

Diseño, análisis y fabricación de un aislante térmico para la gestión de calor en techos residenciales.

Design, analysis and manufacture of a thermal insulator for heat management in residential roofs.

John Freddy Rios Barrera¹ , PhD. Luz Karime Hernández Gegen^{1,2} 
PhD. Rafael Bolívar León.² 

¹ Universidad de Pamplona, Ingeniería mecánica, Semillero de Investigación en Manufactura Aditiva, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Correspondencia: Autor John
Freddy Rios Barrera.
Correo electrónico:
John.riosjo@unipamplona.edu.co

Recibido: 03/10/2025
Revisado: 06/11/2025
Aceptado: 29/12/2025

Citar así: J.K. Rios Barrera, L.K. Hernandez Gegen, R. Bolivar Leon, "Diseño, análisis y fabricación de un aislante térmico para la gestión de calor en techos residenciales.", SEI, vol. 8, nº 1, pp. 33-40, Abrev. Diciembre, 2025.

Recuperado de
<https://doi.org/10.24054/arqcd70>

Copyright: © 2025. Universidad de Pamplona, Colombia. La *Revista Semilleros de Investigación* proporciona acceso abierto a todo su contenido bajo los términos de la licencia *Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)*.

Agradecimientos: Agradezco profundamente a la Universidad de Pamplona por el apoyo brindado durante el desarrollo del presente proyecto. De igual manera, expreso mi agradecimiento a los laboratorios

Resumen

El proyecto se centra en el estudio y desarrollo de paneles para techos residenciales capaces de optimizar el enfriamiento y almacenamiento pasivo de energía térmica, donde se fabricará haciendo uso de la manufactura aditiva (impresión 3D). La finalidad de este panel es reducir el consumo energético producido por sistemas de calefacción y aire acondicionado. Para ello, se investigará materiales con propiedades térmicas que favorezcan el aislamiento y la transferencia térmica. De igual manera se realizarán diseños con diferentes configuraciones térmicas con la ayuda de un software CAD, para posteriormente llevarlo a una simulación, en la cual se observará cómo se comportan los modelos ante diferentes variables. Los resultados obtenidos en la simulación permitirán determinar cuál modelo es más eficiente, el cual será fabricado mediante manufactura aditiva y evaluado en un recinto a escala con un entorno controlado. Se espera obtener un panel funcional el cual pueda mejorar la eficiencia térmica de los tejados residenciales y contribuir a la reducción del consumo energético.

Palabras clave: Techos residenciales, manufactura aditiva, consumo energético, propiedades térmicas, transferencia térmica, software CAD, simulación, entorno controlado, eficiencia térmica.

Abstract

The project focuses on the study and development of residential roof panels capable of optimizing cooling and passive thermal energy storage. These panels will be manufactured using additive manufacturing (3D printing). The purpose of this panel is to reduce

de la Universidad de Pamplona, cuyo respaldo técnico, recursos e infraestructura fueron fundamentales para la ejecución de las actividades experimentales y para el fortalecimiento de mi formación como investigador, permitiéndome además continuar representando a la institución en diversos espacios de divulgación científica.

energy consumption from heating and air conditioning systems. To achieve this, materials with good thermal properties that promote insulation and heat transfer will be investigated. Designs with different thermal configurations will be created using CAD software and then simulated to observe the behavior of the models under varying conditions. The simulation results will determine the most efficient model, which will then be manufactured using additive manufacturing and tested in a scaled-down, controlled environment. The goal is to obtain a functional panel that can improve the thermal efficiency of residential roofs and contribute to reducing energy consumption.

