

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Evaluación del aislamiento térmico en un material compuesto por
cemento, yeso y aserrín reciclado**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Mayra Belén Ticona Luna

Nelly Quispe Calisaya

Yurika Josepha Larico Flores

Asesor:

Mg. Arnaldo Cahui Galarza

Juliaca, octubre de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Arnaldo Cahui Galarza, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN UN MATERIAL COMPUESTO POR CEMENTO, YESO Y ASERRÍN RECICLADO”** de los autores **Mayra Belén Ticona Luna, Nelly Quispe Calisaya** y **Yurika Josepha Larico Flores**, tiene un índice de similitud de 15% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 11 días del mes de octubre del año 2023.



Arnaldo Cahui Galarza

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 03 día(s) del mes de octubre del año 2023 siendo las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro. Leonel Chakucoro Paucar, el (la) secretario(a): Ing. Heron Dubarly Pari Cusi y los demás miembros: Mg. Edwin Parillo Escarsena y el (la) asesor(a) Mg. Arnaldo Cahui Galorza

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Evaluación del aislamiento térmico en un material compuesto por cemento, yeso y aserrín reciclado"

del(los) bachiller(es) a) Yurika Josepha Larico Flores b) Nelly Quispe Calisaya c) Mayra Belén Licona Luna

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil (Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Yurika Josepha Larico Flores

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Row 1: Aprobado, 15, B-, Bueno, Muy Bueno

Bachiller (b): Nelly Quispe Calisaya

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Row 1: Aprobado, 15, B-, Bueno, Muy Bueno

Bachiller (c): Mayra Belén Licona Luna

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Row 1: Aprobado, 15, B-, Bueno, Muy Bueno

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Signatures for Presidente/a, Asesor/a, and Bachiller (a)

Signatures for Miembro and Bachiller (b)

Signatures for Secretario/a, Miembro, and Bachiller (c)

Índice General

Índice General.....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras	vi
Índice de Anexos	vii
Resumen	8
Abstract.....	9
1. Introducción	10
2. Metodología y Desarrollo.....	12
2.1 Diseño de investigación	12
2.2 Tratamiento del aserrín para su empleabilidad	12
2.3 Elaboración de muestras	13
2.4 Obtención de datos con el sensor de temperatura PHFS-01	14
3. Resultados	16
3.1 Procesamiento de datos.....	16
3.2 Análisis estadístico.....	16
3.2.1. Prueba de normalidad.....	16
3.2.2. Método de análisis de varianza	18
4. Análisis y Discusión.....	19
5. Conclusiones	23
6. Recomendaciones.....	24
7. Bibliografía.....	25
Anexos	27

Índice de Tablas

Tabla 1 Proporción de mezclas en porcentajes.....	13
Tabla 2. Descripción de los datos de resistencia térmica	18
Tabla 3. Análisis ANOVA.....	18
Tabla 4. Análisis de Tukey	19
Tabla 5. Datos de resistencia térmica y coeficiente de conductividad térmica	19
Tabla 6. Eficiencia de las muestras respecto a otros materiales de la norma EM 110 en base a sus coeficientes de conducción térmica en $W / m K$	21
Tabla 7. Resistencias térmicas para diferentes espesores de la muestra 1	22
Tabla 8. Resistencias térmicas para diferentes espesores de la muestra 2	22

Índice de Figuras

Figura 1. Tamaños de aserrín en las diferentes mallas	12
Figura 2. Elaboración de muestras	14
Figura 3. Obtención de datos a través del sensor PHFS-01.....	14
Figura 4. Diagrama del sensor de flujo de calor PHFS-01	15
Figura 5. Distribución normal de las cuatro muestras.	17
Figura 6. Campana de Gauss de la resistencia térmica de las muestras	17

Índice de Anexos

Anexo N° 1 Evidencia de sumisión del Artículo en una Revista	27
Anexo N° 2. Evidencia que el artículo se encuentra en revisión.....	28
Anexo N° 3. Copia de Resolución de Inscripción del Perfil del Proyecto de Tesis	29
Anexo N° 4. Certificado de calibración del sensor.	30

Evaluación del aislamiento térmico en un material compuesto por cemento, yeso y aserrín reciclado

Resumen

La presente investigación con diseño preexperimental evalúa el comportamiento térmico en la mezcla de cemento, yeso y aserrín con la finalidad de obtener un material de buena resistencia térmica; es decir, que sea un buen aislador térmico; para ello se elaboró muestras asignadas aleatoriamente compuestas por proporciones de cemento – yeso – aserrín: 90% - 0% - 10%, 45% – 45% – 10%, 56% - 24% – 20%, 40% – 40% - 20%, respectivamente. Dentro del procedimiento se realizó el secado del aserrín, separación de finos - gruesos y tratamiento con cal para poder ser usado en la mezcla del cemento y yeso. De acuerdo al análisis de varianza de los resultados obtenidos por el sensor de flujo de calor PHFS – 01, la muestra 1 (90% cemento – 0% yeso – 10% aserrín) presenta una diferencia significativa respecto a las demás muestras, siendo la que tiene mayor aceptación porque su resistencia térmica es mayor. En conclusión, la conductividad térmica de las muestras evaluadas varía de 0.1004 W/mK hasta 0.1330 W/m K, aproximándose así a 0.06 W/mK, por lo que es un mejor aislante térmico que otros materiales de construcción. También se observa que a mayor cantidad de yeso y con cantidades superiores al 10% de aserrín usado en las proporciones, incrementa la conductividad térmica; es decir, que reduce su aislamiento térmico.

