ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE TRES AISLANTES NATURALES CON LA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO CALCULADAS POR FUSIÓN CONTINUA DE HIELO

AUTORES

Laura Leinad Lobo Ramos

Yulibeth Carolina Osorio Oyola

Universidad Magdalena
Facultad de ingenierías
Programa de ingeniería Pesquera
Santa Marta D.T.C.H, Colombia

2021

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE TRES AISLANTES NATURALES CON LA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO CALCULADAS POR FUSIÓN CONTINUA DE HIELO

AUTORES

Laura Leinad Lobo Ramos

Yulibeth Carolina Osorio Oyola

TRABAJO PRESENTADO PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO PESQUERO

Alvaro Emiro Espeleta Maya
DIRECTOR DE LA MEMORIA DE GRADO

CODIRECTORES

SHIRLEY P. GARCIA NAVARRO **FRANCISCO NARVAEZ MONTAÑO**
M.Sc. Estadística

Universidad Magdalena
Facultad de ingenierías
Programa de ingeniería Pesquera
Santa Marta D.T.C.H, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de Ingeniero pesquero

_____

Jurado

_____

Jurado

Santa Marta, ____ de ____de _____

Dedicatorias

Dedicado a:

Quienes me inspiraron, aquellos que me han servido de apoyo a lo largo de todo este proyecto, mi padre, mi madre y hermanos. Le debo todo a ellos.

Laura Lobo Ramos

Dedicado a:

A mi padre, de quien siempre recibí su apoyo incondicional brindándome lo mejor de él a fin de evitar desfallecimientos que retrasaran el cumplimiento de mis metas. Hoy desde el cielo sigo sintiendo su protección y apoyo.

A mi madre, quien día a día me brinda su apoyo y es la fuente de fuerza y energía para superar obstáculos que encuentro en mi desarrollo personal y profesional.

A ellos todo se lo debo

Yulibeth Carolina Osorio Oyola

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

ALVARO ESPELETA MAYA, director de la tesis.

SHIRLEY PATRICIA GARCIA NAVARRO y FRANCISCO NARVAEZ MONTAÑO por su apoyo en los análisis e interpretaciones estadísticos

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.

UVALDO ALVARDO NARVAEZ, colaborador en la construcción prototipos de las cavas.

LILIANA SINNING RAMOS, MANUEL PALACIO ROSETTE, GUSTAVO ESPITIA RODRÍGUEZ, que valieron de ayuda y apoyo.

Y todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de este proyecto.

Contenido

	Pág
Resumen…….	1
ABSTRACT……..	2
Introducción…….	3
Objetivos…….....	5
Objetivo general…….....	5
Objetivos específicos…….....	5
Justificación…….	6
Antecedentes…….....	7
Marco teórico……..…….	9
Aislamiento térmico……	9
Aislantes térmicos naturales……	9
Corcho……	9
Lino…….	10
Celulosa…….	10
Lana de oveja…….	11
Cáñamo……..	11
Artes de pesca en santa marta…….	11
Red de enmalle……	11
Linea de mano……	12
Chinchorro…….	12
Nasas……..	12
Palangres……	13
Cavas isotérmicas……,,….	13
Conductividad térmica……	13
Conservación por frio……..	14
Hielo……	14
Hielo en bloques…….	14
Hielo en escamas…….....	15
Bloques de trozos pequeños de hielo compactados……	15
Hielo fundente……	16
Hielo en placas ……..	16
Hielo aglomerado……...	16
Pesca artesanal……	16
Poliestireno expandido……	17

Metodología…….……. 18
Ensayos preliminares……... 18
Construcción de cavas…… 18
Dimensión de las cavas…… 21
Toma de datos para las pruebas finales…….. 22
Análisis estadístico ……. 24

Resultados y Discusión…… 29
Prueba de Normalidad…… 31
Prueba de Kruskal Wallis…… 32
Prueba U-Mann Whitney…… 33
Costos de conservación…….. 34

Conclusiones…… 35

Recomendaciones……..…….. 37

Anexos……. 38

Bibliografía…….……..... 40

Lista de figuras

	Pag
Figura 1. Construcción de las cavas……	18
Figura 2. Materiales naturales…….	20
Figura 3. Esquema de métodos de medición de transmitancia térmica de materiales aislantes.	29

Lista de tablas

	Pag
Tabla 1 Densidad y conductividad térmica del corcho …….	10
Tabla 2. Densidad y conductividad térmica del lino …….	10
Tabla 3. Densidad y conductividad térmica de la celulosa ……...	10
Tabla 4. Densidad y conductividad térmica lana de oveja …….....	11
Tabla 5. Densidad y conductividad térmica del cáñamo…….....	11
Tabla 6. Dimensionamiento de las cavas …….....	21
Tabla 7. Características de las paredes ……	21
Tabla 8. Peso de las cavas …….....	21
Tabla 9. Madias de las conductividades térmicas de los aislantes…….	29
Tabla 10. Propiedades de algunos aislantes comunes……	30
Tabla 11**.** Prueba de Normalidad del llenado al 100%.....	31
Tabla 12. Prueba de Normalidad del llenado al 70%.....	31
Tabla 13. Prueba de Normalidad del llenado al 50%.....	31
Tabla 14**.** La prueba de Kruskal Wallis para el llenado del 100%.....	32
Tabla 15**.** La prueba de Kruskal Wallis para el llenado del 70%.....	32
Tabla 16. La prueba de Kruskal Wallis para el llenado del 50%.....	32
Tabla 17. Prueba U-Mann Whitney (corzo) para llenado del 100%.....	33
Tabla 18. Prueba U-Mann Whitney (corzo) para llenado del 70%.....	33
Tabla 19. Prueba U-Mann Whitney (corzo) para llenado del 50%.....	33
Tabla 20. Costo del enhielado para cada uno de los materiales…….	34

Lista de símbolos

Símbolos	Unidades
BTU/ft.h°F	Conductividad Térmica en BTU por pié por hora por grado farenheit
$Btu/ft^2 \cdot h \cdot °F$	Coeficiente Integral de Transferencia de calor en BTU por pie cuadrado por hora por grado farenheit
cm	Espesor en Centímetros
cm^2	Área en Centímetros cuadrados
cm^3	Volumen en Centímetros cúbicos
°C	Temperatura en Grados Celsius
Kcal/Kg	Cantidad de calor por unidad de masa en Kilocalorías por Kilogramos
Kcal/l	Cantidad de calor por unidad de volumen en Kilocalorías por litros
Kg	Masa en Kilogramos
Kg/cm^2	Fuerza por unidad de área en Kilogramos por centímetros cuadrados
Kg/cm^3	Densidad o peso específico en Kilogramos por centímetros cúbicos
Kcal/m.h°C	Kilocalorías por metro por hora por grado Celsius
Kpa	Presión en Kilopascales
mm	Longitud o espesor en Milímetros
W/m.K	Conductividad Térmica en Vatios por metro y por kelvin
$W/m^2.K$	Coeficiente Integral de Transferencia de calor en Vatios por metro cuadrado y por kelvin

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo principal comparar el coeficiente de conductividad térmica de tres aislantes naturales con el del poliestireno expandido, calculado mediante el método de fusión continua de hielo en contenedores elaborados para tal fin. Los contenedores de poliestireno expandido poseen grandes propiedades como ligereza, alta capacidad de aislamiento térmico, resistencia, aunque presentan la desventaja ecológica de ser un material no amigable con medio el ambiente por estar constituido por partículas de petróleo, tardar muchos años en degradarse, no es reciclable y es perjudicial para la biota acuática. Para reducir su uso se han venido implementando materiales ecológicos, los cuales poseen buenas cualidades como aislantes térmicos además de ser sostenibles y 100% naturales, lo cual trae beneficios como los de ser reciclables, biodegradables y no ser elementos contaminantes en el medio ambiente. Como aislantes naturales se utilizaron cascarria de arroz, cáscara de café y vástago de banano; estos materiales se sometieron a un proceso de secado para disminuir la humedad, luego se construyeron las cavas con un espesor efectivo de 2,5 cm de aislante, se realizaron 3 pruebas de llenado, al 100%,70% y 50%. en los resultados obtenidos; luego de calcular la conductividad térmica el poliestireno expandido tubo una menor conductividad térmica 0,032967 Kcal/m.h°C seguido de la cascarilla de arroz con una conductividad térmica 0,036575 Kcal/m.h°C, a los datos obtenidos de las conductividades térmicas se le aplicó la prueba U-Mann Whitney, para determinar si existían diferencias entre los materiales. La prueba muestra que si existe diferencia entre ellos. Se realizó un estudio comparativo del costo de conservación en las diferentes cavas construidas con cada uno de los materiales, y la cava que presentó el menor valor fue la de poliestireno expandido ($159,57), se puede concluir que el aislante construido a partir de Cascarilla de Arroz es el material que más se acerca a las características aislantes del Poliestireno expandido.

Palabras claves: Aislamiento térmico, Conductividad térmica, cascarilla de arroz, cáscara de café, poliestireno expandido, vástago de banano

ABSTRACT

The main objective of this project is to compare the coefficient of thermal conductivity of three natural insulators with expanded polystyrene, calculated using the continuous melting method of ice in containers made for this purpose. Expanded polystyrene containers have great properties such as lightness, high thermal insulation capacity, resistance, although they have the ecological disadvantage of being a non-environmentally friendly material due to being made up of oil particles, taking many years to degrade, it is not recyclable and is harmful to aquatic biota. To reduce its use, ecological materials have been implemented, which have good qualities as thermal insulators as well as being sustainable and 100% natural, which brings benefits such as being recyclable, biodegradable and not being polluting elements in the environment. As natural insulators they are used in rice husks, coffee husks and banana stem; These materials were subjected to a drying process to reduce humidity, then the cellars were built with an effective thickness of 2.5 cm of insulation, 3 filling tests were carried out, 100%, 70% and 50%. in the results obtained; After calculating the thermal conductivity, the expanded polystyrene had a lower thermal conductivity of 0.032967 Kcal / mh°C followed by the rice husk with a thermal conductivity of 0.036575 Kcal / mh°C, the data obtained from the thermal conductivities were He applied the U-Mann Whitney test to determine if there were differences between the materials. The test shows that there is a difference between them. A comparative study of the conservation cost was carried out in the different cellars built with each of the materials, and the cellar that presented the lowest value was the expanded polystyrene one ($ 159.57), it can be concluded that the insulation built from Rice Husk is the material that comes closest to the insulating characteristics of expanded polystyrene.

