

Estudio del Comportamiento Térmico de Ecobaldosas usando el Método de Ganancias Térmicas a Través de Paredes

RESUMEN: Las ecobaldosas son un material sustentable diseñado para disminuir la transferencia de calor en viviendas, actuando como aislante térmico y presentando múltiples aplicaciones. El sobrecalentamiento en viviendas y espacios laborales genera ambientes incómodos, incrementando el uso de sistemas de refrigeración y, con ello, los costos de energía. Además, la exposición a altas temperaturas afecta la salud y el desempeño de los trabajadores. Para enfrentar este problema, se desarrollaron ecobaldosas térmicas a base de poliestireno expandido y cascarón de huevo, ofreciendo una solución innovadora mediante el uso de materiales reciclados.

La metodología empleada para evaluar el rendimiento de las ecobaldosas se basó en la norma NMX-C-460-ONNCCE-2009 e incluyó el cálculo de densidad aparente (2.548 g/cm^3), conductividad térmica y determinación de espesor. También se realizaron pruebas de absorción de humedad, obteniendo un porcentaje de absorción del 4% en 24 horas, y se calculó la resistencia térmica del material. Estas pruebas fueron clave para determinar el comportamiento térmico de las ecobaldosas en techos de viviendas. Los resultados revelaron una reducción del flujo de calor entre el 39.16% y el 27.51%, evidenciando su efectividad como aislante térmico. Este estudio demuestra el potencial de las ecobaldosas como una solución sostenible y eficiente para mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental en edificaciones.

PALABRAS CLAVE: aislante térmico, transferencia de calor, innovadora.



Colaboración

Rogelio Arroyo Cruz, Ana Roselyn Pérez Méndez, Nitnzi Balbuena Amador, Ana Isabel Campos Molina, María de Lourdes Díaz Chiñas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 18 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 09 de octubre de 2024

ABSTRACT: Ecobaldosas are a sustainable material designed to reduce heat transfer in homes, acting as a thermal insulator and presenting multiple applications. Overheating in homes and work spaces generates uncomfortable environments, increasing the use of refrigeration systems and, with it, energy costs. In addition, exposure to high temperatures affects the health and performance of workers. To address this problem, eco-thermal tiles based on expanded polystyrene and eggshells were developed, offering an innovative solution through the use of recycled materials.

The methodology used to evaluate the performance of the ecobaldosas was based on the NMX-C-460-ONNCCE-2009 standard and included the calculation of bulk density (2.548 g/cm^3), thermal conductivity and thickness determination. Moisture absorption tests were also performed, obtaining an absorption percentage of 4% in 24 hours, and the thermal resistance of the material was calculated. These tests were key to determine the thermal performance of ecobaldosas in residential roofs. The results revealed a reduction of heat flow between 39.16% and 27.51%, evidencing its effectiveness as a thermal insulator. This study demonstrates the potential of ecobaldosas as a sustainable and efficient solution to improve energy efficiency and reduce the environmental impact in buildings.

KEYWORDS: thermal insulation, heat transfer, innovative.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y aplicación de materiales aislantes térmicos ha cobrado gran importancia en las últimas décadas, especialmente en el contexto de la sostenibilidad energética y la mitigación de los efectos del cambio climático. La necesidad de contar con materiales que posean baja conductividad térmica

ha crecido debido al incremento de las olas de calor, fenómeno que ha mostrado un repunte significativo en 2024. Este tipo de materiales son fundamentales en la eficiencia energética de viviendas y en entornos industriales donde se requiere controlar las temperaturas, tanto para mejorar el confort como para reducir el consumo energético asociado a sistemas de enfriamiento [1].

En particular, los aislantes térmicos con propiedades físicas y químicas que permiten una baja conductividad se están consolidando como las mejores opciones para sustituir materiales tradicionales, especialmente en aplicaciones a temperaturas inferiores a 300°C. Estos materiales destacan no solo por su efectividad térmica, sino también por su costo accesible, lo que los hace especialmente adecuados para su implementación en microempresas que enfrentan condiciones de calor constantes. La capacidad de estos materiales para ser producidos a menor costo sin comprometer su rendimiento térmico es clave para su adopción masiva, especialmente en industrias pequeñas y medianas que buscan reducir costos operativos mientras mantienen un ambiente laboral seguro y confortable [2][3].

