

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Evaluación de la eficiencia de aislantes eco ambientales para la
disminución de ruido ambiental**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Evelyn Salas Carcausto
Nohemi Sucasaca Mamani

Asesor:

Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani

Juliaca, diciembre de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Verónica Haydeé Pari Mamani, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE AISLANTES ACÚSTICOS ECOAMBIENTALES PARA LA DISMINUCIÓN DE RUIDO AMBIENTAL”** de los autores **Evelyn Salas Carcausto** y **Nohemi Sucasaca Mamani**, tiene un índice de similitud de 11 % 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 08 días del mes de febrero del año 2024.



Verónica Haydeé Pari Mamani

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 11 día(s) del mes de diciembre del año 2022 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Nancy Gurasi Rafael el (la) secretario(a): Msc. Soayda Abigail Gonderi Zurco y los demás miembros: Mtro. Juan Eduardo Yigo Rivera Msc. Rosa Adeline Gallata Chura y el (la) asesor(a) Ing. Verónica Haydi Pari Mamani

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Evaluación de la eficiencia de aislantes acústicos eco ambientales para la disminución de ruido ambiental

del(los) bachiller(es): a) Nohemi Susasaca Mamani
 b) Evelyn Salas Corcauto
 c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental
(Denominación de 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 al (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): Nohemi Susasaca Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Evelyn Salas Corcauto

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) 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.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor/a
[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretario/a
[Firma]
 Miembro
 Bachiller (c)

INDICE GENERAL

1. Introducción	9
2. Metodología	11
2.1. Elaboración de los aislantes acústicos eco ambientales.....	11
2.2. Monitoreo de aislantes acústicos	12
2.3. Análisis estadístico	15
3. Resultados	16
3.1. Resultados de los pesos de los aislantes eco ambientales.....	16
3.2. Resultados del monitoreo de ruido	16
3.3. Resultados estadísticos mediante el diseño de bloques al azar DBA	18
3.4. Interpretación de resultados mediante grafica de barras.....	18
4. Discusiones	19
5. Conclusiones	24
6. Referencias Bibliográficas	25
7. Anexos.....	28

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido	12
Tabla 2 Resultado de los pesos obtenidos de los aislantes acústicos eco ambientales	16
Tabla 3 Monitoreo de ruido sin y con aislante.....	16
Tabla 4 Disminución de ruido en dB	17

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de la elaboración de los aislantes acústicos eco ambientales	12
Figura 2 Monitoreo de ruido sin aislante acústico (1).....	14
Figura 3 Monitoreo de ruido con aislante acústico AS, AM y AP (2).....	14
Figura 4 Esquema del montaje lateral del aislante (A) y diseño de la barrera acústica (B).....	15
Figura 5 Comparación de la disminución de ruido (dB) de SA, AS, AM y AP	19

Evaluación de la eficiencia de aislantes acústicos eco ambientales para la disminución de ruido ambiental

RESUMEN

La problemática de la contaminación sonora, derivada del crecimiento demográfico, la expansión industrial y el transporte, representa un desafío creciente en entornos urbanos, afectando la calidad de vida. Los aislantes acústicos emergen como soluciones clave para mitigar este problema al reducir la transmisión de ruido no deseado. El objetivo del estudio evalúa la eficiencia de los aislantes acústicos ecológicos elaborados a partir de ichu, maples de huevo y tereftalato de polietileno triturado, con una mezcla de yeso (65 %) y biomasa (35 %) en espesores de 2, 3 y 4 cm. Para el monitoreo se sometieron las planchas resultantes a niveles de ruido de 70, 95 y 110 dB durante 30 minutos, tomando mediciones cada 5 minutos. De tal manera los aislantes a un espesor de 4 cm mostraron una disminución del ruido de hasta 30.8, 32.8 y 28.9 dB, asimismo para el grosor de 3 cm, se observaron disminuciones de ruido de 30.2, 28.1 y 27.3 dB; mientras que con un grosor de 2 cm la reducción fue de 26.5, 28.0 y 25.6 dB; en los aislantes elaborados de ichu (*Stipa ichu*), maple de huevo y tereftalato de polietileno; respectivamente. Sin embargo, el aislante elaborado a partir de maple de huevo, expuesto a un nivel de ruido de 110 dB y con un espesor de 4 cm, evidenció una reducción significativa de 38.1 dB, debido a su estructura y densidad. En síntesis, los tres aislantes acústicos propuestos demostraron ser eficientes ante la disminución de ruido.

Palabras clave: aislante ecológico, contaminación sonora, crecimiento demográfico, disminución de ruido, expansión industrial

Evaluation of the efficiency of eco-environmental acoustic insulation for the reduction of environmental noise

ABSTRACT

The problem of noise pollution, derived from demographic growth, industrial expansion and transportation, represents a growing challenge in urban environments, affecting the quality of life. Acoustic insulators emerge as key solutions to mitigate this problem by reducing the transmission of unwanted noise. The objective of the study evaluates the efficiency of ecological acoustic insulators made from ichu, egg maples and crushed polyethylene terephthalate, with a mixture of gypsum (65%) and biomass (35%) in thicknesses of 2, 3 and 4 cm. For monitoring, the resulting plates were subjected to noise levels of 70, 95 and 110 dB for 30 minutes, taking measurements every 5 minutes. Thus, the insulators at a thickness of 4 cm showed a noise decrease of up to 30.8, 32.8 and 28.9 dB, likewise for a thickness of 3 cm, noise decreases of 30.2, 28.1 and 27.3 dB were observed; while with a thickness of 2 cm the reduction was 26.5, 28.0 and 25.6 dB; in insulators made from ichu (*Stipa ichu*), egg maple and polyethylene terephthalate; respectively. However, the insulator made from egg maple, exposed to a noise level of 110 dB and with a thickness of 4 cm, showed a significant reduction of 38.1 dB, due to its structure and density. In summary, the three proposed acoustic insulators proved to be efficient in reducing noise.