Keywords: Thermal isolation, thermal conductivity, Rice husk, Coffee husk, banana stem, Expanded polystyrene

Introducción

Desde tiempos ancestrales, la pesca artesanal es una muy importante actividad económica y una fuente de empleo en las áreas rurales del territorio colombiano. Inicialmente la disponibilidad del recurso y el poco esfuerzo pesquero implicaban faenas cortas y abundante captura, con el pasar de los años se ha visto la necesidad de prolongar los días de faena, sumando la preocupación de conservar la captura, para suplir estas necesidades sea implementado el uso de cavas de poliestireno expandido adicionando hielo o agua de mar refrigerada, debido a que los pescadores artesanales utilizan embarcaciones pequeñas y debido al falta de recursos; no cuentan con bodegas de almacenamiento o cuartos fríos.

Los pescadores utilizan las cavas construidas con poliestireno expandido, para almacenar y conservar la captura, este material es un aislante térmico y su buena capacidad es lo que lleva a la utilización para la construcción de cavas o contenedores, la problemática del uso es que al ser un derivado del petróleo; no es biodegradable y contamina al medio ambiente, por esta razón se ha venido implementando como alternativa el uso de aislantes térmicos ecológicos.

Algunos desechos naturales provenientes de las industrias agrícolas han sido utilizados como materiales termoaislantes, debido a las propiedades que poseen. La ventaja que tiene la utilización de los materiales naturales dependerá de la región donde se encuentre en abundancia, y a futuro estos materiales naturales pueden reemplazar los materiales sintéticos.

Los materiales naturales se han venido utilizando actualmente; remplazando de forma alternativa y satisfactoria al poliestireno expandido, tienen propiedades termoaislantes, no contaminan el medio ambiente, entre estos ya se utiliza cáñamo, corcho y celulosa, cumplen características duraderos, reciclables y biodegradables ya que se tratan de materiales naturales que no contiene plásticos ni ningún componente de sustancias o aditivos que puedan ser perjudiciales (Aislantes térmicos ecológicos y sostenibles, 2018).

Algunos materiales orgánicos prevenientes de desechos agroindustriales están siendo implementados como aislantes térmicos en diferentes campos, la cascarilla de arroz es uno de los principales materiales utilizados como aislante térmico natural; en algunas ocasiones se requiere que este material sea compactado y para lograr esto recurre a almidones como compuesto agrupador, en el caso del vástago de banano y la cascara de café son utilizados principalmente en

el área de la construcción de inmuebles, recubrimientos de paredes, techos, pisos en lugares húmedos y fríos para mantener ambientes de confort. Los materiales naturales antes mencionados fueron utilizados en el presente trabajo investigativo.

Ante la necesidad de delimitar el espacio geográfico de la incidencia del estudio, los materiales la fueron recolectados en la zona norte del departamento del Magdalena, Colombia, en los alrededores de la zona bananera en los municipios de Fundación, Aracataca, Zona Bananera, Ciénaga y Santa Marta (incluyendo la zona cafetera de la Sierra Nevada de Santa Marta). El procesamiento de los materiales, la construcción de las cavas y las pruebas de fusión de hielo se realizaron en las instalaciones de la Planta Piloto Pesquera de Taganga en Santa Marta. El trabajo, en todas sus etapas, se realizó entre Agosto de 2020 y Junio de 2021.

Objetivos

Objetivo General

Comparar el coeficiente de conductividad térmica de tres aislantes naturales con el del poliestireno expandido calculado mediante el método de fusión continua de hielo en contenedores elaborados para este fin.

Objetivos Específicos

- Calcular el coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los aislantes utilizados (cascarilla de arroz, cáscara de café, vástago de banano y poliestireno expandido), en la construcción de los contenedores.
- Identificar cuál es el aislante natural (cascarilla de arroz, cáscara de café y vástago de banano), de menor conductividad térmica.
- Contrastar, teóricamente, los costos de conservación del pescado enhielado en las cavas construidas.

Justificación

El poliestireno expandido, aunque posee propiedades que le otorgan ventajas comparativas sobre otros aislantes como son ligereza, alta capacidad de aislamiento térmico, resistencia a la humedad entre otras, es un material que afecta la conservación del medio ambiente ya que, al estar constituido por partículas de petróleo, tarda muchos años en degradarse, no es reciclable y en algunos casos puede ser perjudicial para organismos acuáticos y terrestres.

En la zona de estudio, las embarcaciones artesanales empleadas para la actividad pesquera, se clasifica en embarcaciones de tipos abiertas o cerradas, al ser artesanales no cuentan con bodega de almacenamiento o cuartos fríos, lo que hace necesario el uso de contenedores o cavas fabricadas a base de poliestireno expandido para conservar la captura. Las lanchas son de tipo abiertas y utilizan cavas móviles, debido a su corto periodo de faena y poca cantidad de producto, a diferencia de las pargueras que son de tipo cerradas y poseen cavas fijas debido a que son un poco más amplias, tienen periodos de faenas por varios días, cuentan con espacio para instalar las cavas y de esa manera suplir la necesidad de conservar la pesca. El deterioro de las cavas y el mal manejo de ella provoca que ese desecho contamine el medio ambiente.

Para reducir el uso de poliestireno expandido se están implementando materiales ecológicos, los cuales poseen características de aislantes térmicos además de ser sostenibles y 100% naturales, son reciclables, biodegradables, no contienen materiales derivados del petróleo y no son tóxicos.

El presente proyecto plantea la posibilidad de aprovechamiento de materiales vegetales abundantes en la zona de estudio cascarilla de arroz, vástagos de banano y cáscaras de café y con un relativo bajo costo comercial debido a que hacen parte de los subproductos generados en las empresas que cultivan y comercializan dichos productos, disminuyendo así un problema a las empresas, para la obtención de aislantes térmicos que posteriormente puedan ser utilizados en la construcción de cavas para la conservación de productos pesqueros a nivel artesanal, lográndose con lo anterior contribuir a la reducción de la contaminación ambiental.

Antecedentes

Según Gutiérrez et al., 2013, hicieron uso de almidones donde compactaron la cascarilla de arroz con el fin de obtener un material con estabilidad física adecuada, sin afectar su capacidad aislante. Para esto, desarrollaron un proceso que integró la levadura de cerveza ***Saccharomyces cerevisiae*** como elemento productor de porosidades en el material. Posteriormente sometieron las probetas a pruebas de resistencia al calor, flexión y finalmente a la norma ASTM C 177, para evaluar su conductividad térmica. De esta forma, encontraron que el aglomerado al ser sometido a fuego directo no produce llama (ignífugo), tiene una resistencia a la rotura entre 80 – 120 kPa al ser sometido a temperaturas entre 150°C y 200°C, la conductividad térmica del aglomerado se encuentra alrededor de 0,09 W/m.K. El aglomerado se dejó a la intemperie (Temperatura de bulbo seco: 30°C ± 5°C, Humedad relativa: 80% ± 15%), donde se aprecia su estabilidad química debido a la resistencia de hongos, y su alta biodegradabilidad al ser disuelto en el agua. Estos valores mostraron que el aglomerado a base de cascarilla de arroz es un aislante térmico eficiente.

Canto et al., 2018, dicen que los aislantes térmicos suelen ser costosos y muchos no son amigables con la naturaleza. El objetivo del proyecto fue la creación de un aislante térmico a partir de residuos orgánicos de cascarilla de arroz. 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. El propósito del proyecto fue crear un compuesto que disminuya la volatilidad de la cascarilla de arroz sin perjudicar la conductividad térmica propia del material. Uno de los requisitos más importantes es que el compuesto sea flexible y resistente aun después de un proceso de secado. Como parte del desarrollo del aislante, mezclaron compuestos orgánicos como palma pita y almidón de yuca y realizaron diversas pruebas en laboratorio.

Colchado & Tapia, 2019, en su documento de investigación cuyo objetivo principal fue evaluar la influencia de la adición de fibra del vástago de plátano en la resistencia a la compresión y absorción en bloques de concretos. Se aplicaron 4 tratamientos cada uno con un porcentaje: grupo 1 (0% fibra de plátano), grupo 2 (7.5% fibra de plátano), grupo 3 (10% fibra de plátano) y grupo 4 (12.5% fibra de plátano). Realizaron ensayos tales como análisis granulométrico del agregado fino y grueso, al igual peso unitario con el método suelto y compactado, el peso específico, contenido de humedad y absorción, de acuerdo la Norma ASTM y NTP. En los ensayos construyeron 4 bloques por cada

tratamiento en total fueron 32 bloques, 16 bloques para compresión y 16 para absorción. Realizaron el diseño de mezcla con una resistencia de 50 Kg/cm^2, con los métodos del American Concrete Institute (ACI), siguiendo paso a paso lo que dice la Normativa E.070 Albañilería. El bloque que obtuvo mayor resistencia (65.54 kg/cm^2) y menor absorción (6.10 %) fue el del grupo 2 (7.5% de fibra). Concluyendo que la adición de la fibra del vástago de plátano en proporciones menores aumenta la resistencia a la compresión, pero disminuye la absorción.

Lopez,2015, en Ecuador se produce café en 20 de las 22 provincias del país, teniendo una gran importancia socioeconómica, el tratamiento de este producto hasta la obtención del grano genera desperdicios, la cascarilla de café es un residuo, para el cual no hay un proceso de industrialización. Por lo que el objetivo principal en su investigación es aprovechar el residuo de la cáscara de café en la construcción sostenible, las viviendas típicas en la elaboración de los bloques que servirían como aislante térmico reduciendo el consumo de energía y disminuyendo la contaminación. Para lo cual se fabricó prototipos de bloques con diferentes composiciones de biomasa, arena y cemento, a dichos bloques se les efectuaron pruebas de resistencia y conductividad térmica. Los resultados de la investigación reflejaron que el uso de la biomasa de este desecho para la construcción es sostenible y viable. (Lopez, 2015).