Palabras clave: Aislamiento térmico, aserrín reciclado, cemento, conductividad térmica, resistencia térmica, yeso.

Evaluation of thermal insulation in a material composed of cement, plaster and recycled sawdust

Abstract

The present research with pre experimental design evaluates the thermal behavior in the mixture of cement, plaster and sawdust with the purpose of obtaining a material of good thermal resistance; that is to say, a good thermal insulator; for this purpose, randomly assigned samples were elaborated, composed by proportions of cement - plaster - sawdust: 90% - 0% - 10%, 45% - 45% - 10%, 56% - 24% - 20%, 40% - 40% - 20%, respectively. The procedure included sawdust drying, separation of fines - coarse and treatment with lime to be used in the cement - plaster mixture. According to the analysis of variance of the results obtained by the heat flow sensor PHFS - 01, sample 1 (90% cement - 0% plaster - 10% sawdust) presents a significant difference with respect to the other samples, being the one with the highest acceptance because its thermal resistance is higher. In conclusion, the thermal conductivity of the evaluated samples varies from 0.1004 W/mK to 0.1330 W/mK, approaching like this to 0.06 W/mK, being a better thermal insulator than other construction materials. It is also observed that the greater the proportion of plaster and with amounts greater than 10% of sawdust used in the proportions, the thermal conductivity increases; that is to say, it reduces its thermal insulation.

Keywords

Thermal insulation, recycled sawdust, cement, thermal resistance, thermal conductivity, plaster

1. Introducción

Los recursos naturales son una de las fuentes principales de un país que por el crecimiento de la población en estos últimos años produjo su explotación indiscriminada, dentro de ellos la explotación forestal. Es así que en el año 2019 a nivel nacional hubo una producción de 596,547 m³ de madera aserrada (Sotil, 2021), siendo así uno de los principales residuos forestales no aprovechables; además, según Mathews et al., (2023) el reciclaje de los residuos forestales asegura el uso eficiente de la materia prima. En la actualidad existen investigaciones que aprovechan estos residuos forestales y ayudan a reducir el consumo de materiales convencionales dentro de la construcción (Charai et al., 2020).

Al día de hoy estamos en búsqueda de nuevos materiales con buenas propiedades térmicas que puedan servir para acabados u otros usos dentro de la construcción. Por lo que, al explorar la mezcla de cemento, yeso y aserrín, se obtienen mejores propiedades térmicas en comparación con los materiales convencionales utilizados. Por otro lado, el yeso es un material noble y el aserrín es un residuo forestal, lo que hace que el material sea sostenible.

Según Galicia & Velásquez, (2016) el cemento Rumi tipo I es utilizado por tener la propiedad de endurecerse, adherirse y tener una gran resistencia, todo esto con el contacto del agua; por otro lado, el yeso tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0.30 W/m K (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2014) presentando vacíos en los espacios intercristalinos por lo que su conducción de temperatura puede ser baja de acuerdo a las proporciones y componentes de la mezcla usada. (Cavalcanti et al., 2020). Con el sensor PHFS-01 se toma las temperaturas de ambos lados de las muestras y la densidad de flujo de temperatura que atraviesa por ella. Con los datos obtenidos se realizó la evaluación térmica de las muestras para determinar si la mezcla de cemento, yeso y aserrín es un buen aislante térmico, teniendo en cuenta que un material es aislante térmico cuando su conductividad térmica es menor a 0.060 W/m K y su resistencia térmica superior a 0.25 m² K/W (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011). Por lo que se determinó que la mezcla de cemento, yeso y aserrín en las diferentes proporciones usadas obtienen un buen aislamiento térmico

El aislamiento térmico tiene varios beneficios. En climas fríos, ayuda a retener el calor en el interior de un espacio, lo que reduce la necesidad de calefacción, por lo tanto, disminuye el consumo de energía y los costos de calefacción. En climas cálidos, el aislamiento térmico ayuda a bloquear el calor del exterior, manteniendo el interior más fresco y reduciendo la necesidad de aire acondicionado (Muguerza & Arce, 2022).

2. Metodología y Desarrollo

3.

2.1 Diseño de investigación

Se realiza un diseño experimental de tipo preexperimental asignando muestras del tipo no probabilístico ya que la población es extensa, haciendo que esta investigación sea viable para obtener información preliminar.

2.2 Tratamiento del aserrín para su empleabilidad

Según Morales (2019) en su investigación concluye que la adición de aserrín incrementa la capacidad térmica del material de construcción; por lo que, para hacer uso del mismo, el primer paso es realizar el tratamiento del aserrín con el secado en contacto directo al sol durante 4 días, luego se realizó la clasificación del aserrín para la separación de finos y gruesos, tomando como referencia el procedimiento optado por (Garcés, 2004)

La distribución de la granulometría no se puede comparar a la de un árido por lo que se dividió el material como aserrín fino y aserrín grueso. Luego de realizar la separación de partículas como se ve en la (Figura 1), se clasifico como aserrín fino a las partículas pasantes de la malla N° 30 o 0.6 mm.; y el aserrín grueso lo constituyen partículas retenidas de la malla N° 30 o 0.6 mm.

