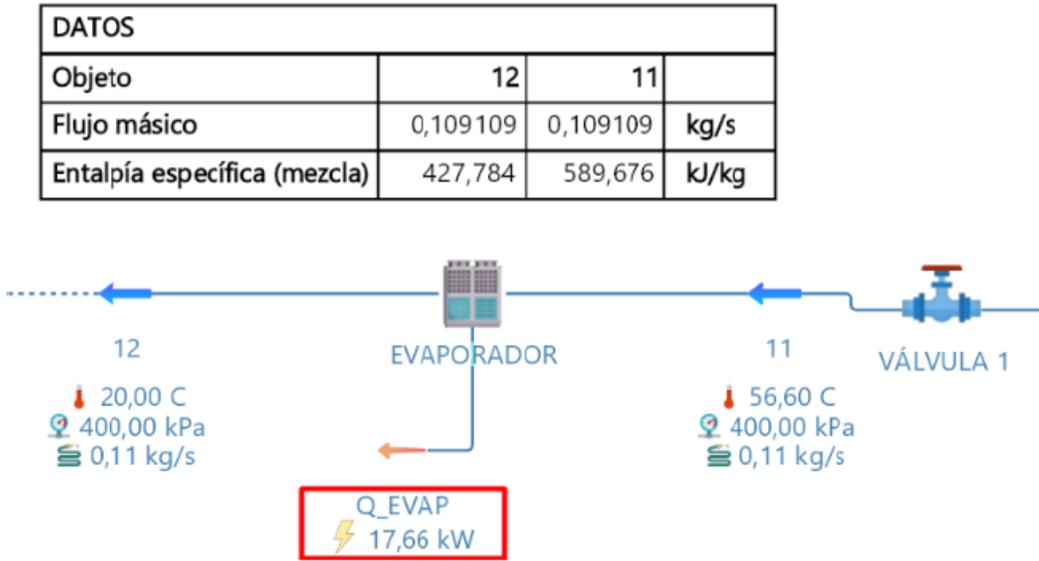


Figura 5. Simulación del absorbedor

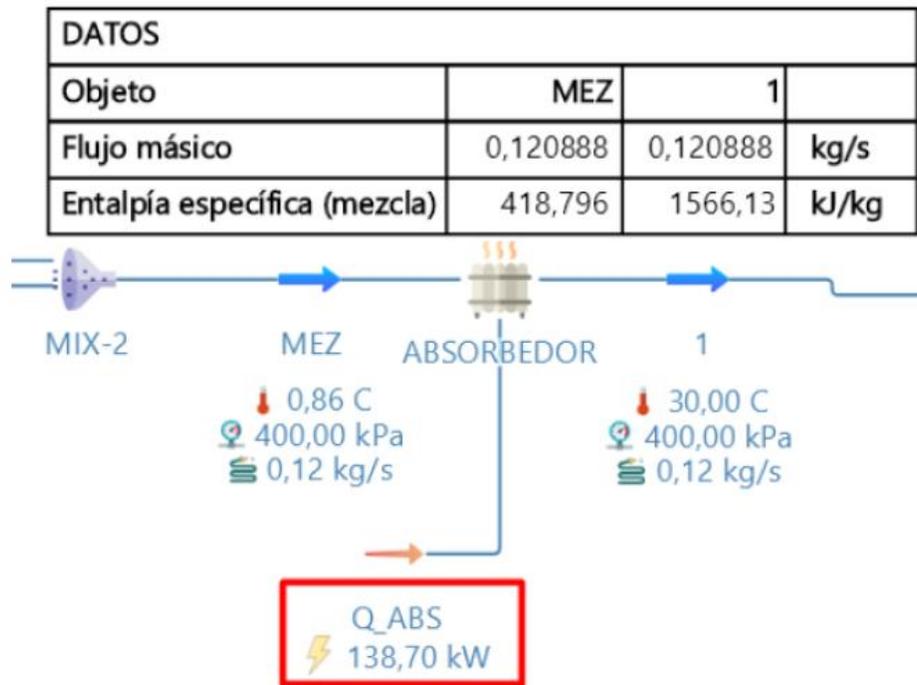
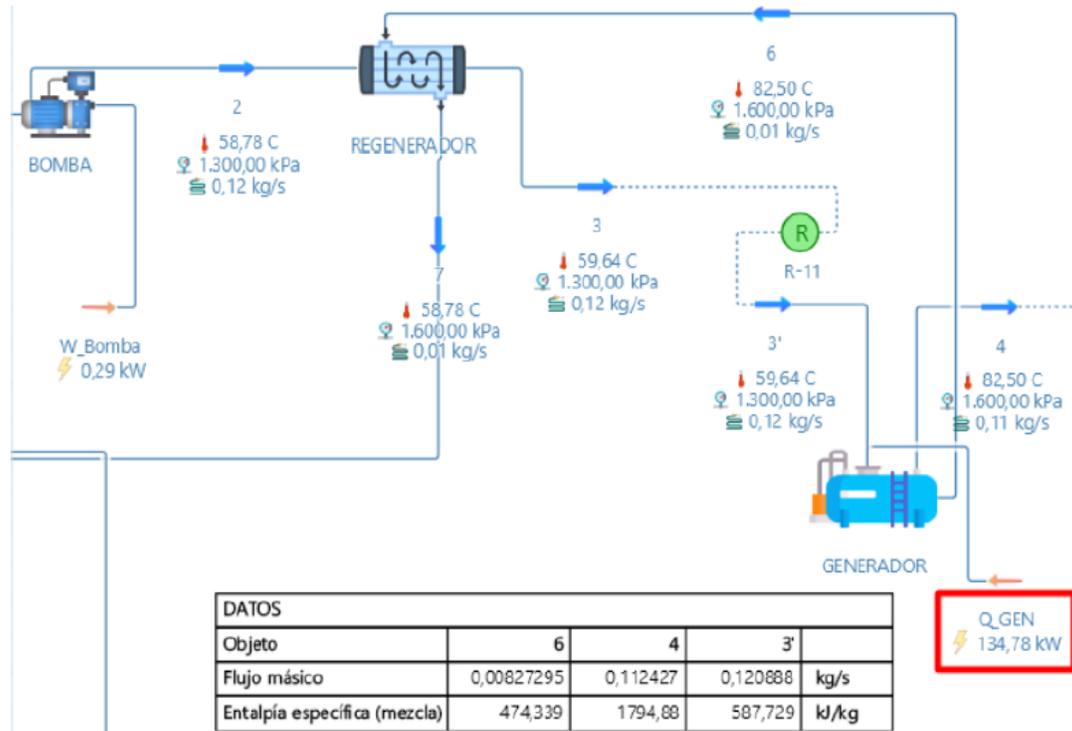
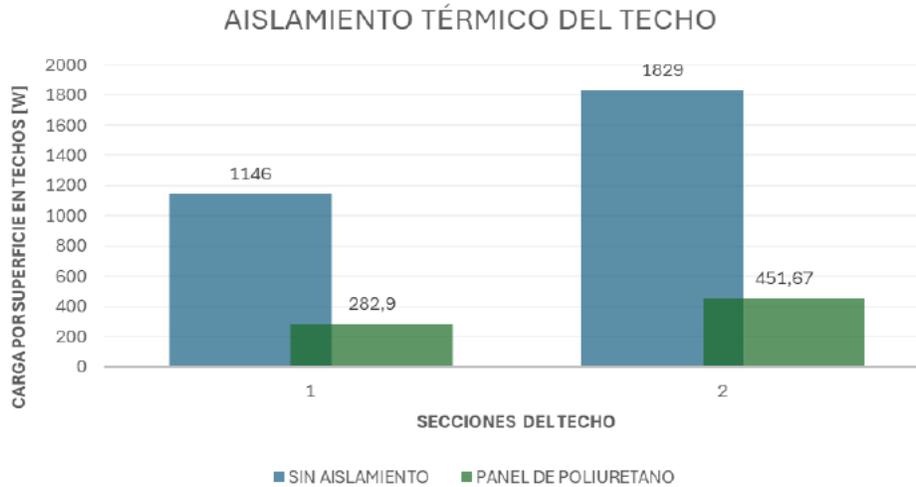


Figura 5. Simulación del generador



Al analizar las cargas térmicas en el presente estudio revela que el techo constituye el principal punto de transferencia de calor en comparación con las paredes, debido a su elevada transmitancia térmica. Esta característica incrementa significativamente la ganancia de calor en el interior de la vivienda, afectando el rendimiento energético del sistema de climatización y el confort térmico de los ocupantes. Para mitigar este efecto y optimizar la eficiencia energética, se recomienda la instalación de un sistema de aislamiento térmico en la cubierta, empleando planchas de poliuretano como material aislante, dada su baja conductividad térmica y alta capacidad para reducir las pérdidas y ganancias de calor.