Keywords: Residential roofs, additive manufacturing, energy consumption, thermal properties, heat transfer, CAD software, simulation, controlled environment, thermal efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de consumo energético en edificios residenciales se ha convertido en uno de los principales desafíos ambientales y económicos. Parte de este consumo eléctrico es asociado a los sistemas de climatización como pueden ser aire acondicionado para disminuir la temperatura ambiente o calentadores que se usan para aumentar la temperatura ambiente, esto para mantener condiciones confortables ante las variaciones de temperatura externa como lo puede ser climas calurosos o fríos, los cuales se pueden encontrar en varios lugares del mundo, teniendo esto en cuenta surge la necesidad de desarrollar soluciones pasivas que contribuyan a disminuir el uso de aire acondicionado y calefacción, así teniendo mejoras de la eficiencia energética de las viviendas. Por esta razón, se han buscado materiales los que tengan buenas propiedades térmicas o materiales con cambio de fase (PCM) [1] y puedan ayudar disminuyendo la temperatura interior en los hogares, entre esto se ha logrado encontrar el uso de nuevas tecnologías como lo es la manufactura aditiva o popularmente conocida como impresión 3D. Este proceso de manufactura está en auge ya que permite la creación de piezas o componentes desde cero sin la necesidad de un molde como se usaba tradicionalmente. Otra de las ventajas que da este proceso es que se pueden crear estructuras complejas [2] tanto de manera interior como exterior de la pieza, lo cual, es una gran ventaja ya que se puede jugar con diversas figuras poco comunes y que pueden ayudar con el aislamiento de temperatura. Por esta razón, este proceso de manufactura no es común en temas de transferencia de calor, pero poco a poco se ha ido implementando y toma protagonismo. Otra de las técnicas que se han investigado y usado alrededor del mundo para tratar esta problemática ha sido enfocada en la creación de materiales compuestos que sirvan como aislante y que se puedan usar con esta nueva tecnología de la manufactura aditiva entre ellos podemos encontrar el PLA (ácido poliláctico) mezclado con partículas de madera [3] De esta forma, el PLA – madera tiene la capacidad de aislamiento que puede ajustarse manipulando su porosidad, también se ha explorado el uso de sílice porosa [4], destacando su estructura nanoporosa la cual limita la transferencia de calor, gracias a su baja conductividad térmica y su alta resistencia térmica y en temas de eficacia térmica se encuentra las fibras de basalto [5] el cual puede contribuir de igual forma a la sostenibilidad.

Antes del auge de los materiales compuestos mencionados, cuando poco se conocía de la manufactura aditiva y se usaba algunos materiales comunes de impresión como el material de PLA se encontró que tiene una conductividad térmica de (~0,13 W/m·K) [6], lo cual llamó la atención y se puso a prueba creando placas de este material ajustando rellenos y la orientación de las capas. Se logró encontrar una conductividad mínima de 0,037 W/m·K y una porosidad del 71 % [7] lo cual demuestra que este proceso puede generar piezas con un poco de aislamiento térmico (teniendo algunos ajustes incluso con materiales comunes), por esta razón se comenzaron a estudiar y generar

materiales combinados con diferentes partículas tanto de fibras vegetales como cerámicas los cuales ayudan a tener mayor resistencia térmica. Otro de los factores que se han estado investigando para implementar en el aislamiento térmico [8] usando la manufactura aditiva son las estructuras bioinspiradas [9] basadas en conchas y huesos que pueden captar la energía y en sus estructuras internas gracias a la topología interna [10] Este detalle es de gran interés por los defectos de impresión y la anisotropía, lo cual influyen directamente en el comportamiento térmico y mecánico de las componentes.

El propósito de este proyecto es diseñar, analizar y fabricar un panel térmico haciendo uso de manufactura aditiva, el cual ayude a reducir y acumular la temperatura ambiente según la necesidad, que se pueda instalar y usar de forma sencilla en los hogares, sin ningún inconveniente con esto se busca reducir el consumo eléctrico de las viviendas que cuenta con sistemas de climatización como lo son aires acondicionados o calentadores dependiendo del clima o el lugar en el que se encuentre y ofrecer una alternativa para aquellos hogares que no cuenta con ningún tipo de aislamiento en sus hogares y tampoco ningún tipo de sistema de climatización, con esto de igual forma se busca que las personas tengan un mejor confort dentro de sus hogares.

2. DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de esta investigación se consideran cuatro etapas:

2.1 Manufactura aditiva. La manufactura aditiva, también conocida como impresión 3D, es un proceso de fabricación que permite la producción de piezas, componentes y materiales con propiedades personalizables y geometrías complejas. Este proceso se basa en la creación de objetos a partir de un diseño digital previamente desarrollado en un software de diseño asistido por computadora (CAD), lo que posibilita la fabricación de componentes desde cero y su modificación de manera flexible y eficiente.

Esta tecnología ha representado un avance significativo en el ámbito de la ingeniería y la manufactura, ya que anteriormente la producción de piezas dependía en gran medida del uso de moldes, lo cual implicaba elevados costos y un mayor tiempo de desarrollo. En contraste, la impresión 3D ha permitido reducir tanto los tiempos de fabricación como los costos asociados, facilitando además la creación de geometrías poco convencionales que resultaban complejas o inviables mediante métodos tradicionales. En la actualidad, la manufactura aditiva continúa siendo objeto de investigación y desarrollo, con el objetivo de optimizar su desempeño y ampliar su aplicación en diversos sectores industriales.

2.2 Análisis documental. Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en diversas fuentes de información, con el propósito de identificar estudios previos relacionados con la temática del proyecto, así como con los procesos de manufactura y el aislamiento térmico. Como resultado de esta revisión, se identificaron diversos materiales compuestos que presentan propiedades térmicas relevantes, además de destacar la importancia de la geometría en el diseño, la cual constituye un aspecto fundamental que debe ser cuidadosamente considerado durante el proceso de fabricación.