Marco teórico

AISLAMIENTO TÉRMICO

El aislamiento térmico es la capacidad de los materiales para impedir el paso de la energía calórica por conducción, se estima por la resistencia térmica que poseen (Tomero, 2015). Esta característica permite clasificar a algunos materiales como aislantes térmicos, dentro de esta categoría pueden localizarse algunos de origen natural como la lana mineral, lana de roca, fibra cerámica o fibra de vidrio, corcho, lana de oveja, lino, celulosa, cáñamo, entre otros. Las razones fundamentales para aislar térmicamente son: Economizar energía, al reducir las pérdidas térmicas; mejorar el confort térmico, al reducir la diferencia de temperatura de las superficies y ambiente interiores; Suprimir los fenómenos de condensación y con ello evitar humedades (contributors, 2019).

AISLANTES TÉRMICOS NATURALES

Estos materiales son 100 % naturales, totalmente reciclables y se han venido utilizando cada vez con más frecuencia debido sus ventajas:

- Son renovables, reciclables, biodegradables.
- No contienen elementos derivados del petróleo.
- No emiten partículas toxicas.
- Ayudan a disminuir la huella ecológica debido a la baja cantidad de energía utilizada para su fabricación.

Entre los aislantes naturales utilizados, se encuentran los siguientes.

Corcho

Es el material aislante ecológico de mayor aceptación por cumplir de forma efectiva la función de aislante, es reciclable y renovable y es usado en general en forma de paneles de corcho prensado. Posee cualidades únicas, siendo casi impermeable a líquidos y gases, e imputrescible en presencia de humedad (Segura, 2019).

Tabla 1. *Densidad y conductividad térmica del corcho.*

Tipo	Densidad	Conductividad térmica		Fuente
	kg/m^3	$W \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}$	$kcal * h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}$	
Granulado suelto y seco	115	0.052	0.0447	FAO y Melgarejo, 1995
Granulado	86	0.048	0.041	FAO y Melgarejo, 1995
Bloque de corcho expandido	130	0.04	0.344	FAO y Melgarejo, 1995
Plancha de corcho expandido	150	0.043	0.037	FAO y Melgarejo, 1995
Expandido, ligado con resinas o brea	100-150	0.043	0.037	FAO y Melgarejo, 1995
Expandido, ligado con resinas o brea	150-250	0.048	0.041	FAO y Melgarejo, 1995

Lino

Proviene de una planta *(Linum usitatissim)* de cultivo fácil y de bajo impacto, obteniendo fibras reciclables que son usadas como aislante o para la fabricación de textiles. Además, ofrecen una buena resistencia mecánica sin tratamientos adicionales, lo que las hace estables dimensionalmente (D'Oliveira, s.f.).

Tabla 2. *Densidad y conductividad térmica del lino.*

Tipo	Densidad	Conductividad térmica	
	kg/m^3	$W \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}$	$kcal * h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}$
Fibra de lino	20 a 40	0.04 a 0.05	0.0344 a 0.0043

Celulosa

Es compuesto de residuos de papel siendo 92% de papel de periódico reciclado más sales bóricas y otros aditivos. Se trata de un aislamiento libre de juntas, que forma un bloque de masa homogénea y se aplica insuflada en cámaras, trasdosados o sobre forjados (Segura, 2019).

Tabla 3. *Densidad y conductividad térmica de la celulosa.*

Tipo	Densidad	Conductividad térmica	
	kg/m^3	$W \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}$	$kcal * h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}$
Celulosa	30 a 35	0.04	0.0344

Lana de oveja

Se trata de una fibra natural que se obtiene del animal. Es un material muy accesible en muchos lugares dónde es una materia prima local. Cuando el material se humedece mejora su capacidad de aislamiento (Pizarro, 2020).

Tabla 4. *Densidad y conductividad térmica de la lana de oveja.*

Tipo	Densidad	Conductividad térmica	
	kg/m^3	$W \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ} C^{-1}$	$kcal * h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ} C^{-1}$
Mantas		0.043	
Placas		0.035	
Relleno o inyectado de fibras		0.057 a 0.042	

Cáñamo

Es una fibra que provine de la planta del cannabis, fácil de cultivar, crece rápidamente, con este se elaboran mantas aislantes transpirables (Segura, 2019).

Tabla 5. *Densidad y conductividad térmica del Cáñamo.*

Tipo	Densidad	Conductividad térmica	
	kg/m^3	$W \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ} C^{-1}$	$kcal * h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot {}^{\circ} C^{-1}$
Cañamo		0.04	0.0344

ARTES DE PESCA UTILIZADAS EN SANTA MARTA:

Las artes y métodos de pesca inciden en la calidad del recurso extraído, acelerando el deterioro y haciendo necesario la utilización de métodos inmediatos de conservación, siendo uno de los más empleados el enhielado.

Estas son algunas de las artes de pescas más utilizadas en la región:

- **Red de enmalle**

Llamado también “trasmallo” o “manta”, está conformado por uno o más paños de red de malla. Atendiendo a la principal especie objeto de captura, se utilizan diferentes tamaños de malla. Por

ello, se habla de redes cariteras (3.5-4.0 pulgadas), robaleras (5.0-5.5 pulgadas) y jureleras (7-8 pulgadas). En La Guajira es común también encontrar los denominados “chucheros” y “tortugueros”, de mayores dimensiones que los anteriores (12.0-30.0 pulgadas), por estar dirigidos a la pesca de chuchos *(Rhinoptera bonasus y Aetobatus narinari*) y tortugas de varias especies (Gómez et al, 2004).

- **Línea de mano**

Este es un arte ampliamente utilizado en el área, por cuanto requiere de una inversión relativamente baja. Consta de un cordel de nylon monofilamento de 6 a 120 lb, anzuelos desde el No. 24 hasta el No. 2 y de 1 a 5 anzuelos por línea. No obstante, los más utilizados son los anzuelos tipo Mustad entre el No 10 y 6, con cordeles entre 40 y 150 lb (Gómez et al ., 2004).

- **Chinchorro**

Es una red barredera plana, de malla de hilo en fibra natural, sintética o combinados, en cuya parte central presenta un copo o saco con tamaño de malla de 0.5 a 2.0 pulgadas, construido con material de gran grosor, para resistir la abrasión. Lateralmente presenta unas alas, conformadas por paños de mayor tamaño de malla y menor grosor. Estas alas producen un efecto de espantamiento durante la operación de pesca, que propicia el desplazamiento de los peces hacía el copo. A todo lo largo de la parte superior de las alas, pasando por la boca del copo, está la relinga de flotadores o línea de flotadores, generalmente de madera (balso); en la parte inferior se encuentra la relinga de plomos. Las relingas son de polipropileno o polietileno, de 8 a 12 mm de diámetro (Gómez et al., 2004).

- **Nasas**

Es un arte tipo trampa que consiste en una jaula de diversas formas, en la cual los peces se introducen por una boca generalmente cónica, quedando atrapados al no encontrar la salida. Usualmente se utiliza carnada o cebo dentro de la misma con el propósito de atraer a los peces. Cada faena con este arte acostumbra a usar 10 a 30 nasas, caladas cada 3-5 días. La mayoría son construidas con armazón de madera (bejuco, guadua, mangle, entre otras) y sus dimensiones oscilan entre 1 y 1.5 m de largo, 0.4 y 1.0 m de alto y 0.8 y 1.0 m (Gómez et al ., 2004).

- **Palangre**

Este arte de pesca está constituido por un cordel principal o línea madre, a la cual van unidas líneas colgantes (bajantes o reinales) a distancias regulares, en cuyos extremos van los anzuelos, cuyo tamaño depende de los recursos objetivo. En las pesquerías artesanales de la región sólo se usan los palangres horizontales, es decir, aquellos en los cuales la línea madre opera paralela a la superficie del mar. De acuerdo con la profundidad de calado, se clasifican como palangres de superficie, de media agua y de fondo (Gómez et al, 2004).

CAVAS ISOTERMICAS

La conservación y manejo de los productos obtenidos de la pesca artesanal se da mediante la construcción, instalación, mantenimiento y seguimiento de cavas isotérmicas fijas y/o portátiles. Para la elección de la cava y que cumpla con la capacidad de conservación se deben realizar cálculos con ecuaciones que rigen el gasto del hielo y a partir de parámetros tales como la temperatura ambiental y la temperatura inicial del pescado (Ávila et al., 1999).

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Es una propiedad física el cual permite medir la capacidad de una sustancia para transferir calor a través de un material por conducción. Teniendo en cuenta que la ley de Fourier, esta ley demuestra empíricamente que la velocidad del flujo calorífico (q) a través de un cuerpo sólido, es directamente proporcional a la superficie (A) y a la diferencia de temperatura entre dos caras opuestas (t_1 - t_2), e inversamente proporcional al espesor (Δx), es aplicada a toda la materia, independiente de si su estado es sólido, líquido o gaseoso (Tejela & San Martin, 2010). La conductividad térmica de la mayoría de los líquidos y sólidos varía con la temperatura, para los vapores, también depende de la presión (Connor, 2020). La conductividad térmica puede expresarse en kcal/m.h°C, en BTU/pié.h°F y, en el Sistema Internacional como W/m°C.

- Coeficiente de conductividad térmica: es la cantidad de calor conducido en una hora a través de 1 m^2 de material, de un espesor de 1 m, cuando la diferencia de temperatura entre los lados del material en condiciones de flujo continuo de calor es de 1°C. La conductancia

térmica se determina experimentalmente y es el parámetro básico de cualquier material aislante. Puede expresarse en unidades del Sistema internacional $W/m^2 \cdot K$, o en $Btu/ft^2 \cdot h \cdot °F$ (FAO, 2005).

CONSERVACIÓN POR FRIO

La conservación por frio consiste en mantener el producto a una temperatura estable y fría aproximadamente a 0ºC. Con ello se logra controlar el crecimiento microbiano y el deterioro progresivo del alimento, también se ralentizan las reacciones químicas/enzimáticas. Este es el motivo de que cada alimento tenga unos requerimientos específicos de temperatura y humedad relativa (Geles, 2019).