Figura 1.

Tamaños de aserrín en las diferentes mallas



Fuente: Los autores

Se empleó el aserrín en la mezcla en una relación 50/50 de aserrín fino y aserrín grueso de acuerdo a lo investigado por (Garcés, 2004). El tratamiento del aserrín se realiza con cal en proporción al peso del aserrín en un 10% (Quiroz & Godoy, 2020) siendo este el mejor tratamiento para el uso del aserrín en un concreto.

2.3 Elaboración de muestras

Por ser una investigación preliminar, no existen datos de proporciones adecuadas, por lo que se elaboró muestras con diversas cantidades de cemento, yeso y aserrín; a fin de analizar los efectos que se producen en las mismas.

Las proporciones para la mezcla de materiales se llevó a cabo considerando que el cemento es quien brinda la dureza; el yeso como sustitución al cemento en diversos porcentajes; y el aserrín se propone de acuerdo a Garcés, (2004), que recomienda su uso entre el 10% y 20% en proporción al peso del material. Por lo que se elaboró muestras con proporciones tal como se observa en la (Tabla 1):

Tabla 1

Proporción de mezclas en porcentajes

	Cemento (%)	Yeso (%)	Aserrín (%)
Muestra 1	90	-	10
Muestra 2	45	45	10
Muestra 3	56	24	20
Muestra 4	40	40	20

Actualmente no existe una normativa que establezca las dimensiones ni la metodología que se debe aplicar para la obtención de las propiedades térmicas de un material. Es por ello que se tuvo como criterio que, a mayor espesor de la muestra, la toma de datos con el sensor es más tarda. Por lo que para la presente investigación se consideró muestras de 13cm x 15cm x 3cm con las proporciones mencionadas en la Tabla 1, quedando como se visualiza en la (Figura 2).

Figura 2.

Elaboración de muestras



Fuente: Los autores

2.4 Obtención de datos con el sensor de temperatura PHFS-01

Para la obtención de datos se utilizó el sensor de temperatura PHFS-01 (Ver Figura 3) debidamente calibrada, la misma que se conecta a una laptop para obtener el flujo de calor y la temperatura de ambos lados de la muestra.

Figura 3.

Obtención de datos a través del sensor PHFS-01

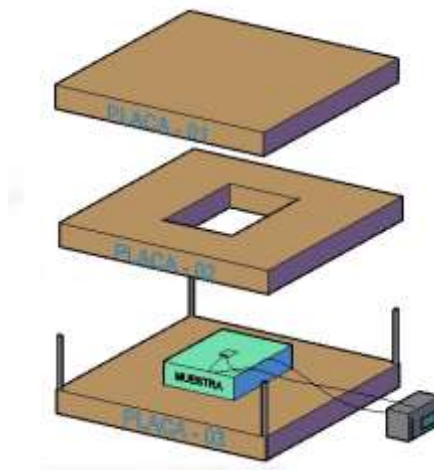


Fuente: Los autores

Según Lázaro et al., (2022), para el uso del sensor y obtener datos exactos, se coloca una lámina interfaz térmica que reduce el espacio entre el sensor y la muestra, evitando que se genere espacios vacíos y mejorando la conducción de calor. Se toma como datos las diferencias en temperatura a los dos lados de la muestra y el flujo de calor como se ve en la (Figura 4). El flujo de calor lo brinda el sensor PHFS-01 Fluxteq.

Figura 4.

Diagrama del sensor de flujo de calor PHFS-01



Fuente: Los autores

3. Resultados

3.1 Procesamiento de datos

Se tomaron los resultados con el sensor de flujo de calor PHFS – 01 que realiza el monitoreo térmico a largo plazo, obteniendo mediciones cada 43 segundos de la temperatura en ambos lados de la muestra y el flujo de calor emitido; de los datos podemos calcular la resistencia térmica o el R valor, la transmitancia y la conductividad térmica que sirve para realizar comparaciones en diferentes materiales.

Para el cálculo de la Resistencia térmica (R valor) usamos la (Ecuación 1)

$$R \text{ valor} = \frac{\Delta T}{Q} \quad (1)$$

Donde: R valor = Resistencia térmica ΔT = Variación de temperatura; Q= La densidad de Flujo de Calor

Con el promedio de la resistencia térmica de cada muestra, se calcula el coeficiente de conductividad térmica (λ) (Ecuación 2) y el valor de transmitancia térmica (U) (Ecuación 3):

$$\lambda = \frac{d}{R} \quad (2)$$

$$\text{Transmitancia térmica (U)} = \frac{1}{R} \quad (3)$$

Donde: d = espesor de la muestra (m); λ = coeficiente de conductividad térmica (w/mk), también representado como k; R = Resistencia térmica.

