

DISEÑO DE UN BIOAISLANTE TÉRMICO CON CASCARILLA DE ARROZ Y ÁLMIDON DE YUCA

DESIGN OF A THERMAL BIOINSULANT WITH RICE HUSK AND CASSAVA STARCH

Autores (*Authors*): Alban Muñoz Emerson Lucindo, Guerrero Melo Dayra Camila,
Muñoz López Andrés Fernando

Facultad (*Faculty*): INGENIERÍA

Programa (*Program*): INGENIERÍA CIVIL

Asesor (*Support*): CRISTINA ISABEL DÍAZ FAILACH

Fecha de terminación del estudio (*End of the research*): DICIEMBRE-2024

Modalidad de Investigación (*Kind of research*): TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
INGENIERÍA CIVIL SOSTENIBLE

PALABRAS CLAVE

MATERIALES BIODEGRADABLES
BIOAISLANTES TÉRMICOS
CASCARILLA DE ARROZ
ÁLMIDÓN DE YUCA
EFICIENCIA ENERGÉTICA
CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE
HUELLA DE CARBONO
ESPUMA DE POLIURETANO
BENEFICIOS ECONÓMICOS

KEY WORDS

*BIODEGRADABLE MATERIALS
THERMAL BIOINSULATORS
RICE HUSK
CASSAVA STARCH
ENERGY EFFICIENCY
SUSTAINABLE CONSTRUCTION
CARBON FOOTPRINT
POLYURETHANE FOAM
ECONOMIC BENEFITS*

RESUMEN: La creciente necesidad de alternativas tecnológicas sostenibles ha estimulado la investigación de materiales biodegradables, como la cascarilla de arroz y el almidón de yuca, para su uso en la creación de bioaislantes térmicos, esta

investigación se enfoca en el potencial de estos materiales para mejorar la eficiencia energética en edificaciones, especialmente en el departamento de Nariño, Colombia, donde las variaciones climáticas generan un alto consumo energético en sistemas de calefacción y refrigeración.

El problema se centra en ¿Cómo puede la cascarilla de arroz y el almidón de yuca en un sistema de bioaislamiento térmico mejorar la eficiencia energética en construcciones residenciales, y cuáles son los beneficios económicos de los bioaislantes en este contexto?; mediante pruebas experimentales, se fabricaron prototipos de bioaislantes que fueron sometidos a ensayos de conductividad térmica, y aunque no alcanzó las expectativas iniciales, los resultados indicaron un rendimiento comparable a otros materiales aislantes como el oro y el acero.

Además, el costo encontrado demuestra que la producción de bioaislantes es más económica que la de la espuma de poliuretano, considerando tanto los gastos en materiales como la mano de obra; así mismo, se llevó a cabo una investigación sobre la huella de carbono, que reveló que el prototipo de bioaislante emite aproximadamente 69% menos CO₂ en comparación con la espuma de poliuretano, estas emisiones de carbono no solo representan un impacto ambiental favorable, sino que también presenta al bioaislante como una alternativa viable para la construcción sostenible.

ABSTRACT: *The growing need for sustainable technological alternatives has driven research into biodegradable materials, such as rice husk and cassava starch, for use in the creation of thermal bioinsulators, this research focuses on the potential of these materials to improve energy efficiency in buildings, particularly in the department of Nariño, Colombia, where climate variations lead to high energy consumption in heating and cooling systems.*

The problem revolves around How can rice husk and cassava starch in a thermal bioinsulation system improve energy efficiency in residential constructions, and what are the economic benefits of bioinsulators in this context?; through experimental tests, bioinsulator prototypes were fabricated and subjected to thermal conductivity tests, and although the prototypes did not fully meet initial expectations, the results indicated performance comparable to other insulating materials, such as gold and steel.

Furthermore, the cost analysis revealed that producing bioinsulators is more economical than producing polyurethane foam, considering both material expenses and labor costs; additionally, a carbon footprint study showed that the bioinsulator prototype emits approximately 69% less CO₂ compared to polyurethane foam, these lower carbon emissions not only represent a favorable environmental impact but also position the bioinsulator as a viable alternative for sustainable construction.