En las embarcaciones artesanales pesqueras se utiliza la conservación por enhielado en un corto o largo periodo de faena, el hielo permite mantener la captura a temperaturas bajas entre 0°C -1°C. Existen tres aspectos importantes a tener en cuenta para conservar las capturas: las buenas prácticas pesqueras, la limpieza y el enfriamiento, para evitar la proliferación de microorganismos y el deterioro de la captura.

HIELO

El hielo es uno de los elementos importante en la conservación, siendo este mismo uno de los métodos utilizados para bajar la temperatura y conservar la captura en buenas condiciones.

El hielo como medio de enfriamiento del pescado ofrece numerosas ventajas: tiene muy buena capacidad de refrigeración con respecto a un peso o volumen determinado, es inocuo, fácil de transportar y relativamente barato. Es apropiado para refrigerar pescado, porque permite un enfriamiento rápido. Cuando se utiliza este método, la transferencia de calor se produce por contacto directo del pescado con el hielo. El agua de fusión fría absorbe calor del pescado y al fluir sobre el hielo se vuelve a enfriar (FAO, 1993). Existen diferentes formas de hielo y se ajusta al uso o las necesidades a las cuales se vaya a implementar, entre estos se tiene:

- **Hielo en bloques**

La elaboración de este consiste en llenar moldes de metal con agua y sumergirlos en un baño de salmuera (generalmente cloruro sódico o cálcico) refrigerada a una temperatura muy inferior a la

de congelación del agua. Tras algunas horas, el agua se congela y los bloques de hielo se sacan de los moldes tras liberarlos por inmersión en agua (FAO, 1993).

Las ventajas principales del hielo en bloques son: La fusión es relativamente baja, por lo que las pérdidas durante el almacenamiento y la distribución son mínimas. El hielo es compacto, así que se necesita menos espacio de almacenamiento por unidad de masa. El hielo se puede reducir a partículas de cualquier tamaño mediante trituración o picado antes de usarlo.

- **Hielo en escamas**

Se puede decir que el hielo en escamas es un hielo seco y subenfriado en fragmentos pequeños planos, este tipo de hielo pequeño se fabrica rociando o vertiendo agua sobre una superficie refrigerada, tiene forma de cilindro, el agua se congela sobre la superficie forma capas delgadas de hielo. Una cuchilla retira el hielo subenfriado, que se fragmenta en pequeños trozos semejantes a esquirlas de cristal (FAO, 1993).

Algunas ventajas del hielo en escamas son que el hielo tiene una superficie de intercambio de calor mayor que casi todos los demás tipos de hielo y, por lo tanto, la transferencia de calor entre el pescado y el hielo se produce con mayor rapidez y eficacia, debido a que el hielo en escamas está ligeramente subenfriado (entre –5°C y –7°C), puede ceder 83 kcal/kg al fundirse, calentándose hasta su temperatura de fusión y transformándose en agua; por consiguiente, puede extraer un poco más de calor que otros tipos de hielo cuya temperatura es de 0°C (80 kcal/kg). Resulta fácil de almacenar y manipular cuando se dispone de un recipiente termo aislado, subenfriado (–5 °C) y debidamente diseñado para su almacenamiento. El hielo puede usarse inmediatamente después de su fabricación (no es necesario triturarlo) (FAO, 1993).

- **Bloques de trozos pequeños de hielo compactados**

Las máquinas compactan el hielo en trozos pequeños (en escamas o fragmentado) formando bloques de tamaños normalizados y se pueden instalar con facilidad en pequeñas fábricas de hielo situadas en tierra. Estos bloques compactados se pueden utilizar a bordo de pequeñas embarcaciones con las ventajas del hielo en bloques convencional. Pueden resultar especialmente adecuados para pesquerías en desarrollo en países tropicales donde las velocidades de fusión del hielo son altas y los pescadores están acostumbrados a manipular los bloques producidos por

fábricas de hielo más antiguas. Los bloques de trozos pequeños de hielo compactados son más fáciles de romper en pequeños fragmentos cuando se necesita (FAO, 1993).

- **Hielo fundente**

Este hielo, cuando está en forma de mezcla fluida de hielo y agua, actúa de modo similar al agua de mar refrigerada (AMR) y puede utilizarse en depósitos de AMR o bodegas de pescado. En una forma algo menos fluida también se puede utilizar para almacenar pescado a granel en cajones-paleta, el hielo fundente es una mezcla fluida de cristales de hielo en agua. El hielo se forma por congelación de los cristales a partir de una salmuera poco concentrada en un intercambiador de calor tubular, también llamado intercambiador de calor de superficie raspada (FAO, 2005).

Gracias a su mayor capacidad de transferencia de calor, asegura un enfriamiento más rápido y uniforme del pescado hasta una temperatura de 0 °C o inferior. Proporciona un mejor contacto del hielo con la superficie del pescado sin grietas ni daños por aplastamiento. Se afirma que la contaminación del hielo se reduce significativamente gracias a que el sistema formado por la máquina de hielo y el depósito está diseñado como un conjunto herméticamente cerrado.

- **Hielo en placas**

El hielo en placas se forma en una de las caras de una placa vertical refrigerada y se desprende haciendo circular agua por la otra cara para des escarcharlo (FAO 1993).

- **Hielo aglomerado**

Tiene un aspecto similar al de la nieve húmeda; se derrite con rapidez por lo cual debe llevarse gran cantidad y por ello hay que hacer una gran inversión (Ávila et al., 1999).

PESCA ARTESANAL

La pesca artesanal es una actividad económica con gran repercusión social, que genera fuente de empleo y alimento. Su mayor influencia o incidencia la ejerce sobre los recursos marino-costeros y continentales. A través de los años ha incrementado la extracción de recursos pesqueros ejerciendo un esfuerzo mayor, el aumento de esto se ha presentado debido a que las pesquerías industriales con sus tecnologías de captura y artes de pesca van dejando a su paso menos recurso y

es uno de los factores que obliga a la pesca artesanal a que sus faenas de pesca sean por varios días. Los sistemas para implementar los métodos de conservación se han ido modificando con grandes mejoras, así mismo se ha tratado de que en los diferentes tipos de materiales usados para la fabricación de los sistemas de conservación sean menos dañinos al medio ambiente.

POLIESTIRENO EXPANDIDO

El poliestireno expandido es una espuma rígida de gran trabajabilidad, caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad. Como aislante térmico tiene buena capacidad debido a que aproximadamente el 98% de su volumen es aire quieto y el 2% materia sólida, para fabricarlo se mezcla al vapor polímeros del poliestireno con productos químicos hasta que estas cuentas aumenten su volumen. Es poliestireno expandido es un material de diversa aplicabilidad y sus productos o artículos terminados son asombrosamente ligeros y muy resistentes. En comparación al plástico el poliestireno expandido se encuentra en menor cantidad como desecho, pero esta causa graves daños al medio ambiente cuando ingresa a los ecosistemas marinos contaminando el agua generando problemas mecánicos y biológicos a los organismos marinos. Cuando se habla de problemas mecánicos se hace referencia a que con frecuencia se ha encontrado poliestireno en el intestino de los organismos provocando bloqueos que pueden ser letales para los animales (BBC Mundo, 2015).

Dentro de sus ventajas están:

- Material inerte.
- Mantiene su capacidad de aislamiento térmico en el tiempo.
- No absorbe agua.
- No altera su conductividad térmica.

Metodología

Ensayo preliminar

Con las pruebas preliminares se buscaba establecer el tamaño ideal de las cavas para los ensayos, así como el espesor de las paredes. Los ensayos primarios hicieron evidente la necesidad de colocar una capa interior impermeable para evitar la fuga del agua producida al fusionarse el hielo. Para solucionar este inconveniente se recurrió a una delgada capa de fibra de vidrio. Luego de construir el prototipo para este ensayo se puso a prueba, obteniéndose resultados satisfactorios en cuanto a la estanqueidad de las paredes. El drenaje del agua producto de la fusión del hielo se realizó inclinando la cava y abriendo ligeramente la tapa hasta un punto en el cual el agua saliente obstruyera la entrada de aire del exterior. Las dimensiones finales de las cavas se consignan en la Tabla 6.

Construcción de las cavas

Para la construcción de las paredes de las cavas se utilizaron los siguientes materiales, mencionados desde el exterior hacia el interior: Tríplex (lámina de 2,5 mm de espesor), el aislante térmico en estudio (2,5 cm de espesor), Tríplex (lámina de 2,5 mm de espesor) y fibra de vidrio (1 mm de espesor), esta última aplicada para evitar el paso del agua de fusión del hielo a través de las paredes. Con el fin de minimizar las variables incidentes en los resultados del estudio, las cavas se construyeron de las mismas dimensiones y con el mismo espesor de aislante.

Figura 1. *Construcción de las cavas***.**

ARMADO DE LA ESTRUCTURA DE LAS CAVAS

RELLENO DE LAS PAREDES CON LOS AISLANTES			
Vástago de banano	**Cascarilla de arroz**	**Cáscara de café**	**Poliestireno expandido**
CAVAS TERMINADAS			
Estructura de madera con aislamiento	**Aplicación de fibra de vidrio y resina**	**Cava terminada**	**Tapa terminada**

Los materiales utilizados como aislantes naturales fueron procesados en la Planta Piloto Pesquera de Taganga de la Universidad del Magdalena, aplicando los siguientes procedimientos:

- La cascarilla de arroz, recolectada en los molinos de los alrededores de Fundación (Magdalena), se transportó en sacos hasta la Planta Piloto de Taganga, donde se sometió a un proceso de limpieza manual para posteriormente colocarla en el horno deshidratador a 75°C por 8 horas y se llevó a una humedad de 8%. De esta manera se adicionó al espacio confinado entre las láminas de Tríplex de las paredes de la cava.

- El vástago de banano, recolectado en las fincas de la zona Bananera y transportado a las instalaciones de Planta Piloto Pesquera, fueron cortados en trozos de aproximadamente 30 cm de longitud y de 2 cm por 2 cm de espesor y altura respectivamente. Se colocaron en las bandejas de secado en el horno deshidratador a 75°C por 24 horas, hasta llevarlo a una humedad

entre 8% a 10% . Una vez secas, se molieron y picaron para adicionar la mezcla resultante al espacio confinado entre las láminas de Tríplex de las paredes de la cava.