Keywords: ecological insulation, noise pollution, population growth, noise reduction, industrial expansion

1. Introducción

La contaminación sonora representa un desafío significativo en la sociedad actual, manifestada por niveles de ruido que exceden los límites adecuados para mantener un estándar saludable de vida en comunidades urbanas. Este problema se origina principalmente por el crecimiento industrial, la expansión urbana y el incremento del transporte (Zou et al., 2023).

El incremento del ruido producido por el parque automotor impacta directamente en las áreas residenciales, debido a la insuficiencia de vías de gran amplitud y la carencia de espacios abiertos como parques y áreas verdes, los cuales suelen actuar como amortiguadores de la contaminación sonora. Es más, esta situación se agrava por la deficiente calidad acústica de los materiales empleados en la edificación de viviendas (Orozco y González, 2015). En el ámbito de la construcción de viviendas, un aspecto a considerar es la importancia en cuanto a la cantidad y calidad de los materiales empleados. Los cuales desempeñan un papel fundamental en la salvaguarda del entorno habitable, evitando la intrusión de niveles elevados de ruido tanto desde el interior como desde el exterior. Por ende, el sector de la construcción es considerada como una prioridad en la investigación de nuevas estrategias que garanticen el *confort* acústico y térmico en los espacios habitacionales, al mismo tiempo que se preserva y protege el medio ambiente (Chalén, 2018; Igua, 2005; Ouakarouch et al., 2022)

Conforme a investigaciones realizadas por la Unión Europea, aproximadamente cada día 80 millones de personas se ven expuestas a niveles de ruido ambiental que superan los 65 dB. Además, se estima que otros 170 millones de individuos se encuentran expuestos a entornos sonoros con niveles que se sitúan entre los 55 y 65 dB (Amable et al., 2017).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la exposición a la contaminación sonora provoca diferentes efectos como trastornos del sueño, lesiones en el sistema auditivo,

hipertensión, disminución de la capacidad de concentración y un bajo rendimiento. Esta situación ha impulsado un mayor nivel de conciencia ambiental, lo que ha motivado el establecimiento de normativas y reglamentos destinados a abordar esta problemática (AMM, 2022; Del Rey et al., 2012; Zou et al., 2023).

Según estudios de análisis del ciclo de vida, los materiales convencionales empleados en la construcción para funciones de aislamiento termoacústico abarcan la lana de vidrio, lana mineral, plásticas alveolares y espumas de poliestireno y poliuretano. Estos materiales conllevan considerables niveles de contaminantes ambientales, así como la demanda de una cantidad significativa de energía durante su proceso de manufactura, lo que se traduce en costes elevados (Zou et al., 2023). De esta forma, la búsqueda de alternativas ecológicas *in situ* y de bajo costo, usando materiales que la propia naturaleza proporciona, es de alta prioridad (Martínez et al., 2014). Por lo tanto, se pueden emplear diversos materiales ecológicos para aislar el ruido.

El ichu (*Stipa ichu*) es una especie de biomasa renovable que crece entre los 3500 a 4000 msnm (Malca, 2020). Esta especie se puede utilizar en una variedad de aplicaciones en el sector de la construcción debido a su buena conductividad térmica y propiedades naturales, como su alta transpirabilidad y su excelente regulación del pH (Atahuachi y Carcausto, 2018; Neusser et al., 2023). De la misma manera, los maples de huevo son otra opción para brindar una solución a nivel de *comfort* en las viviendas debido a su accesibilidad y bajo costo (Alarcón y Franco, 2020). Estos están elaborados de plástico transparente y papel reciclado o poliestireno, teniendo una estructura similar a la espuma acústica, logrando reducir el ruido hasta en un 21.4 % (Quintero, 2010; Valles, 2020). Por otro lado, debido a su alta disponibilidad y versatilidad para el reciclaje y reutilización, los desechos PET son una alternativa sostenible (Silva, 2021). Los principios del ecodiseño, como la reutilización, pueden utilizarse para crear nuevos productos,

como los paneles aislantes acústicos elaborados de PET, que tienen una mejor absorción del sonido (Contreras et al., 2012). Los paneles fabricados con PET combinadas con cal, cemento y arena pueden reducir el ruido en alrededor de 20 dB (Marques et al., 2018).

En este sentido, esta investigación se enfoca en evaluar la eficacia de aislantes acústicos ecológicos elaborados con *Stipa ichu*, maples de huevo y tereftalato de polietileno en la atenuación del ruido ambiental en zonas residenciales (viviendas).

2. Metodología

El estudio fue realizado en una vivienda ubicada en la ciudad de San Miguel, Puno, Perú; en una zona de clasificación mixta (comercial – residencial) según el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM MINAM (2003), donde se simuló el ruido y se realizó el monitoreo para evaluar la disminución de ruido según el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental MINAM N°227-2013.

