

# Aislante térmico a base de materiales orgánicos

## Development of a thermal-insulation based on organic materials

Anthony Canto<sup>1</sup>, María Batista<sup>1</sup>, Joel Sanchez<sup>1</sup>, Manuel Moreno<sup>1</sup>, Arthur James<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Naval – Campus Víctor Levi Sasso Universidad Tecnológica de Panamá,

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Mecánica– Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** Los aislantes térmicos suelen ser costosos y muchos no son amigables con la naturaleza. Este proyecto se basa en la creación de un aislante térmico a partir de residuos orgánicos. La producción de arroz en Panamá supera los seis millones de quintales al año, lo que hace que en los vertederos el aumento de residuos orgánicos sea considerable. La cascarilla de arroz es el componente principal de la mezcla para crear un aislante térmico. El propósito del proyecto es crear un compuesto que disminuya la volatilidad de la cascarilla de arroz sin perjudicar la conductividad térmica de la propia cascarilla. Se necesita que el compuesto sea flexible y resistente una vez se haya secado. Como parte del desarrollo del aislante, se mezclaron compuestos orgánicos como palma pita y almidón de yuca y se realizaron diversas pruebas en un laboratorio. Entre estas se incluyeron medición de la capacidad de encenderse y determinación de coeficiente de conductividad térmica.

**Palabras claves** Aislante térmico, cascarilla de arroz, compuestos orgánicos, residuos.

**Abstract** Thermal insulation is often expensive, and many are not environmentally friendly. This project is focused on the creation of a thermal insulation based on organic waste. The production of rice in Panama exceeds six million quintals per year, this causes considerable increase in the organic waste in landfills. The rice husk is the main component of the mix that makes the thermal insulation. The purpose of this project is to develop a material that can decrease the volatility of the rice husk without affecting the thermal conductivity of the rice husk. The resulting material should be flexible and resistant once it is dried. As part of developing this insulation, organic materials such as pita palm and tapioca yuca starch were mixed and several tests were performed in the lab. These test included ignition capacity and determination of thermal conductivity coefficient.

**Keywords** Thermal insulation, rice husk, organic compounds, waste.

\* Corresponding author: arthur.james@utp.ac.pa

### 1. Introducción

Los aislantes térmicos tienen la finalidad de reducir el flujo de calor, evitando la transferencia de un sistema con el ambiente. Existen procesos de fabricación de aislantes en los que la mezcla de diferentes compuestos puede generar baja conductividad térmica que resulta en la optimización de un sistema. Para que un aislante térmico de calor sea eficaz debe poseer baja conductividad térmica. Ciertamente, esta no es una característica única del material.

Sin embargo, un ejemplo de sistemas aislados son los vasos térmicos para mantener un fluido caliente o frío. Esto se debe a la reducción de la pérdida de calor mediante la utilización de aislantes térmicos.

Cada día surgen mejoras y modificaciones para los aislantes o surgen nuevos aislantes térmicos, siendo pocos los creados a base de residuos o desechos sólidos. Cabe destacar que cerca del 53% de los desechos en Panamá son orgánicos

biodegradables [1], entre ellos se encuentra la cascarilla de arroz. La cosecha anual de arroz en nuestro país es de unos 6,063,159 quintales de arroz al año [2]. Esto nos da una aproximación sobre la cantidad de cascarilla de arroz que pasa a ser un desecho.

La cascarilla de arroz posee un coeficiente de conductividad térmica de 0.036 W/m K, por lo cual se puede usar como un elemento aislante [3]. Hoy día ya se han creado mezclas con cascarilla de arroz para aislantes. Una mezcla de diferentes compuestos orgánicos puede hacer que la cascarilla de arroz mantenga sus cualidades de conductividad térmica, y reduzca su volatilidad [4]. Se proponen como compuestos modificadores de estas propiedades, el almidón de yuca y la fibra de palma pita (*Agave Americana Marginata*).

El objetivo de este proyecto es crear un aislante térmico amigable con el ambiente para así disminuir la contaminación ambiental. Además, evitar los problemas que surgen cuando

se manipula un aislante, ya que algunos causan irritaciones en la piel como es el caso que se presencié con la fibra de vidrio en las escuelas. Otros pueden llegar a causar cáncer en nuestro organismo. Lo anterior hace peligroso el contacto con los aislantes. Sin embargo, nuestro aislante será tanto amigable con el ambiente como con los seres vivos.