- La cáscara de café fue recolectada de los beneficiaderos de la Sierra Nevada de Santa Marta, se transportaron hasta las instalaciones de la Planta Piloto Pesquera de Taganga donde se sometieron al proceso de secado por aire forzado a 60°C por un tiempo de 24 horas- y se llevó a una humedad de 8 %. Posteriormente se molió la cáscara seca y la harina obtenida se colocó en el espacio confinado entre las láminas de Tríplex de las paredes de la cava.

- El aislante control (Poliestireno expandido) se obtuvo en el comercio de la ciudad de Santa Marta en láminas de un espesor de 2,5 cm las que después de ser dimensionadas se colocaron en el espacio confinado entre las láminas de Tríplex de las paredes de la cava.

Figura 2. *Materiales naturales*.

DIMENSIONES DE LAS CAVAS

Para el diseño de las cavas, se escogieron dimensiones que facilitaran el trabajo de campo a la hora de realizar la toma de datos, las cuales constan de las siguientes.

Tabla 6. *Dimensionamiento de las cavas*.

Dimensiones	Internas	Externas
Alto $(H)(cm)$	23	30.4
Largo $(L)(cm)$	37.5	43.7
Ancho $(A)(cm)$	25	30
Espesor medio (cm)	3.10	
Área (cm^2)	4.750	7.103
Área media (cm^2)	5926.48	
Volumen interior (cm^3)	21562.50	
Volument interior $(litros)$	21.56	

Tabla 7. *Características de las Paredes.*

Material	Espesor (m)	Espesor (cm)	k K_{cal}/mh^oC
Triplex (pared exterior)	0.0025	0.25	0.06
Triplex (pared interior)	0.0025	0.25	0.06
Aislante	0.0250	2.50	
Fibra de vidrio (recubrimiento interior)	0.0010	0.10	0.08
Total	**0.0310**	**3.10**	

Nota: Los valores de la conductividad térmica del triplex y fibra de vidrio fueron obtenidas de: (STUDYLIB, 2020).

Tabla 8. *Peso de las cavas.*

Material aislante	Densidad del aislante (kg/l)	Peso cava vacía (kg)
Cascarilla de arroz	0.14530	6.096
Cáscara de café	0.60830	11.364
Poliestireno expandido	0.03260	5.524
Vástago de banano	0.22235	7.877

Toma de datos para las pruebas finales

Las pruebas se efectuaron en cada una de las cuatro cavas construidas con cada tipo de aislante y con diferentes niveles de llenado con hielo: la primera prueba llenada al 100%, segunda prueba llenada al 70%, tercera prueba llenada al 50% y se realizaron diez (10) repeticiones con cada uno de los niveles de llenado. En todas las pruebas se tomó el peso bruto inicial de la cava y el peso luego de drenar el agua producto de la fusión del hielo gastado en cada periodo de tiempo. Las lecturas se realizaron dentro de las primeras veinticuatro (24) horas, tiempo durante el cual se produce la fusión de la mayor cantidad de hielo.

El registro de los datos se llevó a cabo en tiempos diferentes que oscilaron entre una y cuatro horas. Con los datos obtenidos para cada aislante en cada prueba, se procedió sistemáticamente al cálculo de la cantidad de hielo gastado (fundido y retirado), dato a partir del cual se procedió a estimar la cantidad de calor absorbido en la fusión. Con base en el tiempo transcurrido se pudo calcular la velocidad de fusión del hielo y la velocidad de transferencia de calor, es decir, la cantidad de calor que absorbió el hielo por unidad de tiempo que resultaba ser la misma que la cantidad de calor que pasaba a través de las paredes de la cava.

Partiendo de un balance general de transferencia de calor, se tiene que el calor de las fuentes es igual al calor de los receptores (refrigerantes).

$$Q_{fuentes}=Q_{Receptores} \quad (1)$$

En la presente investigación, la fuente de calor considerada está dada por el calor que pasa a través de las paredes por conducción y el calor de los receptores lo representa el hielo. En este caso no se realiza enfriamiento de producto alguno, por lo que ese valor puede igualarse a cero.

$$Q_{Paredes} + Q_{Producto} = Q_{Hielo} \quad (1.1)$$

De ahí se tiene que el calor del hielo es igual a la masa del hielo (m_H) por el calor latente de fusión del hielo (λ) y el calor de las paredes es igual al coeficiente integral de transmisión de calor (U), por el área (A) por el diferencial de temperatura (ΔT), por el tiempo (z) (Kreith, 1970).

$$U * A * \Delta T * z = m_H * \lambda \quad (1.2)$$

De la ecuación 1.2 se despeja U para este ser calculado.

$$U = \frac{m_H * \lambda}{A * \Delta T * z}$$

Luego de calcular U se utiliza la ecuación de coeficientes globales de transmisión de calor de (Bacon, 1983) , la cual dice que:

$$R = \frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{x_4}{k_4} + \frac{1}{h_2} \quad (2)$$

Se omite el efecto por convección debido a que se trabajan las temperaturas de las paredes dando así la siguiente ecuación,

$$U = \frac{1}{\frac{x}{k}} (2.1)$$

Como las paredes de las cavas están constituidas por varios materiales que tienen un espesor (x) y una conductividad térmica (k) diferentes, estos deben estar representados en la ecuación como sigue:

$$U = \frac{1}{\frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{x_4}{k_4}} \quad (2.2)$$

Cada material constituyente de las paredes de las cavas tiene un espesor (x) determinado; la fibra de vidrio y la madera cuentan con un valor de conductividad térmica (k) conocido. Partiendo del interior al exterior de paredes para reemplazar en la formula los valores de x y k queda como incógnita la conductividad térmica del material aislante (k).

Luego de evaluar la conductividad térmica de los materiales, se realizó el cálculo de la cantidad de hielo requerida para determinar teóricamente, los costos de conservación del pescado enhielado en las cavas construidas. En el presente estudio este cálculo teórico se realizó para conservar pargo rojo (*Lutjanus campechanus*) especie de frecuente captura en la zona de estudio**.** El consumo total del hielo(h) se estima igual al Hielo necesario para enfriar el pescado (Hep) hasta 0°C, más hielo requerido para compensar las pérdidas térmicas (Hf) a través de las paredes, más las perdidas por manipulación del hielo(Q).

$$h = Hep + Hf + Q \ (3)$$

La evaluación de la magnitud y peso de las pérdidas del hielo (m_h) necesario para enfriar el pescado a 0°C, se calcula teóricamente, por la siguiente ecuación:

$$m_h = \frac{Cp \ \times \ \Delta Tp}{\lambda} \times mp \ (4)$$

Donde:

Cp= calor específico del pescado (kcal/kg °C). El Cp varía con la composición, su valor es aproximadamente 0,80 kcal/kg °C para pescado magro, 0,78 kcal/kg °C para pescado semimagro y 0,75 kcal/kg °C para pescado graso.

ΔTp = Diferencia de temperatura entre la inicial (usualmente tomada como la temperatura del agua de mar) y la final (igual a la temperatura de fusión del hielo) del pescado en °C.

λ = calor latente de fusión del hielo (kcal/kg), usualmente tomado como 80 kcal/kg.

mp = masa de pescado (kg).

Análisis de los datos

La media muestral también se llama "media aritmética", o, simplemente, "promedio", representa la suma de los números en la muestra, dividido entre la cantidad total de números que hay.

Sea X1, ..., Xn una muestra. La media muestral es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$$

Para determinar si las conductividades térmicas "K" promedios calculados son diferentes estadísticamente entre sí, se hace necesario practicar pruebas que permitan dar rigor a las conclusiones que se presenten.

Pruebas de normalidad

Esta prueba se realizó para determinar si los conjuntos de datos están bien modelados e indicar si la hipótesis nula se debe rechazar o no**.** Para esto se utilizó la propuesta hecha por Lilliefors de la modificación a la prueba Kolmogórov-Smirnov (K-S) con la intención de mejorar la prueba sustentada sobre los mismos principios estadísticos, pero específica para aquellos casos en donde la media y la varianza son desconocidas y a esa transformación la llamo K-S-L (Pedrosa et al., 2014).

De las pruebas estadísticas existentes se encuentra la prueba de Shapiro-Wilk es de las más consolidadas. Se fundamenta en una gráfica de probabilidad en la que se considera la regresión de las observaciones sobre los valores esperados de la distribución hipotetizada, en donde su estadístico W representa el cociente de dos estimaciones de la varianza de una distribución normal (Pedrosa et al., 2014).

Prueba Kruskal-Wallis

Sea R_{ij} el rango de X_{ij} en la muestra combinada. Se define:

$$R_{\bullet j} = \sum_{i=1}^{n_j} R_{ij}$$

$$\bar{R}_{\bullet j} = \frac{R_{\bullet j}}{n_j}$$

$$N = \sum_{i=1}^{k} N_i$$

Los $R_{\bullet j}$ satisfacen $\sum_{j=1}^{k} R_{\bullet j} = \frac{N\,(N+1)}{2}$, la distribución bajo H_0 de los R_{jj} ; así como el valor esperado, la varianza y la covarianza son los mismos que en el caso de dos muestras, pero utilizando $N = \sum_{i=1}^{K} N_i$, además.

$$E\,(R_{\bullet j}) = \frac{N_j\,(N+1)}{2}$$

$$E\left(\bar{R}_{\bullet j}\right) = \frac{N+1}{2}$$

Como la diferencia $R_{\bullet j} - \frac{Nj\,(N+1)}{2}$ representa la distancia entre la suma de los rangos de los individuos de la j-´esima muestra y el rango esperado de estos bajo la hipótesis nula, se espera que grandes valores de estas diferencias acumuladas apoyen la hipótesis alternativa de no igualdad de las medianas de las distribuciones muestreadas. La estadística de Kruskal-Wallis para probar la hipótesis $H_o : \theta\ 1 = \cdots = \ \theta_K$, es la siguiente:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^{K} \frac{1}{N_j} \left(R_{\bullet j} - \frac{N_j(N+1)}{2}\right)^2$$