En los últimos años, las olas de calor han incrementado significativamente, como resultado directo del calentamiento global [3]. Este fenómeno es una consecuencia inevitable del aumento de gases de efecto invernadero, que actúan como un cristal en un invernadero, atrapando el calor en la atmósfera y evitando que escape. Aunque muchos de estos gases se generan naturalmente, las actividades humanas han provocado un incremento notable en sus concentraciones en la atmósfera [4]. Este aumento en la temperatura global ha intensificado el uso de dispositivos de climatización en viviendas, lo que ha llevado a un incremento en el consumo de energía eléctrica. Por ello, es fundamental encontrar soluciones que mitiguen este problema, y las ecobaldosas, debido a sus propiedades aislantes térmicas, podrían ser una opción viable.

Con el objetivo de comprobar la capacidad de las ecobaldosas para reducir el calor, se ha diseñado un análisis térmico. Este estudio contempla una simulación que toma como referencia la temperatura exterior máxima registrada este año, permitiendo evaluar si las ecobaldosas son capaces de inhibir eficazmente la transferencia de calor hacia el interior de una vivienda. Los resultados obtenidos se compararán con los de otros productos del mercado, ofreciendo una perspectiva sobre su potencial como solución innovadora para el ahorro energético [5].

La Ecobaldosas Térmica, MX/a/2018/015948

Y MX/a/2024/010202, compuesta primordialmente con cascarón de huevo que, junto con poliestireno expandido y un solvente, [6] [7], logran propiedades altamente aislantes, logrando mitigar el calor hasta un 86%.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología utilizada para la evaluación térmica de las ecobaldosas sigue los lineamientos establecidos en la NMX-C-460-ONNCCE-2009 [8], y se desarrolló conforme a los siguientes pasos:

1. Determinación del campo de aplicación: Se definieron los escenarios de uso, centrados en su instalación como aislante térmico en techos de viviendas, considerando las condiciones climáticas de zonas específicas. Usando la conductividad del mortero cemento/arena con densidad de 2000 kg/m³ es de 0.630 W/m • K, valor que será utilizado para realizar este análisis.
2. Determinación de la densidad aparente: De acuerdo con la norma ISO 1045, se evaluó la densidad aparente de las ecobaldosas con dimensiones de 15 cm x 15 cm x 1 cm. El cálculo de la densidad aparente, necesario para entender las propiedades físicas del material, se realizó midiendo su masa y volumen, teniendo como resultado 2.548 grs/cm³.
3. Determinación de la conductividad térmica: Se aplicó el método de la placa caliente, siguiendo los estándares proporcionados por el CENAM (Centro Nacional de Metrología), para medir con precisión la capacidad del material de conducir calor. Este procedimiento es esencial para determinar la eficacia del material como aislante térmico, esta baldosa posee 0.232 W/(m²•K) [10].
4. Prueba de absorción de humedad: Basada en la ISO 1045 [9], esta prueba se diseñó para medir la capacidad del material de absorber humedad, factor clave para evaluar su durabilidad y comportamiento en diferentes condiciones ambientales. Teniendo una absorción en 24 horas de 100% de permeabilidad y 4% de porcentaje de humedad.
5. Determinación de variables para simulación: Se definieron las variables correspondientes para la simulación térmica de las ecobaldosas instaladas en techos de viviendas de la ciudad de Misantla. Para esta simulación, se empleó el software SolidWorks 2022, modelando el comportamiento térmico bajo las condiciones ambientales locales, lo que permitió analizar la efectividad del material en la reducción del calor.

Esta metodología, sustentada en normas internacionales, permitió realizar una caracterización integral del material, evaluando tanto sus propiedades físicas y comportamiento térmico.

El techo que se analizará tendrá unas dimensiones de 3 x 3 metros con un espesor de 10 cm. La temperatura exterior que se utilizó para este análisis fue la temperatura más alta que se ha presentado en este año 2024 a la fecha, la cual es de 41 °C. [11] Se supondrá que el interior del recinto va a estar a 25 °C.

Por otro lado, la velocidad promedio del viento en este mismo año es de 3.99 mph [12] por lo que el factor de convección por aire en movimiento en el exterior del techo será de 16.47 W/m²•K y para aire tranquilo en el interior del recinto este factor se tomará como 9.37 W/m²•K. [13].