### 1.1 Fibras vegetales y almidón

Las fibras vegetales presentan ventajas físicas como baja densidad, características de aislamiento y resistencia estructural, entre otras. A su vez, desde el punto de vista de productividad, estas tienen alta disponibilidad, bajos costos de adquisición y facilidad de procesamiento. Además, tienen propiedades bioquímicas como la inocuidad y biodegradabilidad que les permiten ser amigables con el ambiente. Las ventajas productivas, ambientales, fisicotérmicas y bioquímicas de las fibras naturales impulsan el uso racional de los recursos naturales y la preservación ambiental. Además, propician su utilización como una alternativa viable [3].

Las fibras que se utilizaron en este proyecto fueron fibras de palma pita, la cual posee una buena resistencia a la tensión y que crea el vínculo entre la cascarilla y el almidón [5].

El almidón de yuca presenta contextura que se puede emplear como un engrudo o pegamento. Garantizará la forma y moldeado que se le dé al aislante, este posee moléculas formadas de azúcares simples, llamadas amilosa y amilopectina que le dan propiedad adhesiva [6].

## 2. Metodología

### 2.1 Materiales

La mezcla presenta tres componentes, siendo la cascarilla de arroz el principal. Se utilizó el almidón para darle cohesión al aislante y finalmente, en menor cantidad se encuentra la fibra de palma pita. De todos estos materiales, el único que puede ser despreciado al momento de calcular su porcentaje es la fibra de palma pita.

Para nuestra primera probeta usaremos 186.05 g de cascarilla de arroz, junto a 178 mL de almidón y 147.87 mL de palma pita (Gráfica 1). En base a estas cantidades nuestras probetas irán variando tanto en cascarilla como en almidón, la primera será de 41% de cascarilla con 59% de almidón. La segunda presentará 50% de cascarilla y 50% de almidón. La tercera tendrá 34% de cascarilla y 66% de almidón. Mientras que la cuarta será de 66% de cascarilla y 34% de almidón.

### 2.2 Procedimiento

Para la elaboración del proyecto, los materiales utilizados fueron previamente preparados antes de aplicarlos a la mezcla. Esta preparación se realizó de la siguiente forma: para obtener el almidón de yuca se rayó la yuca, de tal forma

que se obtuvo una masa. Esta a su vez, fue colada utilizando una tela de algodón, el líquido resultante fue vertido en un recipiente y expuesto al sol durante un periodo de 5 minutos. Luego de haber transcurrido este tiempo, en el fondo del recipiente quedaba una especie de pegamento o engrudo, el cual es almidón de yuca.



Gráfica 1. Componentes de la mezcla.

Posteriormente, se obtuvo la fibra de palma pita, dicha acción requirió la trituración de las hojas para obtener la fibra de la palma. La fibra se expuso al sol para que se seque durante 15 minutos y así obtener la fibra resultante.

Con los materiales ya listos, se inició la mezcla de los mismos. Se agregó la cascarilla de arroz sobre el almidón en pequeñas cantidades a medida que se revolvía la mezcla. Una vez agregada la cascarilla, se adicionó la fibra de la palma pita en pequeños trozos, de aproximadamente una pulgada y media. Este proceso de mezclado tomó 30 minutos para lograr la homogeneidad de la mezcla (figura 1).



Figura 1. Mezcla lista para hornear.

Luego, se vertió la mezcla en un molde con un largo de 6.5 cm y un ancho de 6.5cm, el espesor utilizado fue de 1.3 cm. Este molde calentado en un horno Ariston, modelo FZ-G a una temperatura de 220°C durante 25 minutos. Transcurrido este tiempo se retiró la probeta del horno y se desmoldó obteniendo el material aislante (figura 2).

Para las próximas tres probetas se recurrió al procedimiento anterior, solo que variando los porcentajes de almidón y de cascarilla de arroz en la mezcla. Dichos porcentajes han sido presentados en la sección de materiales.



Figura 2. Aislante terminado.

### 2.3 Análisis y cálculos

Las probetas obtenidas fueron llevadas al laboratorio, en donde se sometieron a una prueba de transferencia de calor. La prueba se realizó en el módulo de conducción de calor lineal marca Edibon, modelo TXC/CLB (figura 3), fabricado en Madrid, España. Este equipo cuenta con una resistencia eléctrica máxima de 100 W de potencia, la cual suministra calor en un extremo del material de prueba y diversos sensores térmicos ubicados a lo largo del módulo miden la variación de temperatura.