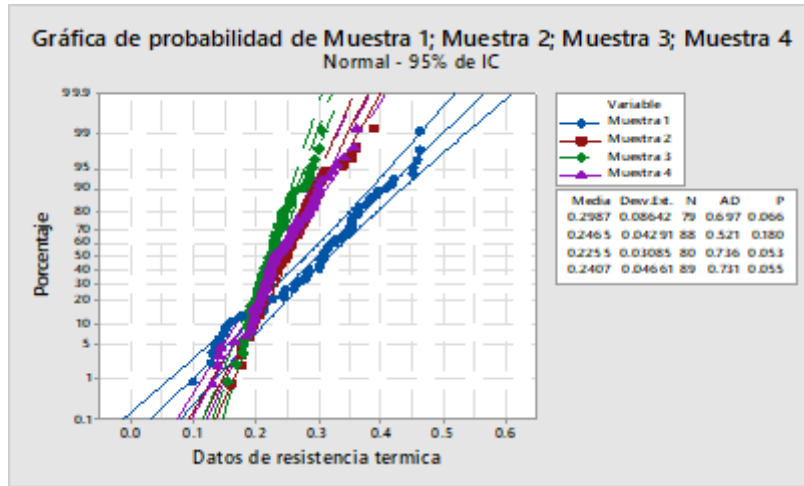
3.2 Análisis estadístico

3.2.1. Prueba de normalidad

La prueba de normalidad de Anderson Darling evalúa si los datos se ajustan o se desvían significativamente de la distribución normal esperada. En la (Figura 5) se muestra la prueba realizada a cada muestra para verificar que los datos de resistencia térmica tengan una distribución normal con un 95% de confiabilidad.

Figura 5.

Distribución normal de las cuatro muestras.

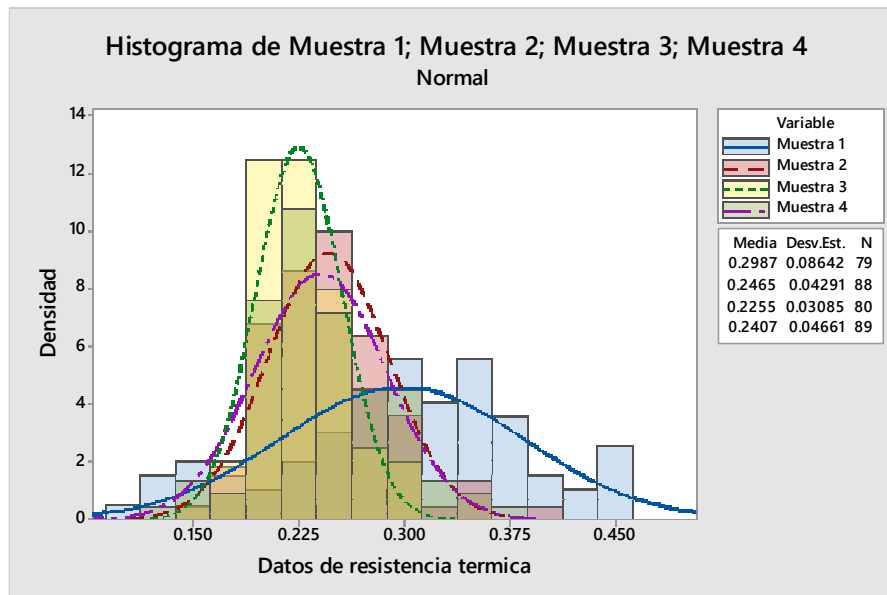


Fuente: Los autores

En la (Figura 6) se observa los valores distribuidos simétricamente alrededor de su media, formando una curva en forma de campana, que también se conoce como campana de Gauss.

Figura 6.

Campana de Gauss de la resistencia térmica de las muestras



Fuente: Los autores

3.2.2. Método de análisis de varianza

Esta técnica se utiliza para comparar las medias de dos o más grupos. En este caso, se tiene cuatro grupos (muestras) y se compara la media de cada grupo en relación a la resistencia térmica. De esta manera se obtiene los datos de estadística con el complemento real statistics del software Excel que se observa en la (Tabla 2).

Tabla 2.

Descripción de los datos de resistencia térmica

<i>Grupos</i>	<i>N° de datos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Error estándar</i>
Muestra 1	79	23.5963532	0.298688016	0.00746849	0.58254209	0.0062028
Muestra 2	88	21.6925072	0.246505763	0.0018413	0.16019275	0.00587706
Muestra 3	80	18.0405836	0.225507295	0.0009518	0.07519234	0.00616391
Muestra 4	89	21.4262183	0.240744025	0.00217258	0.1911874	0.00584395

Al realizar el análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, se obtiene los resultados mostrados en la (Tabla 3), donde el P valúe es menor a 0.05; por lo tanto, se concluye que si existe una varianza entre los datos de las muestras.

Tabla 3.

Análisis ANOVA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad (df)</i>	<i>Promedio de los cuadrados (MS)</i>	<i>Valor F</i>	<i>Probabilidad (P valúe)</i>
Entre grupos	0.24226259	3	0.080754196	26.568235	1.9949E-15
Dentro de los grupos	1.00911458	332	0.003039502		
Total	1.25137717	335	0.003735454		

Se realizó el análisis de Tukey para evaluar la significancia de la varianza entre las muestras, obteniendo los datos que se muestran en la (Tabla 4), donde se establece que existe una diferencia significativa cuando el P valúe es menor a 0.05 por lo tanto se evidencia que existe una varianza significativa en la muestra 1 a diferencia de las muestras 2,3 y 4.