La distribución exacta de esta estadística puede calcularse construyendo, como en el caso de dos muestras, todos los $N!/\ (N_1!\,N_2!\,\ldots N_K!)$ arreglos de las observaciones combinadas, las cuales son igualmente probables bajo la hipótesis nula. Sin embargo, este proceso puede resultar tedioso y largo si se tiene en cuenta que hay que construir una tabla de valores críticos para cada K. Es decir, desde el punto de vista práctico, esta alternativa no resulta muy útil. Por esta razón, es conveniente desarrollar la metodología de construcción de la región crítica vía distribución asintótica de la estadística de prueba. Valores críticos de la estadística para la prueba de Kruskal-

Wallis se encuentran en la tabla K de Gibbons. Para otros valores de K y de N_j la estadística H se distribuye asintóticamente como una.

$$x_{k-1}^2$$

bajo la condición de que:

$$\frac{N_j}{N} \rightarrow \lambda_j \; 0 \; < \; \lambda_j \; < 1$$

La prueba de Kruskal-Wallis rechaza la hipótesis nula:

$$H_0 : \theta_1 \; = \cdots = \; \theta_K$$

Al nivel de significancia aproximado cuando:

$$H \; \geq \; x_{1-\propto}^2 ; K - 1$$

Donde $x_{1-\propto}^2 ; K - 1$ es tal que $P(x^2 \leq \; x_{1-\propto}^2 ; K - 1) = !-\propto$, donde x_{K-1}^2 es una variable aleatoria con una distribucion J_i cuadrado con K-1 de libertad.

Prueba U-Mann Whitney

Acorde con el modelo de muestreo, la información disponible consiste en dos muestras aleatorias X_1 ….. X_m y Y_1….. Y_n, pero ahora la primera muestra viene de una distribución.

$$F(x - \theta x)$$

Y la segunda, de una distribución.

$$F(x - \theta_y)$$

Con $F \; \in \Omega_0$

Sea $\Delta = \; \theta_x - \; \theta_y$ la diferencia en las medianas de las poblaciones. Entonces, el problema de la inferencia es la prueba de la hipótesis:

H_o: $\Delta = 0$ versus K_1: $\Delta > 0$

Sin pérdida de generalidad puede suponerse que $\theta_x = \theta$ y, por lo tanto, que las distribuciones muestreadas son F (x) y G(x) = F (x- Δ), respectivamente, y que sólo dieren por su parámetro de localización. Entonces, el parámetro de interés es la diferencia en localizaciones y no los parámetros mismos.

Para probar H_o: $\Delta = 0$ *versus* K_1: $\Delta > 0$ Wilcoxon (1945) propuso el procedimiento siguiente:

1. Ordenar de menos a mayor la muestra combinada X_1..... X_N.

2. Determinar los rangos correspondientes y luego calcular la suma U de los rangos de los tratados, o sea, de las observaciones Y.

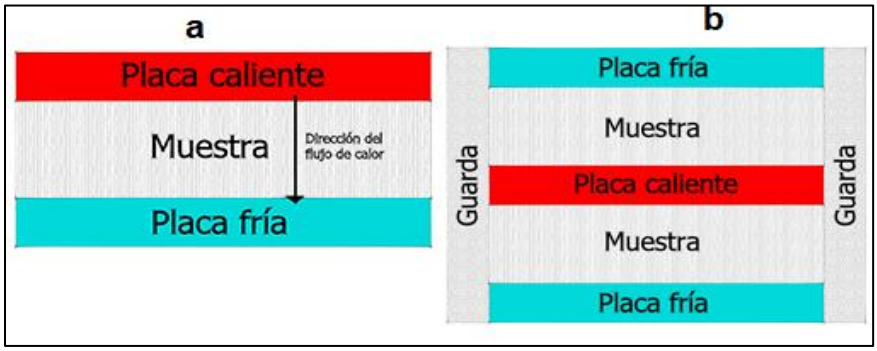
3. Rechazar H_o $si\ U \geq k4$; es decir, si U es muy grande. En otras palabras, grandes valores de U indican que el grupo tratado ocupó las últimas posiciones en la muestra combinada, o sea que el tratamiento condujo a valores más grandes de los Y que de los X. La siguiente expresión es propuesta por Mann Whitney (1947).

$$W = U - \frac{n\,(n+1)}{2}$$

Resultados y Discusión

En el presente estudio se aplicó en la metodología una de las formas efectuada por Zugarramundi & Parin, 2018, donde el valor de la conductividad (k) se determina experimentalmente en cajones, cavas y en contenedores aislados, en forma teórica a partir de las características térmicas de los materiales y las dimensiones del cajón o contenedor. Sin embargo, en la práctica, se pueden encontrar grandes variaciones de acuerdo con el tipo de tapa, tamaño del cajón, cava o contenedor, drenaje, y en menor medida, debido al tipo de hielo, al volumen real ocupado por el pescado y el hielo en el cajón, cava, contenedor o por medio del gasto de hielo. Otra forma de determinar la conductividad térmica es aplicando el uso de placa de guarda caliente (GHP) de la norma ASTM C177 o un medidor de flujo de calor (HMF) de la norma ASTM C518 (Viegas et al.,2016).

Figura 3. *Métodos de medición de transmitancia térmica de materiales aislantes.*



Obtenido de: (Viegas et al., 2016) ;(a) (HMF, medidor de flujo de calor) y (b) (GHP, placa de guarda caliente).

Al obtener los datos de las pruebas de cada uno de los tratamientos se calculó la conductividad térmica con las ecuaciones descritas.

Tabla 9. *Medias de las conductividades térmicas de los aislantes (Kcal/m.h°C).*

AISLANTE	Llenado con hielo al 100%	LLenado con hielo al 70%	Llenado con hielo al 50%	Total general
Cascarilla de arroz	0,04401	0,03608	0,02898	0,03658
Cáscara de café	0,06017	0,04797	0,03919	0,04941
Poliestireno expandido	0,03965	0,03187	0,02683	0,03297
Vástago de banano	0,05080	0,03927	0,03354	0,04145

La tabla 9 presenta los datos de las medias de las conductividades térmicas (K) de cada aislante. La conductividad térmica del poliestireno expandido es de 0.03964757, siendo la de menor valor

y coincidiendo con lo esperado teniendo en cuenta que este elemento se toma como referencia por las propiedades y los usos anteriormente descritos. Entre los materiales estudiados se observa que aquel que posee una media muy cercana al poliestireno expandido es la cascarilla de arroz (0.4401255), seguido por el vástago de banano (0.05080211) y la cáscara de café (0.06016898). Sin embargo; se hace necesario llevar a cabo pruebas estadísticas que permitan realizar inferencias con mayor rigor y exactitud.

La conductividad térmica es un factor muy importante al momento de elegir un elemento o componente como aislante térmico, ya que designa la capacidad de un material para conducir calor, por lo tanto, en el caso de los materiales de aislamiento térmico, su valor debe ser inferior a 0,065 W/m.K (0.0588 Kcal/m.h°C) (Pizarro, 2020).

Pardo & Guadrón,2019, consideran como aislante térmico, aquellos materiales que tienen una conductividad térmica inferior o igual a 0,050 W/m.K (0,043 Kcal/m.h°C), partiendo del hecho de que un material con baja conductancia es un mal conductor de calor.

Pizarro, 2020 considera que todos los aislantes evaluadoados en este estudio son considerados ailastes termicos, pero Pardo & Guadrón,2019, considera que los materiales utilzados son aislantes termico a excepción la cascara de café (0,04941 Kcal/m.h°C), debido a que su resultado está por encima al referenciado por ellos. Los valor pueden cambiar según el autor, metodologia o la aplicación que se utilicen en las diferentes areas de estudios.

Gutiérrez et al ., 2013 aportan que otro punto importante al momento de evaluar los aislantes es la capacidad de poder ser degradados nuevamente por la naturaleza. En la tabla 10 se muestra la biodegradabilidad, o el tiempo requerido para llevar el material a sus componentes básicos.

Tabla 10. *Propiedades de algunos aislantes comunes.*

Material	Temperatura de trabajo máxima (°C)	Esfuerzo último (MPa)	Bio de-gradación, años
Corcho Corrugado	200 [14]	0.50 – 4.00 [10]	0.25 [12]
Corcho Aglomerado	200 [11]	0.50 – 4.00 [10]	0.25 [12]
Poliestireno expandido - 20	80 [13]	0.21 – 0.80 [10]	3000 – 5000 [14]
Aglomerado de Cascarilla de arroz	175	5.91 – 9.71	0.1

Obtenido de: Gutiérrez et al., 2013.

Análisis estadísticos

A través de los análisis estadísticos, se evaluó el supuesto de normalidad en los datos, con el fin de llevar a cabo pruebas paramétricas, para lo cual se utilizó la prueba Lilliefors (K-S-L) y Shapiro Wilk.

Tabla 11. *Prueba de Normalidad del llenado al 100%.*

Pruebas de normalidad		
Aislante	Shapiro p-valor	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnof) p-valor
Cascarilla de arroz	0.0004821	0.0003653
Cáscara de café	3.154e-10	2.794e-06
Vástago de banano	5.843e-10	0.0002031
Poliestireno expandido	1.8e-06	0.01145

Tabla 12. *Prueba de Normalidad del llenado al 70%.*

Pruebas de normalidad		
Aislante	Shapiro p-valor	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnof) p-valor
Cascarilla de arroz	9.67e-08	9.14e-08
Cáscara de café	1.167e-07	4.207e-05
Vástago de banano	2.176e-08	2.521e-05
Poliestireno expandido	2.652e-10	1.939e-08

Tabla 13. *Prueba de Normalidad del llenado al 50%.*

Pruebas de normalidad		
Aislante	Shapiro p-valor	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnof) p-valor
Cascarilla de arroz	8.023e-08	1.643e-11
Cáscara de café	0.0002205	0.01261
Vástago de banano	9.847e-10	3.265e-11
Poliestireno expandido	1.761e-07	1.809e-06

Las pruebas de normalidad para llenados del 100%, 70% y 50% están representados en las tablas 11, 12 y 13 respectivamente. La hipótesis nula de las pruebas sugiere que las muestran se

distribuyen normalmente, los resultados de las pruebas de bondad de ajuste aplicadas (p-valor < 0.05) indican que estas no siguen una distribución normal es decir se rechaza la hipótesis nula, razón por la cual no es adecuado utilizar métodos paramétricos como la prueba t o el análisis de varianza (ANOVA) ya que se haría necesario el cumplimiento del supuesto de normalidad, lo que conllevo a evaluar los datos con pruebas no paramétricas.