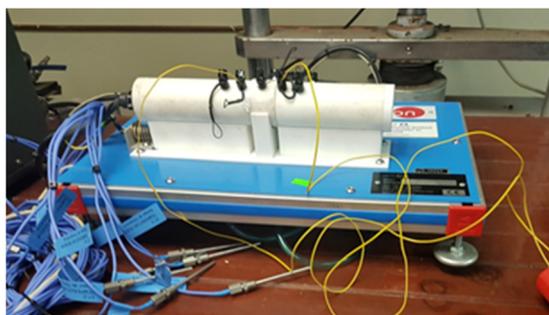


Figura 3. Módulo de conducción de calor.

La experiencia consistió en exponer las probetas a un incremento de temperatura, suministrado por la resistencia del módulo en uno de sus extremos. Para asegurar una eficaz transferencia de calor al aislante, se le aplicó pasta térmica Zoecan en sus extremos.

Posteriormente realizamos los cálculos necesarios para encontrar la constante de conductividad térmica. Mediante la ecuación de conducción lineal, se puede obtener la constante de conductividad térmica de nuestro material aislante ( $k$ ) (Ecuación 1).

$$Q = \mathcal{K} A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

Donde  $Q$  es el calor transferido por el material,  $k$  la constante de conductividad térmica,  $A$  el área normal a la dirección de transferencia de calor,  $\Delta T$  la diferencia de temperatura en los extremos y  $\Delta x$  el espesor del material.

Sin embargo, se necesita obtener la cantidad de potencia calorífica que se transfiere a través de este material. Esta cantidad de potencia fue transferida en el extremo frío del material, a un cilindro de latón del módulo experimental, por lo que mediante la variación de temperatura en este metal, en un tiempo determinado se pudo obtener la potencia real transferida a este (Ecuación 2); y con ella calcular la conductividad térmica de nuestro aislante.

$$Q = m C_p \Delta T \quad (2)$$

Donde  $Q$  es el calor absorbido por el material,  $m$  la masa,  $C_p$  la capacidad calorífica y  $\Delta T$  la variación de temperatura que experimenta.

### 3. Resultados

La energía suministrada por la resistencia dio como resultado temperaturas que partieron desde los 26°C y alcanzó un estado estacionario al llegar a los 107.4°C. El extremo que no se encontraba expuesto al calor partió de una temperatura de 20.5°C hasta 23.8°C en un lapso de una hora.

La temperatura fue anotada en lapsos de 5 minutos, hasta que el sistema llegó al estado estacionario (tabla 1 - tabla 2).

Tabla 1. Datos obtenidos de experiencia (1 y 2)

Tiempo (min)	T1(caliente) (°C)	T1(frío) (°C)	T2(caliente) (°C)	T2(frío) (°C)
	Probeta 1		Probeta 2	
	59% de almidón 41% de cascarilla de arroz		50% de almidón 50 % de cascarilla d arroz	
0	70	20.5	111.9	22.6
5	100.1	20.8	126	22.6
10	101	21	127	22.8
15	102	21.8	128.1	23.1
20	103.4	22.5	130.3	23.6
25	107	22.8	130.6	24.1
30	107.2	23	130.9	24.3
35	107.3	23.5	131	24.5
40	107.3	23.6	131	24.9
45	107.4	23.8	131.2	25

A partir de los datos obtenidos en el laboratorio, se demostró que el aislante garantiza una considerable diferencia entre la temperatura de entrada y salida de la probeta (gráfica 2). La variación de temperatura en el extremo frío del aislante, no presentó grandes cambios de temperatura durante un periodo considerado (tabla 1 – tabla 2). La conductividad térmica del aglomerado se calculó por medio de la ecuación 1, dando como resultado una constate de conductividad de

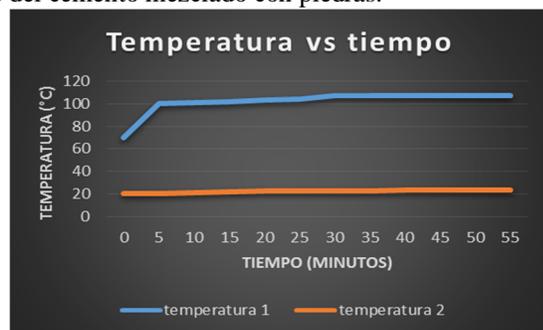
0.0382 W/m K para la probeta 1, 0.0754 W/m K para la probeta 2, 0.0522 W/m K para la probeta 3 y para la probeta 4 resultó 0.0262 W/m K.