Tabla 4.*Análisis de Tukey*

<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Media</i>	<i>Error estándar (std err)</i>	<i>p-valúe</i>	<i>Observaciones</i>
Muestra 1	Muestra 2	0.05218225	0.00604212	1.7011E-08	Existe diferencia significativa
Muestra 1	Muestra 3	0.07318072	0.00618338	1.4311E-13	Existe diferencia significativa
Muestra 1	Muestra 4	0.05794399	0.00602604	2.939E-10	Existe diferencia significativa
Muestra 2	Muestra 3	0.02099847	0.00602219	0.06729796	No existe diferencia significativa
Muestra 2	Muestra 4	0.00576174	0.00586052	0.89889318	No existe diferencia significativa
Muestra 3	Muestra 4	0.01523673	0.00600606	0.27808905	No existe diferencia significativa

4. Análisis y Discusión

En el Perú no existen parámetros de conductividad térmica establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones para que los materiales de construcción sean considerados aislantes térmicos. Sin embargo, el Instituto Valenciano de la Edificación menciona que un material se considera como aislante térmico cuando la conductividad térmica es menor a 0.060 W/m K y la resistencia térmica es superior a 0.25 m² K/W (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011).

La norma EM – 110 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2014), establece datos de conductividad térmica de algunos materiales; por lo que se realizó un cuadro comparativo de la conductividad térmica de materiales de construcción y las muestras realizadas. Tal como se muestra en la Tabla 5, se puede observar que las conductividades térmicas de las muestras elaboradas son inferiores a la de los materiales usados convencionalmente.

Tabla 5.*Datos de resistencia térmica y coeficiente de conductividad térmica*

	Resistencia térmica (R Valor = factor de aislamiento térmico) [(K · m ²) / W].	λ = coeficiente de conducción térmica en W / m K
Muestra 1	0.2987	0.1004
Muestra 2	0.2465	0.1217
Muestra 3	0.2255	0.1330
Muestra 4	0.2407	0.1246

Ladrillo corriente	0.84
Ladrillo king kong	0.47
Ladrillo pandereta	0.44
Ladrillo hueco de techo	0.35
Ladrillo pastelero	0.71
Bloque de concreto – unidad hueca	0.5
Adobe	0.9
Yeso	0.3
Aire	0.025
Viruta de madera	0.038 - 0.107

De acuerdo a lo mencionado en el primer párrafo de análisis y discusión y teniendo en cuenta que cuanto más cercanos a cero sean las conductividades térmicas, el material tiende a ser un buen aislante térmico; por lo tanto, se observa que en la Tabla 5 los resultados obtenidos en las 4 muestras tienen una conductividad térmica cercana a 0.060 W/mK a diferencia de los materiales mencionados en la misma Tabla. En cuanto a la resistencia térmica, la muestra 1 es superior a 0.25 m² K/W y las muestras 2,3 y 4 tienen datos cercanos; en vista que los resultados obtenidos en las muestras son próximos a los parámetros mencionados, se determina que la mezcla de cemento, yeso y aserrín es un buen aislante térmico.

Con el análisis de datos de la Tabla 5 se observa que la mezcla de cemento y aserrín tiene un mejor aislamiento térmico en comparación de las muestras que contienen cemento, yeso y aserrín; esto debido a que el yeso tiene una conductividad térmica de 0.3 W/m K, es decir que el flujo de temperatura puede transmitirse a través del material con una celeridad similar a la de otros materiales convencionales, brindando una sensación térmica cálida pero no evita la transferencia de temperatura.

A su vez las muestras que tienen un 10% de aserrín tienen un mejor aislamiento térmico que las muestras que contienen un 20%. Esto debido a que el aserrín, es un material orgánico compuesto principalmente de celulosa que tiene una conductividad térmica inferior a comparación de otros materiales, como el yeso o el concreto. Sin embargo, a medida que se aumenta la proporción de aserrín, aumenta la porosidad en la mezcla y reduce su capacidad de crear celdas de aire dentro de la muestra, lo que puede disminuir su capacidad de retener el calor, por lo tanto, su efectividad como aislante térmico. El aire atrapado en los poros del material es lo que proporciona el

aislamiento térmico, ya que el aire es un mal conductor de calor.

Consecuentemente en la Tabla 6 se evidencia que el comportamiento térmico de la muestra 1 es del 67% al 89% mejor que los materiales usados convencionalmente en la actualidad; así mismo, la muestra 3 tiene una conductividad térmica representada en porcentajes que varía del 56% al 85% con respecto a los materiales mencionados en la misma Tabla. De esta manera se determina que la mezcla de cemento, yeso y aserrín tiene una eficiencia en el comportamiento térmico entre el 56% al 89 % en relación a otros materiales de construcción mencionados en la norma EM 110 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 6.

Eficiencia de las muestras respecto a otros materiales de la norma EM 110 en base a sus coeficientes de conducción térmica en W / m K.