Variable 1. Análisis sin recubrimiento

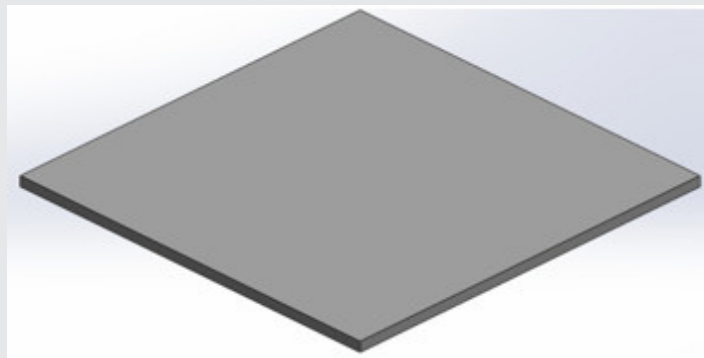


Figura 1. Losa de estudio cemento/arena con 10 cm de espesor.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se puede apreciar que la temperatura que alcanza la losa con la velocidad del viento utilizada para el análisis es de 37.87 °C, lo que quiere decir que el material utilizado no opone mucha resistencia al paso del calor, mientras que al interior la temperatura llega a los 30.09 °C.

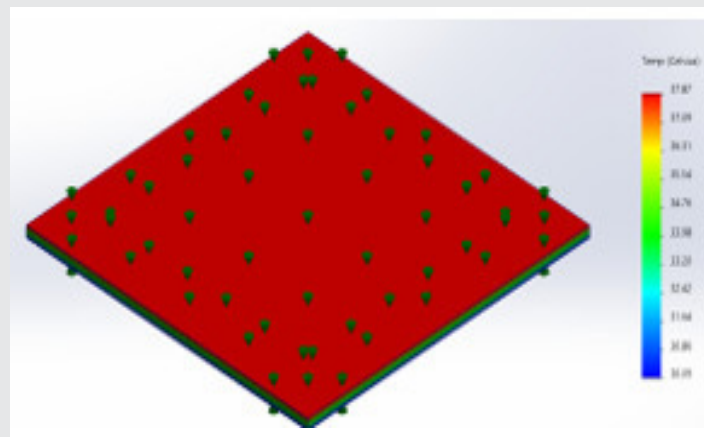


Figura 2. Variación de la temperatura a través de losa de 10 cm de espesor.
Fuente: Elaboración propia

Con las condiciones vistas en la Figura 2, en la Figura 3 se puede observar que el calor que pasa a través de la losa es de 441.49 W.

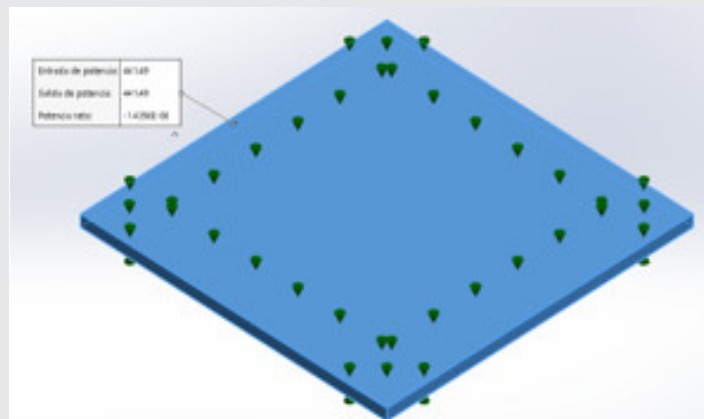


Figura 3. Paso de calor a través de losa de 10 cm de espesor.
Fuente: Elaboración propia

Variable 2. Análisis con recubrimiento de ecobaldosas de 1 cm de espesor y separación de aire de 40 cm