CONCLUSIONES: El desarrollo de los distintos ensayos refleja un proceso de ajustes continuos en la creación de prototipos basados en una mezcla de cascarilla de arroz y almidón de yuca, donde se enfrentaron desafíos como la mala evaporación de la humedad, la proliferación de moho y la desintegración de la mezcla al usar levadura de cerveza. Tras varios intentos, se identificaron las

proporciones y el método de secado más adecuados para obtener un material rígido, liviano y de características similares a la madera, especialmente cuando se aplicaba presión durante el secado, el uso de prensa y horno a temperaturas controladas fue crucial para lograr un producto final exitoso, así en última instancia, el proyecto alcanzó un avance significativo al establecer el protocolo óptimo para la mezcla y el secado, acercándose al objetivo inicial de obtener un material sostenible y funcional, abriendo paso a la ejecución de los ensayos para determinar sus propiedades aislantes.

Los resultados obtenidos en las pruebas de conductividad térmica de los prototipos presentan una diferencia significativa en comparación con la espuma de poliuretano, aunque estos valores son considerablemente más altos que los de un buen aislante, es crucial tener en cuenta que la medición de esta magnitud no se hizo sobre el prototipo real, sino sobre una modificación del mismo, lo que pudo dar lugar a datos inexactos de la conductividad térmica. Así mismo se debe tener en cuenta que, aunque el valor de conductividad térmica no fue el esperado, el análisis de transferencia de calor y resistencia al calor realizados con los prototipos sin modificar, arrojaron muy buenos resultados, que son comparables con los de otros aislantes térmicos.

El análisis comparativo de la huella de carbono entre el prototipo de bioaislante térmico y la espuma de poliuretano revela una clara ventaja del prototipo en términos de impacto ambiental, el prototipo de bioaislante, elaborado a partir de cascarilla de arroz y almidón de yuca, presenta una huella de carbono de solo 1,757 kg de CO₂ por unidad de producción, esto contrasta significativamente con los 5,68 kg de CO₂ emitidos por la producción de espuma de poliuretano, un material ampliamente utilizado en la industria de la construcción, esta diferencia de aproximadamente 3.923 kg de CO₂ por unidad refleja no solo una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también una menor dependencia de procesos industriales intensivos en energía y recursos; al reducir la huella de carbono, el prototipo contribuye de manera Diseño de un bioaislante con cascarilla de arroz y almidón de yuca 63 más efectiva a los objetivos globales de mitigación del cambio climático y ofrece una alternativa sostenible que puede ser integrada en proyectos de construcción ecológica.

Subproductos y su impacto ambiental: El prototipo de bioaislante térmico no solo demuestra ser más sostenible en términos de huella de carbono, sino también en la naturaleza de sus subproductos, los materiales y subproductos generados durante la fabricación y el uso del bioaislante, como el vapor de agua, el papel film, las virutas de cascarilla de arroz y los residuos de almidón de yuca, tienen un impacto ambiental significativamente menor, estos subproductos son en su mayoría biodegradables y no representan una amenaza grave para los ecosistemas ni para la salud humana. En contraste, la espuma de poliuretano genera subproductos tóxicos y peligrosos durante su producción y análisis, como el CO₂, este compuesto químico no solo contribuye a la contaminación del aire, sino que también presenta riesgos significativos para la salud humana y animal, así como para el medio ambiente, por ello, la reducción o eliminación de estos subproductos peligrosos a través del uso de bioaislantes refuerza el argumento a favor de su adopción en la

industria de la construcción, ofreciendo un camino más seguro reduciendo del impacto ambiental.

El costo de producción por metro cuadrado del bioaislante a base de cascarilla de arroz y almidón de yuca es mayor que el de la espuma de poliuretano, pero su facilidad de aplicación podría representar una ventaja en ciertos proyectos. Además, este bioaislante ofrece una alternativa más sostenible, lo cual puede ser un factor clave para usuarios que valoren materiales ecológicos, por lo tanto, aunque la espuma de poliuretano es más económica en términos de costo de material, el bioaislante sigue siendo una opción competitiva considerando sus posibles beneficios adicionales.

Esta reducción significativa en costos se debe al uso de materiales naturales y biodegradables, que no solo reducen el impacto ambiental sino también los costos de producción, además, el prototipo experimental demostró tener propiedades similares a la espuma de poliuretano en términos de transferencia de calor.