		Muestra 1 (mejor comportamiento térmico de las muestras)	Muestra 3 (peor comportamiento térmico de las muestras)
	λ = coeficiente de conducción térmica (W / m K)	0.1004 W / m K	0.1330 W / m K
Ladrillo corriente	0.84	88%	84%
Ladrillo king kong	0.47	79%	72%
Ladrillo pandereta	0.44	77%	70%
Ladrillo hueco de techo	0.35	71%	62%
Ladrillo pastelero	0.71	86%	81%
Bloque de concreto - unidad hueca	0.5	80%	73%
Adobe	0.9	89%	85%
Yeso	0.3	67%	56%
Aire	0.025	-302%	-432%
Viruta de madera	0.038 – 0.107	-164% - 6%	-250% – -24%

Con la Ecuación 1 y los coeficientes de conductividad para cada muestra mencionadas en la Tabla 5, se calculó la resistencia térmica para diferentes espesores del material. En la Tabla 7 se observa las resistencias térmicas calculadas de la muestra 1 (90% de cemento, 0% de yeso y 10% de aserrín) porque presenta la menor conductividad térmica de las muestras y en la Tabla 8 se observa las resistencias térmicas calculadas para diferentes espesores de la muestra 2 (45% de cemento, 45%

de yeso y 10% de aserrín) que es la segunda muestra con menor conductividad térmica. De las tablas 7 y 8 se tiene que, a partir de los 3cm de espesor se obtiene una resistencia superior a 0.25 K.m²/W, por ende, las muestras elaboradas tienen una buena resistencia térmica.

Tabla 7.

Resistencias térmicas para diferentes espesores de la muestra 1

<i>Espesor (m)</i>	<i>Coefficiente de conducción térmica w/mK</i>	<i>Resistencia térmica [(K · m²) / W]</i>
0.015	0.1004	0.149344008
0.02	0.1004	0.199125344
0.03	0.1004	0.298688016
0.05	0.1004	0.497813359
0.09	0.1004	0.896064047
0.1	0.1004	0.995626719
0.13	0.1004	1.294314734
0.15	0.1004	1.493440078
0.3	0.1004	2.986880156

Tabla 8.

Resistencias térmicas para diferentes espesores de la muestra 2

<i>Espesor (m)</i>	<i>Coefficiente de conducción térmica w/m.K</i>	<i>Resistencia térmica [(K · m²) / W]</i>
0.015	0.12170101	0.123252882
0.02	0.12170101	0.164337176
0.03	0.12170101	0.246505763
0.05	0.12170101	0.410842939
0.09	0.12170101	0.73951729
0.1	0.12170101	0.821685878
0.13	0.12170101	1.068191641
0.15	0.12170101	1.232528817
0.3	0.12170101	2.465057633

5. Conclusiones

- (1) La mezcla de cemento, yeso y aserrín reciclado en las 4 muestras, tiene un coeficiente de conductividad térmica que varía entre 0.1004 W/mK y 0.133 W/mK y una resistencia térmica que varía entre 0.2255 Km²/W a 0.2987 Km²/W, aproximándose a los parámetros de aislamiento térmico establecidos por el Instituto Valenciano de Edificación: que la conductividad sea menor a 0.060 W/mK y la resistencia térmica mayor a 0.25 m²k/W. Por lo tanto, un material compuesto por cemento, yeso y aserrín brinda un buen aislante térmico en el uso que se le quiera dar, teniendo en cuenta que, a mayor espesor, mayor es el aislamiento térmico del material.
- (2) Las muestras 1(90% de cemento, 0% de yeso y 10% de aserrín) y muestra 2 (45% de cemento, 45% de yeso y 10% de aserrín) tienen un mejor comportamiento térmico respecto a la muestra 3 y 4, obteniendo una conductividad térmica de 0.1004 W/mK y 0.1217 W/mK respectivamente. Se debe tener en cuenta que el porcentaje de aserrín usado no debe superar el 20% y el porcentaje de yeso sustituido al cemento no debe superar al 45% ya que, a mayores porcentajes de los materiales mencionados, interfiere en la capacidad de atrapar aire dentro de la muestra e incrementa su conductividad térmica
- (3) En la norma EM – 110 del Reglamento Nacional de Edificaciones se menciona las conductividades térmicas de los materiales de construcción usados frecuentemente que varían entre 0.35 a 0.90 W/mK, por lo que el material compuesto por cemento, yeso y aserrín resulta tener mejores propiedades térmicas hasta un 89%.
- (4) De la Tabla 5 se observa que, al incrementar la proporción del yeso en las muestras la conductividad térmica acrecienta; por lo que se concluye que el yeso brinda una sensación térmica cálida, pero no evita la transferencia de temperatura a través de ella, debido a que su conductividad térmica es de 0.30 W/mK.
- (5) Del ítem 4 análisis y discusión, se concluye que, a mayor contenido de aserrín en la mezcla, incrementa la conductividad térmica porque el material pierde la capacidad de atrapar el aire dentro de ella. El aire atrapado en los poros del material es lo que proporciona el aislamiento térmico, ya que el aire es un mal conductor de temperatura.

6. Recomendaciones

- (1) Se recomienda continuar con la evaluación del material respecto a su comportamiento mecánico, a fin de ser usado en diferentes elementos de la construcción.
- (2) En el Perú se tiene diversidad de climas, pero no establece parámetros máximos y mínimos para la conductividad térmica de los materiales. Por lo que, si se realiza más investigaciones respecto al aislamiento térmico, el ahorro energético y aprovechamiento de recursos naturales se podría brindar una mejor calidad de vida a la población que sufre por las bajas temperaturas.