Posteriormente se aplica la prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis) que estadísticamente es el equivalente del análisis de varianza (ANOVA) y permite conocer si hay diferencias en las distribuciones de las variables en estudio (Gómez & Leopoldo 2003).

Tabla 14. *Prueba de Kruskal Wallis para el llenado del 100%, arrojo los siguientes resultados.*

Prueba de Kruskal-Wallis	
Chi-cuadrado	108.9
Grados de libertad	3
p-valor	2.2e-16

Tabla 15. *La prueba de Kruskal Wallis para el llenado al 70%, arrojó los siguientes resultados.*

Prueba de Kruskal-Wallis	
Chi-cuadrado	164.74
Grados de libertad	3
p-valor	2.2e-16

Tabla 16. *La prueba de Kruskal Wallis para el llenado al 50%, arrojó los siguientes resultados.*

Prueba de Kruskal-Wallis	
Chi-cuadrado	164.74
Grados de libertad	3
p-valor	2.2e-16

En las Tablas 14, 15 y 16 se muestran los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los llenados del 100%, del 70% y del 50 % respectivamente. El p-valor < 0.05 de la prueba indica que, por lo menos, alguno de los materiales posee un valor de la conductividad térmica diferente a los

demás, pero no especifica exactamente cuál de los tratamientos es diferente. Por lo que se realizaron pruebas post-hoc U-Mann Whitney.

En la prueba Kruskal Wallis, se pudo observar que el tipo de llenado no tiene influencia en el resultado de la conductividad térmica de los materiales evaluados, debido a que en los diferentes tratamientos el resultado presentaba la misma tendencia. En cada uno de los llenados, con distintos valores de conductividad térmica, el poliestireno expandido tubo la mejor conductividad, seguido de la cascarilla de arroz, vástago de banano y por último la cascara de café.

Como la prueba de Kruskal-Wallis no permite saber entre los grupos independientes cuál de los materiales presenta en su conductividad térmica diferencia con relación a los otros, estadísticamente se procede aplicar la prueba (U-Mann Whitney).

Tabla 17. *Prueba U-Mann Whitney (Corzo), para el llenado del 100%.*

Prueba de U-Mann Whitney (p-valor)				
Material	Poliestireno expandido	Cáscarilla de arroz	Vástago de banano	Cáscara de café
Poliestireno expandido	-	4,61e-04	5,403e-09	2,200e-16
Cáscarilla de arroz	4,61e-04	-	5,478e-05	3,18e-14
Vástago de banano	5,403e-09	5,478e-05	-	4,970e-06
Cáscara de café	2,200e-16	3,18e-14	4,970e-06	-

Tabla 18. *Prueba U-Mann Whitney (Corzo), para el llenado del 70%.*

Prueba de U-Mann Whitney (p-valor)				
Material	Poliestireno expandido	Cáscarilla de arroz	Vástago de banano	Cáscara de café
Poliestireno expandido	-	3,553e-08	1,662e-10	2,2e-16
Cáscarilla de arroz	3,553e-08	-	4,271e-02	2,2e-16
Vástago de banano	1,662e-10	4,271e-02	-	5,345e-12
Cáscara de café	2,2e-16	2,2e-16	5,345e-12	-

Tabla 19. *Prueba U-Mann Whitney (Corzo), para el llenado del 50%.*

Prueba de U-Mann Whitney (p-valor)				
Material	Poliestireno expandido	Cáscarilla de arroz	Vástago de banano	Cáscara de café
Poliestireno expandido	-	6,844e-04	1,314e-11	2,200e-16
Cáscarilla de arroz	6,844e-04	-	5,358e-06	2,2e-16
Vástago de banano	1,314e-11	5,358e-06	-	1,260e-12
Cáscara de café	2,200e-16	2,2e-16	1,260e-12	-

En las tablas 17, 18 y 19 se observan los resultados de la prueba U-Mann Whitney. Se realizó la comparación entre pares de muestras, notando que en todos los casos se rechaza la hipótesis nula de que las muestras son iguales (p-valor < 0.05) es decir todas las muestras son diferentes entre sí.

Estadísticamente se pudo comprobar que los materiales evaluados en este estudio son diferentes, el poliestireno expandido tubo mejores resultados que los materiales naturales (menor valor de la conductividad térmica); con la cascarilla de arroz se observan buenos resultados, por lo que puede considerarse un buen aislante.

El estudio comparativo del costo de conservación de las diferentes cavas construidas, teniendo como parámetros similares el tiempo de conservación (1 día), las condiciones de localización, el valor del hielo y la especie conservada pargo rojo (*Lutjanus campechanus*), se observa en la tabla 20.

Tabla 20. *Costo del enhielado para cada uno de los materiales, según el gasto del hielo en kg*.

Material	Cantidad de hielo (Kg)	Cantidad de pescado (Kg)	Valor hielo ($/Kg)	Valor conservación ($/Kg pescado)
Poliestireno expandido	6,50	5,09	125	159,57
Cascarilla de arroz	6,86	4,58	125	187,09
Vástago de banano	7,31	3,94	125	231,87
Cáscara de café	8,03	2,90	125	346,69

La conductividad térmica incide en el gasto del hielo, debido a que el material aislante con menor K permitirá el paso de una menor cantidad de calor lo que se reflejará directamente en la cantidad de hielo fundido y dado a que la evaluación se realiza en un mismo sitio, el costo del hielo es constante, lo que se traduce en un menor valor por kilogramo de pescado enhielado.

En cuanto al uso de los materiales como aislantes, aunque los valores encontrados no son similares, cada material tiene ventajas en el momento de su elección, considerando la disponibilidad y el costo al momento de adquirirlo, ya sea como reciclado o recolectado.

Conclusiones

Al determinar el coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los aislantes, se concluye que el poliestireno expandido es el aislante que menor conductividad térmica presentó, luego la cascarilla de arroz, seguida por el vástago de banano y por último la cascara de café, este orden ascendente de los valores promedios de la conductividad térmica se mantiene independiente del nivel de llenado de la cava o recipiente estudiado.

Al comparar los promedios de las conductividades térmicas de los diferentes materiales con el poliestireno expandido se observa que por lo menos uno de ellos es diferente estadísticamente de los demás. Los valores de la prueba de Kruskal-Wallis así lo corroboran. Posteriormente la prueba de U-Mann Whitney permite comparar estadísticamente los materiales por parejas obteniéndose como resultado que todos son diferentes entre ellos.

Los coeficientes de conductividad térmica promedios de cada uno de los materiales estudiados en orden descendente fueron; Poliestireno expandido (0.02683 Kcal/m.h°C a 0.039648 Kcal/m.h°C), seguido de la Cascarilla de arroz (0.028979 Kcal/m.h°C a 0.04403 Kcal/m.h°C), del Vástago de banano (0.033544 Kcal/m.h°C a 0.050802 Kcal/m.h°C) y de la Cáscara de café (0.049414 Kcal/m.h°C a 0.060169 Kcal/m.h°C).

El aislante construido a partir de Cascarilla de Arroz es el material que más se acerca a las características aislantes del Poliestireno expandido, utilizado como material de comparación, debido a que su conductividad térmica fue baja y además de aportar otra característica similar como ser livianas en su peso lo cual las hace fácil de manejar. Dadas estas características permiten seleccionarlo para ser empleado como aislante térmico en la construcción de equipos para la conservación de alimentos por frio.

Al revisar los costos de conservación obtenidos en una simulación para cada una de las cavas, se concluye que los valores resultantes por kilogramo de pescado siguen un orden similar al de los valores de la conductividad térmica, esto quiere decir que entre mayor sea la conductividad térmica, el gasto de hielo será mayor, debido a que la cava con menor conductividad térmica permitirá que pase una menor cantidad de calor lo que reflejará directamente en la cantidad de hielo fundido,

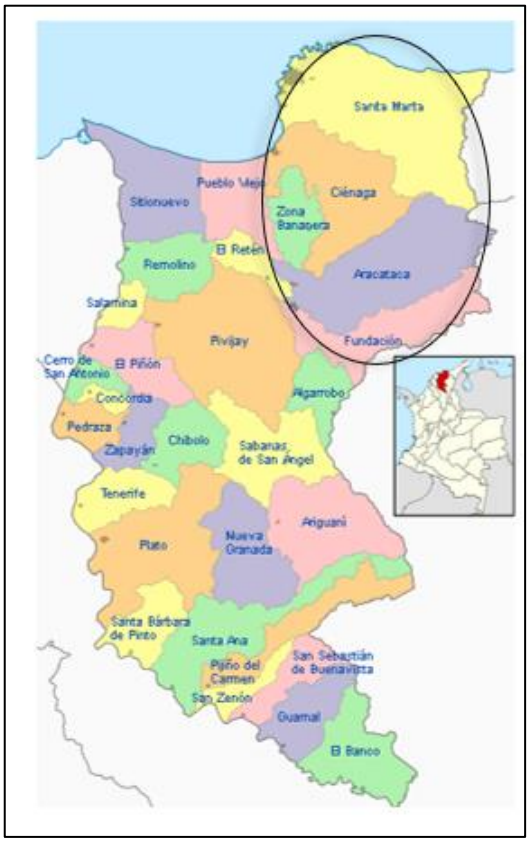
requiriéndose menor cantidad de hielo para conservar el pescado que aquellas cuya conductividad térmica es mayor, por lo tanto, el valor de conservación dependerá del tipo de material utilizado para esta misma.

Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios técnicos y económicos sobre la viabilidad del montaje de una planta elaboradora de láminas de diferentes espesores teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente trabajo.