**Figura 6.** Aislamiento térmico del techo

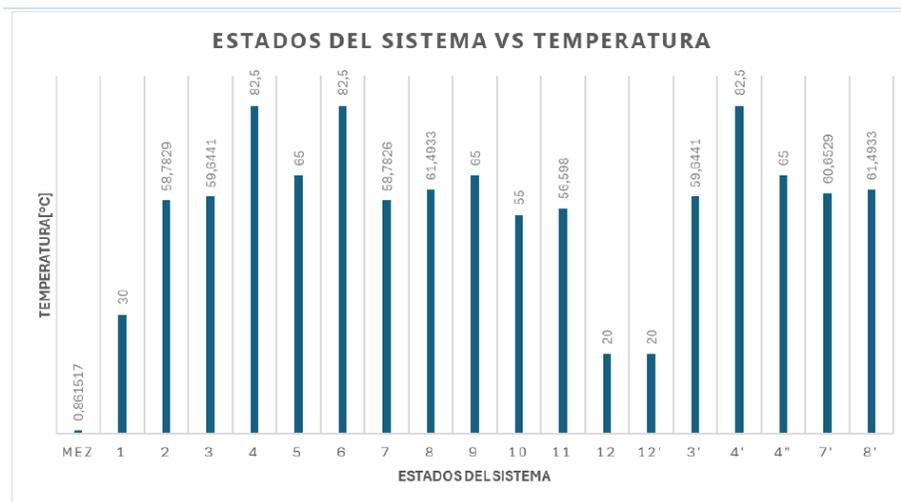


*Nota: Muestra los valores de carga por superficie en el techo de las 2 secciones*

Para maximizar la eficiencia energética del sistema de climatización, se propone la implementación de un sistema de aislamiento térmico conformado por 31 paneles de poliuretano con un espesor de 2 pulgadas. Cada panel, con un área superficial de 2.4 m<sup>2</sup>, será estratégicamente instalado en ambas secciones de la cubierta. Esta medida tiene como finalidad minimizar las pérdidas de calor, optimizar el desempeño energético del sistema y garantizar un mayor confort térmico en el interior de la vivienda.

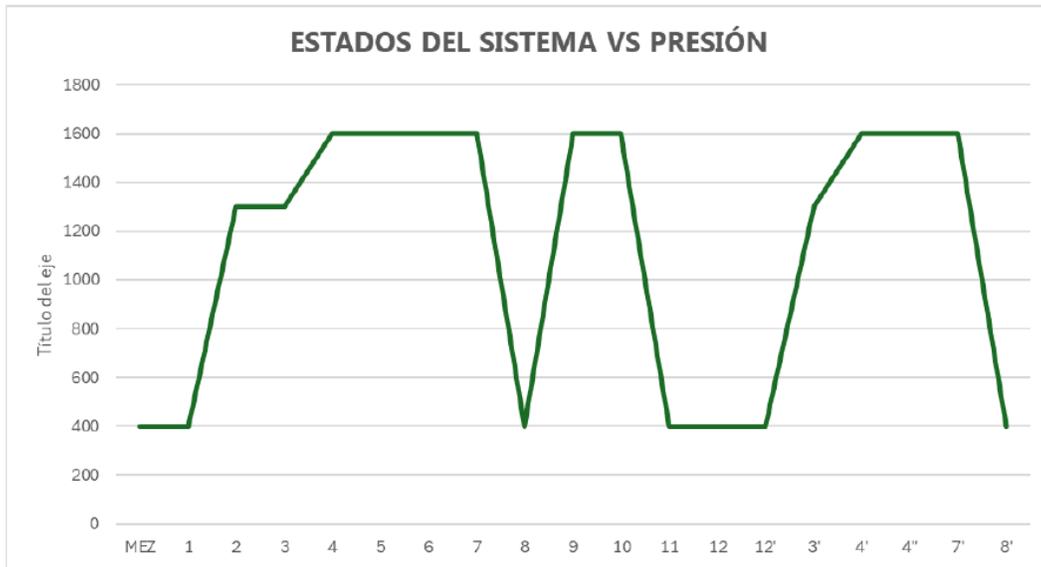
En las Figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12 con los resultados de cada estado del sistema de absorción.