2.1. Elaboración de los aislantes acústicos eco ambientales

La investigación se desarrolló durante un período de 38 días, que involucró 28 días para la elaboración de aislantes, seguidos por 7 días destinados al proceso de secado y finalmente, 3 días para el monitoreo del proceso. Siguiendo la metodología propuesta por Atahuachi y Carcausto (2018), se fabricaron tres moldes de dimensiones 56.9 por 51 cm, cada uno con espesores diferentes (2, 3 y 4 cm). Estos aislantes fueron elaborados manualmente a partir de una mezcla homogénea compuesta por yeso (65 %) y materia prima (35 %). El procedimiento detallado para la elaboración de cada aislante se encuentra representado en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama de la elaboración de los aislantes acústicos eco ambientales



2.2. Monitoreo de aislantes acústicos

El proceso de monitoreo de ruido se desarrolló durante tres días dentro de una habitación completamente cerrada, siguiendo las directrices establecidas en los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido, de conformidad con el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM MINAM (2003), que definen los valores de referencia aplicables a áreas de uso mixto, las cuales integran sectores tanto residenciales como comerciales. En este contexto, se adoptaron como punto de partida los estándares correspondientes a las zonas residenciales, según se detalla en el Tabla 1 de la mencionada normativa.

Tabla 1

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido

Zonas de aplicación	Valores expresados
	En L_{AeqT}

	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

De acuerdo con las pautas establecidas en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental MINAM N°227-2013, se utilizó un sonómetro integrador de clase 1 (SVANTEK, Polonia), siguiendo el procedimiento de calibración previa y posterior a cada monitoreo, tal como lo indica la Norma Técnica Peruana - ISO 1996-2 MINAM, (2008), Este dispositivo fue colocado en el interior de la habitación a una distancia de dos metros desde la pared, con una altura de 1.5 metros, y a una distancia de un metro del origen del ruido simulado, manteniendo una altura similar de 1.5 metros.

Para llevar a cabo el monitoreo Sin Aislante (SA) y evaluar el Aislante de *Stipa ichu* (AS), Aislante de Maple de huevo (AM) y Aislante de tereftalato de polietileno (AP), se dispuso un sonómetro fuera de la habitación. Este dispositivo fue utilizado para medir el ingreso del nivel de ruido simulado generado por un equipo de sonido (Sony, MHC-V02) a tres niveles de ruido (70, 95 y 110 dB). Inicialmente, el monitoreo SA se enfocó en evaluar exclusivamente la capacidad de la estructura de la pared de concreto (1) de la habitación para reducir los niveles de ruido mencionados en la figura 2.

Una vez recopilados los datos para SA, se procedió con el monitoreo de los aislantes acústicos eco ambientales AS, AM y AP (2). Estos aislantes se sometieron a tres espesores diferentes, y se expusieron a los niveles de ruido de 70, 95 y 110 dB (Figura 3).

Figura 2

Monitoreo de ruido sin aislante acústico (1)

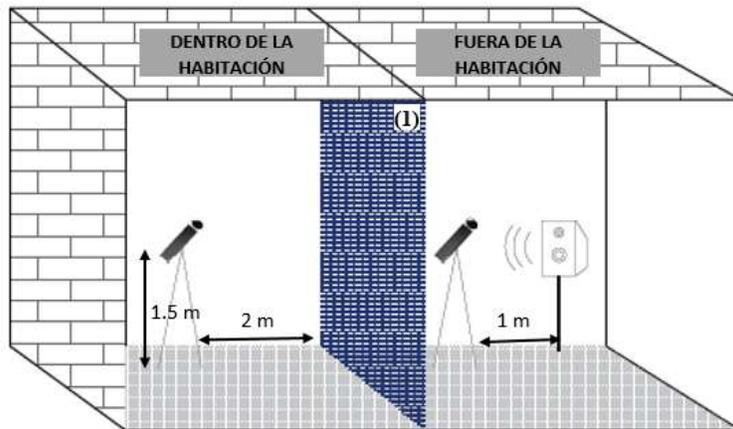


Figura 3

Monitoreo de ruido con aislante acústico AS, AM y AP (2)