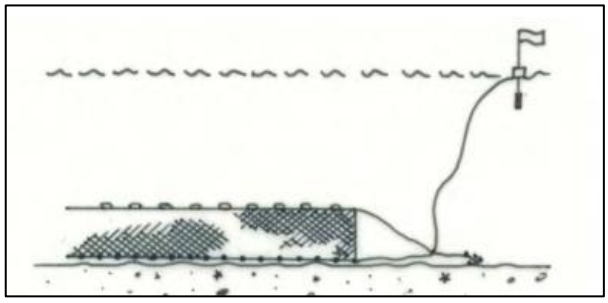
Los valores de las conductividades térmicas obtenidas para los materiales naturales estudiados los categorizan como aislantes térmicos, razón por la cual sería aconsejable explorar la posibilidad de su utilización en otras actividades donde sus altos valores de densidad no sean un impedimento para su uso.

Anexos

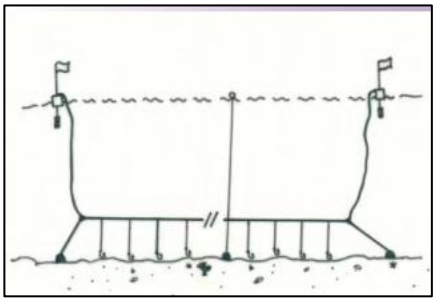


Nota: espacio geografico, obtenido de: (Fundacion-Magdalena, 2016).

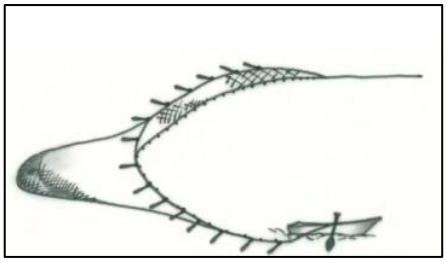
Nota: Linea de manos, obtenido de: (Gomez et al ., 2004).



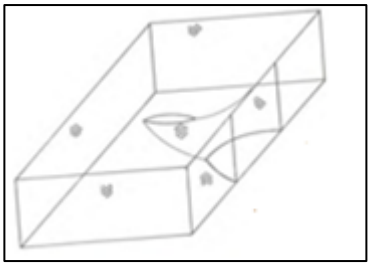
Nota: red de enmalle, obtenido de: (Gómez et al ., 2004).



Nota: Palangre, obtenido de: (Gómez et al ., 2004).



Nota: Chinchorro, obtenido de: (Gómez et al ., 2004).



Nota: Nasas, obtenido de: (Gómez et al ., 2004).

Nota: Lancha, obtenido de: (Altamar & Zuñiga, 2015).

Nota: Embarcación parguera, obtenido de: (Altamar & Zuñiga, 2015).

Nota: el software utilizado para el análisis de los datos fue R (R Core Team 2020).

Bibliografía

¿ por qué cada vez más ciudades prohiben el poliestireno?. (02 de 07 de 2015). Obtenido de BBC Mundo: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150701_poliestireno_prohibicion_lp

Aislantes térmicos ecológicos y sostenibles. (15 de 05 de 2018). Obtenido de Arquitectura sostenible: https://arquitectura-sostenible.es/aislantes-termicos-ecologicos-y-sostenibles/

Altamar, J. Z. (2015). *Cuantificacion de unidades econmicas de pesca y caracteriacion de artes y embarcaciones de pesca artesanales en colombia.* Bogota.

Avila, G., Altamar, J., Correa, J., Higuera, G., Barros, M., Asis, J., & Mlñoz, J. (Febrero. de 1999). *CAVAS ISÓTERMICAS.* Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/331196549_CAVAS_ISOTERMICAS

Bacon, D. (1983). *Termodinamica y transmision de calor.* Kingsway, london: Butterwoth y Co.

Canto, A., Batista, M., Sanchez, J., Moreno, M., & James, A. (2018). Aislante térmico a base de materiales orgánicos. *UTP- Ridda*. Obtenido de https://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/9875.

Cochrane, K. (2005). *Guia del administrador pesquero: Medidas de ordenacion y su aplicación.* Obtenido de FAO: http://www.fao.org/3/y3427s/y3427s04.htm

Colchado, J., & Tapia, E. (2019). *Fibra del Vástago de plátano en la resistencia a compresión y absorción de Bloques de concreto, Casa Grande -Trujillo 2018.* Universidad Cersar Vallejo, TRUJILLO – PERÚ.

Connor, N. (08 de 01 de 2020). *¿ Qué es la conductividad termica?* Obtenido de Thermal Engineering: https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-conductividad-termica-definicion/

contributors, E. (04 de 07 de 2019). *Aislamiento térmico*. Obtenido de https://www.ecured.cu/index.php?title=Especial:Citar&page=Aislamiento_t%C3%A9rmico&id=3438599

Corso, J. (2005). *Estadistica no parametrica, metodos basados en rangos.* Bogota, Colombia : Universidad Nacional de Colombis, Unibiblos.

Cúellar, J. (2010). Caracterizacion de actividad pesquera, aportando algunas aspectos bioeconomicos, para el sector comprendido entre Taganga y la Jorará, (Magdalena, caribe Colombiano), agosto (2008) febrero (2009). Obtenido de https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1269/T919.pdf?sequence=1&isAllowed=y

D'Oliveira, G. (s.f.). *ECOESMÁS.* Obtenido de 5 materiales aislantes ecológicos para tu casa : https://ecoesmas.com/5-materiales-aislantes-ecologicos/

FAO,. (1993). *El hielo en las pesquerias,*. Roma,, Italia : FAO. Obtenido de http://www.fao.org/3/t0713s/T0713S01.htm

Fundacion-Magdalena. (16 de 06 de 2016). Obtenido de Fundacion-Magdalena: http://fundacionmagdalena.blogspot.com/2011/05/mapa-de-fundacion.html?m=1

Geles. (29 de 08 de 2019). *Castelló*. Obtenido de Conservacion de alimentos en frío: https://www.naturalcastello.com/es/conservacion-alimentos-frio/

Gomez, M. D., & Vega, L. (Abril de 2003). Non parametric statistical tests synopsis. When are they used? *Revista Mexicana de Pediatria, 70*, 95.

Gómez, P., Manjarrés, L., Duarte, L., & Altamar, J. (2004). *Atlas pesquero del area norte del mar caribe de Colombia* . Santa Marta: Gente Nueva Ltda..

Gutierrez, J., Cadena, C., & Bula, A. (02 de Diciembre de 2013). Aislamiento térmico producido a partir de cascarilla de arroz aglomerada utilizando almidón producido con saccharomyces cerevisiae. *DYNA*, 142.

Kreith, F. (1970). *Principios de transferencia de calor.* Mexico: Herrero Hermanos, Sucesores, S.A.

Lopez, J. (02 de Junio de 2015). *Análisis, desarrollo y evaluación de aislantes térmicos fabricando bloques de hormigón aislantes con cascarilla de café para su aplicación en la construcción de edificaciones.* Obtenido de Repositorio ESPE: http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12380/1/T-ESPE-049578.pdf

Palomo, M. (2017). *Aislantes termicos. Criterios de seleccion por requisitos energeticos.* Madrid.

Pardo, G., & Gualdron, O. (2019). *Estudio de factibilidad de una fibra natural como materia prima para la fabricación de un bioaislante.* Universidas Pontifica de Bolivariana, Bucaramanga.

Pedrosa, I., Juarros, J., Robles, A., Basteiro, J., & Garcia, E. (2014). Goodness of Fit Tests for Symmetric Distributions, which Statistical Should I Use?

Pizarro, A. (2020). *Estudio tecnico para la implementacion de lana de obeja como aislante en Chile.* Universidad Tecnica Federico Santa Maria , Viña del mar.

Poliestireno expandido . (22 de 10 de 2005). Obtenido de Textos cientificos : https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido#:~:text=Los%20productos%20y%20materiales%20de,excelente%20capacidad%20de%20aislamiento%20t%C3%A9rmico.&text=Aproximadamente%20un%2098%25%20del%20volumen,es%20un%20excelente%20aislante%20t%

Raul, P. C. (2019). *Estudio de factibilidad de una fibra natural como materia prima para la fabricación de un bioaislante.* Bucaramanga.

Segura, J. (Septiembre de 2019). Estudio comparativo de materiales sostenibles aislantes en arquitectura.

Shawyer, M., & Medina, A. (2005). *El uso del hielo en pequeñas embarcaciones pesqueras.* Roma: FAO. Obtenido de http://www.fao.org/3/a-y5013s.pdf

STUDYLIB. (2020). Obtenido de 6-Propiedades termicas de algunos materiales de construccion y aislantes: https://studylib.es/doc/5897957/6.--propiedades-termicas-de-algunos-materiales-de-constru...

Tejela, J., & San Martin, T. (2010). *Tecnica de aislamiento termico y acustico.* Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.

Tomero, T. (2015). *Caracterizacion de equipos y elementos de instalacones de climatización.* España: Elearning.

Viegas, G., Walsh, C., & Barros, M. (2016). Evaluaion cuali-cuantitativa de aislaciones termicas alternativas para vivienda, el caso de la agricultura familiar. *INVI, 31*(86), 99.

Zugarramundi, A., & Parin, M. (1998). *Ingenieria Economica Aplicada a La Industria Pesquera.* Obtenido de FAO: http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s00.htm.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

John Fox & Sanford Weisberg (2019). An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/.

Stefan Milton Bache & Hadley Wickham (2020). magrittr: A Forward-Pipe Operator for R. R package version 2.0.1. https://CRAN.R-project.org/package=magrittr.

Hadley Wickham & Jennifer Bryan (2019). readxl: Read Excel Files. R package version 1.3.1. https://CRAN.R-project.org/package=readxl.

Torchiano M (2020). _effsize: Efficient Effect Size Computation_. doi:10.5281/zenodo.1480624 (URL: https://doi.org/10.5281/zenodo.1480624), R package version 0.8.1, <URL: https://CRAN.R-project.org/package=effsize>.

Hadley Wickham, Romain François, Lionel Henry & Kirill Müller (2021). dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.0.5. https://CRAN.R-project.org/package=dplyr.

Juergen Gross & Uwe Ligges (2015). nortest: Tests for Normality. R package version 1.0-4. https://CRAN.R-project.org/package=nortest.