**Figura 7.** Estados del sistema vs temperatura



*Nota: Muestra los resultados de temperatura en cada estado del sistema de absorción*

**Figura 8.** Estados del sistema vs presión



*Nota:* Muestra los resultados de presión en cada estado del sistema de absorción

**Figura 9.** Estados del sistema vs flujo másico



*Nota:* Muestra los resultados de flujo másico en cada estado del sistema de absorción

Figura 10. Estados del sistema vs flujo volumétrico

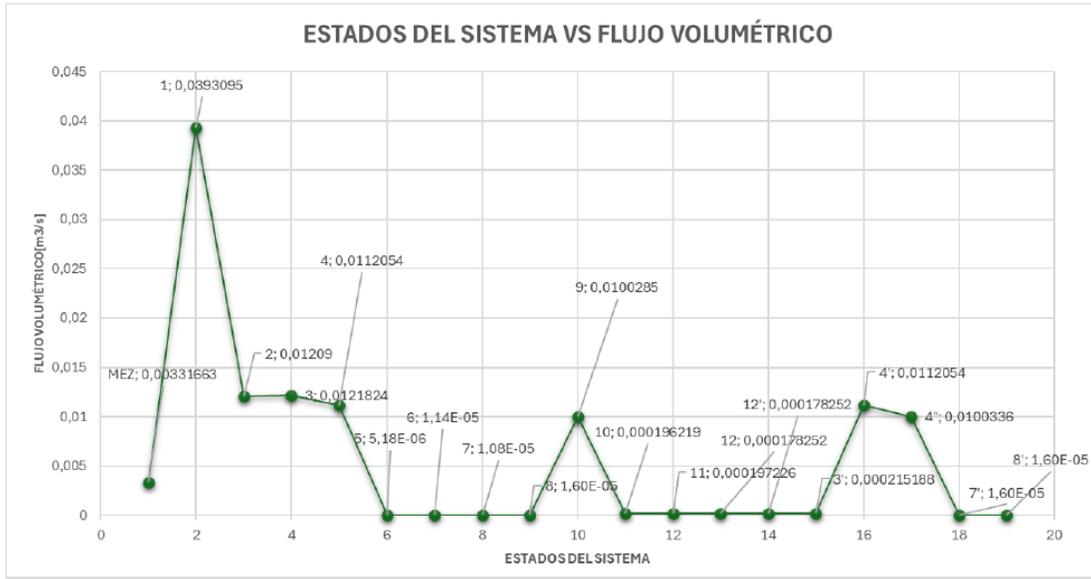
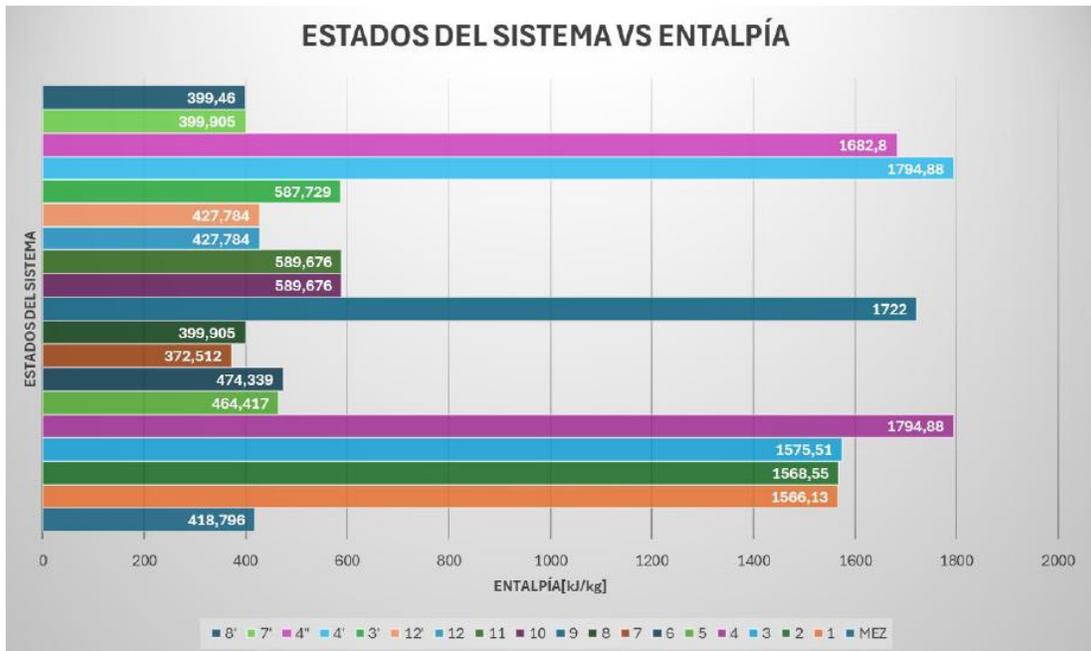


Figura 11. Estados del sistema vs entalpía



**Figura 12.** Estados del sistema vs entropía



## Conclusiones

El sistema solar térmico mostró ventajas significativas frente a sistemas tradicionales, especialmente en términos de sostenibilidad y reducción de huella de carbono. Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la estabilidad de la operación en condiciones climáticas variables.