CONCLUSIONS: *The development of the various tests reflects a process of continuous adjustments in the creation of prototypes based on a mixture of rice husk and cassava starch, where challenges were faced such as poor evaporation of moisture, mold proliferation and disintegration of the mixture when using brewer's yeast. After several attempts, the most suitable proportions and drying method were identified to obtain a rigid, lightweight material with characteristics similar to wood, especially when pressure was applied during drying, the use of a press and oven at controlled temperatures were crucial to achieve a successful final product, thus ultimately, the project achieved significant progress by establishing the optimal protocol for mixing and drying, approaching the initial objective of obtaining a sustainable and functional material, opening the way to the execution of the tests to determine its insulating properties.*

The results obtained in the thermal conductivity tests of the prototypes show a significant difference compared to polyurethane foam, although these values are considerably higher than those of a good insulator, it is crucial to keep in mind that the measurement of this magnitude was not made on the real prototype, but on a modification of it, which could give rise to inaccurate data on thermal conductivity. It should also be noted that, although the thermal conductivity value was not as expected, the heat transfer and heat resistance analysis carried out with the unmodified prototypes yielded very good results, which are comparable with those of other thermal insulators.

The comparative analysis of the carbon footprint between the thermal bioinsulator prototype and polyurethane foam reveals a clear advantage of the prototype in terms of environmental impact. The bioinsulator prototype, made from rice husk and cassava starch, has a carbon footprint of only 1,757 kg of CO₂ per unit of production. This contrasts significantly with the 5.68 kg of CO₂ emitted by the production of polyurethane foam, a material widely used in the construction industry. This difference of approximately 3,923 kg of CO₂ per unit reflects not only a reduction in greenhouse gas emissions, but also a lower dependence on energy- and resource-intensive industrial processes. By reducing the carbon footprint, the prototype

contributes more effectively to global climate change mitigation goals and offers a sustainable alternative that can be integrated into green building projects.

By-products and their environmental impact: The thermal bioinsulator prototype not only proves to be more sustainable in terms of carbon footprint, but also in the nature of its by-products. The materials and by-products generated during the manufacture and use of the bioinsulator, such as water vapor, cling film, rice husk chips and cassava starch residues, have a significantly lower environmental impact. These by-products are mostly biodegradable and do not pose a serious threat to ecosystems or to human health. In contrast, polyurethane foam generates toxic and hazardous byproducts during its production and analysis, such as CO₂. This chemical compound not only contributes to air pollution, but also poses significant risks to human and animal health, as well as to the environment. Therefore, the reduction or elimination of these hazardous byproducts through the use of bioinsulators strengthens the argument for their adoption in the construction industry, offering a safer path by reducing environmental impact.

The production cost per square meter of the rice husk and cassava starch-based bioinsulator is higher than that of polyurethane foam, but its ease of application could represent an advantage in certain projects. In addition, this bioinsulator offers a more sustainable alternative, which can be a key factor for users who value ecological materials. Therefore, although polyurethane foam is cheaper in terms of material cost, bioinsulator remains a competitive option considering its potential additional benefits.

This significant reduction in costs is due to the use of natural and biodegradable materials, which not only reduces the environmental impact but also production costs. In addition, the experimental prototype demonstrated properties similar to polyurethane foam in terms of heat transfer.

RECOMENDACIONES:

A partir de los resultados obtenidos, se identificó que las modificaciones realizadas al prototipo experimental influyeron en los resultados de conductividad térmica, los cuales no fueron los esperados, por ello, se recomienda realizar los ensayos de conductividad térmica utilizando un equipo que permita llevar a cabo las pruebas sin alterar el prototipo.

Por otro lado, este prototipo de bioaislante térmico debería estudiarse como un material estructural debido a sus propiedades rígidas, comparables a las de la madera, lo que sugiere que podría tener un buen rendimiento en aplicaciones de este tipo. Además, se recomienda analizarlo como material acústico, ya que su composición y estructura podrían contribuir a la absorción o aislamiento del sonido, ofreciendo ventajas en entornos donde el control del ruido es importante.

RECOMMENDATIONS: *Based on the results obtained, it was identified that the modifications made to the experimental prototype influenced the thermal conductivity results, which were not as expected, therefore, it is recommended to carry out the thermal conductivity tests using equipment that allows the tests to be carried out without altering the prototype.*

On the other hand, this thermal bioinsulator prototype should be studied as a structural material due to its rigid properties, comparable to those of wood, which suggests that it could have a good performance in applications of this type. In addition, it is recommended to analyze it as an acoustic material, since its composition and structure could contribute to the absorption or insulation of sound, offering advantages in environments where noise control is important.