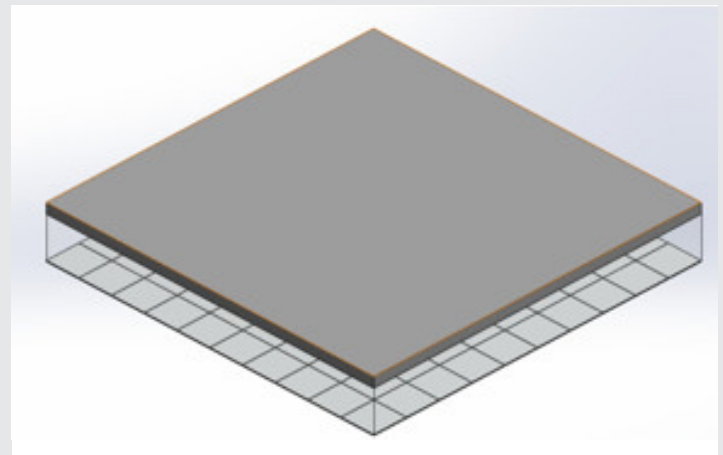


Figura 4. Losa de estudio cemento/arena con 10 cm de espesor, separación de aire de 40 cm y recubrimiento de ecobaldosas de 30 x 30 cm con espesor de 1 cm.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Arreglo de pared compuesta a analizar.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Imagen 6, la losa alcanza una mayor temperatura en el exterior que la que se alcanzó en el análisis de la variable 1, en este caso de 40.79 °C, lo que indica que, si existe una mayor resistencia al paso de calor, y esto se puede confirmar con la temperatura alcanzada en la parte interna del falso plafón elaborado de ecobaldosas, la cual es de 24.82 °C.

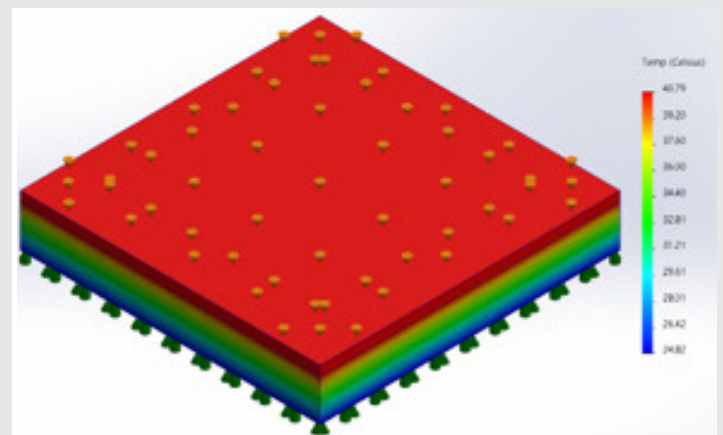


Figura 6. Variación de la temperatura a través de la pared compuesta.
Fuente: Elaboración propia.

En este caso, basándonos en los datos obtenidos en la Figura 7 se puede confirmar que el paso de calor a través de la losa es aproximadamente 15 veces menor que el obtenido en el primer análisis sin recubrimiento, es decir 28.382 W.

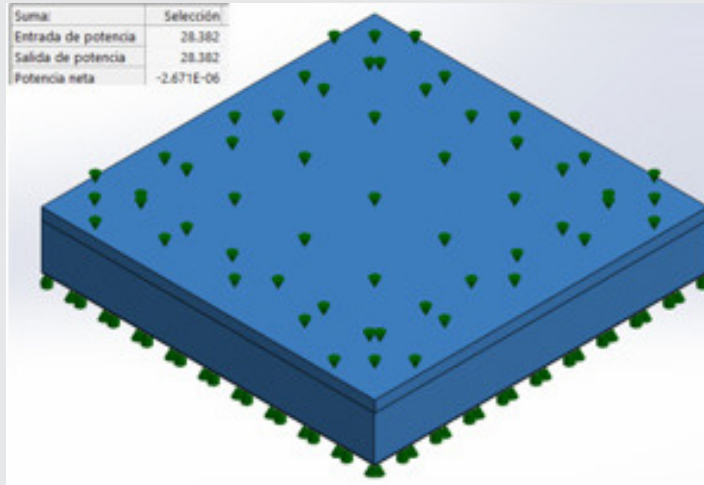


Figura 7. Paso de calor a través de la pared compuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Variable 3. Análisis con recubrimiento de ecobaldosas de 1 cm de espesor

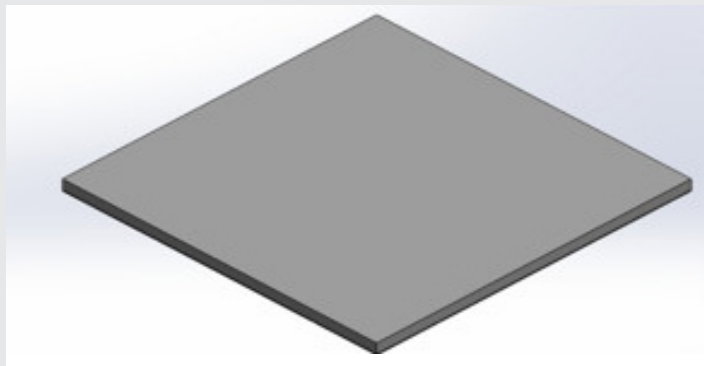


Figura 8. Losa de estudio cemento/arena con 10 cm de espesor y recubrimiento de ecobaldosas de 30 x 30 cm con espesor de 1 cm.
Fuente: Elaboración propia.