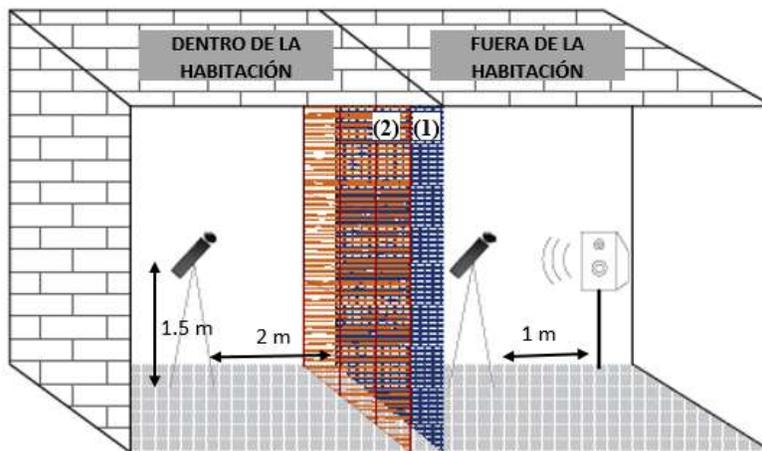
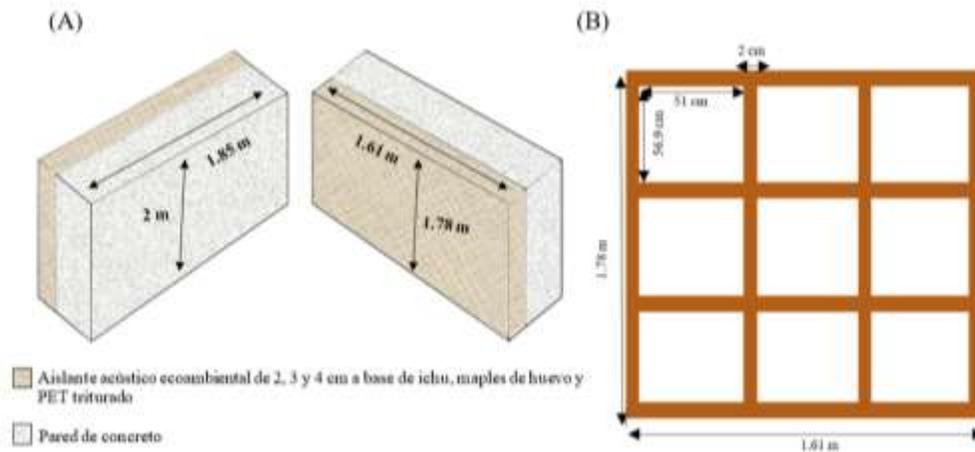


Figura 4

Esquema del montaje lateral del aislante (A) y diseño de la barrera acústica (B)



Es relevante destacar que el diseño de la metros barrera acústica se elaboro a base de madera, con dimensiones específicas de 1.78 metros de altura, 1.61 de ancho y un espesor de 2 centímetros entre cada cuadrante. En cada uno de estos cuadrantes se dispusieron aislantes acústicos para facilitar el monitoreo del ruido. El monitoreo para SA, AS, AM Y AP se llevó a cabo durante un período de 30 minutos, recopilando seis datos con un intervalo de 5 minutos.

2.3.Análisis estadístico

En el presente estudio, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 95% ($p \leq 0.05$). Asimismo, se aplicó el diseño estadístico de bloques al azar (DBA) debido a la comparación de tres variables dependientes (AS, AM y AP) en relación con la variación en el espesor de la barrera acústica (2, 3 y 4 cm) y los niveles de ruido (70, 95 y 110 dB). La recopilación y análisis de datos se realizaron utilizando el programa Minitab Versión 19.1.0.1 para garantizar la integridad y la precisión de los resultados.

3. Resultados

3.1. Resultados de los pesos de los aislantes eco ambientales

Tabla 2

Resultado de los pesos obtenidos de los aislantes acústicos eco ambientales

Peso de los aislantes eco ambientales									
Aislante eco ambiental	As			Am			Ap		
	Grosor	2 cm	3 cm	4 cm	2 cm	3 cm	4 cm	2 cm	3 cm
Peso por bloque (1 unid.)	7.5 kg	8.3 kg	9.3 kg	6.5 kg	7.3 kg	9 kg	8 kg	9.3 kg	10.3 kg
Peso total de plancha (9 unid.)	67.5 kg	74.7 kg	83.7 kg	58.5 kg	65.7 kg	81 kg	72 kg	83.7	92.7 kg

3.2. Resultados del monitoreo de ruido

En el Tabla 3 se observa los resultados de reducción del monitoreo de ruido (dB) de SA y de los 3 aislantes (AS, AM Y AP) a sus 3 espesores, simulados a los niveles de ruido de 70, 95 y 110 dB.

Tabla 3

Monitoreo de ruido sin y con aislante

Monitoreo de ruido sin y con aislante										
Grosor	Sin Aislante	Aislante de <i>Stipa ichu</i>			Aislante de maples de huevo			Aislante de tereftalato de polietileno triturado		
		2 cm	3 cm	4 cm	2 cm	3 cm	4 cm	2 cm	3 cm	4 cm
Nivel de ruido	-	2 cm	3 cm	4 cm	2 cm	3 cm	4 cm	2 cm	3 cm	4 cm

70	58.2	49.6	46.9	44	46.2	44.4	43	51	48.9	47
95	74.2	67.9	66.4	64.5	67.2	64.9	62	70	67	65
110	80.8	78	77.6	74	77.5	75.2	72	78	77.3	77
Promedio por espesor	-	65.2	63.6	60.8	63.6	61.5	59	66.3	64.4	63

Los datos recopilados muestran una reducción de los niveles de ruido (dB) al variar el espesor del material aislante. En el caso de los espesores de 4 cm, se registraron mediciones de 30.8 dB para AS, 32.8 dB para AM y 28.9 dB para AP. Para un espesor de 3 cm, se obtuvo reducciones de 28.1 dB, 30.2 dB y 27.3 dB respectivamente. De la misma manera, para un espesor de 2 cm, los valores fueron de 26.5 dB, 28 dB y 25.6 dB respectivamente.

Estos resultados indican que la mayor disminución de ruido se experimentó en el caso de AM, con un espesor de 4 cm, logrando una reducción de 32.8 dB. Por otro lado, la menor reducción se observó en AP, con un espesor de 2 cm y una disminución de 25.6 dB. Esto corrobora que un aumento en el espesor del material aislante conlleva una mejora proporcional en la reducción de los niveles de ruido (Tabla 4).