La eficiencia del sistema está directamente relacionada con la disponibilidad de radiación solar, lo que puede afectar su rendimiento en días nublados o lluviosos.

Es necesario continuar con estudios que evalúen el comportamiento del sistema en diferentes condiciones climáticas y optimizar la integración de tecnologías de almacenamiento térmico para garantizar un suministro constante de refrigeración. El sistema de refrigeración solar térmico representa una herramienta clave para la transición hacia una matriz energética más limpia y eficiente.

## Referencias

1. Amirov-Belova, D. (2022). Transición Energética Alemana ¿“Camino verde”? : Análisis en términos sustitutos de energía, de coste privado, y de emisiones carbónicas. *ANDULI. Revista Andaluza De Ciencias Sociales*, (21), 1–28. <https://doi.org/10.12795/anduli.2022.i21.01>

2. Camacho Benalcázar, A. B. (2022). Simulación dinámica y comparación de dos sistemas de refrigeración-absorción amoníaco/agua y agua/bromuro de litio [Tesis de pregrado, ESPOCH]. Archivo digital. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16934>
3. De La Hoz, J., Guerrero, B., & Beleño, K. (2021). Dispositivo de Monitoreo de Consumo para el Ahorro de Energía en el Hogar. *CESTA*, 2(1), 1-18. <https://doi.org/10.17981/cesta.02.01.2021.01>
4. García, S. Q., Izquierdo, M. A. E., Mora, H. S., & Labarrios, M. A. P. (2024). Refrescando el hogar: técnicas pasivas para un ambiente fresco. *Revista Digital Universitaria*, 25(3). <https://revista.unam.mx/ojs/index.php/rdu/article/view/2616>
5. Jover, L. N. (2023). ¿Es el mundo un “gran interior”? Interiores específicamente diseñados, espacios geográficamente desplazados. *Constelaciones. Revista de Arquitectura de la Universidad CEU San Pablo*, (11), 161-171. <https://doi.org/10.31921/constelaciones.n11a9>
6. Osornio-Cárdenas, J. I., Domínguez-Barreto, O., Miranda-Hernández, A., Reyes-Sandoval, F. A., & Vargas-Rosas, E. M. (2022). Energía Solar Térmica. *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 9(18), 41-43. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i18.8879>
7. Pérez-García, V., & Méndez-Méndez, D. (2024). Calentamiento global y refrigerantes: realidad y futuro. *CIENCIA ergo-sum*, 32. <https://doi.org/10.30878/ces.v32n0a30>
8. Pocasangre, C., & Gonzalez, M. (2021). Medidor de relación de eficiencia energética de bajo costo para aires acondicionados de ventana y unidades separadas. *Revista Minerva*, 4(2), 102-123. <https://doi.org/10.5377/revminerva.v4i2.12401>
9. Torres-Moscoso, D. F., Cordero-Moreno, D. G., Tonon-Ordóñez, L. B., & Fernández-Palomeque, E. E. (2022). Análisis Financiero para la Implementación de un Bus Eléctrico Urbano en la Ciudad de Cuenca. *Economía Y Negocios*, 13(1), 133–149. <https://doi.org/10.29019/eyn.v13i1.939>
10. Tovar Montece, A. M., & Pazuña Naranjo, W. P. (2023). Análisis de generación en sistemas de energía híbridos usando el biogás para suministro eléctrico. *Tesla Revista Científica*, 3(2), e285. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e285>
11. Vargas, M. D. M. (2024). Expansión del consumo doméstico de bienes industriales en Costa Rica entre 1953-1984: Diffusion of industrial goods domestic consumption in Costa Rica

- between 1953-1984. *Diálogos. Revista Electrónica de Historia*, 25(1), 1-25.  
<https://doi.org/10.15517/dre.v25i1.55347>
12. Zacarías, A., San Germán, D. R., Flores, A. I. G., García, E. E. B., Fuentes, J. G. S., Ramage, G., ... & Bernal, M. D. C. V. (2024, October). Modelación y simulación de un refrigerador solar para medicamentos mediante refrigeración por absorción. In *Avances en Ciencias y Técnicas del Frío-12. Actas del XII Congreso Ibérico y X Congreso Iberoamericano de Ciencias y Técnicas del Frío CYTEF 2024*.  
<https://doi.org/10.21134/hpy1ch59>
13. Zhovkva, O. (2020). Los principios de eficiencia energética y respeto al medio ambiente para complejos multifuncionales. *Revista ingeniería de construcción*, 35(3), 308-320.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000300308>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).