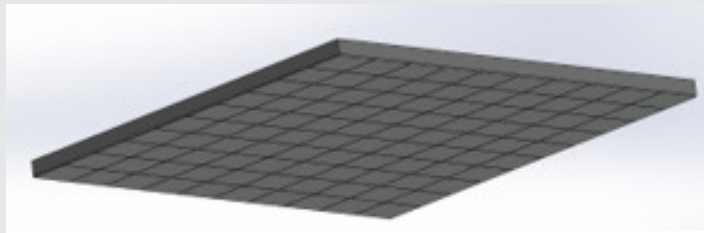


Figura 9. Arreglo de pared compuesta a analizar.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 10, la losa alcanza una temperatura en el exterior de 38.47 °C, lo que indica que, si existe una resistencia por parte de la losa al paso del calor, y esto se puede confirmar con la temperatura alcanzada en la parte interna del arreglo elaborado de ecobaldosas, la cual es de 27.89 °C.

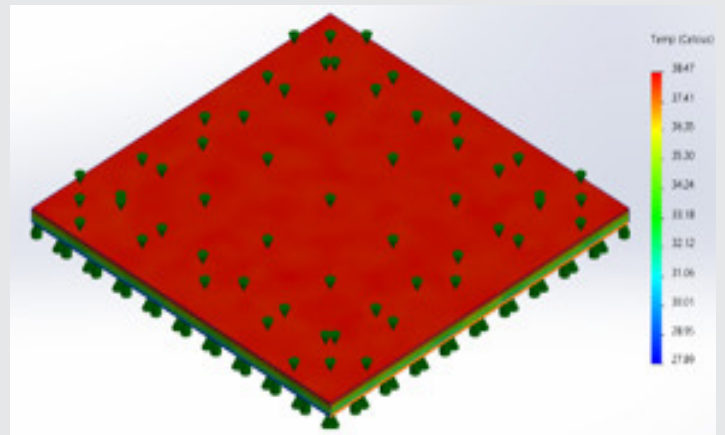


Figura 10. Variación de la temperatura a través de la pared compuesta.
Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 11 el paso de calor a través de la pared compuesta es de 333.94 W, es decir, 107.55 W menos que el obtenido con el análisis de la variable 1, sin embargo, es mayor al obtenido con el análisis de la variante 2.

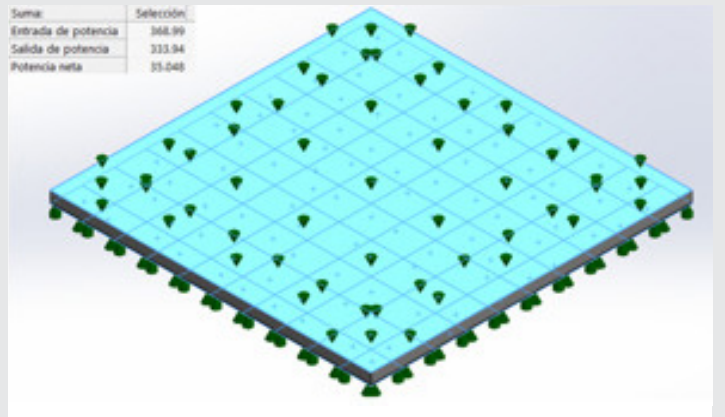


Figura 11. Paso de calor a través de la pared compuesta.
Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Al término de los análisis obtenidos con las tres variables se puede observar que los mejores resultados obtenidos son los de la variable dos con una separación de aire entre la losa (disminución de 39.16%) y el arreglo de ecobaldosas, sin embargo, si por cuestiones de espacio no se puede realizar una separación de aire, también con lo observado en la variable tres (disminución de 27.51%), se puede ver que si existe una considerable reducción en cuanto al paso de calor se refiere, por lo que si queda demostrado que el nuevo material del cual están hechas las ecobaldosas puede servir como aislante térmico en viviendas logrando con ello una mejora energética que impacta de manera positiva en el bolsillo de los habitantes de las mismas.