7. Bibliografía

- Cavalcanti, J. R. de A., Batista, P. I. B., Póvoas, Y. V., y Rocha, J. H. A. (2020).** Comportamiento térmico de mampostería de bloques de yeso hidrófugo con variación del espesor de revestimiento. *Obras y proyectos*, 28, 78-89. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132020000200078>
- Charai, M., Sghiouri, H., Mezrhab, A., Karkri, M., Elhammouti, K., y Nasri, H. (2020).** Thermal performance and characterization of a sawdust-clay composite material. *Procedia Manufacturing*, 46(2019), 690-697. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.098>
- Galicia Pérez, M. A., y Velásquez Curo, M. A. (2016).** Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210$ KG/CM². Universidad Andina del Cusco.
- Garcés, L. E. (2004).** Hormigón de aserrín [Tesis de pregrado]. Universidad Austral de Chile.
- Holguino, A., Olivera, L., y Escobar, K. U. (2018).** Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes de Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(3), 301-314. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.394>
- Instituto Valenciano de la Edificación. (2011).** Propiedades de aislantes térmicos para rehabilitación energética. *Cuadernos de rehabilitación*, 1 (Instituto Valenciano de la Edificación IVE), 7. http://www.five.es/descargas/archivos/P1_portada.pdf%0Ahttp://www.five.es
- Lazaro, M., Lazaro, A., González, B., Villarino, R., y Girbau, D. (2022).** Long-Range Wireless System for U-Value Assessment Using a Low-Cost Heat Flux Sensor. *Sensors*, 22(19), 7259. <https://doi.org/10.3390/s22197259>
- Mathews, J. M., Vivek, B., y Charde, M. (2023).** Thermal insulation panels for buildings using recycled cardboard: Experimental characterization and optimum selection. *Energy and Buildings*, 281, 112747. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112747>
- Morales, J. (2019).** La adición de aserrín y poliestireno en la elaboración de bloques alivianados para viviendas unifamiliares y su efecto en la variación de temperatura y acondicionamiento acústico en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato.
- Muguerza, M., y Arce, N. (2022).** Heladas y friajes: un acercamiento a la calidad informativa y encuadres en la cobertura periodística de los cybermedios en el Perú. *Desde el Sur*, 14(1), e0005. <https://doi.org/10.21142/des-1401-2022-0005>

Quiroz, G. A., y Godoy, J. S. (2020). *Evaluación del efecto que produce la incorporación del aserrín modificando en la matriz del concreto hidráulico* [Universidad de Cartagena].
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.57799/11227/7953>

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2014). *NORMA EM.110.* https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/04_EM/DS006-2014_EM.110.pdf

Sotil, J. F. (2021). *Evaluación de Resultados año 2020.*
[http://www.serfor.gob.pe/archivos/transparencia/Documento_Eva.%20Resultados%20PEI%202019-2024%20\(A%20C3%B1o%202020\)_CONSOLIDADO\[F\]\[F\]\[F\].pdf](http://www.serfor.gob.pe/archivos/transparencia/Documento_Eva.%20Resultados%20PEI%202019-2024%20(A%20C3%B1o%202020)_CONSOLIDADO[F][F][F].pdf)

Anexos

Anexo N° 1 Evidencia de sumisión del Artículo en una

Un saludo cordial.

En la presente, se hace envío de la evidencia de sumisión del artículo a la revista de la Universidad Católica de Chile. En su página web no se visualiza que este en revisión por lo que se envió un correo con las consultas del caso y su respuesta se puede leer en el ANEXO 2, donde indican que están en migración de plataforma por lo que no se actualizó el estado del artículo, indicando que **YA SE ENCUENTRA EN REVISIÓN**.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

HOME

ACERCA DE BUSCAR ACTUAL ARCHIVO YA DISPONIBLE

Inicio > Usuario > Avión > Envíos > #1659 > Resumen

RESUMEN REVISAR EDICIÓN

Envío

Autores	Cahul Galarza Arnaldo, Larico Flores Yurika Josepha, Ticona Luna Mayra Belen, Quispe Calizaya Nelly
Título	Evaluación del aislamiento térmico en un material compuesto por cemento, yeso y aserrín reciclado
Archivo original	1659-8686-1-SM.PDF 2023-07-17
Supl. archivos	1659-8686-1-ES.PDF 2023-07- AGREGAR UN ARCHIVO COMPLEMENTARIO 17
Remitente	hola Yurika Josepha Larico Firoes✉
Fecha Enviado	17 de julio de 2023 - 19:53
Sección	Investigación original
Editor	Ninguno asignado

Estado

Estado	En espera de la asignación
Incluido	2023-07-17
Última modificación	2023-07-19

Metadatos de envío

EDITAR METADATOS

Autores

Nombre	Cahul Galarza Arnaldo, Larico Flores Yurika Josepha, Ticona Luna Mayra Belen, Quispe Calizaya Nelly✉
Afiliación	Unión Universidad Peruana
País	Perú
Declaración Bio	—
Contacto principal para la correspondencia editorial.	

Anexo N° 2. Evidencia que el artículo se encuentra en revisión



RIC RIC

para mí ▾

Estimada Yurika,

Esperando que se encuentre muy bien, le saluda Omar Zegarra
Editor Asistente de la Revista Ingeniería de Construcción.