Tabla 4

Disminución de ruido en dB

Disminución de ruido (dB)									
Grosor Nivel de ruido	Aislante de <i>Stipa ichu</i>			Aislante de maples de huevo			Aislante de tereftalato de polietileno triturado		
	2 cm	3 cm	4 cm	2 cm	3 cm	4 cm	2 cm	3 cm	4 cm
70	20.4	23.1	26.2	23.8	25.6	27.3	19.6	21.1	22.9

95	27.1	28.6	30.5	27.8	30.2	32.9	25.5	28	30.3
110	32	32.5	35.7	32.5	34.8	38.1	31.7	32.7	33.5
Promedio por espesor	26.5	28.1	30.8	28	30.2	32.8	25.6	27.3	28.9

3.3. Resultados estadísticos mediante el diseño de bloques al azar DBA

En los resultados de Análisis de Varianza (ANOVA) se observa que los aislantes (AS, AM, AP) y el espesor tienen un valor $p \leq 0.05$, por lo tanto, lo que indica que el espesor es predominante en atenuación del nivel de ruido.

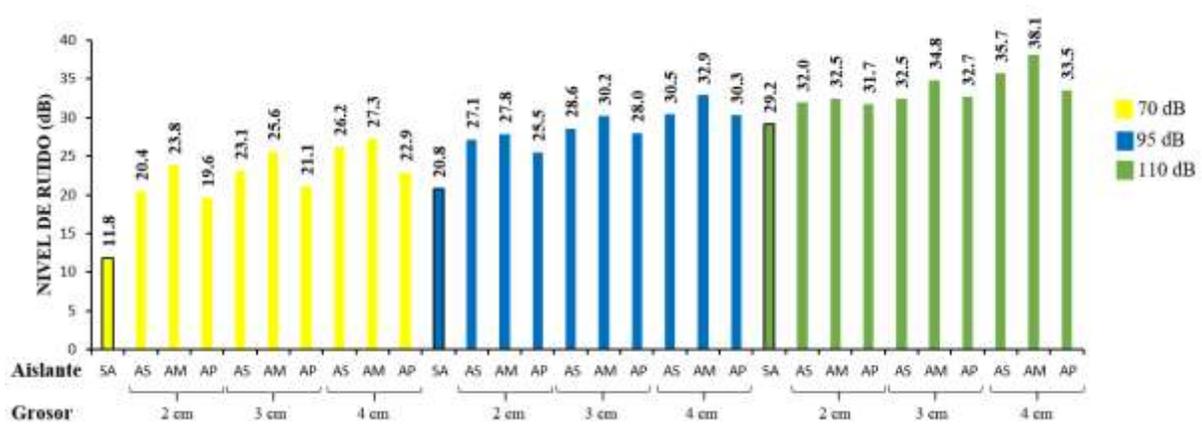
3.4. Interpretación de resultados mediante grafica de barras

Para el aislante de ichu (AS), se observó una reducción de ruido notablemente más significativa cuando se empleó a un espesor de 4 cm, simulando un nivel de ruido de 110 dB, logrando una disminución de 35.7 dB. La reducción más modesta se constató con un espesor de 2 cm y un nivel de ruido de 70 dB, alcanzando una disminución de 20.4 dB. En el caso del aislante de maple de huevo (AM), se destacó una reducción aún mayor del ruido al emplear un espesor de 4 cm y un nivel sonoro de 110 dB, obteniendo una disminución de 38.1 dB. Por último, el aislante de tereftalato de polietileno (AP) demostró una disminución más amplia del nivel de ruido con un espesor de 4 cm y un nivel de sonido de 110 dB, logrando una reducción de 33.5 dB (Figura 5).

Se evidenció que los tres aislantes, a un espesor de 4 cm, mostraron una disminución más significativa del nivel acústico. Esto se atribuye a la mayor densidad material empleada en la confección del aislante, lo que incide positivamente en su capacidad de reducción sonora.

Figura 5

Comparación de la disminución de ruido (dB) de SA, AS, AM y AP



4. Discusiones

Chalén (2018) propone la utilización de un material de revestimiento con el objetivo de mejorar la adhesión de materiales reutilizables, lo que contribuiría a la obtención de aislantes acústicos más efectivos, sugiriendo una elección adecuada del revestimiento para un mejor desempeño en la optimización de la eficacia de los aislantes acústicos, incluso cuando se utilizan materiales reutilizables. De tal manera para la elaboración de aislantes acústicos se determinó el yeso como revestimiento con una proporción de 65 % con base a sus propiedades de porosidad y una densidad superior a 300 Kg/m³, lo que impiden que el sonido penetre o escape en un ambiente (Atabal, 2019).

Además, Se ha observado que los tres materiales utilizados para los aislantes acústicos poseen la capacidad de reducir el ruido. El aislante fabricado a partir de maples de huevo, tiene una estructura en forma de celdas que permite dispersar y absorber ondas sonoras, disminuyendo la propagación del ruido y reduciendo la reverberación (Colorado et al., 2022). De la misma manera los PET triturados, tienen propiedades porosas que les permiten absorber el sonido y

reducir la propagación del ruido, si bien su eficacia está sujeta a la densidad del material y su aplicación en un entorno específico (Alarcón y Franco, 2020). Asimismo, El ichu (*Stipa ichu*), tiene la capacidad de reducir el ruido debido a su naturaleza porosa y estructura fibrosa (Atahuachi y Carcausto, 2018).