Esta revisión contribuyó significativamente al fortalecimiento del conocimiento técnico del proyecto. De manera complementaria, se llevó a cabo un análisis de los diferentes tipos de techos residenciales y de los materiales comúnmente empleados en su construcción, lo cual permitió contextualizar el estudio dentro de aplicaciones reales del sector de la construcción.

2.3 Diseño. Una vez adquirido un mayor conocimiento sobre la temática abordada, se procedió al desarrollo del diseño del panel, considerando como restricción principal el volumen de trabajo de las impresoras 3D, dado que las dimensiones del diseño no debían exceder dicha capacidad. Asimismo, se tuvo en cuenta el peso del panel, ya que estos serían instalados a una altura

considerable y un exceso de masa podría representar inconvenientes tanto en la instalación como en la seguridad estructural. Adicionalmente, el diseño contempló la posibilidad de personalización, tanto en geometría como en color, de acuerdo con las preferencias del usuario final. En cuanto a la forma, se optó por una geometría simétrica que facilitara el acoplamiento entre múltiples paneles, permitiendo su ensamblaje en función del área del recinto donde serían instalados.

Con el apoyo de herramientas digitales, incluyendo técnicas de inteligencia artificial, se obtuvo un primer boceto del panel, el cual se presenta (ver Figura 1). Posteriormente, se realizó un análisis más detallado de los techos residenciales, identificándose posibles interferencias con elementos existentes, tales como lámparas, bombillos, tuberías y otros accesorios fijos. Como resultado, fue necesario plantear modificaciones en el diseño de los paneles con el fin de garantizar su correcta instalación y compatibilidad con los elementos previamente presentes en el techo.



Figura 1. Modelo del primer boceto del panel con apoyo de herramientas digitales y técnicas de inteligencia artificial.

2.4 Análisis de tejados. Como se mencionó anteriormente, se llevó a cabo un estudio más detallado orientado al análisis de los tejados residenciales, a partir de los inconvenientes identificados durante la etapa de diseño de los paneles y su proceso de instalación. Dicho análisis permitió evidenciar que, en muchos casos, los techos presentan elementos fijos tales como tuberías, lámparas, bombillos y otros accesorios, los cuales no pueden ser modificados debido a que forman parte de la estructura original de la vivienda y, en algunos casos, han sido definidos desde la etapa de diseño arquitectónico. Ante esta situación, fue necesario plantear alternativas de diseño que permitieran evitar interferencias con estos elementos, garantizando así una correcta instalación de los paneles. El objetivo principal fue desarrollar un sistema de paneles en el que cada detalle estuviera cuidadosamente considerado, de modo que el usuario final no enfrentara dificultades durante el proceso de montaje y uso.

2.5 Materiales. Durante la etapa de selección de materiales, se tuvieron en cuenta aquellos identificados en la búsqueda bibliográfica; sin embargo, se exploraron opciones adicionales con el fin de ampliar el conjunto de materiales potencialmente utilizables. Esta búsqueda se realizó mediante el software Ansys Granta, en el cual se establecieron criterios de selección basados en la compatibilidad con procesos de manufactura aditiva, adecuadas propiedades térmicas y un costo económico viable. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que se

identificaron diversos materiales tanto de bajo como de alto costo. No obstante, se llevó a cabo un análisis adicional enfocado en la disponibilidad de dichos materiales en el contexto nacional, particularmente en Colombia. En este sentido, se evidenció que algunos materiales solo se encuentran disponibles en mercados internacionales, principalmente en países europeos, lo cual implica mayores costos de adquisición y tiempos de espera prolongados debido a procesos de importación. Por esta razón, se priorizó la selección de materiales de fácil acceso y rápida disponibilidad en el mercado local, con el fin de facilitar su implementación en el desarrollo del proyecto. Adicionalmente, se consideraron materiales porosos [11], debido a su contribución a la resistencia térmica; no obstante, este criterio fue incorporado como un parámetro secundario dentro del proceso de selección.

3. CONCLUSIONES

Se concluyó que este proyecto puede ser una gran alternativa en un país como Colombia ya que hay se tiene una variedad climática interesante y se logró evidenciar que en algunos hogares no cuentan con ningún tipo de aislamiento y mucho menos con un sistema de climatización porque no los pueden adquirir por temas de costos o disponibilidad de los equipos. El diseño de este panel es una opción de fácil adquisición e instalación en lugares remotos para que las personas tenga un mejor confort en sus viviendas.