En primer término, le ofrecemos una disculpa por la demora en la respuesta,
y le agradecemos por preferir nuestra revista para difundir su investigación.

Igualmente, tengo el gusto de comunicarle que el artículo titulado
" Evaluación del aislamiento térmico en un material compuesto por cemento, yeso y aserrín reciclado"
ha sido aceptado para revisión por esta revista.

Finalmente, debo comunicarle que la revista RIC se encuentra atravesando
un proceso de migración a una nueva plataforma,
motivo por el cual, los artículos nuevos puestos a consideración para publicación,
aún no han recibido una notificación de aceptación para revisión desde la plataforma
situación que se regularizará en los próximos días.

Sin otro particular, me despido reiterando nuestro agradecimiento
por preferir nuestra revista para difundir su trabajo y quedo atento a cualquier consulta.

Atentamente,

Omar Zegarra Marmanillo, Eng.Sc.D.
Editor Asistente
Revista Ingeniería de Construcción

Anexo N° 3. Copia de Resolución de Inscripción del Perfil del Proyecto de Tesis



"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

RESOLUCIÓN N° 0915/A-2021/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 23 de noviembre de 2021

VISTO:

El expediente de **Nelly Quispe Calisaya**, identificado(a) con Código Universitario N° 201421319, **Mayra Belen Ticona Luna**, identificado(a) con Código Universitario N° 201410609 y **Yurika Josepha Larico Flores**, identificado(a) con Código Universitario N° 201410609, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Nelly Quispe Calisaya**, **Mayra Belen Ticona Luna** y **Yurika Josepha Larico Flores**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Aislamiento térmico del bloque de cemento adicionando yeso y aserrín" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 23 de noviembre de 2021, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Aislamiento térmico del bloque de cemento adicionando yeso y aserrín" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al (a la) **Mg. Arnaldo Cahui Galarza** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Juana Beatriz Aquise Pari** y **Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquise**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



[Signature]
Dra. María Vallejos Atalaya de Comejo
DECANA



[Signature]
Dra. Erika Inés Acuña Salinas
SECRETARIA ACADÉMICA

CC:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo

051



PHFS Certificate of Calibration

www.FluxTeq.com info@fluxteq.com +1-540-257-3735

Sensor Model: PHFS - 01e
 Serial Number: PH- 11687
 Date of Calibration: 20/05/2024

Sensor Calibration Method

PHFS-01 and PHFS-01e heat flux sensors are calibrated using a conduction based calibration system. The sensors are placed between a precisely controlled hot plate surface, heated by a resistance heater, and a cold water cooled surface. This calibration system was developed in-house by FluxTeq LLC and provides results of up to 5% accuracy.

Calibration Test Results

Heat Flux Sensor Sensitivity, S_{Calib}	1.02 ± 0.03 $\mu V/(W/m^2)$
Sensor Temperature at Time of Calibration, T_{Calib}	25.0 °C
Heat Flux at Time of Calibration	3420 W/m^2

- Sensors should be recalibrated after 1 year to ensure accuracy.
- Each individual sensor is calibrated in conduction system to within 5%.
- Alternate calibration procedures under radiation and convection conditions are available upon request for additional cost per sensor.

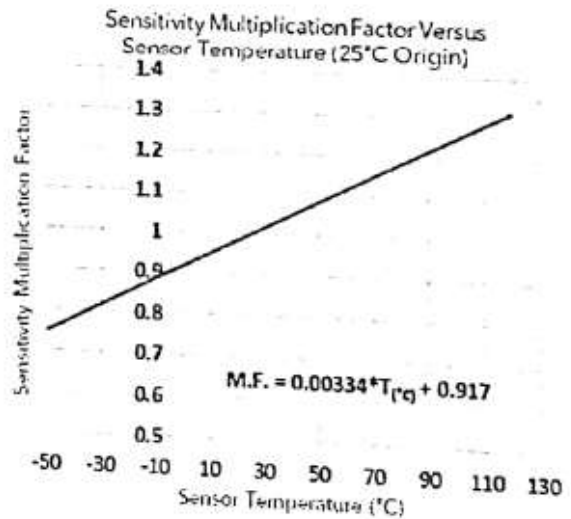
Apply the Sensitivity Multiplication Factor (M.F.) to adjust sensor sensitivity when the sensor temperature is significantly different than 25 °C.

The resulting sensitivity at that sensor temperature, $S_{@T_c}$, can be found using the following equation.

$$S_{@T_c} = [0.00334 \cdot T_c + 0.917] \cdot S_{Calib}$$

Where T_c is the sensor's temperature in degrees Celsius & S_{Calib} is the calibrated sensor sensitivity provided in the table above.

Calibrated by: [Signature]



For additional information about PHFS heat flux sensor specifications, applications, or general inquiries, use the following contact information or visit the FluxTeq website at www.FluxTeq.com

Direct General Inquiries To: info@FluxTeq.com Phone: +1-(540) 257-3735

Email: info@FluxTeq.com Homepage: www.FluxTeq.com Phone: +1-(540)257-3735
 1800 Kraft Drive, Suite 109, Blacksburg, VA 24060-6370