La tabla 3 y la figura 5 muestran que, a un espesor de 4 cm, el AM exhibe una mayor reducción de ruido. Este comportamiento se atribuye a su diseño, el cual se asemeja a las esponjas acústicas de forma alveolar. Dicha estructura posee partes cóncavas y convexas que dispersan el sonido en diversas direcciones, mejorando significativamente la absorción acústica (Malque, 2020). Adicionalmente, Martínez et al. (2014) mencionan que la pérdida de transmisión sonora aumenta con el incremento del espesor del material. Según su estudio de aislantes ecológicos utilizando fibra de coco mostraron una reducción de ruido de 42 dB a un espesor de 10 cm y 44 dB a 20 cm sometiendo a un nivel de sonido inicial de 93.2 dB. De igual manera Ouakarrouch et al. (2022) llevaron a cabo un estudio comparativo de aislantes acústicos utilizando 7 materiales con mezclas de cartón a tres espesores distintos (4, 6 y 8 cm). Mediante sus resultados indicaron que los 7 aislantes a un espesor de 8 cm, obtuvieron una mayor capacidad de absorción de sonido. En una línea similar de investigación, se realizó un estudio comparativo de absorción acústica a través de pavimentos a 3 espesores diferentes (5, 10 y 15 cm), los resultados indicaron que la mayor absorción acústica fue a 15 cm, lo que indica que el aumento del espesor incrementa el coeficiente de absorción acústica (Zhang et al., 2020).

Estos resultados son particularmente destacados, a un espesor de 4 cm, donde el AM logró una reducción de 32.8 dB, lo cual resalta la eficacia del AM como una opción sobresaliente para la reducción del ruido. Asimismo, Alarcón y Franco (2020) realizaron un estudio sobre el aislamiento acústico empleando maples de huevo con un espesor de 12 cm, obteniendo como

resultado una disminución de 18 dB expuesto a un nivel de ruido de 79.6 dB. Sin embargo, en el presente estudio el AM obtuvo un mejor resultado con una reducción de 27.3 dB a un espesor de 4 cm expuesto a un nivel de ruido de 70 dB. Este resultado contrasta con los estudios previamente mencionados, donde se utilizaron aislantes más gruesos, pero se obtuvieron reducciones menores, esto se debe posiblemente al empleo de un revestimiento del mismo material (cartón).

En el presente estudio, se observó que, a un espesor de 2 cm, los materiales AS, AM y AP, sometidos a un nivel de ruido de 110 dB, presentaron reducciones de ruido de 32 dB, 32.5 dB y 31.7 dB, respectivamente. Estos resultados son consistentes con la investigación de Valles (2020), quien encontró que, a un espesor de 2 cm y un nivel de ruido de 100 dB, los materiales Superboard y cartón corrugado lograron una reducción de ruido de 21 dB. La diferencia de los resultados entre los aislantes puede atribuirse a la ausencia de revestimiento con un material más denso, ya que la aplicación del revestimiento se ha demostrado como un factor clave para mejorar el aislamiento acústico.

Mediante el presente estudio se pudo apreciar que el AM, simulado a un espesor de 2 cm a un nivel de ruido de 70 dB obtuvo una capacidad de reducción de 23.8 dB. Este hallazgo contrasta con los resultados obtenidos por Quintero et al. (2022), quienes llevaron a cabo un estudio sobre aislantes elaborados a partir de cajas de huevo, donde obtuvo una de reducción de 7.23 dB expuestos a un nivel de ruido de 33 dB. La variedad de los resultados puede atribuirse a la presencia de dos factores favorables en el AM de nuestro estudio. En primer lugar, el revestimiento con yeso, con su alta densidad, contribuye sustancialmente a la reducción del ruido (Atabal, 2019). Además, el recubrimiento integral de la habitación también desempeña un papel clave en este sentido. En contraste, los autores mencionados llevaron a cabo una

evaluación de reducción de ruido sin utilizar revestimiento y cubriendo solo una tercera parte de la pared.

La presente investigación muestra los resultados del AS donde su eficiencia en la disminución del ruido es de 30.8 dB a un espesor de 4 cm. Adicionalmente Atahuachi y Carcausto (2018) evaluó la eficiencia de un aislante termoacústico basado en *Stipa ichu*, donde sus resultados muestran que el aislante con un espesor de 4 cm y un revestimiento de yeso de 1 cm logró una reducción de ruido de hasta 33.1 dB. Por otro lado, Neusser et al. (2023) llevaron a cabo una investigación sobre el comportamiento acústico y medioambiental de estructuras de pared basadas en *Stipa ichu* indicando su alto potencial de reducción de ruido de hasta 19 dB. Esta diferencia se atribuye a la mayor cantidad de materia prima utilizada por el autor mencionado en la fabricación de su aislante termoacústico. Estos estudios resaltan la versatilidad y la capacidad de personalización de los aislantes acústicos basados en *Stipa ichu*, destacando la influencia del espesor y la cantidad de material en la eficacia de reducción de ruido.