De igual manera, este proyecto involucra al medio ambiente ya que se busca la reducción de gasto energético en los hogares que cuenta con estos sistemas de climatización como aires acondicionados o calentadores, porque en algunas ciudades la energía se adquiere de formas no renovables y al tener un mayor consumo, se está generando un impacto ambiental. De esta forma, se busca ayudar al medio ambiente de manera pasiva mediante la reducción de la energía eléctrica consumida gracias a la disminución de la temperatura ambiente en los hogares.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos hasta el momento para la parte del diseño se han llevado a cabo mediante un diagrama de espina de pescado el cual ayudó a identificar las principales causas que podrían afectar la implementación del panel. En este análisis se evidenció que uno de los inconvenientes más significativos corresponde al proceso de instalación del panel, ya que en algunos tejados se encuentran accesorios puestos como pueden ser lámparas, bombillos, tubos o bandejas portacables, los cuales pueden limitar el direccionamiento de los paneles al momento de ser instalados en el techo ya que van a ser un obstáculo. Adicionalmente, se contemplaron factores relacionados con la selección de materiales donde se considera su compatibilidad y que pueda ser usado a través de procesos de manufactura aditiva considerando la viabilidad de la tecnología a emplear.

Para la parte de selección de materiales se hizo uso de la metodología Ashby con el software Ansys Granta donde se realizó una selección preliminar de materiales adecuados para la fabricación del panel térmico, donde el análisis se centró en el comportamiento térmico y la exposición por ciclos de calor que se podría experimentar en el techo residencial o como cambia el calor en el techo dependiendo de la hora del día, los resultados obtenidos en esta selección mostraron que los materiales poliméricos presentan un rendimiento favorable en términos de aislamiento térmico, lo cual los hace viables para esta aplicación. Sin embargo, también se observó que para su selección final va a depender de diversos factores adicionales como lo puede ser la compatibilidad ya que algunos polímeros no son compatibles por impresión 3D, otro factor es el costo ya que hay polímeros con un valor muy alto y no serían muy viables ya que al momento de fabricar sería

costoso y por último que sean sostenibles y amigables con el medio ambiente, por el momento el PLA es el material que destaca como una alternativa prometedora debido a que es fácil de ser usado en manufactura aditiva y cuenta con una biodegradabilidad, pero de igual forma se estará buscando nuevos materiales que puedan ayudar a mejorar la eficiencia al aislar el calor.

REFERENCIAS

- [1] T. B. Freeman *et al.*, “Advanced Materials and Additive Manufacturing for Phase Change Thermal Energy Storage and Management: A Review,” Jun. 23, 2023, *John Wiley and Sons Inc.* doi: 10.1002/aenm.202204208.
- [2] B. Anwajler, J. Szołomicki, P. Noszczyk, and M. Baryś, “The Potential of 3D Printing in Thermal Insulating Composite Materials—Experimental Determination of the Impact of the Geometry on Thermal Resistance,” *Materials*, vol. 17, no. 5, Mar. 2024, doi: 10.3390/ma17051202.
- [3] A. Bahar, A. E. A. Hamami, F. Benmahiddine, S. Belhabib, R. Belarbi, and S. Guessasma, “The Thermal and Mechanical Behaviour of Wood-PLA Composites Processed by Additive Manufacturing for Building Insulation,” *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 14, Jul. 2023, doi: 10.3390/polym15143056.
- [4] L. An *et al.*, “Tailoring thermal insulation architectures from additive manufacturing,” *Nat Commun*, vol. 13, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1038/s41467-022-32027-3.
- [5] Z. Liu *et al.*, “Continuous basalt fibers into fireproof and thermal insulation architectures using an additive manufacturing manipulator,” *Mater Des*, vol. 235, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.matdes.2023.112434.
- [6] P. Roudný and T. Syrový, “Thermal conductive composites for FDM 3D printing: A review, opportunities and obstacles, future directions,” Nov. 01, 2022, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.jmapro.2022.09.026.
- [7] S. Islam, G. Bhat, and P. Sikdar, “Thermal and acoustic performance evaluation of 3D-Printable PLA materials,” *Journal of Building Engineering*, vol. 67, May 2023, doi: 10.1016/j.jobe.2023.105979.
- [8] D. Briels *et al.*, “Monolithic AM façade: multi-objective parametric design optimization of additively manufactured insulating wall elements,” *Front Built Environ*, vol. 9, 2023, doi: 10.3389/fbui.2023.1286933.
- [9] A. Ingrole, T. G. Aguirre, L. Fuller, and S. W. Donahue, “Bioinspired energy absorbing material designs using additive manufacturing,” Jul. 01, 2021, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.jmmbm.2021.104518.
- [10] Y. Wu, J. Fang, C. Wu, C. Li, G. Sun, and Q. Li, “Additively manufactured materials and structures: A state-of-the-art review on their mechanical characteristics and energy absorption,” May 15, 2023, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.ijmecsci.2023.108102.
- [11] H. Lin *et al.*, “3D Printing of Porous Ceramics for Enhanced Thermal Insulation Properties,” Feb. 17, 2025, *John Wiley and Sons Inc.* doi: 10.1002/advs.202412554.