Tabla 1. Escenarios propuestos para simulación.

	Variable 1	Variable 2	Variable 3
Temperatura exterior en °C	37.87	40.79	38.47
Temperatura interior en °C	30.09	24.82	27.89
Calor que pasa a través de la losa en Watts	441.49	28.382	333.94

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio demuestran que las ecobaldosas presentan una alta eficiencia como aislante térmico, al reducir significativamente tanto la temperatura interior de los espacios como el flujo de calor a través de los techos. Los datos obtenidos revelan una disminución de la temperatura interior de entre 20.55% y 39.15% en comparación con la temperatura exterior, lo que evidencia su capacidad de moderar el sobrecalentamiento en viviendas.

En particular, el análisis de tres escenarios específicos mostró que, con una temperatura exterior de 37.87°C, la temperatura interior se redujo a 30.09°C, logrando una disminución del 20.55%, mientras que el calor que atravesó la losa fue de 441.49 Watts. En el segundo escenario, con una temperatura exterior más elevada de 40.79°C, la temperatura interior fue de 24.82°C, lo que representa una reducción del 39.15%, y una notable disminución del flujo de calor a solo 28.382 Watts. Finalmente, en el tercer escenario, con una temperatura exterior de 38.47°C, se registró una temperatura interior de 27.89°C, lo que equivale a una reducción del 27.52%, y un flujo de calor de 333.94 Watts.

Estos resultados sugieren que las ecobaldosas no solo son una solución efectiva para reducir la transferencia de calor en techos de viviendas, sino que también pueden contribuir significativamente a la mejora de la eficiencia energética. Al disminuir la necesidad de sistemas de refrigeración, su implementación no solo ayuda a reducir los costos energéticos, sino que también tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental. Esto convierte a las ecobaldosas en una opción viable para la protección térmica en edificaciones, especialmente en regiones expuestas a altas temperaturas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al COVEICYDET y al tecnológico Nacional de México la contribución para el desarrollo de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

[[1] X. Zhang, Y. Li, y L. Wang, "Thermal insulation materials: Trends and innovations in energy-efficient building applications," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 348-356, 2024.

[2] M. J. García, A. Fernández, y C. Ruiz, "Low-conductivity materials for thermal insula-

tion: A review of recent advances," *Journal of Sustainable Materials*, vol. 15, no. 4, pp. 101-110, 2023.

[3] A. Martínez, J. Gómez, y R. Torres, "Thermal insulation solutions for micro and small enterprises: A cost-effective approach," *Industrial Energy Efficiency Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 45-52, 2024.

[4] M. J. García, A. Fernández, y C. Ruiz, "Low-conductivity materials for thermal insulation: A review of recent advances," *Journal of Sustainable Materials*, vol. 15, no. 4, pp. 101-110, 2023.

[5] A. Martínez, J. Gómez, y R. Torres, "Thermal insulation solutions for micro and small enterprises: A cost-effective approach," *Industrial Energy Efficiency Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 45-52, 2024.4o.

[6] A. Pérez Méndez, "Ecobaldosas Térmica", México, MX/a/2018/015948, 23, Agosto, 2024.

[7] A. Pérez Méndez, "Ecobaldosas Térmica", México, MX/a/2024/010202, 29, Agosto, 2024.

[8] *Industria de la construcción – materiales aislantes térmicos – determinación de propiedades físicas y conductividad térmica*, NMX-C-460-ONNCCE-2009, México, 2009.

[9] *Plastics Determination of thermal conductivity and thermal diffusivity*, ISO 22007-1:2024, May, 2024.

[10] L. Cortes y E. Méndez Lango, "Medición de la Conductividad Térmica de Materiales Aislantes en CENAM", Centro Nacional de Metrología, 2007.

[11] QUADRATIN, "Elevará la temperatura hasta los 41 grados la onda de calor," 2024. <https://quintanaroo.quadratin.com.mx/elevara-la-temperatura-hasta-los-41-grados-la-onda-de-calor/>.

[12] "Tiempo de Windows", Accessed: Junio 20, 2024 [Online.].

[13] R. Dossat, *Principios de refrigeración*, México, D.F: Continental, 2004.