Los aislantes AS, AM y AP, todos con un espesor equivalente de 3 cm, han demostrado un rendimiento superior, logrando reducciones de ruido del 28.1, 30.2 y 27.3 dB, respectivamente. Asimismo Gamonal (2020) evaluó aislantes fabricados a base de cáscara de arroz a un espesor de 3 cm simulados a un nivel de ruido de 90 dB, donde se logró una reducción de ruido de 20 db. En contraste, estas cifras sustancialmente mayores podrían atribuirse a varias razones, entre las cuales se destaca la utilización de materiales convencionales en la elaboración de un aislamiento acústico en lugar de los materiales no convencionales empleados en el estudio en mención.

El coeficiente de reducción para AS, AM y AP tuvo una absorción de 17, 18 y 12%, correspondientemente. De la misma manera Witthayolankowit et al. (2023) lograron desarrollar

aislantes acústicos utilizando plantas tolerantes a sequías, tales como piña, cáñamo, sisal y agave, combinadas con tereftalato de polietileno (PET), con un espesor de 10 cm. Estos aislantes demostraron un coeficiente de reducción superior al estándar de absorción acústica de alta eficiencia, exhibiendo un destacado rendimiento con una eficacia de absorción acústica superior al 94%. Este enfoque no solo aprovecha materiales sostenibles y resistentes a sequías, sino que también logra un rendimiento acústico excepcional, lo que indica un avance significativo en la tecnología de aislantes acústicos.

Según el estudio llevado a cabo por Colorado et al. (2022), se formularon materiales aislantes acústicos empleando desechos de tereftalato de polietileno (PET) y poliuretano como aglutinante en una proporción de 85/15, respectivamente. Estos materiales se produjeron con distintos espesores de 10, 20 y 30 mm. Los resultados muestran que los aislantes con estructuras de escamas cóncavas demuestran un rendimiento notable en cuanto a la absorción de sonido, logrando niveles de 25 dB, 30 dB y 36 dB con coeficientes de absorción acústica del 8%, 3% y 2% respectivamente para dichos niveles de ruido. Esta aproximación innovadora representa un avance significativo en la aplicación de materiales plásticos reciclados para la elaboración de soluciones acústicas sostenibles y eficaces.

5. Conclusiones

De tal manera los aislantes a un grosor de 4 cm mostraron una disminución del ruido de hasta 30.8, 32.8, 28.9 dB, asimismo para el grosor de 3 cm, se observaron disminuciones de ruido de 30.2, 28.1, 27.3 dB; mientras que con un grosor de 2 cm la reducción fue de 26.5, 28.0, 25.6 dB; en los aislantes elaborados de ichu (*Stipa ichu*), maple de huevo y tereftalato de polietileno; respectivamente. Sin embargo, el aislante elaborado a partir de maple de huevo, expuesto a un nivel de ruido de 110 dB y con un espesor de 4 cm, evidenció una reducción significativa de 38.1 dB, debido a su estructura y densidad.

Cabe destacar que el aislante AM obtuvo un mejor resultado logrando una mayor reducción de ruido, alcanzando los 32.8 dB de reducción, resaltando a un espesor de 4 cm. Este rendimiento excepcional se atribuye a su diseño similar a las esponjas acústicas, a su densidad y porosidad del revestimiento de yeso que dispersan el sonido en diversas direcciones, mejorando así la capacidad de absorción acústica de manera significativa.