Las conductividades obtenidas son valores competitivos en comparación con los aislantes que se comercializan actualmente, siendo muy similares al de la fibra de vidrio (0.038 W/m K). Además de que presenta la ventaja de ser fabricada con materiales orgánicos amigables al medio ambiente.

**Tabla 2.** Datos obtenidos de experiencia (3 y 4)

Tiempo (min)	T3 <sub>(caliente)</sub> (°C)	T3 <sub>(frío)</sub> (°C)	T4 <sub>(caliente)</sub> (°C)	T4 <sub>(frío)</sub> (°C)
	Probeta 3		Probeta 4	
	66% de almidón 34 % de cascarilla de arroz		34% de almidón 66 % de cascarilla de arroz	
0	131.1	25.2	128.9	26.2
5	132.0	25.4	130.0	26.0
10	132.1	25.7	130.0	26.5
15	132.3	25.8	130.6	26.2
20	132.1	25.9	130.7	26.4
25	132.2	26.2	130.4	26.7
30	132.3	26.3	--	--
35	312.6	26.5	--	--
40	133.0	26.7	--	--
45	133.1	26.9	--	--

Nuestra probeta de 66% cascarilla /34% almidón nos proporcionó una  $k$  de 0.0262 W/m K, la cual es incluso más pequeña que la de la cascarilla de arroz individual, 0.036 W/m K. Este comportamiento indica que el almidón no solo selló los poros de la cascarilla para evitar la volatilidad, sino que a su vez mejoró el rendimiento de nuestra mezcla como aislante térmico. El almidón en nuestra opinión, hizo las veces del cemento mezclado con piedras.



**Gráfica 2.** Temperaturas en ambos lados del aislante.

## 4. Conclusiones

Por medio de la experimentación realizada con el módulo experimental de conductividad térmica lineal pudimos demostrar que la mezcla realizada es un buen aislante térmico; ya que por medio de cálculos matemáticos determinamos la conductividad térmica, demostrando un coeficiente de transferencia de calor por conducción bajo.

Mediante cálculos observamos que, al realizar la mezcla, las propiedades de conductividad térmica de la cascarilla disminuyeron con un resultado mejor de lo esperado.

El material producido presentó características como bajo costo, amplia disponibilidad de materia prima y baja densidad, lo que le hacen competitivo a los demás aislantes; debido a que presenta estas propiedades se puede utilizar para aislamiento de edificios y así poder minimizar las pérdidas de calor en invierno y las ganancias en verano. Este material puede ser utilizado en diferentes equipos térmicos, ya que al preparar dicho producto se puede moldear según la forma de la superficie en la que se necesiten.

## REFERENCIAS

- [1] Henríquez E, F. (2012). "Residuos sólidos municipales de la ciudad de Panamá". Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Tecnológica de Panamá.
- [2] Disponible en línea: [https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID\\_SUBCATEGORIA=60&ID\\_PUBLICACION=364&ID\\_IDIOMA=1&ID\\_CATEGORIA=15](https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=60&ID_PUBLICACION=364&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=15)
- [3] Giovanna Cadena, C., Bula Silvera, A. J. (2002) "Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. Ingeniería y desarrollo: revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte, ISSN 0122-3461, N° 12, pags. 1-9
- [4] Quiceno Villada, D. y Mosquera Gutiérrez, M. (2010). Alternativas tecnológicas para el uso de la cascarilla de arroz como combustible. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia.
- [5] Disponible en línea: <http://www.inkanatural.com/es/arti.asp?ref=agave>
- [6] El almidón de yuca funciona como sustituto de la harina de trigo. Periódico El Universal. 5 septiembre 2016. Disponible: [http://www.eluniversal.com/noticias/estilo-vida/almidon-yuca-funciona-como-sustituto-harina-trigo\\_504559](http://www.eluniversal.com/noticias/estilo-vida/almidon-yuca-funciona-como-sustituto-harina-trigo_504559)