6. Referencias Bibliográficas

- Alarcón, J., & Franco, S. (2020). *Aislamiento acústico en cubetas de cartón para viviendas con cubiertas de zinc*. Universidad La Gran Colombia.
- Amable, I., Méndez, J., Delgado, L., Acebo, F., de Armas, J., & Rivero, M. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 1–11.
- AMM. (2022). *Declaración de la Asociación Médica Mundial sobre la contaminación acústica*. 26/09/2022. <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-la-amm-sobre-la-contaminacion-acustica/>
- Atabal, F. (2019). *Aislamiento acústico*. <https://www.cartonajes-malaga.com/es/asilamiento-acustico-casero/>
- Atahuachi, G., & Carcausto, Y. (2018). *Aislante termoacústico a base de Stipa ichu para atenuar el ruido y cambios drásticos de temperatura de sectores en expansión urbana de la ciudad de Puno*.
- Chalén, M. (2018). *Estudio de paneles de paja toquilla como aislante acústico y térmico en el revestimiento de paredes* [Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=119374333&site=ehost-live&scope=site%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.07.032%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2017.03.010%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.08.006>
- Colorado, H. A., Saldarriaga, L., Rendón, J., & Correa-Ochoa, M. A. (2022). Polymer composite material fabricated from recycled polyethylene terephthalate (PET) with polyurethane binder for potential noise control applications. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(2), 466–476. <https://doi.org/10.1007/s10163-021-01330-4>
- Contreras, A. A., Owen, M. E., Contreras, W., Cloquell, V., Cloquell, V., Valero, W., Contreras, Á., & Rondón, M. T. (2012). *Elaboración de panel aislante acústico y térmico a partir de la reutilización de botellas plásticas de polietileno tereftalato (PET)*.
- Del Rey, R., Alba, J., Ramis, J., & Bertó, L. (2012). Detection of weak points of sound insulation in constructed buildings. *Revista de La Construcción*, 11(1), 75–86.
- Gamonal, R. (2020). Eficiencia de la cáscara de arroz *Oryza sativa* como barrera termoacústica para reducir el ruido y mejorar condiciones de temperatura – 2020. In *Universidad Andina del Cusco*. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Igua, Y. (2005). *Diseño de aislamiento y acondicionamiento acústico para los estudios de emisión y grabación de la nueva sede de la emisora Kennedy*. UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA.
- Malca, A. (2020). *Adición de la fibra stipa ichu en tapiales para mejorar su comportamiento mecánico y térmico en el distrito de Chota-2020*.
- Malque, J. (2020). *¿ Cajas de huevo o espumas acústicas ?*
<https://www.youtube.com/watch?v=67kx2QmfsI>
- Marques, D. V., Barcelos, R. L., Silva, H. R. T., Egert, P., Parma, G. O. C., Giroto, E., Consoni, D., Benavides, R., Silva, L., & Magnago, R. F. (2018). Recycled polyethylene terephthalate-based boards for thermal-acoustic insulation. *Journal of Cleaner Production*, 189, 251–262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.069>
- Martínez, E. C., Pérez, L., & Llimpe, C. E. (2014). Sound insulation parameters of a roof prototype built with ecological materials. In *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia* (Vol. 37, Number 1).
- MINAM. (2003). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. *Pcm*, 1–11.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>
- MINAM. (2008). *NTP-ISO-1996-2-2008-acustica-descripcion-medicion-y-evaluacion-del-ruido-ambiental-parte-2-determinacion-de-los-niveles-de-ruido-ambiental_compress.pdf*.
- MINAM. (2013). Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental MINAM N° 227-2013. In *Ministerio del Ambiente* (Number 1013, p. 36). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/RM-Nº-227-2013-MINAM.pdf>
- Neusser, M., Dolezal, F., Wurm, M., Müllner, H., & Bednar, T. (2023). Evaluation of the acoustic and environmental performance of different wall structures with particular emphasis on straw. *Journal of Building Engineering*, 66(January), 105922.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.105922>
- Orozco, M., & González, A. (2015). *La importancia del control de la contaminación por ruido en las ciudades* (Vol. 19, Number 2).
- Ouakarrouch, M., Bousshine, S., Bybi, A., Laaroussi, N., & Garoum, M. (2022). Acoustic and thermal performances assessment of sustainable insulation panels made from cardboard waste and natural fibers. *Applied Acoustics*, 199, 1–15.
<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.109007>
- Quintero, A. (2010). La medición del coeficiente de absorción del sonido en el huevo cajas de cartón utilizando el método de Tone Burst. *Los Recientes Avances En acústica y música*, 6.
- Silva, A. (2021). *Absorción de agua y aislamiento acústico de placas ecoeficientes de yeso con fibras de ichu y con fibras de plástico en Huaraz*. <https://orcid.org/0000-0002-0258-4201>

- Valles, C. (2020). *Cobertura de paneles divisorios de superboard con la incorporación de fibra de coco y cartón corrugado para aislar el ruido en viviendas pre fabricadas en el Barrio de Zaragoza, Moyobamba - 2020*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/55351/Valles_RCD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Witthayolankowit, K., Boonyarit, J., Srichola, P., Rungruangkitkrai, N., Apipatpapha, T., & Chollakup, R. (2023). Drought Tolerant Plants' Fiber and Recycled PET Co-Fibrous Composite as Acoustic Absorbers and Thermal Insulators. *Journal of Natural Fibers*, 20(2). <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2277842>
- Zhang, Y., Li, H., Abdelhady, A., & Yang, J. (2020). Effect of different factors on sound absorption property of porous concrete. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87(September), 102532. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102532>
- Zou, F., Cucharero, J., Dong, Y., Kangas, P., Zhu, Y., Kaskirinne, J., Tewari, G. C., Hänninen, T., Lokki, T., Li, H., & Vapaavuori, J. (2023). Maximizing sound absorption, thermal insulation, and mechanical strength of anisotropic pectin cryogels. *Chemical Engineering Journal*, 462(February). <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.142236>

7. Anexos

ANEXO 01: Evidencia de Sumisión



Claudio M. Amescua García <rica@atmosfera.unam.mx>
para mi → ID:43 (hace 5 minutos) ☆ ↵

nohemisucasaca@mami

Gracias por enviarnos su manuscrito "LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE AISLANTES ACÚSTICOS ECOAMBIENTALES PARA LA DISMINUCIÓN DE RUIDO AMBIENTAL" a Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista.

URL del manuscrito: <https://www.revistascca.unam.mx/ica/index.php/ica/buffer/Default.aspx?submitid=55179>
Nombre de usuario: nohemisucasaca75

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Claudio M. Amescua García

Revista Internacional de Contaminación Ambiental <https://www.revistascca.unam.mx/ica>

ANEXO 02: Copia de la resolución de inscripción del perfil del proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de la facultad.

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

RESOLUCIÓN N° 0920-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 13 de setiembre de 2022

VISTO:

El expediente de **Nohemi Sucasaca Mamani**, identificado(a) con Código Universitario N° 201712463 y **Evelyn Salas Carcausto**, identificado(a) con Código Universitario N° 201712464, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental 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 **Nohemi Sucasaca Mamani** y **Evelyn Salas Carcausto**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Evaluación de la eficiencia de aislantes acústicos eco ambientales para la disminución de ruido ambiental" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

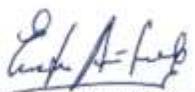
Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 13 de setiembre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Evaluación de la eficiencia de aislantes acústicos eco ambientales para la disminución de ruido ambiental**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Ing. Veronika Haydeé Pari Mamani** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera** y **MSc. Rose Adeline Callata Chura**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

CC:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo