



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar  
el aislamiento termoacústico en Lima, 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Quilca Quispe, Kevin Alpiniano ([orcid.org/0009-0007-9595-6273](https://orcid.org/0009-0007-9595-6273))

**ASESOR:**

Dr. Choque Flores, Leopoldo ([orcid.org/0000-0003-0914-7159](https://orcid.org/0000-0003-0914-7159))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024



**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, QUILCA QUISPE KEVIN ALPINIANO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
QUILCA QUISPE KEVIN ALPINIANO <b>DNI:</b> 72950853 <b>ORCID:</b> 0009-0007-9595-6273	Firmado electrónicamente por: KQUILCAQ el 20-07- 2024 15:23:42

Código documento Trilce: INV - 1670088

## Dedicatoria

A mis padres, por hacer posible empezar esta carrera profesional, por su apoyo incondicional en todo momento, por todos los consejos para cada día ser una mejor persona y un buen profesional, por brindarme su comprensión, y hacer posible mi sueño y meta de ser un profesional. A mi hermana Kenia Iris Quilca Quispe, quien fue y es mi más grande motivación, fue mi guía y ejemplo a seguir. Su influencia y apoyo fueron fundamentales en mi vida, y estaré agradecido siempre de todo lo que me enseñó y el impacto que tiene ella en mi ahora y siempre.

## Agradecimiento

Agradezco a mis padres, por el apoyo incondicional y sincero, hicieron posible que cumpla mis metas profesionales. A ellos que fueron mi apoyo en la etapa universitaria, que me apoyaron en todo lo que necesite, para así poder continuar con la carrera profesional. A mi padre quien es el ejemplo que tengo a seguir, por demostrarme como ser una buena persona y buen padre. Y por último quiero agradecerme a mí mismo, por no rendirme, por perseverar, y continuar a pesar de todo.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad del autor/ autores .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	ix
Resumen.. ..	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA.....	27
III. RESULTADOS.....	31
IV. DISCUSIÓN .....	98
V. RECOMENDACIONES .....	101
VI. CONCLUSIONES.....	100
REFERENCIAS .....	102
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Granulometría de la arena fina.....	32
Tabla 2. Granulometría del caucho .....	34
Tabla 3. Tipos de mortero .....	35
Tabla 4. Dosificación de la mezcla del mortero.....	37
Tabla 5. Cálculo de cantidad de materiales para probetas .....	37
Tabla 6. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión 14 días.....	40
Tabla 7. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión 28 días.....	43
Tabla 8. Tipo de mortero según la resistencia a la compresión .....	44
Tabla 9. Datos en decibeles en los 2 prototipos con tarrajeo.....	47
Tabla 10. Datos en grados centígrados en los 2 prototipos con tarrajeo .....	49
Tabla 11. Cantidad de materiales utilizados en las maquetas .....	51
Tabla 12. Pesos de los prototipos según cantidad de caucho .....	53
Tabla 13. Datos de temperatura del prototipo sin adición de caucho.....	58
Tabla 14. Datos de temperatura del prototipo con adición de 25% de caucho ....	60
Tabla 15. Datos de temperatura del prototipo con adición de 30% de caucho ....	60
Tabla 16. Datos de temperatura del prototipo con adición de 35% de caucho ....	61
Tabla 17. Comparación de la temperatura interior (TI°) .....	62
Tabla 18. Confort térmico en viviendas según norma ASHRAE Standard 55-202063	
Tabla 19. Ensayo de conductividad térmica con generador de calor .....	69
Tabla 20. Confort Acústico en Viviendas según UNE 12354-3:2001 .....	73
Tabla 21. Propiedades acústicas exterior .....	74
Tabla 22. Datos acústicos aéreos .....	77
Tabla 23. Información del factor.....	84
Tabla 24. Prueba Kruskal-Wallis.....	84
Tabla 25. Medias.....	85
Tabla 26. Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% ...	85

Tabla 27. Análisis de Varianza.....	88
Tabla 28. Medias.....	89
Tabla 29. Agrupar información utilizando el método de Tukey y confianza de 95%89	
Tabla 30. Prueba Kruskal-Wallis .....	92
Tabla 31. Medias.....	92
Tabla 32. Agrupar información utilizando el método de Tukey y confianza de 95%92	
Tabla 33. Análisis de Varianza Anova.....	95
Tabla 34. Medias.....	95
Tabla 35. Agrupar información utilizando el método de Tukey y confianza de 95%96	

## Índice de figuras

Figura 1. Caucho triturado.....	23
Figura 2. Caucho natural.....	24
Figura 3. partes de una llanta.....	25
Figura 4. trituradora de neumáticos.....	25
Figura 5. Revestimiento de muros.....	26
Figura 6. Muestra de la arena fina.....	31
Figura 7. Vaciado en tamices.....	31
Figura 8. Curva granulométrica de la arena fina.....	32
Figura 9. Muestra de caucho fino (0 a 1mm).....	33
Figura 10. Curva granulométrica del caucho fino.....	34
Figura 11. Flujograma de proceso del diseño de tarrajeo.....	36
Figura 12. Materiales requeridos para elaborar las probetas de mortero.....	37
Figura 13. unificación de materiales.....	38
Figura 14. Recojo del mortero.....	38
Figura 15. Vaciado de mortero en las probetas.....	39
Figura 16. Curado de probetas de mortero.....	39
Figura 17. Rotura de probetas de mortero a los 14 días.....	40
Figura 18. Peso de probeta de mortero patrón.....	41
Figura 19. Peso de probeta de mortero con 25% de caucho.....	41
Figura 20. Peso de probeta de mortero con 30% de caucho.....	42
Figura 21. Peso de probeta de mortero con 35% de caucho.....	42
Figura 22. Promedios de resistencia a compresión de los morteros.....	43
Figura 23. Prototipo de maqueta.....	45
Figura 24. Armado de molde de placas de maqueta.....	46
Figura 25. Curado de placas de mortero.....	46
Figura 26. Variación de temperatura de los prototipos al medio ambiente.....	50

Figura 27. Preparación de maquetas (a) fraguado; (b) junta de placas; (c) ensamblado; (d) finalizado.....	51
Figura 28. Pesado de placas.....	52
Figura 29. Comparación de pesos por prototipo .....	54
Figura 30. Prototipos de mortero.....	55
Figura 31. Termómetro digital .....	55
Figura 32. Características del termómetro digital .....	56
Figura 33. Herramienta de confort térmico.....	56
Figura 34. Clima de lima en el día de ensayo .....	57
Figura 35. SoftwareX 12.....	58
Figura 36. Gráfico de comparación de comportamiento termino de los 4 prototipos.....	63
Figura 37. Lámpara calefactora de cerámica infrarroja .....	64
Figura 38. Especificaciones técnicas .....	64
Figura 39. Termómetro digital .....	64
Figura 40. Habilitación de socket .....	65
Figura 41. Generador de calor y termómetro .....	65
Figura 42. Prototipo con socket.....	66
Figura 43. Instalación al interior del prototipo.....	66
Figura 44. Toma de medidas térmicas .....	67
Figura 45. Termómetros digitales exterior, a) parte superior. B) parte lateral .....	68
Figura 46. Registro de resultados del prototipo con 35% de caucho reciclado .....	68
Figura 47. Instalación de sonómetro en prototipos.....	72
Figura 48. Sonómetro digital .....	72
Figura 49. Sonómetro interiormente.....	73
Figura 50. Aislamiento acústico externo.....	74
Figura 51. Promedio de datos aéreos .....	78
Figura 52. Gráfico de normalidad de ensayo térmico.....	84

Figura 53. Grafica de diferencias de las medias de la temperatura .....	86
Figura 54. Grafica de intervalos de temperatura vs material .....	87
Figura 55. Grafico de cajas de la temperatura .....	87
Figura 56. Grafico de normalidad de los datos de temperatura.....	88
Figura 57. Diferencia de medias para temperatura .....	90
Figura 58. Grafica de intervalos para temperatura vs material.....	90
Figura 59. Grafica de cajas de temperatura .....	91
Figura 60. Grafica de normalidad de aislamiento acústico externo .....	91
Figura 61. Grafico de las medias de aislamiento acústico externo.....	93
Figura 62. Grafico de intervalos de aislamiento acústico vs material .....	93
Figura 63. Grafico de cajas de aislamiento acústico externo .....	94
Figura 64. Grafico de normalidad de aislamiento acústico aéreo.....	94
Figura 65. Grafico de medias de ensayo acústico aéreo .....	96
Figura 66. Grafico de intervalo de ensayo acústico aéreo vs material .....	97
Figura 67. Grafico de cajas de ensayo acústico aéreo.....	97

## Resumen

La presente investigación realizó 4 prototipos de viviendas hechas con mortero, las cuales fueron diseñadas con mortero tradicional, mortero con 25% de caucho, mortero con 30% de caucho y mortero con 35% de caucho, esta investigación fue de tipo aplicada, de diseño cuasiexperimental y con una población de 3 prototipos de viviendas de mortero para los ensayos acústicos y térmicos y 24 probetas cilíndricas para el ensayo a compresión, como resultados se obtuvo que la resistencia a la compresión redujo en comparación del mortero patrón pero consiguió la resistencia adecuada de tipo para morteros de mampostería, también se obtuvo como resultado un aislamiento térmico confortable y una reducción de sensación térmica aceptable, el aislamiento térmico encontrado en los resultados de los ensayos obtuvieron datos favorables, siendo el mortero con 35% de caucho el que mayor influencia tuvo en comparación de los demás morteros con caucho adicionado.

Palabras clave: Mortero, caucho, aislamiento, acústico, térmico.

## **Abstract**

The present research carried out 4 prototypes of houses made with mortar, which were designed with traditional mortar, mortar with 25% rubber, mortar with 30% rubber and mortar with 35% rubber, this research was of an applied type, of design. quasi-experimental and with a population of 3 prototypes of mortar homes for the acoustic and thermal tests and 24 cylindrical probes for the compression test, the results were that the compression resistance was reduced compared to the mortar pattern but the resistance was obtained suitable type for masonry mortars, comfortable thermal insulation and a reduction in acceptable thermal sensation were also obtained as a result. The thermal insulation found in the test results obtained favorable data, with the mortar with 35% rubber being the one with the highest influence it had compared to other mortars with added rubber.

Keywords: Mortar, Rubber, isolation, acoustic, thermal.

## I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, los cambios estacionales en el medio ambiente tienen un impacto directo en las personas a través de los parámetros térmicos y los factores de confort físico, los cuales pueden ser absorbidos y percibidos por ellos. El clima representa un factor crucial que no puede ser ignorado en la construcción de edificaciones. Esto refleja la estrecha relación entre el clima y la arquitectura, donde los modelos constructivos están determinados por las distintas zonas climáticas existentes. El estudio de estas zonas es de suma importancia y se tienen en cuenta en cada proyecto a realizar. La inclusión de caucho reciclado como componente en compuestos cementicios podría generar materiales de construcción sostenibles. A pesar de que la introducción de caucho reciclado disminuye la resistencia de los compuestos, presenta el potencial de mejorar diversas propiedades del material, lo que lo haría idóneo para su empleo en compuestos aislantes del sonido, ligeros, resistentes al congelamiento y al deshielo, así como al calor.

De igual manera, Peláez (2017). Señala lo que respecta a los procedimientos de trituración, se ofrecen gránulos de caucho en diversas dimensiones. En la mayoría de las aplicaciones, las características del caucho reciclado molido no alcanzan el nivel de calidad del caucho nuevo, el uso de este último presenta varias ventajas en comparación con el caucho virgen. Estas ventajas se suman a la reducción del impacto ambiental previamente mencionada cuando se recicla el caucho. Una opción para emplear caucho reciclado mediante trituración mecánica es su inclusión en mezclas junto al caucho virgen, donde este último ejerce como componente principal. La incorporación de caucho triturado en una mezcla de caucho virgen y reciclado ofrece varias ventajas en comparación con el procesamiento del caucho virgen, incluida la reducción del tiempo de procesamiento y del consumo de energía en el proceso de mezcla. El caucho reciclado sufre un trabajo mecánico y, por tanto, se plastifica durante el proceso de trituración. En comparación con el caucho nuevo, el proceso de mezcla se simplifica y se genera menos calor en la fábrica.

Por otro lado, en el ámbito nacional, Muñoz, Vidaurre Asenjo y Gavidia (2021). Nos dice que Debido al creciente interés en la edificación sustentable y amigable con el entorno, se ha realizado una extensa investigación sobre la utilización de concreto con agregados de material reciclado, y esta práctica se está implementando gradualmente en proyectos de ingeniería. Los neumáticos de desecho se pueden reutilizar para

diversos fines en la industria de la construcción. Por ejemplo, se utiliza como agregado en la producción de concreto en proyectos que van desde ingeniería civil hasta pavimentación de carreteras, estructuras resistentes a terremotos, muros de contención y estuarios. Por lo tanto, es fundamental profundizar en el conocimiento acerca de cómo la incorporación de caucho afecta el rendimiento del concreto. Asimismo, (Quispe, 2023). Para mejorar el confort térmico de los edificios urbanos, el uso de materiales alternativos en la construcción se ha convertido en una necesidad urgente. Una opción destacable es el uso de caucho reciclado en el mortero del revestimiento de paredes, ya que este material tiene propiedades como aislamiento térmico, inercia térmica y absorción acústica.

En el ámbito local, se vivieron cambios bruscos de temperatura y aumento los niveles de contaminación sonora, esto es debido al incremento poblacional en dicho sector, y al aumento de vehículos menores informales. Así mismo se vivió temperaturas extremas a causa del cambio climático. Además, el reciclaje de caucho no es una práctica habitual como lo es el plástico y papel, a causa de estos problemas se observó las necesidades de este sector, en la falta de reciclaje de caucho y mediante este reciclaje aplicarlo a la los revestimientos para tarrajeo y así disminuir la contaminación sonora, y disminuir las altas temperaturas. Es por ello la presente investigación busco solucionar las deficiencias acaecidas por los problemas de contaminación sonora y cambios de temperatura. Es por ello que se planteó agregar granos de caucho reciclado a los morteros para el tarrajeo en viviendas durante el proceso de construcción. Así mismo se escogió este material debido a sus componentes existentes que hay en abundancia, se hallan fácilmente y reciclando contribuye al medio ambiente, considerando su trabajabilidad, permeabilidad, y durabilidad.

En ese sentido el **problema general** fue ¿Cuál es el impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado en la mejora del aislamiento termoacústico en Lima, 2023?, así como también, **los problemas específicos fueron**, ¿Cuál es la influencia de caucho reciclado en el mortero en la resistencia a compresión del mortero Lima, 2023?, ¿Cuál es la influencia de caucho reciclado en el mortero para la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023? Y ¿Cuál es la influencia del caucho reciclado en el mortero para la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023? En este contexto, la razón para llevar a cabo este trabajo de investigación se divide en las siguientes partes:

**La justificación teórica** de este estudio implica la comparación con los artículos previamente expuestos acerca de la incorporación de caucho reciclado con el propósito de abordar los problemas relacionados con el aislamiento termoacústico. Por otro lado, **la justificación práctica** se enfocó en aumentar la impedancia acústica y la resistencia térmica, garantizando así la idoneidad de emplear caucho reciclado en morteros. **La justificación social** se sustentó en los beneficios que el uso de caucho reciclado aporta a la mejora del aislamiento térmico y acústico en el departamento de Lima, con el propósito de crear revestimientos con propiedades termoacústicas superiores, al mismo tiempo que contribuye a la concienciación ambiental y al proceso de reciclaje. En cuanto a **la justificación de la metodología**, se fundamentó en una innovación para la fabricación de morteros destinados a revestimientos tradicionales, que busca aumentar la eficiencia de dicho mortero y mejorar sus características termoacústicas, de acuerdo con la información recopilada de fuentes bibliográficas y plataformas de investigación relacionadas con el tema.

Asimismo, el **objetivo general** es Describir el impacto que tienen los morteros con caucho reciclado en la mejora del aislamiento termoacústico en Lima, 2023. Así como también los **objetivos específicos** son Conocer cómo afecta el caucho reciclado en la resistencia a compresión del mortero Lima, 2023, Definir la influencia del caucho reciclado en el mortero para la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023, y Establecer la influencia del caucho reciclado en el mortero para la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023

Como **antecedentes nacionales** en esta investigación, (Andrada et al. 2019) El objetivo de la investigación fue encontrar soluciones para la reutilización y reciclaje de materiales que se consideran desechables, como los neumáticos viejos. Estos neumáticos muchas veces no se eliminan adecuadamente y se tiran en grandes cantidades al aire libre, provocando problemas medioambientales y afectando la calidad de vida de las personas. Con base en estudios previos que mostraron propiedades térmicas mejoradas y densidad reducida cuando se reemplazó la arena en los morteros de cemento con caucho molido, se decidió realizar un estudio en morteros de cemento y cal utilizando arena como agente inerte. Se diseñaron morteros con diferentes proporciones, incluyendo una mezcla 1:1:6 de cemento, arena de cal y mortero, reemplazando la arena por caucho molido en proporciones de 5%, 10% y 15%. El mortero se probó en estado fresco para evaluar su consistencia y vida útil, y

en estado curado para medir la resistencia mecánica a la flexión, la resistencia a la compresión y la resistencia adhesiva. La adherencia, propiedad fundamental pero poco estudiada, se evaluó mediante pruebas de pelado sobre ladrillos de bloques de yeso en diversas dosis. El método de trabajo incluye caracterizar los materiales utilizados, probarlos en diversas condiciones y comparar los resultados con los requisitos reglamentarios vigentes. Los resultados muestran que los morteros de cemento y cal que incorporan 5%, 10% y 15% de caucho en lugar de arena son aptos para uso en campo y tienen una vida útil y resistencia mecánica adecuadas. Esta iniciativa también mejorará el medio ambiente mediante la reutilización de neumáticos de desecho en la industria de la construcción.

(Batállanos Pozo y Romero Zenteno 2022) Esta investigación llevó a cabo la construcción de cinco prototipos de vivienda cuadrada, cada uno con una longitud de 1.30 metros y de alto 0.66 metros, utilizando bloques de adobe de dimensiones 0.30 metros x 0.10 metros x 0.15 metros. Se instaló una cubierta de calamina en dos direcciones, imitando la estructura de viviendas reales en la zona. Se diseñó el enlucido de un mortero sustituyendo el agregado fino por caucho pulverizado en proporciones del 10%, 20% y 30%, con el objetivo de evaluar su rendimiento en cuanto a conductividad térmica. Además, se realizó un análisis de tamaño de partículas de caucho para determinar el tamaño de partícula apropiado. Se prepararon cubos de mortero con una longitud de lado de 5 cm y se realizaron pruebas de resistencia a la compresión después de 7, 14 y 28 días para evaluar el cumplimiento de las normas ASTM-270. De los prototipos residenciales, el primer módulo no fue enlucido y el segundo módulo fue enlucido con mortero convencional denominado mortero patrón, y los módulos restantes se revistieron con mortero que contenía un 10%, 20% y 30% de caucho como sustituto. Posteriormente, El prototipo revestido se dejó secar durante cinco días y el proceso de curado se llevó a cabo con cuidado para evitar agrietar las paredes. Pasado el tiempo especificado, se colocaron dos termómetros en cada prototipo para medir la temperatura. Los datos se registraron cada hora durante un período de 24 horas para analizar las variaciones de temperatura ambiente para cada prototipo. Finalmente se realizó un análisis comparativo de las temperaturas de los cinco prototipos y se concluyó que el módulo era del 30% de caucho pulverizado en su composición de mortero ofrecía el mejor confort térmico. Este prototipo presentaba

temperaturas de ambiente superiores a los demás y demostró un mejor comportamiento como aislante térmico.

(Guzman Gileta 2023) Esta investigación se centra en el estudio de las propiedades mecánicas de una nueva mezcla que incluye cemento en un 20%, jal o piedra pómez en un 30%, caucho en un 30% y agua en un 20%, con una densidad de los materiales de  $1.6 \text{ g/cm}^3$ . La preparación de las mezclas se llevó a cabo mediante un diseño experimental factorial multinivel, utilizando variables independientes como el cemento y el caucho, lo que resultó en un total de 25 dosificaciones con 3 repeticiones cada una. Las mezclas cementantes se elaboraron y se colocaron en moldes para producir prototipos de  $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ , los cuales fueron sometidos a pruebas de compresión. Además, se generaron tablas de resultados y gráficos que muestran la relación entre el cemento y el caucho para su análisis y para entender su comportamiento. Estos resultados indicaron que la resistencia a la compresión fue considerablemente más baja de lo esperado, con un máximo de  $18 \text{ kg/cm}^2$ . Sin embargo, la densidad del material propuesto se encontró en un rango de valores entre  $0.9$  y  $1.04 \text{ g/cm}^3$ , lo que es menor que el valor de referencia de  $1.6 \text{ g/cm}^3$ . Aunque esta mezcla no cumple con las características de un mortero para uso estructural, ofrece ventajas para ciertas aplicaciones donde se requiere ligereza en los materiales.

(Escobar Ramos y Landeo Navarro 2022) La investigación se enfoca en determinar cómo afecta el caucho granulado a la adherencia de los muros de albañilería. Con un enfoque aplicado y un nivel explicativo, se empleó el método científico como enfoque de investigación. La muestra consistió en 16 bloques de albañilería, divididos en grupos con diferentes porcentajes de caucho granulado en el mortero: 0%, 5%, 10% y 15%. Los resultados indicaron que la adherencia del mortero a las unidades de albañilería se ve influenciada por el uso de caucho granulado en la composición. Se concluyó que la inclusión de caucho granulado en el mortero es beneficiosa, ya que con un nivel de composición del 5%, la adherencia fue en promedio un 5.77% mayor en comparación con el mortero convencional.

Seguidamente los **antecedentes internacionales** como (Cervera y Leal 2019) Este estudio se desarrolló a partir de la hipótesis de utilizar gránulos de caucho reciclado (GCR) como alternativa al agregado fino en la fabricación de elementos estructurales como adoquines. Se presenta un estudio de las propiedades fisicoquímicas de diferentes dosis en las que los agregados fueron parcialmente sustituidos con GCR

en diferentes proporciones. Las propiedades mecánicas de las dosis probadas se evaluaron en comparación con las réplicas convencionales mediante pruebas de absorción, tracción por flexión y compresión. Como resultado, los materiales de pavimentación amigables con el medio ambiente producidos reemplazando 5%, 7% y 9% de arena tuvieron una absorbencia y resistencia a la flexión que excedieron los requisitos establecidos por la norma técnica colombiana, dando como resultado un GCR que ha demostrado que tiene el potencial de utilizarse como sustituto del agregado fino. Estos resultados sugieren que el uso de GCR como recurso sostenible en la construcción de materiales de pavimentación y potencialmente de otros elementos de construcción puede proporcionar una alternativa eficaz al reciclaje, reduciendo así los residuos y contribuyendo a la reducción de residuos y al desarrollo de prácticas más sostenibles en la industria de la construcción.

(Martínez Gómez y Martillo García 2020) La investigación se centra en abordar el desafío de la contaminación ambiental causada por la acumulación de neumáticos usados en Guayaquil. Para ello, se ha empleado la técnica de reciclaje utilizando el caucho proveniente de las llantas, conocido como grano de caucho, para crear un mortero tradicional junto con cemento y arena. Esta solución no solo ofrece una forma de reutilizar estos neumáticos, sino que también aborda otros problemas ambientales y de salud pública. El mortero con caucho no solo sirve como un recubrimiento para mamposterías, sino que también tiene la capacidad de mitigar la contaminación acústica. Esta es una preocupación cada vez más creciente en áreas urbanas con alta densidad de tráfico, donde el ruido puede tener efectos negativos en la salud de las personas. Además, el mortero con caucho también proporciona propiedades de atenuación térmica, lo que contribuye al confort de los espacios donde se utiliza este material. Los resultados de los ensayos experimentales realizados en el laboratorio al mortero tradicional con caucho han demostrado varias propiedades importantes. En primer lugar, se ha encontrado que el mortero tiene una resistencia a la compresión adecuada, lo que significa que puede soportar cargas sin sufrir deformaciones excesivas. Esta es una cualidad crucial para asegurar la durabilidad y la integridad estructural de las construcciones donde se utiliza este material. Además, se observó que el mortero con caucho presenta un alto rango de resistencia a la tracción, lo que indica una excelente adherencia a la superficie a la que se aplica. Esta característica es fundamental para garantizar que el mortero se mantenga firmemente unido a los

sustratos, proporcionando una capa protectora efectiva y duradera. Otra propiedad destacada encontrada en las pruebas es la capacidad del mortero para funcionar como aislante térmico. Esto significa que el material puede ayudar a regular la temperatura en los espacios donde se utiliza, proporcionando confort térmico y potencialmente reduciendo la necesidad de consumo de energía para la calefacción o refrigeración. Concluyendo que el mortero tradicional con caucho ha demostrado tener una combinación de propiedades mecánicas y funcionales que lo hacen adecuado para una variedad de aplicaciones en la construcción, desde proporcionar resistencia estructural hasta mejorar la eficiencia energética y el confort en interiores.

(Correa Palaguachi 2020) El proyecto de titulación pasado tuvo como objetivo presentar una nueva solución para mitigar el impacto ambiental causado por el plástico y los neumáticos usados en el cantón La Troncal. Se propuso utilizar plástico y fibras de caucho de neumáticos fuera de uso en la fabricación de bloques de mampostería que cumplan con los estándares de resistencia necesarios para su aplicación en la construcción, lo que implicaría una innovación en la industria de la construcción. Se llevaron a cabo pruebas con diferentes dosificaciones, evaluando la resistencia de los bloques mediante ensayos de compresión y el porcentaje de absorción del bloque. Los resultados mostraron una resistencia promedio de 1.54 MPa, lo que, al compararlo con los requisitos establecidos en la norma INEN, demostró que estos bloques cumplen con los estándares necesarios para ser utilizados en la construcción, clasificándolos como bloque tipo C.

(Acevedo Trujillo, Rodriguez Ortiz y Arevalo Trujillo 2022) El proyecto de investigación se enfocó en el análisis del comportamiento y la funcionalidad del mortero y el concreto hidráulicos al incorporar gránulos de caucho reciclado (GCR) en diferentes proporciones, específicamente 0%, 5%, 10% y 15%. El objetivo principal fue caracterizar el mortero y el concreto hidráulicos adicionados con caucho reciclado. Los resultados mostraron que la mejor resistencia se obtuvo al añadir un 5% de GCR a los 28 y 60 días de curado. Esta adición demostró ser un porcentaje adecuado para reducir la cantidad de cemento necesario, manteniendo al mismo tiempo una buena resistencia. Por otro lado, los porcentajes de 10% y 15% no mostraron una resistencia tan alta en comparación con el concreto y el mortero convencional, pero aun así pueden ser utilizados en actividades constructivas que requieran una menor resistencia. Concluyendo que, la investigación concluyó que la adición de un 5% de

gránulos de caucho reciclado es una opción viable para mejorar las propiedades del mortero y el concreto hidráulicos, mientras que porcentajes más altos pueden ser adecuados para aplicaciones donde la resistencia no sea el factor primario.

(Letelier et al. 2021) Este estudio investigó el uso de dos tipos de residuos como sustitutos de la arena natural en morteros, tanto por separado como en combinación: los áridos finos de hormigón reciclado (FRCA) en porcentajes de sustitución del 0%, 15% y 30% en peso, y el caucho granulado en porcentajes de sustitución del 0%, 10% y 15% en volumen. Se caracterizaron los morteros en términos de propiedades físicas, mecánicas y durabilidad. Los resultados revelaron que el uso exclusivo de caucho granulado (CR) redujo el rendimiento mecánico de los morteros. Sin embargo, cuando se utilizó en combinación con FRCA, que mostró un buen desempeño mecánico, se logró una mejora en los resultados mecánicos. Además, junto con el excelente comportamiento térmico de las muestras con CR, se obtuvieron mezclas de mortero que podrían ofrecer una alternativa para el reciclaje de llantas de desecho y la eliminación de residuos de áridos de hormigón. El uso combinado de CR y FRCA no solo mejoró los resultados mecánicos, sino que también cumplió con los requisitos reglamentarios de uso de mortero para albañilería. Se demostró que hasta un 15% de CR y un 30% de FRCA podrían ser utilizados como sustitutos de la porción de áridos naturales en las mezclas de mortero. Este hallazgo sugiere que el posible uso de CR junto con otros residuos podría convertirse en una alternativa para el reciclaje de neumáticos de desecho en morteros con mayores requerimientos térmicos. Además, podría contribuir a la aplicación de materiales cementosos en edificios energéticamente eficientes y sostenibles. Aunque el uso de CR se limita a porcentajes menores en mezclas a base de cemento, se necesitan más estudios para evaluar su comportamiento en combinación con otros tipos de residuos se utilizan para mejorar las propiedades mecánicas de mezclas de cemento destinadas a fines no estructurales o de bajas resistencias especificadas.

(Thomas y Gupta 2016) El artículo proporciona una visión general de las investigaciones publicadas sobre las propiedades del hormigón con caucho reciclado. Estos estudios sugieren un futuro prometedor para utilizar caucho de neumáticos viejos como sustituto parcial del árido hormigón de cemento. Se observó que es posible producir mezclas de hormigón trabajables utilizando caucho de neumáticos reciclados, e incluso se puede fabricar hormigón con agregados de caucho ligero para

ciertos propósitos especiales. Además, el hormigón con caucho reciclado exhibe una alta resistencia al hielo y deshielo, al ataque de ácidos y a la penetración de iones de cloruro. El uso de humo de sílice en el hormigón con caucho reciclado permite lograr una alta resistencia y una mayor resistencia en ambientes con sulfato, ácido y cloruro. Además, se observó que el hormigón con caucho reciclado era más resistente al ataque de ácidos en comparación con el hormigón convencional. Las partículas de caucho granulado presentes en el hormigón con caucho reciclado ayudan a prevenir la formación de grietas y la separación del material, lo que contribuye a una mayor durabilidad. Por otro lado, en el hormigón sin caucho granulado o con una menor cantidad de este, se observó una mayor propensión a desarrollar grietas y separación de los materiales constituyentes. En general, la mayoría de los investigadores señalan que el hormigón que contiene caucho de neumáticos reciclados es altamente resistente a la penetración de iones de cloruro, esto lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere una mayor durabilidad y resistencia a la corrosión.

(Zhu et al. 2019) El estudio examinó dos conjuntos de variables, cantidad y tamaño de partículas de caucho, para evaluar la resistencia temprana al agrietamiento del concreto de caucho después de 24 horas de formado. Los resultados experimentales revelan que la resistencia temprana al agrietamiento del concreto aumenta cuando el tamaño de partículas de caucho reducidas, especialmente si la cantidad de partículas de caucho es pequeña. Sin embargo, si la cantidad de partículas de caucho es grande, este aumento en la resistencia es seguido por una disminución y luego un nuevo aumento. En cuanto al tamaño de las partículas, se observó que cuando estas son grandes, la resistencia temprana al agrietamiento del concreto aumenta con la cantidad de partículas de caucho. Sin embargo, cuando las partículas son pequeñas, la resistencia temprana al agrietamiento disminuye inicialmente y luego aumenta con la cantidad de partículas de caucho. En resumen, se concluye que el tamaño de partícula grande (malla 10) es más adecuado cuando se quiere incorporar una gran cantidad de caucho en el concreto para mejorar su resistencia temprana al agrietamiento. Se sugiere realizar estudios adicionales sobre el análisis microscópico de la interfaz entre las partículas de caucho y la matriz, así como sobre el mecanismo de resistencia al agrietamiento y deformación del hormigón de caucho de neumáticos usados basados en micromecánica.

(Norambuena-Contreras et al. 2018) El propósito de este estudio fue evaluar cómo el tipo y contenido de residuos metálicos (fibras y virutas de acero) afectan las propiedades volumétricas, eléctricas y térmicas de morteros a base de cemento diseñados para el autocontrol. Se realizaron pruebas para medir la densidad aparente, porosidad, resistividad eléctrica y conductividad térmica de morteros que contienen cuatro tipos de residuos metálicos. Además, se utilizaron pruebas ultrasónicas para evaluar la distribución de residuos metálicos en las muestras de mortero. Todas estas propiedades se midieron en muestras después de 7 y 28 días de curado. Los principales resultados mostraron que la adición de residuos metálicos disminuyó la densidad aparente y aumentó la porosidad de los morteros a base de cemento. También se demostró que la distribución de residuos metálicos en el mortero se puede evaluar mediante ultrasonidos y que esta evaluación es más efectiva para muestras que contienen fibras que para muestras que contienen virutas. Además, se ha observado que los desechos metálicos pueden cambiar la resistencia eléctrica y la conductividad térmica del mortero, independientemente del tipo y cantidad de desechos metálicos utilizados. En resumen, encontramos que el tipo, cantidad y tiempo de curado de los residuos metálicos utilizados en este estudio no influyeron significativamente en los cambios en la resistividad eléctrica y la conductividad térmica de los morteros a base de cemento evaluados.

(Angelin et al. 2019) Esta investigación se centró en examinar la inclusión de residuos de neumáticos de caucho en morteros en dos formas de granulometría, esferoides (S) y fibras (F), reemplazando al árido convencional en porcentajes de 7,5%, 15% y 30%. realizando pruebas de densidad, capacidad de resistir compresión, resistencia a la flexión, microestructura y atenuación del sonido. Se observó que los morteros de caucho mostraron una disminución en la densidad de hasta un 34,6% en comparación con el mortero convencional, lo que resultó en una reducción aproximada de 4 veces en la resistencia a la compresión. Sin embargo, se encontró un mejor rendimiento acústico, especialmente cuando se utilizó caucho en formato de fibra. Este último mostró una mejora de la atenuación del sonido del 29,70% y 42,54% para el 15% de contenido de caucho de neumáticos de desecho con fibra, considerando las ondas P y S, respectivamente. En cuanto a los resultados acústicos, se observó que las velocidades del sonido longitudinal y transversal disminuyeron con la adición de árido engomado al mortero, mientras que el coeficiente de atenuación del sonido aumentó.

Además, se notó que el caucho de fibra de neumáticos de desecho exhibió una mayor velocidad del sonido para las ondas P en comparación con la forma esferoide. Finalmente, se encontró que la atenuación del sonido fue mayor para los morteros cauchutados con partículas de fibra que con partículas esferoides tanto para las ondas P como para las ondas S. En conclusión, se recomienda utilizar la fibra de las partículas de caucho de neumáticos de desecho (hasta aproximadamente un 15%) para elementos estructurales y/o sellado, ya que muestra una resistencia mecánica adecuada y un buen desempeño acústico.

(Haddad et al. 2020) Esta investigación analizó cómo la forma y la granulometría de la arena afectan las propiedades del mortero de recubrimiento, tanto en estado fresco como endurecido, con el fin de reducir las manifestaciones patológicas en el mortero. Se encontró que el uso de granos de arena más grandes promueve una mayor resistencia a la extensión del mortero de recubrimiento, aunque puede disminuir la adherencia en estado fresco debido a una menor cohesión. La presencia de aire atrapado ayuda a la dispersión del mortero, y la permeabilidad del revestimiento puede permitir que la carbonatación de la cal incremente su resistencia, aunque también puede permitir la filtración de agua y agentes agresivos. Es crucial elegir el tamaño máximo del árido de acuerdo con el tipo de acabado de la pared para evitar que los granos de mayor diámetro afloren durante el proceso de alisado de la superficie, lo que garantiza un aspecto visual más agradable. La distribución del tamaño de las partículas influye en la contracción del mortero de recubrimiento y en su capacidad para resistir la tracción, siendo esta última una propiedad fundamental para evitar el desprendimiento del mortero. Es esencial lograr un buen empaquetamiento de las partículas para aumentar la deformabilidad del mortero sin crear conductos percolables para agua y agentes nocivos. La asociación de una alta resistencia a la tracción con un módulo de elasticidad más bajo aumenta la capacidad del material para absorber la tensión del sustrato a través de la deformación, lo que reduce el riesgo de fisuras. Sin embargo, un mortero demasiado rígido puede agrietarse y no soportar las deformaciones del sustrato, lo que puede provocar su desprendimiento prematuro. Por lo tanto, garantizar un buen ajuste de los áridos en cuanto a forma y distribución granulométrica es crucial en el mortero de recubrimiento para prolongar su vida útil y evitar problemas de adherencia.

(De Souza Kazmierczak et al. 2020) Este estudio se enfoca en evaluar el efecto del caucho granulado como reemplazo parcial del árido en morteros de revoque, con proporciones del 0%, 2%, 4% y 6%, utilizando un enfoque sistémico. Se analizaron diversas características relacionadas con el mortero fresco y endurecido, así como sus propiedades térmicas y de resistencia al fuego, junto con la evaluación de su durabilidad. Los resultados indican que los morteros de caucho granulado requieren una mayor cantidad de agua para lograr la misma trabajabilidad que el mortero de control, lo que resulta en una disminución de la densidad aparente y un aumento en la retención de agua y el contenido de aire en el mortero. La resistencia a la flexión se mantiene para los morteros endurecidos con hasta un 4% de caucho granulado, mientras que la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad dinámico se mantienen solo hasta un 2% de caucho, disminuyendo con mayores contenidos de residuos. En términos de absorción de agua, generalmente aumenta con el incremento del caucho, aunque la absorción de agua capilar disminuye. Se observa que los morteros no propagan la llama y son incombustibles. La adición de caucho granulado conduce a una reducción significativa de la conductividad térmica, especialmente para el mortero con un 6% de caucho granulado, lo que mejora su capacidad como aislante térmico. Además, se incrementa la durabilidad de los morteros de revoque con caucho granulado, lo que se traduce en una reducción del agrietamiento y en el mantenimiento de su resistencia a la tracción al mismo nivel que el mortero de referencia, incluso después de ciclos térmicos de envejecimiento acelerado. Los morteros con 2% y 4% de contenido de caucho granulado presentaron un conjunto óptimo de propiedades, con una capacidad de deformación mejorada, buen aislamiento térmico y menor tendencia al agrietamiento, manteniendo una resistencia a la tracción que cumple con los estándares mínimos requeridos.

(Adesina 2021) El propósito de este artículo es abordar diferentes categorías de desechos que pueden ser reciclados en compuestos cementosos con el fin de mejorar sus propiedades térmicas, específicamente reduciendo la conductividad térmica, basándose en investigaciones experimentales existentes. A partir de la discusión realizada en este documento, se evidencia que materiales reciclados como caucho y plásticos pueden ser empleados para disminuir la conductividad térmica de los compuestos cementosos, cuando se utilizan como sustitutos de hasta el 50% de los agregados naturales. Se concluye que existe una correlación positiva entre la

densidad y la conductividad térmica de los compuestos cementosos, y que los materiales de desecho/reciclados pueden ser incorporados como agregados/rellenos para mejorar el rendimiento térmico. Sin embargo, antes de integrar estos materiales de desecho/reciclados en los compuestos cementosos, es necesario abordar las limitaciones asociadas con su uso. Los compuestos cementosos con mejores propiedades térmicas son comúnmente empleados en aplicaciones como pisos, elementos envolventes de edificios y paredes, donde no se requiere una alta resistencia estructural. Por lo tanto, a pesar de la reducción en la resistencia que pueda ocasionarse debido a la inclusión de materiales reciclados, aún es factible incorporar desechos de gran volumen en compuestos cementosos. Mejorar el aislamiento térmico de estos compuestos mediante la inclusión de materiales reciclados en gran volumen contribuiría a controlar la ganancia y pérdida de calor en los edificios construidos con dichos compuestos cementosos. No obstante, es crucial asegurar que los materiales reciclados utilizados para mejorar el rendimiento térmico sean obtenidos localmente. Utilizar material de desecho generado fuera de una región específica resultaría en un aumento en la energía incorporada y la huella de carbono debido al transporte involucrado.

(Di Mundo et al. 2020) Este estudio demuestra la viabilidad de diseñar compuestos de cemento y caucho adecuados para ser utilizados como revestimientos y morteros de albañilería con una absorción reducida de agua líquida. Se emplea caucho reciclado de neumáticos como árido, mezclado con arena silíceo, y se ajusta su contenido para limitar la pérdida de propiedades mecánicas mientras se garantiza un uso significativo de esta materia prima secundaria. Se realiza una investigación exhaustiva de las propiedades en estado fresco y endurecido. Se observa que la presencia de caucho disminuye notablemente la fluidez (y, por ende, la trabajabilidad) del mortero. Específicamente, el caucho modifica propiedades reológicas como la tixotropía y el par dinámico, sin afectar la viscosidad. Sin embargo, las propiedades en estado fresco son adecuadas para el vertido y la aplicación de estos tipos de mortero, incluso con un contenido de caucho más alto (20-25% en volumen). Este contenido de caucho se considera suficiente para garantizar, después de unos días de curado, una reducción casi completa de la absorción de agua, una funcionalidad específica de estos morteros novedosos y más sostenibles.

Xie et al. (2024) Se investigó cómo las partículas de caucho residual (WRP) afectan la trabajabilidad, las propiedades mecánicas y el rendimiento de aislamiento acústico del mortero de aislamiento acústico con agregados reciclados (RCM). Basándose en el principio de sustitución de la fracción volumétrica del árido fino reciclado del 0 al 50%, se incorporaron WRP con un tamaño de partícula de 1 a 4 mm en diversas mezclas de RCM. Cada mezcla fue evaluada para determinar su trabajabilidad, desempeño mecánico y capacidad de aislamiento acústico. Se utilizó porosimetría de intrusión de mercurio para analizar la distribución y tamaño de los poros dentro del material, y se emplearon difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido para estudiar las características de las zonas de transición interfacial (ZIT) entre las partículas de caucho y la pasta de cemento. Los resultados mostraron que, debido a la hidrofobicidad de los WRP, un mayor contenido de WRP aumentó la fluidez de la mezcla de mortero y disminuyó la tasa de retención de agua. Aunque el caucho no contribuyó a la reactividad de hidratación de la pasta de cemento, alteró la morfología cristalina y la estructura de los poros en las zonas de transición interfacial. El RCM que contenía entre 3 y 10% de WRP presentó una estructura de poros óptima, lo que mejoró su compacidad y rendimiento mecánico. Un mayor contenido de WRP mejoró significativamente el aislamiento acústico, pero redujo notablemente la resistencia. Además, se encontró una clara relación logarítmica entre el índice de fuerza y el nivel de sonido de impacto. Este nuevo conocimiento permite preparar RCM que cumpla con los requisitos de resistencia y aislamiento acústico necesarios para los pisos, promoviendo así un mayor uso de recursos de residuos sólidos.

Sambucci y Valente (2021) En este artículo, el desarrollo de materiales imprimibles que sean funcionales y sostenibles desde el punto de vista ecológico representa un desafío muy atractivo para la investigación, impulsando la fabricación digital hacia su máximo potencial en cuanto a costo y tecnología. La incorporación de partículas de caucho reciclado de neumáticos en compuestos imprimibles a base de cemento Portland es una contribución novedosa en este ámbito. Esta línea de investigación busca combinar las reconocidas propiedades de ingeniería de los materiales de caucho-cemento con las avanzadas características de las metodologías de fabricación aditiva. Como una aportación innovadora, los autores presentan un estudio detallado sobre la posible relación entre el tamaño de las partículas de caucho y las propiedades tecnológicas de la mezcla imprimible en 3D. En particular, se examinaron dos grupos

de agregados poliméricos con gradación continua (polvo de caucho de 0-1 mm y gránulos de caucho de 1-3 mm como fracciones fina y gruesa, respectivamente) en términos de su impacto en la reología, calidad de impresión, microestructura, propiedades mecánicas y rendimiento de aislamiento acústico. En cuanto a la calidad de impresión, los agregados de caucho modificaron la fluidez de la mezcla fresca, mejorando la adhesión entre las capas impresas y, por ende, mejorando la isotropía mecánica en la muestra una vez endurecida. Se observó una influencia significativa de la gradación del caucho en las propiedades endurecidas. Al comparar los compuestos con caucho, la fracción fina de polímero mostró una mayor cohesión interfacial con la pasta de cemento. No obstante, se registró una pérdida notable de resistencia mecánica debido a una reducción en la densidad y un aumento en la porosidad. En cambio, los morteros con partículas de caucho más grandes presentaron un mayor peso unitario, una distribución de poros más fina, una menor disminución de la resistencia mecánica y una mayor ductilidad, aunque con una menor cohesión interfacial con la matriz. En cuanto a las propiedades de aislamiento acústico, un equilibrio adecuado entre polvo de caucho y gránulos en las mezclas permite obtener un rendimiento comparable o superior al del mortero común, aunque el efecto del tamaño del agregado varía significativamente según el rango de frecuencia del sonido investigado. Los futuros estudios se centrarán en la aplicabilidad de estas formulaciones en los campos de la construcción civil y la arquitectura, aprovechando la flexibilidad de diseño que ofrece la impresión 3D.

Oliveira et al. (2023) Este estudio examina la trabajabilidad, microestructura y las propiedades mecánicas, térmicas y acústicas de morteros con porcentajes crecientes de caucho triturado (0%, 5%, 10%, 15% y 20% de reemplazo, por volumen, del agregado fino). Se llevaron a cabo pruebas de caracterización del mortero tanto en estado fresco como endurecido. Los resultados mostraron que sustituir el agregado por caucho de neumáticos disminuyó la resistencia a la compresión en promedio entre un 12% y 67%, y la resistencia a la tracción en un 35% y 53%, para contenidos del 10% y 20% respectivamente, en comparación con la referencia. Además, se observó una reducción en la conductividad térmica del 16% y 29%, y un incremento en la atenuación acústica del 12% y 13% en promedio. Se utilizaron imágenes de microscopía electrónica de barrido para explicar los resultados mecánicos obtenidos. Aunque los resultados experimentales mostraron una disminución en la trabajabilidad

y las resistencias mecánicas con el aumento del contenido de caucho, las mezclas estudiadas cumplieron con las especificaciones estándar, siendo adecuadas para revestimientos de paredes y techos, mejorando el rendimiento acústico y térmico de los edificios y como un material sostenible.

Matias et al. (2020) Este artículo presenta el desarrollo de morteros que incorporan diversos subproductos: corcho, vidrio y caucho. Se desarrollaron y optimizaron morteros con estos tres subproductos para obtener composiciones mejoradas. Se analizó su comportamiento térmico y acústico, así como su reacción al fuego. Estos morteros también se aplicaron en muros exteriores y se evaluó su comportamiento físico y mecánico, obteniendo resultados muy prometedores. Los morteros cumplieron con la norma de especificación para el mercado CE de morteros para revocos y revoques. Se llevó a cabo una campaña experimental para evaluar el comportamiento de morteros multifuncionales ecológicos y técnicos que contienen subproductos que mejoran su rendimiento térmico y acústico. Se evaluaron propiedades higrotérmicas, acústicas, físicas y mecánicas de morteros de enlucido que contienen agregados de vidrio reciclado, caucho reciclado de neumáticos y residuos de corcho, comparándolos con un mortero cementoso común sin subproductos. Las pruebas realizadas revelaron varios beneficios técnicos al introducir estos subproductos en morteros cementosos comunes. La conductividad térmica se reduce a la mitad de los valores habituales de un mortero cementoso. Los morteros con vidrio reciclado y caucho reciclado presentan altas porosidades que no comprometen la resistencia a la compresión ni la absorción de agua. La introducción de estos subproductos no afecta el comportamiento acústico de una pared de ladrillo revocada con mortero común. A excepción del mortero con caucho reciclado, todos los morteros muestran un comportamiento aceptable frente a la exposición directa al fuego. Todos los morteros presentan una adhesión adecuada, sin signos de fisuración y con un patrón de fractura cohesiva. Todos los morteros, especialmente el de caucho reciclado, tienen una excelente resistencia al impacto, sin fisuras tras el impacto. La penetración controlada es aceptable para todos los morteros, y los de vidrio reciclado tienen un valor de penetración inferior, coherente con su mayor resistencia mecánica. Los morteros multifuncionales en general presentan una baja absorción de agua a baja presión, siendo el de caucho reciclado el de menor tasa de absorción, posiblemente debido a su menor diámetro medio de poro.

Colom et al. (2023) En este estudio proponemos un nuevo material compuesto por GTR (caucho de neumáticos reciclados) y un conglomerante, diseñado para funcionar como aislante acústico y térmico en ingeniería civil. Este aislante puede también incluir la estera de fibra presente en los neumáticos, un subproducto raramente considerado reciclable. Para comprender mejor el comportamiento aislante de estos materiales, se probaron cuatro modelos matemáticos y se compararon con los resultados experimentales de conductividad térmica. La modelización mostró una buena precisión, con desviaciones inferiores al 3%. Además, se realizó un análisis estadístico de los datos experimentales, revelando que el espesor del material es el parámetro que más influye en la conductividad térmica, con diferencias de hasta el 43%, mientras que el tamaño de partícula tiene un impacto menor, aproximadamente del 6%. En cuanto a las propiedades acústicas, se observaron diferentes efectos dependiendo del rango de frecuencia, siendo la densidad el factor más relevante. Del análisis matemático, estadístico y experimental se deduce que se lograrían buenas propiedades de aislamiento en materiales que sean de baja densidad, porosos, incluyendo la estera de fibra y de espesor considerable. Estos parámetros afectan la conductividad térmica, que varía entre 0,189 y 0,117 W/m·K, y el coeficiente de absorción acústica, que varía entre 0,06 y 0,6.

Marques et al. (2020) Esta investigación se centra en el estudio de tableros compuestos fabricados con materiales poliméricos que incorporan cáscara de arroz y gránulos de caucho reciclado, con el objetivo de determinar su capacidad para reducir vibraciones y mejorar el aislamiento acústico de impacto en los pisos de edificios. Se llevó a cabo un estudio experimental para analizar cómo la composición de la mezcla, la densidad y el grosor del tablero influyen en su rendimiento general. Inicialmente, se evaluaron los compuestos bajo carga estática de compresión. Posteriormente, se analizó su comportamiento frente a cargas dinámicas mediante pruebas de transmisibilidad en un rango de frecuencias de 20 a 200 Hz, utilizando cinco escenarios distintos de carga estática para determinar las curvas de rigidez de transferencia dinámica y transmisibilidad. Además, se evaluó experimentalmente la capacidad de los paneles compuestos para mejorar el aislamiento acústico de los suelos en cámaras acústicas verticales adyacentes, tanto como capa superior del sistema como parte de un suelo flotante, utilizando una losa delgada sobre la muestra ensayada. Los resultados indican que los compuestos elaborados con cáscara de

arroz y gránulos de caucho reciclado pueden contribuir a mitigar las vibraciones en soluciones constructivas. Se observó que las muestras más gruesas, con mayor contenido de caucho y densidad aparente menor, presentaron una mayor capacidad de aislamiento de vibraciones en una amplia gama de frecuencias. Además, se encontró que la combinación de cáscara de arroz y tablas de caucho puede mejorar el aislamiento acústico de los suelos, siendo los tableros compuestos con mayor contenido de caucho los más eficaces como revestimientos para pisos.

Acevedo-Sánchez, Villaquirán-Caicedo y Marmolejo-Rebellón (2023) El diseño del mortero de yeso se evaluó utilizando residuos de construcción y demolición (CDR). Usaron ladrillos de arcilla roja, mortero y agregados finos de concreto, y también usaron poliestireno expandido (EPS) reciclado como relleno liviano. Se preparó una mezcla compuesta que contenía 70% de agregado reciclado y 229.9% de matriz de cemento. Se realizaron pruebas para caracterizar las propiedades mecánicas, físicas, térmicas y acústicas. El mortero de yeso está clasificado para uso interior según la resistencia a la compresión. El mortero A7 mostró mejores resultados físicos y mecánicos y contenía 21% de EPS, 17,5% de residuos de ladrillo y 17,5% de residuos de mortero. La mezcla A4 tiene la conductividad térmica más baja con 0,12 W/m·K, lo que corresponde a una reducción del 79 % en comparación con el mortero comercial AC1. Además, se confirmó que las mezclas A4, A7 y A9 eran absorbentes a frecuencias de 2000 Hz y 4000 Hz, ya que las propiedades de absorción acústica mejoraron con la incorporación de EPS.

Ferrández et al. (2022) El objetivo de este estudio es analizar los morteros de yeso que incorporan residuos de construcción y demolición (RCD) para promover la sostenibilidad en el sector de la construcción. Se han agregado tres tipos de áridos (naturales, reciclados de hormigón y de paredes cerámicas) y dos tipos de residuos aislantes (poliestireno expandido con grafito y lana mineral) a la matriz de yeso para evaluar sus propiedades mecánicas y físicas, así como su idoneidad en la fabricación de materiales prefabricados. Los resultados muestran que los morteros de yeso elaborados con áridos reciclados exhiben una resistencia mecánica superior en comparación con los morteros de yeso convencionales que no contienen arena reciclada. La inclusión de residuos de lana mineral triturados mejora la resistencia a la flexión de los morteros de yeso y facilita su uso en la fabricación de paneles

prefabricados. Además, la inclusión de residuos de poliestireno expandido reduce la densidad final de los morteros, mejorando su resistencia a la absorción de agua y reduciendo la conductividad térmica del material de yeso.

Sambucci y Valente (2021) Este artículo aborda aspectos de sostenibilidad relacionados con el uso de partículas de caucho reciclado de neumáticos como agregados en morteros de cemento adaptados para procesos de Fabricación Aditiva (AM). Se investigó específicamente el efecto de estos agregados de caucho en las propiedades físicas y térmicas para evaluar el rendimiento de aislamiento térmico de los compuestos resultantes. La naturaleza ligera y no polar del caucho mejora el aislamiento térmico y las propiedades físico-estructurales del material, como la conductividad térmica, el peso unitario y la porosidad. Sin embargo, estos efectos están influenciados por el tamaño de las partículas y su adhesión a la matriz de cemento. En la segunda parte del estudio, se presenta la aplicación de compuestos de caucho-cemento mediante el diseño y análisis térmico basado en el método de elementos finitos (MEF) de ladrillos huecos innovadores. Se investigaron las cavidades fractales como una arquitectura interior funcional para mejorar el comportamiento térmico del componente. Los resultados del MEF muestran un aumento de más del 30% en la resistencia térmica (RT) para los ladrillos fractales en comparación con los diseños convencionales, lo que evidencia que la irregularidad geométrica de los agujeros es una característica clave en la atenuación del flujo térmico.

Valente et al. (2023) En este artículo se llevó a cabo un estudio experimental que incorporó agregados de caucho provenientes de neumáticos desechados y molidos de diferentes tamaños (0-1 mm y 1-3 mm) y niveles de reemplazo (50 v/v % y 100 v/v %) en una "Mezcla activada por álcalis más ecológica" diseñada para aplicaciones de impresión 3D. En primer lugar, el programa experimental incluyó la optimización de la reología del diseño de la mezcla y los parámetros de impresión para integrar con éxito los agregados de caucho en las mezclas imprimibles activadas con álcali. Posteriormente, se llevó a cabo una caracterización exhaustiva que comprendió pruebas mecánicas estáticas, análisis termomecánicos dinámicos, pruebas de conductividad térmica y mediciones de aislamiento acústico. La comparación con formulaciones idénticas de caucho a base de Portland diseñadas para la impresión 3D reveló una mejor isotropía mecánica, resistencia a la flexión, comportamiento

termomecánico, aislamiento térmico y aislamiento acústico de alta frecuencia para los compuestos activados por álcalis. Además, se investigó y discutió la influencia del tamaño del agregado de caucho en el comportamiento en estado fresco y endurecido de las mezclas. Manteniendo limitadas las pérdidas de resistencia mecánica, los compuestos de caucho diseñados en este estudio demostraron importantes propiedades de aislamiento térmico y acústico, lo que los hace deseables para aplicaciones de ahorro de energía en edificios. La investigación confirmó la viabilidad de utilizar agregados de residuos en aglutinantes con bajo contenido de carbono para aplicaciones sostenibles, livianas y termoacústicamente efectivas, estableciendo así un punto de partida atractivo para futuras investigaciones sobre la optimización de materiales con fines prácticos.

Bergmann Becker, Effting y Schackow (2022) En este estudio se examinaron las propiedades mecánicas, térmicas, microestructurales y acústicas de morteros de revestimiento ligeros optimizados. Se sustituyó parcialmente el árido fino por áridos alternativos aislantes, como aerogel de sílice, poliestireno expandido y vermiculita. Se investigaron diversos parámetros, como el índice de consistencia, el contenido de aire incorporado, la retención de agua, la resistencia a la compresión, la densidad de masa, la absorción de agua, el índice de huecos, la conductividad térmica, el análisis de microestructura SEM y la absorción acústica. Como estudio de caso, se calcularon los parámetros de resistencia térmica para diferentes zonas bioclimáticas brasileñas, considerando dos sistemas de mampostería de ladrillo cerámico. Se observó que el aerogel de sílice redujo la conductividad térmica del mortero hasta en un 60% (53% para EPS, 48% para vermiculita) y permitió reducir el espesor del recubrimiento de 3,4 cm a 1,4 cm manteniendo el mismo rendimiento térmico. El análisis microestructural sugiere una reacción química entre la sílice del aerogel y la solución de poros del mortero de cemento, formando un gel C-S-H con una baja relación Ca/Si. El mortero de EPS mostró el mejor rendimiento en aislamiento acústico, mientras que el mortero de aerogel de sílice exhibió el menor rendimiento en este aspecto.

Ouakarrouch et al. (2022) El objetivo principal de este trabajo es desarrollar y caracterizar nuevos compuestos ecológicos a partir de residuos de cartón y fibras naturales desechadas (Sureste, Marruecos), con el fin de fabricar paneles aislantes termoacústicos locales. Se prepararon 25 muestras mezclando un 60% de residuos de cartón y un 40% de diferentes fibras vegetales (carrizo, fibra de esparto, higuera y

olivo). El análisis morfológico de las fibras se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), mientras que las propiedades físicas, térmicas y acústicas de las muestras se midieron experimentalmente utilizando métodos estándar. Los resultados experimentales demostraron que todos los nuevos compuestos tienen mejores prestaciones térmicas y acústicas, comparables a las de los materiales aislantes sintéticos. La densidad, la conductividad térmica, la difusividad térmica y el coeficiente de absorción acústica de estos compuestos estaban en el rango de 278,6 a 343,8 kg/m<sup>3</sup>; 0,072–0,10 W/m·K; 1254,5–1807,5 J/kg·K; 0,4–0,8, respectivamente. Por lo tanto, los subproductos recuperados en este estudio se presentan como buenos candidatos para el desarrollo de materiales aislantes locales con propiedades útiles para aplicaciones de aislamiento térmico y acústico en edificaciones. Además, ofrecen beneficios como bajo impacto ambiental, bajo costo y competencia con materiales aislantes sintéticos comercializados.

Valente et al. (2020) El artículo propone una extensa investigación sobre nuevos morteros de caucho-cemento adecuados para tecnologías de Fabricación Aditiva. En primer lugar, se estudiaron las propiedades físico-mecánicas de mezclas cauchutadas imprimibles, donde se sustituyó totalmente la arena por dos fracciones de caucho granulado de neumáticos. La presencia del doble tamaño de grano del polímero en la mezcla asegura una menor pérdida de resistencia mecánica en comparación con el material cementoso puro, manteniendo satisfactorias las propiedades de deformabilidad, tenacidad y porosidad. Además, la fabricación digital proporciona una reología de la mezcla y un proceso de deposición que garantiza un material más compacto y homogéneo con mayores propiedades de resistencia mecánica que las muestras fundidas. Sin embargo, las investigaciones futuras se centrarán en optimizar estos compuestos cementosos en términos de aumentar la compatibilidad caucho-cemento. Además, se informó sobre una posible aplicación en la construcción de estas mezclas como ladrillos huecos funcionales. Se realizó un análisis mecánico basado en el Método de Elementos Finitos (FEM) para evaluar el rendimiento mecánico de diferentes diseños internos. Los agujeros en forma de "panal" parecen proporcionar la mejor funcionalidad en términos de propiedades mecánicas (como lo confirman los resultados FEM) y rendimiento termoacústico (como se deduce de los estudios de la literatura). La compatibilidad entre compuestos cauchutados y AM permitirá realizar más estudios sobre ingeniería de geometrías atractivas, para obtener elementos

"bifuncionales", donde se produce un efecto sinérgico entre las propiedades del material y la funcionalidad topológica.

Marques et al. (2020) En este estudio se han desarrollado y caracterizado materiales compuestos innovadores a partir de polímeros elaborados con cáscaras de arroz y subproductos de corcho expandido. Inicialmente, se investigaron por separado las propiedades de las cáscaras de arroz y los gránulos de corcho expandido, como la conductividad térmica, la resistencia al vapor de agua, la estabilidad térmica y la capacidad calorífica específica. Luego, se formularon diversas mezclas compuestas y se evaluaron los tableros resultantes en términos de sus propiedades mecánicas, higrotérmicas y acústicas. También se analizó la influencia de las diferentes proporciones de mezcla y densidades compuestas en el rendimiento general. Los resultados experimentales sugieren que un mayor contenido de cáscaras de arroz puede mejorar el rendimiento acústico, mientras que la incorporación de gránulos de corcho expandido en las formulaciones compuestas ayuda a reducir la conductividad térmica y mejorar el comportamiento mecánico. Se evaluó la aplicabilidad de estos compuestos en sistemas constructivos como muros y pisos, seleccionando las formulaciones compuestas más adecuadas mediante un análisis multicriterio. Luego, se evaluó el rendimiento térmico estático y dinámico proporcionado por las soluciones constructivas que incluían los materiales compuestos seleccionados. Los resultados sugieren que las soluciones constructivas basadas en estos materiales compuestos pueden ser útiles en edificaciones, contribuyendo así a la reducción del consumo energético durante la vida útil de los edificios.

Sambucci, Marini y Valente (2020) Esta investigación se enfocó en la utilización de caucho triturado de neumáticos con diferentes tamaños de partículas como sustituto de los áridos minerales en una mezcla base de cemento apta para Fabricación Aditiva mediante extrusión. Lo innovador de este estudio radica en el uso de dos tipos de partículas de GTR y la capacidad de aplicar mezclas cauchutadas en tecnologías de fabricación avanzadas. Esta estrategia busca obtener áridos cementosos que puedan cumplir con ciertos requisitos tecnológico-ingenieros, como ligereza, aislamiento térmico-acústico, capacidad de disipación de energía y durabilidad, además de ser ambientalmente sostenibles. La integración de neumáticos desechados en materiales a base de cemento representa una prometedora solución para la reutilización y el reciclaje de residuos industriales. Asimismo, este enfoque podría conducir a una

significativa reducción en el uso de recursos naturales, como arena, agua y áridos minerales gruesos, necesarios para la producción de materiales de construcción. El objetivo de la investigación fue examinar el efecto de reemplazar la arena por GTR en ciertas propiedades físico-químicas de las mezclas, como porosidad permeable, humedad superficial y absorción de agua, las cuales están estrechamente relacionadas con la durabilidad del material. Además, se evaluó el papel del caucho en las propiedades de impresión del material fresco. Se encontró que la adición de rellenos de GTR no afecta las propiedades reológicas del material cementoso, y este se extruyó adecuadamente con una calidad de impresión mejorada en comparación con la mezcla de referencia. En cuanto a la caracterización físico-química, se observó que la sinergia entre el polvo y los gránulos de GTR promueve una buena compactación de la mezcla, dificulta la propagación de grietas en la matriz del cemento, reduce la porosidad permeable, mejora la hidrofobicidad de la superficie y mantiene una permeabilidad óptima al agua.

Como **teorías relacionadas al tema** tenemos, el mortero estará compuesto por una combinación de aglomerantes y agregado fino, a la cual se le incorporará la cantidad máxima de agua necesaria para lograr una mezcla manejable, adhesiva y sin segregación del agregado. Al elaborar el mortero destinado a proyectos de albañilería, se considerarán las indicaciones señaladas en la NTP. (Norma Técnica E0.70, 2019) Se describe al caucho reciclado como una sustancia con propiedades como elasticidad, impermeabilidad y resistencia eléctrica. Esta sustancia se produce a partir del líquido lechoso de algunas plantas tropicales y también puede obtenerse a partir del látex del árbol conocido como castilla. (Fang, Zhan y Wang, 2001)



Figura 1. Caucho triturado  
Fuente: <https://gtaambiental.com/ventajas-reciclaje-llantas/>

El caucho natural se deriva de las emulsiones lechosas presentes en algunas plantas, como el árbol de caucho. El látex, que es la sustancia inicial extraída de la planta, experimenta un proceso químico posterior que conduce a la formación del caucho. El látex es una suspensión que contiene diminutas partículas de caucho; esta suspensión se diluye y coagula para generar ácido fórmico.



Figura 2. Caucho natural

Fuente:<https://www.comunicarseweb.com/noticia/lanzan-la-plataforma-global-para-el-caucho-natural-sostenible>

En contraste, el caucho artificial, conocido como caucho sintético, se componen de manera industrial o artificial mediante elastómeros derivados de los procesos de hidrocarburos. Estos elastómeros producen materiales capaces de experimentar deformaciones elásticas y luego retornar a su forma original. Los cauchos sintéticos constituyen el 70% de la producción mundial de caucho, siendo el estireno-butadieno uno de los tipos más comunes y ampliamente utilizados.

La finalidad de la reutilización de neumáticos es proporcionar nuevos propósitos a los neumáticos previamente utilizados, ya sea en su totalidad o utilizando partes de ellos, como la banda de rodamiento. Un ejemplo de esto sería la práctica de reencauchar neumáticos, que implica aplicar una nueva banda de rodamiento para devolverles utilidad en vehículos. Además, se exploran diversas aplicaciones, como la creación de áreas de juego infantiles, la protección de muelles, embarcaciones y rompeolas, así como su uso en pistas de carreras y aplicaciones agrícolas para la retención de agua, entre otros.

Las componentes de la llanta incluyen el talón, revestimiento interno, carcasa, banda de rodadura, flanco, caucho natural, caucho sintético, acero, materiales textiles y antioxidantes. Estos neumáticos, empleados en la producción de caucho reciclado

triturado, son aquellos que han completado su ciclo de vida y uso en diversos tipos de vehículos.

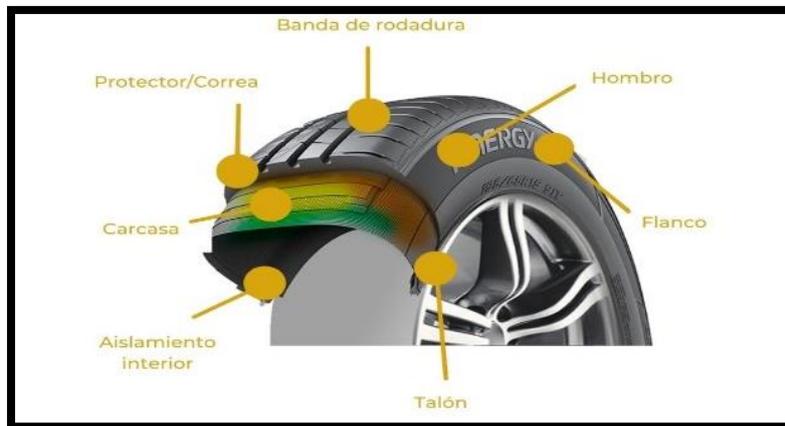


Figura 3. partes de una llanta

Fuente: <https://www.neomatique.es/blog/que-componentes-tiene-el-neumatico>

La trituración mecánica del caucho de llantas recicladas es un método para recuperar y reutilizar neumáticos que ya no están en uso. Este proceso de trituración mecánica se lleva a cabo con el objetivo de obtener productos libres de impurezas, facilitando su posterior utilización. Adicionalmente, favorece la eficiente reacción entre los aditivos químicos y los agentes de expansión con la estructura vulcanizada, provocando la separación de las fibras de acero, textiles y otros elementos metálicos, quedando un 65% de volumen de caucho, del total del neumático, lo cual será triturado posteriormente y obtendrá diferentes granulometrías.



Figura 4. trituradora de neumáticos

Fuente: <https://ecogreenequipment.com/wp-content/uploads/2020/04/tire-shredding-1.png>

Revestimiento de muros: El mortero, o más precisamente, los diversos tipos de morteros disponibles, son mezclas compuestas por varios elementos en proporciones

distintas. Los ingredientes más comunes incluyen cemento, cal, arena y agua, aunque hay muchos otros posibles.

En el ámbito de la construcción, la función principal del mortero es revestir muros contruidos con ladrillo, piedra o bloque. Este revestimiento, que generalmente se aplica en múltiples capas, desempeña diversas funciones, como proporcionar cohesión estructural a la pared, facilitar el aparejo y, en el caso de muros exteriores y fachadas, a menudo actúa como la última capa (Jr y Faro, 2017).



Figura 5. Revestimiento de muros

Fuente: <https://www.bricopared.com/2020/10/07/revestimiento-de-muros-exteriores-enfoscado-y-revoco/>

El Impacto del caucho reciclado en la construcción (Arroyave, Restrepo y Vásquez, 2017). El reutilizo de caucho reciclado emerge como una alternativa valiosa en la formulación de aceras y hormigón para infraestructura y construcción de edificios. Incorporación del caucho residual a estas aplicaciones no solo conlleva beneficios ambientales y económicos, como se ha mencionado anteriormente, sino que también introduce mejoras técnicas notables en dichos productos. Entre estas mejoras se destacan un aumento en su capacidad de resistir al impacto y la fatiga. No obstante, es importante señalar que este enfoque puede ocasionar cierta pérdida de propiedades como módulo de elasticidad o resistencia a la compresión.

La **hipótesis general** de esta investigación es El caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento termoacústico en Lima, 2023, así como las hipótesis específicas son, El caucho reciclado afecta en la resistencia a compresión del mortero Lima, 2023, El caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023 y El caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023.

## II. METODOLOGÍA

**Tipo, enfoque y diseño de la investigación:** La investigación realizada tiene un enfoque aplicado, por tal motivo busca generar contribuciones innovadoras a la sociedad al explorar nuevas opciones para abordar los problemas existentes. Por esta razón, se valora esta propuesta como la alternativa más efectiva en comparación con la utilización de caucho reciclado para mejorar el aislamiento termoacústico (Gersbach, Sorger y Amon, 2018) Por lo tanto, la investigación presentada es de tipo aplicada, ya que aborda la problemática perjudicial de los valores termoacústicos en viviendas. En consecuencia, se incorporarán partículas trituradas de caucho reciclado de neumáticos con el objetivo de mejorar de manera significativa las resistencias térmicas, acústicas y de absorción. El enfoque, en cuanto a los enfoques cuantitativos se fundamenta al desarrollo vinculada al tema, lo que resulta en la construcción de un marco teórico que orienta la investigación. A causa de estas revisiones, se formula la hipótesis que se someten a prueba con el objetivo de validar la precisión de la investigación. Este método emplea herramientas estadísticas analíticas. (Manterola, et al., 2019). Así mismo La naturaleza de este estudio es cuantitativa, dado que se llevaron a cabo experimentos en un entorno de laboratorio con el propósito de recopilar datos numéricos. Estos datos fueron posteriormente analizados para corroborar las hipótesis planteadas. El Diseño de investigación. La metodología experimental constituye un enfoque estadístico que facilita la identificación y cuantificación de las causas de un efecto experimental. Este tipo de diseño, se manipulan conscientemente una o más variables asociadas a las causas con el fin de evaluar su influencia en otra variable de interés. La investigación en el diseño cuasi - experimental implica la selección de conjuntos de variables de comprobación sin la necesidad de hacer una selección o preselección variada. (Hernández Sampieri y Mendoza, 2018, p.173). por lo tanto, esta investigación se clasificará como cuasiexperimental, dado que, el tarrajeo se llevará a cabo de dos maneras, las cuales serán en grupos predefinidos antes de los ensayos. Las investigaciones vinculadas se basan en la premisa que sugiere relaciones entre dos o más variables. Así, este estudio cobra importancia al investigar cómo la adición de caucho triturado al mortero impacta en las propiedades termoacústicas de este material.

**VARIABLES/CATEGORÍAS:** La variable se define como una característica o atributo de un fenómeno que puede ser modificado, medido y calibrado, presentando la capacidad de adquirir diversos valores. La operacionalización de las variables implica descomponer la estructura hipotética, dividiendo las variables en dimensiones que luego se consideran como indicadores observables y medibles de manera abierta. (Espinoza, 2018). Así también (Peláez, Velazques y Giraldo, 2017) indican que, en el proceso de reciclaje del caucho, es importante considerar que los productos hechos con este material se crean al combinar elastómeros con aditivos orgánicos, agentes vulcanizantes y cargas minerales en forma de partículas finas. Dado que la reacción de vulcanización es térmicamente irreversible, la trituración mecánica se vuelve necesaria para llevar a cabo el reciclaje de los cauchos.

**Población y muestra:** Se refiere a población un grupo específico y bien definido de casos con límites bien definidos y fácil acceso. Este grupo de casos sirve como base para seleccionar la muestra y debe cumplir con todos los criterios predefinidos. (Arias y Villasís y Novales, 2016). La población estudiada estuvo representada por cinco prototipos de vivienda escala 1:10 construidos sobre la base de casas tradicionales de ladrillo de la ciudad de Lima, utilizando como material alternativo caucho en polvo en diferentes proporciones, enlucidos por fuera y por dentro con mortero que contiene. Para agregado fino. **Criterio de inclusión:** Los prototipos a escala 1/10 tendrán medidas de 30cm (altura), 40cm (ancho) y 40cm (largo) estas son sus dimensiones respectivamente, según lo establecido el prototipo A será con el tarrajeo patrón, el prototipo B se le adicionará caucho pulverizado en un 25%, el prototipo C se le adicionará caucho pulverizado en un 30%, el prototipo D se le adicionará caucho pulverizado en un 35%, como reemplazo del agregado fino. **Criterio de exclusión:** Los prototipos a escala 1/10 serán de 1.5 cm de espesor, reforzado con una malla de acero, sus componentes tendrán el caucho pulverizado, de no cumplir con la norma técnica E.070 de albañilería, en cuanto a la dosificación de cemento, arena y agua; no se seleccionarán para la evaluación de la investigación. La muestra Corresponde al conjunto de personas o elementos sobre los cuales se busca adquirir datos en el marco de una investigación (López, 2004). La muestra para la investigación comprenderá la totalidad de la población y estará compuesta por 24 cubos de mortero modificado que se someterán a pruebas de resistencia a la compresión, con las siguientes características: Se fabricarán cilindros para someter al ensayo de

compresión y sus dimensiones serán de 5 (cm) de diámetro y 5 cm de altura, conforme a la norma técnica peruana NTP 334-051. Luego se construirán cuatro maquetas a una escala de 1/10 que simularán una vivienda típica, aplicando una proporción de 1:4 para el revestimiento, con el propósito de medir la temperatura y evaluar el aislamiento acústico en decibeles. Mencionando que los porcentajes de caucho pulverizado agregado serán del 0%, 25%, 30% y 35% en relación al volumen del agregado fino en m<sup>3</sup>. El muestro de esta investigación es se basa en el no probabilístico por conveniencia, ya que se seleccionará el producto más práctico identificado en muestras que sigan diseños compatibles con los porcentajes (15% y 30%) de adición de caucho pulverizado en el mortero para tarrajeo. La unidad de análisis de esta investigación serán prototipos de viviendas que se tarrajearan con caucho pulverizado tienen una medida de 30cm de altura, 40cm de ancho y 40cm de largo en relación a sus dimensiones respectivamente con el prototipo patrón 0%, Y posteriormente adicionando caucho pulverizado al 25%, 30% y 35% en función a su dosificación según la norma E.070.

**Técnicas e instrumentos de recolección de datos:** la técnica es la evaluación de una variable implica el uso de diversas técnicas, como entrevistas, observación, revisión documental, encuestas, sociometría y sesiones en profundidad. Asimismo, se requiere de instrumentos como cuestionarios, pruebas, evaluaciones de conocimiento, guías de entrevistas, guías de observación, pruebas sociométricas, entre otros, que posibiliten al investigador obtener la información esencial para su estudio. (Useche, Queipo, Perozo, 2019) Así, la técnica seleccionada para este estudio consistirá en la observación directa. Se procederá a la aplicación gradual de diversos porcentajes de caucho pulverizado al mortero, con el fin de revestir los prototipos de viviendas y evaluar sus propiedades termoacústicas después de 5 días. De este modo, se busca entender el impacto del uso de morteros con caucho reciclado en la mejora del aislamiento termoacústico, y también medir la resistencia. Instrumento de recolección de datos para realizar la medición de ensayos, se llevarán a cabo directamente en laboratorios, utilizando las normas técnicas NTP y ASTM. Se compararán los resultados obtenidos con los del mortero convencional, conforme a las especificaciones técnicas.

**Métodos para el análisis de datos:** Es la interpretación de datos mediante un proceso analítico interrelacionado, donde se emplearán las observaciones de la

encuesta inicial. Esto indica que los datos se manejarán de manera informativa. La encuesta plantea la pregunta sobre el uso de hojas de cálculo (Excel), donde se generarán gráficas y tablas que revelarán hallazgos de investigación. Se proponen tipos de análisis descriptivo, en los cuales se examinarán estadísticas observadas junto con sus respectivas desviaciones estándar. Además, se aplicará un análisis inferencial para determinar contraposiciones hipotéticas, utilizando la estadística ANOVA. Este método hace referencia a la desviación estándar basada en la evaluación de los ensayos obtenidos en el laboratorio.

**Aspectos éticos:** En el transcurso de esta investigación, con el objetivo de garantizar resultados apropiados, se ha llevado a cabo de manera transparente y clara. Se seguirá con la Normal Iso690 que presento la universidad para poder realizar nuestras referencias textuales, respaldadas por derechos de autor, que se basarán en fuentes de investigación válidas como auditorías, artículos científicos, entre otros. Con el propósito de citar de una manera adecuada, respetando cada parámetro establecido, se incorporarán las normas NTP y ASTM. Además, se los instrumentos de prueba de la plataforma Turnitin para para poder evaluar los porcentajes de plagio. Este enfoque se adopta con el compromiso de preservar la validez y confiabilidad que se obtendrán los datos del laboratorio.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Ensayos de las propiedades físicas de los agregados

##### 3.1.1. Granulometría de la arena fina

Para empezar los ensayos el primer paso fue realizar la granulometría a nuestros agregados, con el fin de determinar el tamaño de las partículas de las muestras, como se observa en la figura 6, se hizo el pesado de la muestra a ensayar.

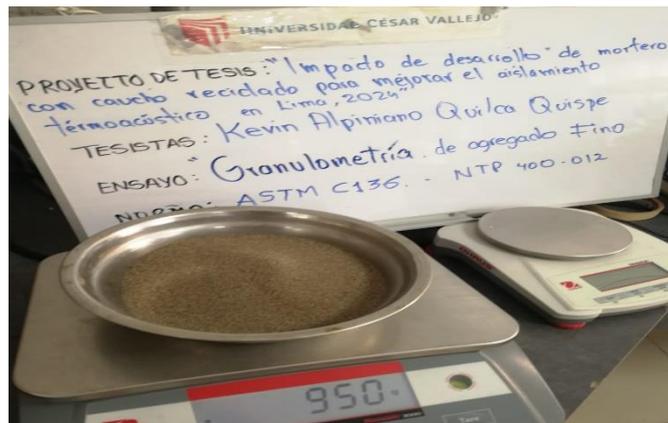


Figura 6. Muestra de la arena fina  
Fuente: Propia

Posteriormente se hizo el vaciado de la muestra en los tamices para realizar el proceso de granulometría por tamizado, podemos ver en la figura 7 los tamices utilizados.



Figura 7. Vaciado en tamices  
Fuente: propia

Seguidamente podemos apreciar en la siguiente tabla los datos obtenidos del tamizado de nuestra arena fina.

Tabla 1. Granulometría de la arena fina

Malla	Tamiz (mm)	% que pasa
3/8	9,53	100.0
N° 4	4,75	100.0
N° 8	2,36	100.0
N° 16	1,18	100.0
N° 30	0,600	54.5
N° 50	0,300	25.7
N° 70	0,212	9.1
N° 80	0,180	3.7
N° 100	0,150	1.3
N° 200	0,075	0

Luego de obtener los resultados de la granulometría de la arena fina, se representa en la siguiente curva granulométrica donde nuestra granulometría está dentro de los límites máximos y mínimos permitidos. Ver la figura 8.

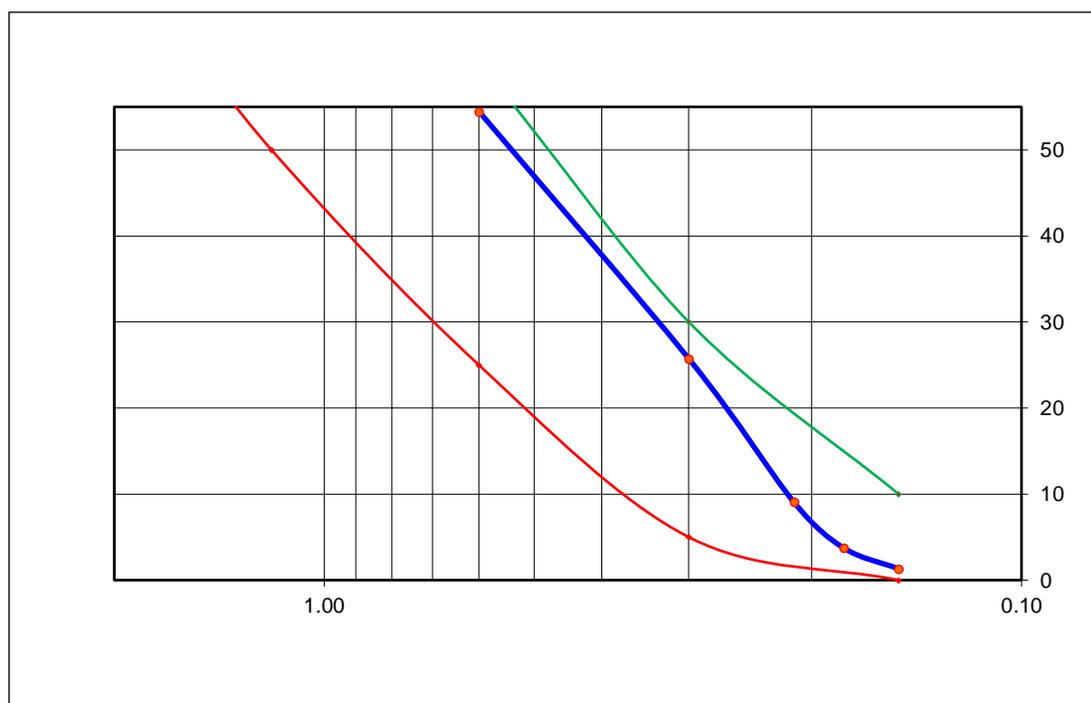


Figura 8. Curva granulométrica de la arena fina

### 3.1.2. Granulometría del caucho reciclado

Para esta investigación se estableció que era apropiado utilizar partículas de caucho en el rango de 0-1 mm (fino) para el propósito de la presente tesis. En consecuencia, se optó por incorporar tamaños de partículas de caucho dentro de este rango en las diversas mezclas, debido a su excelente capacidad de adherencia con otros materiales y así buscar la resistencia termoacústica.



Figura 9. Muestra de caucho fino (0 a 1mm)

El caucho utilizado en esta investigación es un caucho con similares características de la arena fina, lo que vendría a considerarse como un caucho fino y este se consigue mediante la trituración mecánica de este material, el caucho fino lo podemos observar en la figura 9.

Se procedió a realizar la granulometría del caucho llevando la muestra al laboratorio de mecánica de suelos. Los resultados obtenidos de este análisis se detallan en la tabla N°2, que muestra la distribución de tamaños del caucho fino utilizado en las muestras.

Tabla 2. Granulometría del caucho

Malla	Tamiz (mm)	% que pasa
3/8	9,53	100.0
N° 4	4,75	100.0
N° 8	2,36	100.0
N° 16	1,18	100.0
N° 30	0,600	57.4
N° 50	0,300	28.7
N° 70	0,212	16.5
N° 80	0,180	7.2
N° 100	0,150	1.7
N° 200	0,075	0.0

Luego de obtener los resultados de la granulometría del caucho, se representa en la siguiente curva granulométrica en la figura 10. Estos datos nos muestran que las partículas son casi en su totalidad del diámetro que se está buscando en esta investigación y nuestra granulometría está dentro de los límites máximos y mínimos permitidos

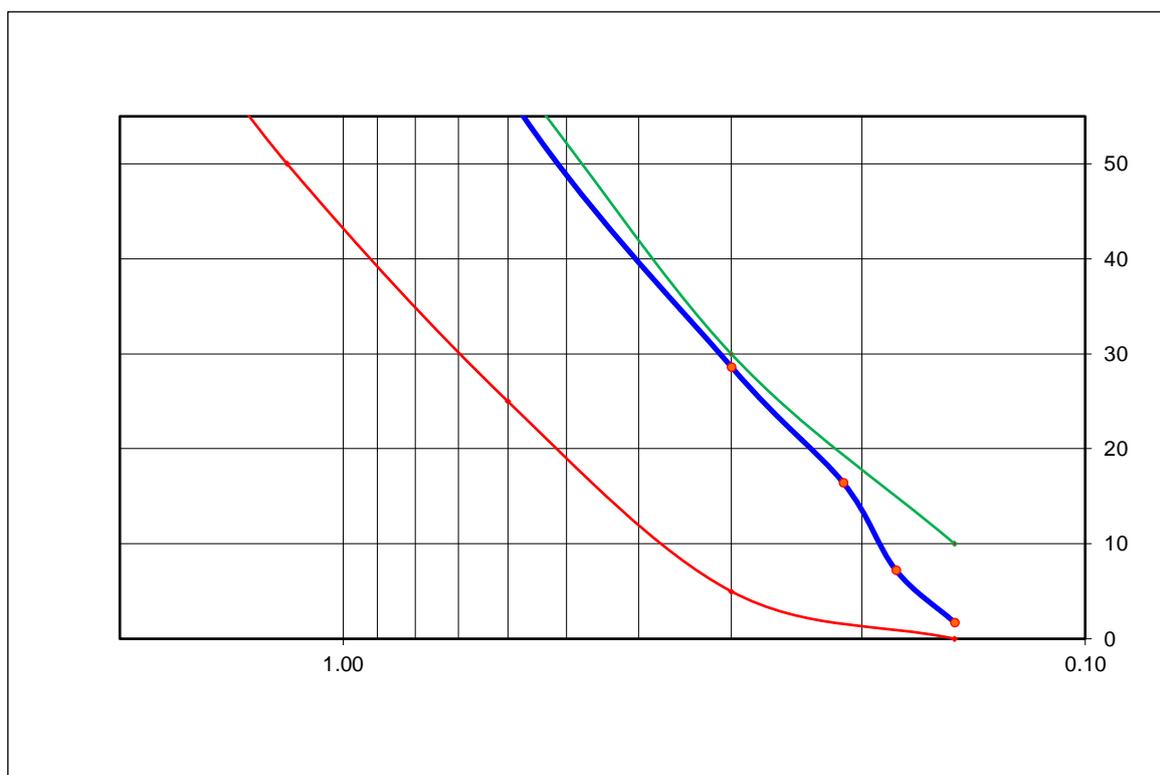


Figura 10. Curva granulométrica del caucho fino

### 3.2. Resistencia a la compresión

Este ensayo se realizará a 4 tipos de muestras de morteros, donde un grupo de 3 muestras serán del mortero patrón, y los demás grupos de 3 serán para el mortero con 15%, 20% y 25% en remplazo del agregado fino, en la siguiente tabla N° 3, observamos las diferentes variaciones de moteros que se utilizarán en esta investigación.

*Tabla 3. Tipos de mortero*

<b>Porcentajes</b>	<b>Morteros</b>
Caucho R 0%	Mortero patrón
Caucho R 25%	Mortero con 25% de sustitución de caucho
Caucho R 30%	Mortero con 30% de sustitución de caucho
Caucho R 35%	Mortero con 35% de sustitución de caucho

Fuente: Propia

#### 3.2.1. Probetas de mortero dosificación

Si el interior es enlucido es necesario el uso de andamios; se requiere andamio simple para alturas de hasta 4 metros, y andamio doble para alturas de 6 metros y 9 metros. El mortero utilizado debe ser una parte de cemento por tres partes de arena. Antes de aplicar el revestimiento, se debe preparar adecuadamente la superficie. Según la norma técnica peruana NTP 339.104, la mezcla de mortero para revoques se compone de 3 partes de arena y 1 parte de cemento, pero esto puede variar según la situación. La NTP 334.051 especifica diferentes proporciones de mortero para mampostería de ladrillo (1:4) y mampostería de bloques (1:5). La norma NTP 339.104 establece los requisitos mínimos para asegurar la calidad y durabilidad del mortero de yeso, incluyendo la relación agua-cemento (0.55 o menos), tipos de materiales permitidos y métodos de preparación y aplicación. La norma NTP 334.051 brinda especificaciones para la dosificación, preparación y aplicación de mortero en revestimientos, recomendando una proporción de 1:4 para superficies internas y 1:3 para superficies externas. El agua utilizada debe ser potable y la mezcla debe ser homogénea con un tiempo mínimo de mezclado de 3 minutos. Para garantizar la calidad del trabajo, el mortero aplicado debe curarse durante al menos 7 días manteniendo la superficie húmeda.

A continuación, en la figura 11 se aprecia el flujograma de elaboración del tarrajeo.

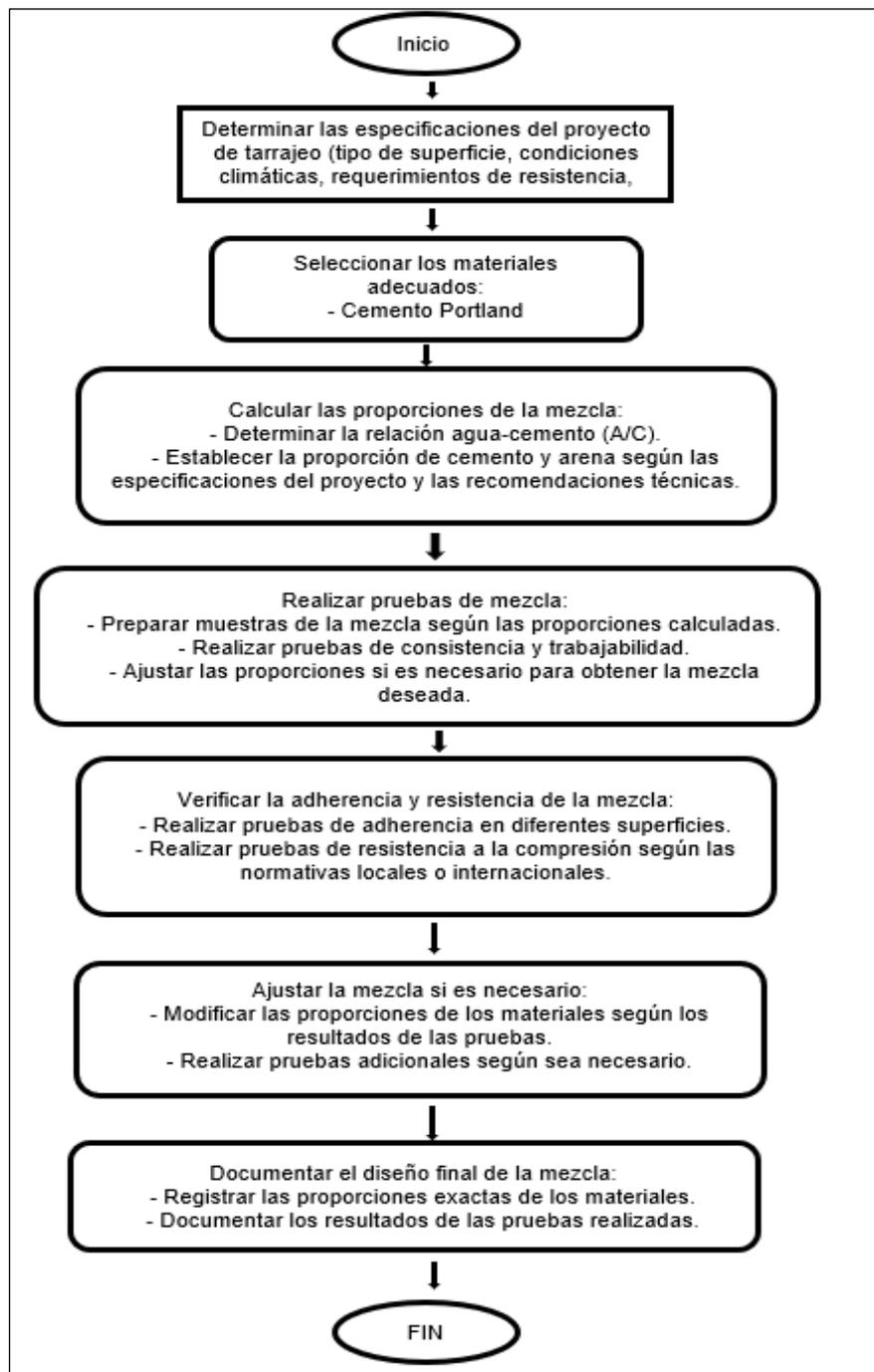


Figura 11. Flujograma de proceso del diseño de tarrajeo

Seguidamente determinamos la resistencia a la compresión tomando como referencia la NTP 334.051 para dosificación del mortero patrón, el cual se presenta en la siguiente tabla 4.

*Tabla 4. Dosificación de la mezcla del mortero*

	<b>Agua (g)</b>	<b>Cemento (g)</b>	<b>Arena Fina (g)</b>
<b>Masa</b>	40	83	229
<b>Proporción</b>	0.485	1	2.75

Fuente: NTP 334.051

Tomando en cuenta las consideraciones de la NTP 334.051 se realizó las dosificaciones para los morteros con y sin adición de caucho fino reciclado, este último se utilizará como remplazo de la arena fina en distintos porcentajes ya mencionados con anterioridad. En la tabla 5 presentamos la cantidad de material necesario para realizar las mezclas.

*Tabla 5. Cálculo de cantidad de materiales para probetas*

<b>MORTEROS</b>	<b>AGUA (g)</b>	<b>CEMENTO (g)</b>	<b>ARENA FINA (g)</b>	<b>CAUCHO (g)</b>
<b>MORTERO PATRÓN</b>	132	300	750	0
<b>MORTERO CON 25% DE CAUCHO</b>	132	300	563	188
<b>MORTERO CON 30% DE CAUCHO</b>	132	300	525	225
<b>MORTERO CON 35% DE CAUCHO</b>	132	300	488	263

### **3.2.2. Proceso de elaboración de las probetas de mortero**

Después de obtener la cantidad precisa de los ingredientes del mortero, se procede con su preparación para someterlo a pruebas a los 14 y 28 días. Para garantizar la precisión, se pesan los materiales utilizando una balanza de precisión, asegurando así la exactitud en la elaboración de cada mezcla de mortero. La figura N°12 ilustra los materiales empleados en la preparación de las probetas.



Figura 12. Materiales requeridos para elaborar las probetas de mortero

Seguidamente se realizó el mesclado de materiales hasta obtener una contextura homogénea con todos los insumos añadidos, como se ve en la figura N° 13.



Figura 13. unificación de materiales

Luego se hizo el recojo del mortero para llevarlas y hacer el vaciado en las probetas como se aprecia en la figura N° 14.



Figura 14. Recojo del mortero

Los ingredientes se combinan en un recipiente y luego se vierten en un molde diseñado para obtener las probetas. Este proceso resulta en la formación de 24 probetas de mortero, cada una con dimensiones de 5 cm por lado, conforme a lo especificado en la norma NTP 334. 051. Véase la figura N° 15.



Figura 15. Vaciado de mortero en las probetas

Por último, se llevó al curado donde permanecerán sumergidas hasta los días especificados en la investigación para desarrollar los ensayos de compresión de estas probetas de mortero, en la figura 16 se observa el curado de las mismas.



Figura 16. Curado de probetas de mortero

### 3.2.3. Ensayo de resistencia a la compresión de probetas

Tabla 6. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión 14 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	EDAD	DIÁMETRO (mm)	MÁXIMA CARGA KG	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón	14	5.1	995	20.43	48.71
Patrón	14	5.1	1045	20.43	51.15
Patrón	14	5.1	1080	20.43	52.87
Patrón + 25% caucho	14	5.1	990	20.43	48.46
Patrón + 25% caucho	14	5.2	840	21.24	39.55
Patrón + 25% caucho	14	5	905	19.63	46.09
Patrón + 30% caucho	14	5	550	19.63	28.01
Patrón + 30% caucho	14	5	430	19.63	21.90
Patrón + 30% caucho	14	5.1	585	20.43	28.64
Patrón + 35% caucho	14	5	280	19.63	14.26
Patrón + 35% caucho	14	5	295	19.63	15.02
Patrón + 35% caucho	14	5	315	19.63	16.04

Fuente: propia



Figura 17. Rotura de probetas de mortero a los 14 días

Llegado los 14 días de curado de las probetas, se realizó el ensayo de rotura a compresión mostrándonos los resultados representados en la tabla 6, previamente se pudo verificar que las probetas tenían pesos diferentes en relación a los porcentajes utilizados, mientras se incrementaba el porcentaje de caucho el peso de las probetas

iba reduciendo, dándonos a entender que el mortero con caucho es un mortero más ligero. Se adjunta algunas figuras del pesado de las probetas.



Figura 18. Peso de probeta de mortero patrón



Figura 19. Peso de probeta de mortero con 25% de caucho



Figura 20. Peso de probeta de mortero con 30% de caucho



Figura 21. Peso de probeta de mortero con 35% de caucho

Tabla 7. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión 28 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	EDAD	DIÁMETRO (mm)	MÁXIMA CARGA KG	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón	28	5.1	1120	20.43	54.83
Patrón	28	5.1	1180	20.43	57.76
Patrón	28	5.1	1140	20.43	55.81
Patrón + 25% caucho	28	5.1	995	20.43	48.71
Patrón + 25% caucho	28	5.2	965	21.24	45.44
Patrón + 25% caucho	28	5	925	19.63	47.11
Patrón + 30% caucho	28	5	570	19.63	29.03
Patrón + 30% caucho	28	5	590	19.63	30.05
Patrón + 30% caucho	28	5.1	530	20.43	25.94
Patrón + 35% caucho	28	5	480	19.63	24.45
Patrón + 35% caucho	28	5	506	19.63	25.77
Patrón + 35% caucho	28	5	519	19.63	26.43

Fuente: propia

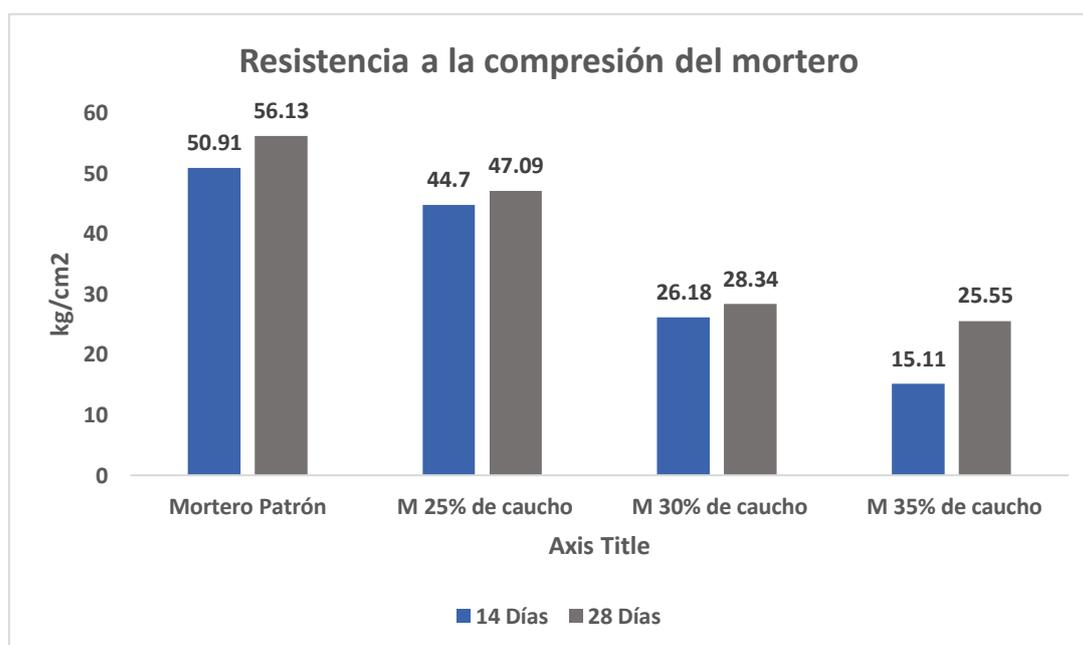


Figura 22. Promedios de resistencia a compresión de los morteros

Según lo observado en la figura 22, podemos apreciar que existe una reducción de la resistencia a la compresión en los morteros con caucho a comparación del mortero patrón. No obstante, podemos ver que los resultados que se han obtenido a los 28 días cumplen con la resistencia dentro del rango que establece la norma ASTM 270 por lo cual se nos permite clasificar el tipo de mortero según la resistencia obtenida.

Seguidamente se hace mención que esta investigación se ha diseñado las probetas para un mortero tipo O, con lo cual observamos que el mortero a los 28 días ha logrado una resistencia de 56.13 kg/cm<sup>2</sup>, los morteros con 25%, 30% y 35% de manera respectiva tuvieron una resistencia de 47.09 kg/cm<sup>2</sup>, 28.34 kg/cm<sup>2</sup> y 25.55 kg/cm<sup>2</sup>. Entonces podemos decir que los morteros con las adiciones de caucho planteadas en esta investigación pueden utilizarse para el revestimiento por tener una resistencia que cumple con la resistencia mínima para que sea clasificado como mortero tipo O. Así mismo podemos ver que la relación que tienen el porcentaje de caucho con la resistencia es indirectamente proporcional, es decir en mayor porcentaje de caucho la resistencia a compresión disminuye.

*Tabla 8. Tipo de mortero según la resistencia a la compresión*

MORTERO	TIPO	Resistencia a la compresión promedio a 28 días	
		MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
MORTERO DE MAMPOSTERÍA	M	17.2	175
	S	12.4	125
	N	5.2	50
	O	2.4	25

Fuente: ASTM-270

Cuando se hablamos de mortero de mampostería tipo "O" en el contexto se hace referencia a un tipo específico de mortero utilizado para unir unidades de mampostería. La designación "tipo O" se refiere a la resistencia y las proporciones de los materiales que componen el mortero.

El mortero de mampostería tipo O se caracteriza generalmente por tener una resistencia a la compresión relativamente baja, lo que significa que no es tan fuerte como otros tipos de mortero. Por lo general, se utiliza en aplicaciones donde la fuerza estructural no es una preocupación primordial, como en muros de mampostería no estructurales o en aplicaciones de revestimiento.

Las proporciones típicas de los ingredientes en el mortero de mampostería tipo O son:

- Cemento Portland
- Arena

- Agua

Estas proporciones pueden variar ligeramente según los estándares locales y las preferencias del constructor, pero en general, el mortero de tipo O tiene una proporción de cemento a arena más alta en comparación con morteros de tipos más fuertes.

Algunas características importantes del mortero de mampostería tipo O incluyen su capacidad de adherirse bien a las unidades de mampostería, su facilidad de aplicación y su capacidad para resistir cargas limitadas. Sin embargo, debido a su resistencia más baja, no es adecuado para aplicaciones donde se requiere una resistencia estructural significativa.

### 3.3. Elaboración de maquetas de mortero para la realización de ensayos termoacústicos

En la figura 22 presentamos un prototipo de maqueta con las medidas que se pueden observar, en esta maqueta se realizarán los ensayos termoacústicos.

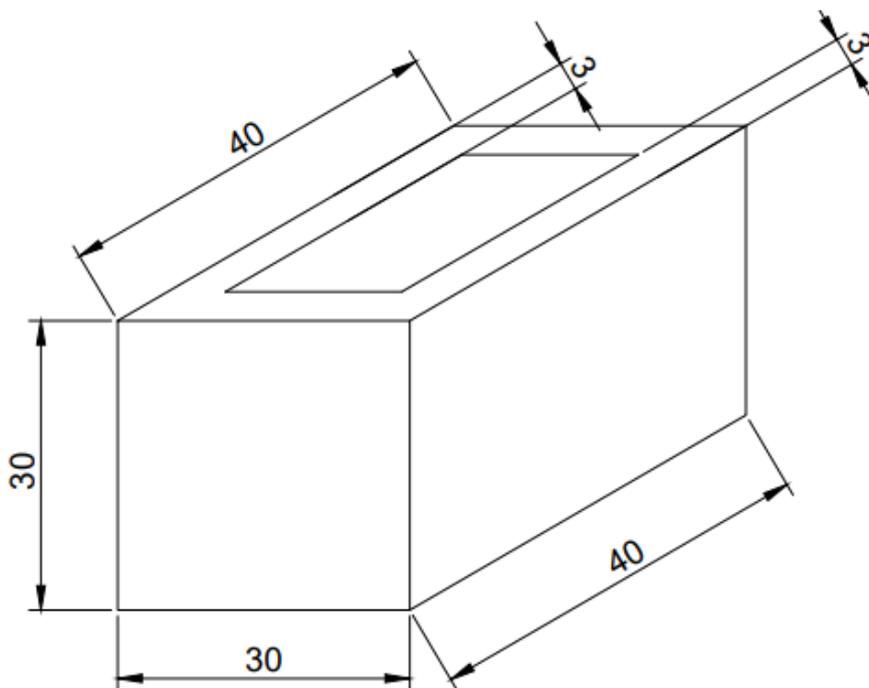


Figura 23. Prototipo de maqueta

#### 3.3.1. Descripción del proceso de elaboración

Se realiza el curado de las placas para la elaboración de la maqueta de mortero donde se desarrollarán los ensayos termoacústicos, se iniciará con 2 prototipos con 2 escalas diferentes para validar nuestro instrumento de ensayo, esto permitirá hacer un pre

ensayo y obtener resultados que nos permita adecuar de manera correcta nuestras maquetas de mortero para que cumplan su correcto funcionamiento, ver las siguientes imágenes del proceso de armado y curado de las placas.



Figura 24. Armado de molde de placas de maqueta



Figura 25. Curado de placas de mortero

### **Desarrollo de ensayos de validación de prototipos:**

Para el desarrollo del proyecto, se ha llevado a cabo la creación de 2 prototipos de maquetas con el objetivo de validar los ensayos acústicos y térmicos de los materiales y diseños propuestos. Este proceso fue fundamental para asegurar la eficiencia y

efectividad de las soluciones implementadas, garantizando que cumplieran con los estándares de calidad y rendimiento requeridos.

### Desarrollo de los Prototipos:

En la fase inicial, se diseñó y construyó 2 prototipos de maquetas que representaban fielmente las condiciones y características de los espacios reales. Estas maquetas incluyeron todos los materiales específicos que serían utilizados en el proyecto final.

### Análisis y Optimización:

Con los datos recopilados de los ensayos acústicos y térmicos, se realizó un análisis exhaustivo para comparar los resultados. Identificando las variaciones de sonido y temperatura con el fin de validar el instrumento de diseño y así realizar los ajustes necesarios en las maquetas. Este enfoque iterativo permitió optimizar tanto el rendimiento acústico como térmico antes de proceder a la implementación en el proyecto final.

**Los resultados de las pruebas realizadas a los prototipos están descritos en la siguiente tabla de datos:**

### Validación Acústica:

Para los ensayos acústicos, se utilizó equipos especializados para medir parámetros clave como el coeficiente de absorción sonora, el índice de reducción sonora y el tiempo de reverberación. Realicé pruebas en diferentes condiciones para evaluar cómo los materiales respondían a las variaciones en frecuencia y volumen de sonido. Estos datos fueron analizados para identificar posibles mejoras y asegurar que el diseño final proporcionara un aislamiento acústico óptimo.

*Tabla 9. Datos en decibeles en los 2 prototipos con tarrajeo*

N.º	Frecuencia	Código	Fecha y Hora	P. esc 1/10	P. esc 1/5	Frecuencia	Código	Fecha y Hora	P. esc 1/10	P. esc 1/5	Frecuencia	Código	Fecha y Hora	P. esc 1/10	P. esc 1/5
1º	1319 Hz	Mi6	12:05 p.m.	75.9 dB	63 dB	1976 Hz	Si6	12:30 p.m.	71.2 dB	66.1 dB	2637 Hz	Mi7	1:00 p.m.	70.1 dB	58.6 dB
2º	1319 Hz	Mi6	12:15 p.m.	70.1 dB	58.6 dB	1976 Hz	Si6	12:35 p.m.	67.7 dB	68.6 dB	2637 Hz	Mi7	1:05 p.m.	68.8 dB	61.2 dB
3º	1319 Hz	Mi6	12:20 p.m.	68.8 dB	58.6 dB	1976 Hz	Si6	12:40 p.m.	66.3 dB	66.8 dB	2637 Hz	Mi7	1:10 p.m.	65.5 dB	58.5 dB
4º	1319 Hz	Mi6	12:25 p.m.	65.5 dB	61.1 dB	1976 Hz	Si6	12:50 p.m.	69.8 dB	69.7 dB	2637 Hz	Mi7	1:15 p.m.	69.1 dB	61.1 dB
P				70.07 dB	60.33 dB				68.75 dB	67.8 dB				68.36 dB	59.85 dB

Fuente: propia

## **Interpretación de la tabla de aislamiento acústico:**

### **Frecuencia 1319 Hz (Mi6):**

Tendencia general: La presión sonora disminuye en ambas escalas a lo largo de las pruebas. La escala 1/10 presenta un promedio de 70.07 dB, mientras que la escala 1/5 tiene un promedio de 60.33 dB.

Eficiencia del aislamiento: Mayor reducción en la escala 1/5, lo que indica una mejor atenuación en esta escala.

### **Frecuencia 1976 Hz (Si6):**

Tendencia general: Las presiones sonoras se mantienen más constantes con ligeras variaciones. El promedio en la escala 1/10 es de 68.75 dB y en la escala 1/5 es de 67.8 dB.

Eficiencia del aislamiento: Similar atenuación en ambas escalas, con una ligera ventaja en la escala 1/5.

### **Frecuencia 2637 Hz (Mi7):**

Tendencia general: La presión sonora en la escala 1/10 muestra una disminución inicial seguida de un leve aumento, mientras que en la escala 1/5, los valores son más consistentes. El promedio en la escala 1/10 es de 68.36 dB y en la escala 1/5 es de 59.85 dB.

Eficiencia del aislamiento: Mayor reducción en la escala 1/5, lo que sugiere una mejor atenuación del sonido en esta frecuencia.

**Comparación entre frecuencias:** La frecuencia 2637 Hz muestra la mejor atenuación en la escala 1/5 con el promedio más bajo (59.85 dB). En la escala 1/10, la frecuencia 1976 Hz tiene una mejor atenuación con el promedio más bajo (68.75 dB).

**Eficiencia del aislamiento:** En general, la escala 1/5 proporciona una mejor atenuación del sonido en todas las frecuencias probadas. Esto sugiere que los métodos de aislamiento son más efectivos cuando se evalúan con esta escala.

En líneas generales se presenta variaciones en los decibeles en relación al sonido acústico, entonces podemos validar que las maquetas cumplen su función. demostrado de manera cuantitativa con los datos de la tabla que podemos utilizar este

tipo de prototipo en nuestra investigación para comparar el aislamiento acústico que nos hemos propuesto encontrar con la adición de caucho en 3 tipos de porcentajes, así encontrar el porcentaje óptimo que nos brinde un mejor aislamiento acústico.

### **Validación de conductividad térmica:**

Simultáneamente, se llevó a cabo ensayos térmicos en las maquetas para evaluar la eficiencia energética y la capacidad de los materiales para mantener temperaturas estables. Se utilizó sensores térmicos para medir la conductividad térmica, el flujo de calor y la capacidad de aislamiento en diversas condiciones ambientales. Estas pruebas me permitieron identificar las áreas donde se podría mejorar la eficiencia térmica, contribuyendo a un diseño más sostenible y eficiente en términos energéticos.

*Tabla 10. Datos en grados centígrados en los 2 prototipos con tarrajeo*

Hora	Prototipo de validación			
	Prototipo 1/10		Prototipo 1/5	
	Exterior	Interior	Exterior	Interior
3:00am	17,3°	15,6°	17,4°	15,4°
4:00am	16,1°	14,9°	16,1°	14,6°
5:00am	16,1°	15,0°	16,7°	14,8°
6:00am	16,1°	15,7°	16,1°	15,3°
7:00am	17,4°	15,1°	17,4°	14,8°
8:00am	18,9°	16,3°	19,6°	15,8°
9:00am	20,8°	18,9°	20,8°	18,6°
10:00am	20,7°	19,7°	20,7°	20,0°
11:00am	21,4°	20.4	21,4°	20.1
12:00am	24,3°	22.5	24,7°	22,0°
1:00am	23,5°	21.8	23,5°	21,3°
2:00pm	23,6°	23,0°	23,6°	22,4°
3:00pm	22,1°	22,0°	22,1°	21,8°

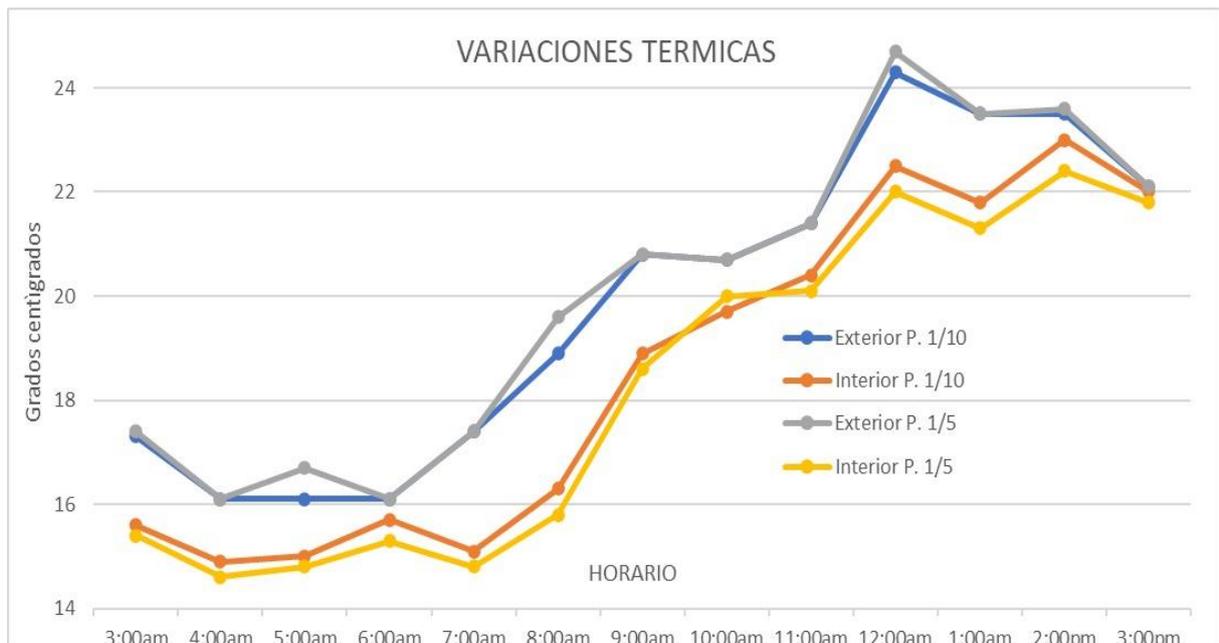


Figura 26. Variación de temperatura de los prototipos al medio ambiente

### Interpretación de la tabla de aislamiento térmico:

Como podemos observar en la tabla de datos las mediciones nos demuestran las variaciones de temperatura del ambiente interno y el ambiente externo en los prototipos de maqueta de escala 1/10 y 1/5, se puede apreciar también que la temperatura dentro y fuera de la maqueta varían, se hizo una prueba de temperatura en diferentes horarios por un total de 12hrs, iniciando a las 3 am y culminando la medición a las 3pm esto con fin de comprobar si este tipo de prototipos tienen diferentes temperaturas dentro y fuera, demostrado de manera cuantitativa con los datos de la tabla que podemos utilizar este tipo de prototipo en nuestra investigación para comprar el aislamiento térmico que nos hemos propuesto encontrar con la adición de caucho en 3 tipos de porcentajes, así encontrar el porcentaje optimo que nos brinde un mejor confort térmico. Podemos ver en la figura 25 las diferentes medidas de temperatura representada en los diferentes colores según se muestran.

### 3.3.2. Descripción de materiales utilizados

Para la elaboración de las maquetas de mortero se utilizó agua, cemento, arena fina, caucho y moldes para las placas.

**Densidad del caucho:** es de  $0.9 \text{ g/cm}^3$  que corresponde a un tipo específico de caucho. Esta densidad es relativamente baja en comparación con algunos otros tipos de caucho y sugiere un material que es más ligero, es conocido por su excelente resistencia a la intemperie, al ozono y a los productos químicos. Se utiliza comúnmente en aplicaciones automotrices, de construcción y en sistemas de sellado.

### 3.3.3. Preparación de las maquetas

Primeramente, se realiza la preparación del mortero para la maqueta patrón, la cual será de arena fina, agua y cemento en cantidad necesaria para su diseño. Luego se hará el mismo procedimiento para la elaboración de las maquetas con la adición de 25%, 30% y 35% de caucho en remplazo de la arena fina. En la tabla 11 se pueden ver las cantidades utilizadas para cada maqueta.

*Tabla 11. Cantidad de materiales utilizados en las maquetas*

Materiales				
Maquetas	Arena (Kg)	Cemento (Kg)	Caucho (Kg)	Agua (Kg)
Patrón	23.45	9.17	0.00	4.59
25%	19.68	9.17	3.77	4.59
30%	18.93	9.17	4.52	4.59
35%	18.17	9.17	5.28	4.59



Figura 27. Preparación de maquetas (a) fraguado; (b) junta de placas; (c) ensamblado; (d) finalizado

### 3.3.4. Descripción de los pesos de las según porcentajes de caucho

**Pesado de las placas de los 4 prototipos para hallar diferencias en cuanto al peso según el porcentaje de caucho agregado:**

Se pesan las 6 placas, las cuales unidas conforman 1 prototipo y después se calcula el peso de cada una de ellas y de esa forma se encontró una relación según la adición de caucho



Figura 28. Pesado de placas

Una vez pesadas las placas se hará un cálculo en Excel y se pasará a tablas para determinar el peso de cada placa y cómo influye la adición de caucho en cada prototipo.

*Tabla 12. Pesos de los prototipos según cantidad de caucho*

Prototipos	Medidas	Kg por placa	Kg prototipo
<b>Prototipo 0% caucho</b>	30 x 30 cm	6.48	47.52
	30 x 30 cm	6.48	
	30 x 40 cm	8.64	
	30 x 40 cm	8.64	
	30 x 40 cm	8.64	
	30 x 40 cm	8.64	
<b>Prototipo 25% caucho</b>	30 x 30 cm	4.06	35.72
	30 x 30 cm	4.06	
	30 x 40 cm	6.9	
	30 x 40 cm	6.9	
	30 x 40 cm	6.9	
	30 x 40 cm	6.9	
<b>Prototipo 30% caucho</b>	30 x 30 cm	3.84	33.36
	30 x 30 cm	3.84	
	30 x 40 cm	6.42	
	30 x 40 cm	6.42	
	30 x 40 cm	6.42	
	30 x 40 cm	6.42	
<b>Prototipo 35% caucho</b>	30 x 30 cm	3.76	32.88
	30 x 30 cm	3.76	
	30 x 40 cm	6.34	
	30 x 40 cm	6.34	
	30 x 40 cm	6.34	
	30 x 40 cm	6.34	

Según lo observado en la tabla 12, los diferentes porcentajes de caucho influyen en el peso de los prototipos, se puede notar una reducción en el peso de los prototipos según el porcentaje utilizado, apreciamos que el peso del prototipo con el mortero patrón tienen un peso total de 47.52 kg, seguidamente el peso del prototipo obtiene un peso de 35.72kg lo que hace una reducción de 24.82% en peso, luego el peso del prototipo con 30% de caucho fue de 33.36 kg lo que hace una reducción de 29.80% en peso, por último el peso del prototipo con 35% de caucho fue de 32.88 kg lo que hace una reducción de 30.81% en peso en comparación del peso del prototipo con el mortero convencional. Esto es beneficio cuando se quiere aligerar el peso de la estructura que utiliza este mortero.

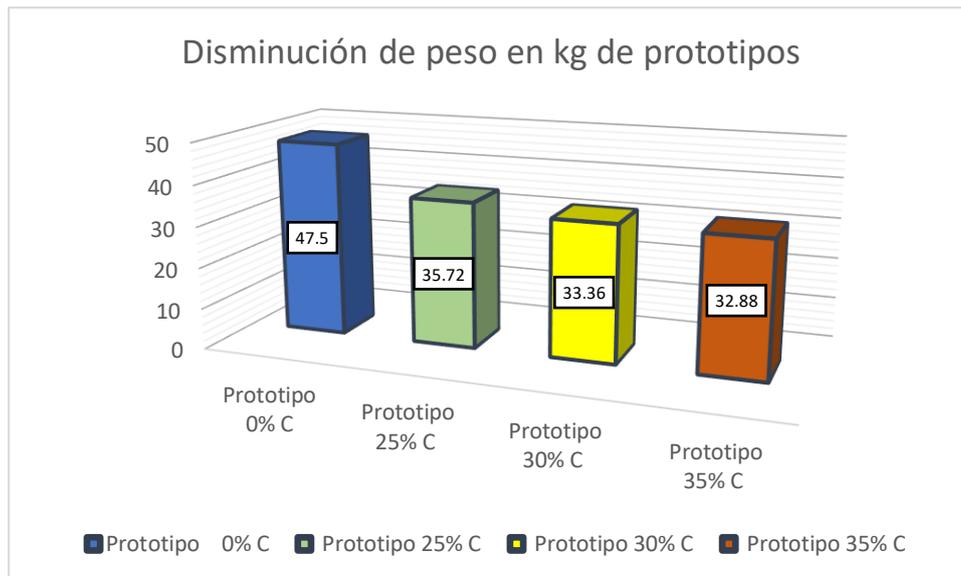


Figura 29. Comparación de pesos por prototipo

Observamos en la figura 29 los pesos de los 4 prototipos en kg, se puede ver una tendencia a reducir el peso a medida que se aumenta el porcentaje de caucho, para el prototipito patrón arrojó un peso de 47kg, el prototipo con 25% de caucho redujo su peso un 24.8%, el prototipo con 30% redujo su peso un 29.77% y el prototipo con 35% tuvo una reducción de 30.81% todos ellos en comparación del peso del prototipo patrón. lo que genera una reducción considerable si desea aligerar cargas, sabiendo que este mortero cumple con las características adecuadas para ser usado como mortero de mampostería de tipo según la ASTM-270.

### 3.4. Obtención de propiedades térmicas del mortero

#### 3.4.1. Propiedades térmicas en maquetas de mortero

Después de haber elaborado las placas de las maquetas de viviendas y haberlas realizado con los diferentes morteros, se procedió a realizar el ensayo térmico, con el cual se prosiguió a recopilar y analizar los datos, que nos permitió la observación y comparación en el comportamiento que presentaron las distintas temperaturas que se encontraron interna y externamente en los prototipos utilizados para dicho ensayo.



Figura 30. Prototipos de mortero

### 3.4.2. Recolección de datos obtenidos

#### Ensayo de aislamiento térmico por 24 horas a temperatura ambiente

Primeramente, se utilizaron otros programas aparte del termómetro digital para tener detalles como:

- Presión atmosférica:
- Sensación térmica
- Humedad
- Vientos promedios

Mencionamos los instrumentos utilizados:

#### Termómetro digital



Figura 31. Termómetro digital

## Características principales

### Características principales

Marca	CN Brand
Modelo	MT-08

### Descripción

Características :

- Pantalla LCD con números negras
- Marco en color negro
- Panel de 48 x 28 x 15 mm (ancho, Alto, Profundidad)
- Encastrable en 45x25mm, fondo 20mm
- Alimentación con pila botón LR44 1,5v, (incluida)
- Sonda de temperatura con cable de 1 metros
- Rango de temperatura de -20C a 70°C

Figura 32. Características del termómetro digital

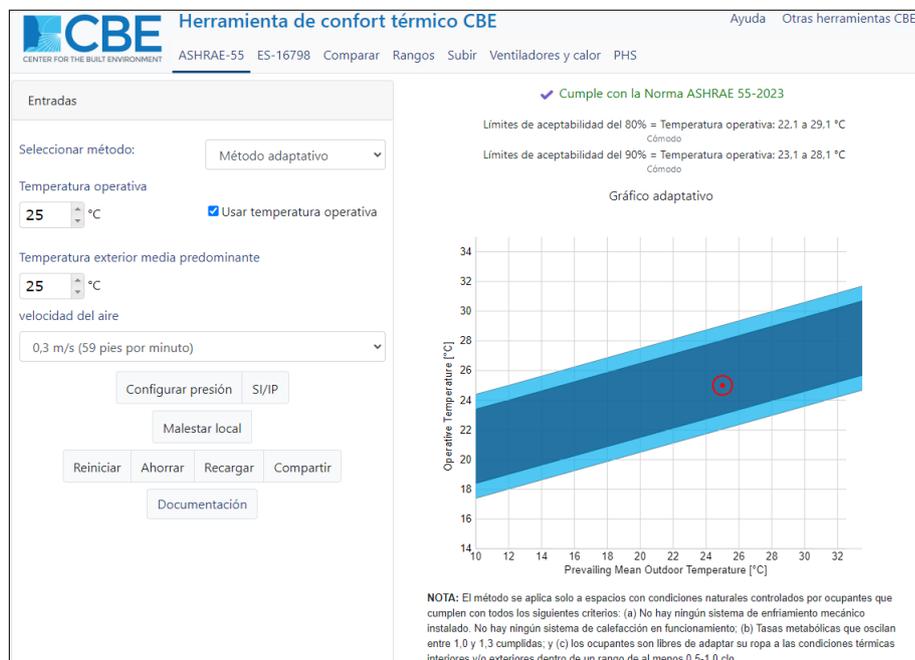


Figura 33. Herramienta de confort térmico

Para ello se utilizaron programas como el de WeatherBug es una marca de GroundTruth, una compañía climática que utilizan satélites para una medición del tiempo en general precisa



Figura 34. Clima de lima en el día de ensayo

**Ayudándonos de este programa digital tenemos datos adicionales tales como:**

Humedad: 83%

Sensación termina: 63F° convertidos a grados Celsius son de 17.22 C°

Viento de 3pmh durante el día y 2mph durante la noche

**Estos datos nos ayudaran a tener un mejor cálculo del confort térmico según el programa:**

Herramienta de confort térmico: herramienta en línea para cálculos y visualizaciones de confort térmico, el programa que usaremos para un ensayo es SoftwareX12, que nos indicara el cumplimiento de la norma (ASHRAE 55-2023) colocando los datos obtenidos con el termómetro digital y el software WeatherBug.

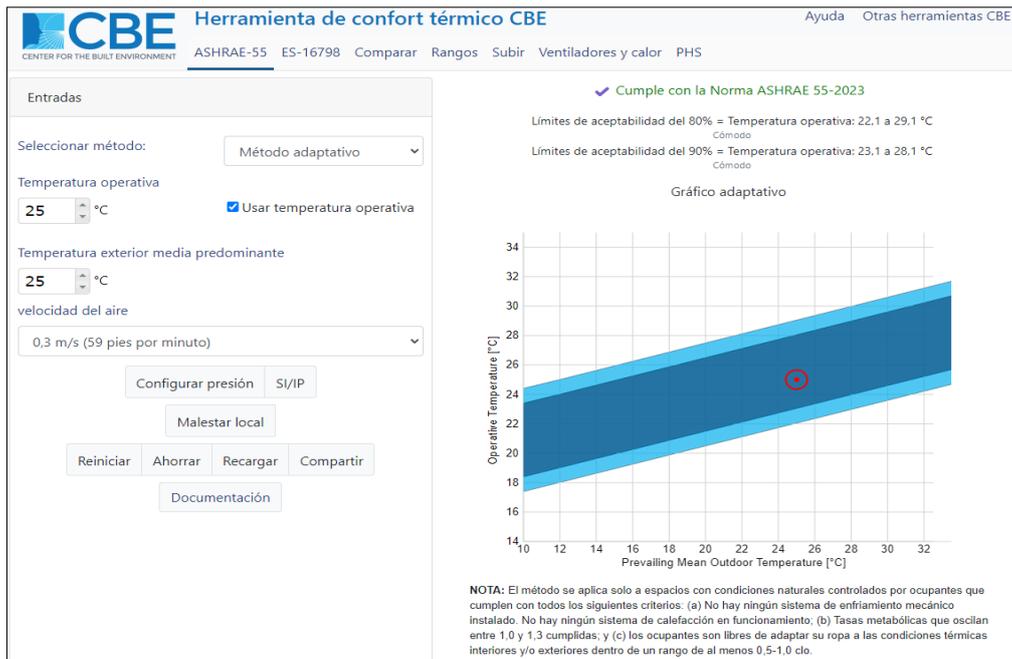


Figura 35. SoftwareX12

Seguidamente se crea una plantilla y un formato para establecer la temperatura por hora durante 24 hrs continuas y simultáneamente con los 4 prototipos utilizando 5 termómetros digitales, 1 en el exterior (temperatura ambiente) y los 4 restantes dentro de cada prototipo para medir la temperatura interna y los cambios que se presenten dependiendo de cada prototipo con adición de caucho.

Se hicieron formatos para tomar las temperaturas de cada prototipo que se muestran a continuación:

### Datos de temperatura de prototipo sin adición de caucho

Tabla 13. Datos de temperatura del prototipo sin adición de caucho

Nº Horas	Hora	Viento	TI°	TE°
1	1700	5MPH	25.6	17.6
2	18:00	5MPH	23.8	17.1
3	19:00	5MPH	21.8	16.1
4	20:00	5MPH	20.6	16
5	21:00	3MPH	19.1	15.1
6	22:00	3MPH	18.7	14.4
7	23:00	3MPH	18.2	14.1
8	00:00	4MPH	17.8	14.4
9	01:00	3MPH	17.8	14.4
10	02:00	1MPH	17.7	14.3
11	03:00	2MPH	17.6	14.6
12	04:00	6MPH	17.1	14.8

<b>13</b>	<b>05:00</b>	6MPH	17.1	14.8
<b>14</b>	<b>06:00</b>	6MPH	17	14.9
<b>15</b>	<b>07:00</b>	6MPH	16.9	15
<b>16</b>	<b>08:00</b>	5MPH	16.8	15.2
<b>17</b>	<b>09:00</b>	5MPH	16.6	14.8
<b>18</b>	<b>10:00</b>	6MPH	16.9	15
<b>19</b>	<b>11:00</b>	9MPH	16.9	15.8
<b>20</b>	<b>12:00</b>	9MPH	17	15.8
<b>21</b>	<b>3:00</b>	9MPH	17.5	15.8
<b>22</b>	<b>14:00</b>	9MPH	17.8	15.8
<b>23</b>	<b>15:00</b>	6MPH	17.8	16
<b>24</b>	<b>16:00</b>	4MPH	17.7	16.2

La tabla 13 proporciona datos de temperatura para el prototipo sin adición de caucho, a lo largo de un período de 24 horas. Los datos incluyen la hora, la velocidad del viento, y las temperaturas interiores (TI°) y exterior (TE°) registradas.

La temperatura interior (TI°) comienza en 25.6°C a las 17:00 horas y desciende a lo largo de la noche hasta llegar a 16.8°C a las 08:00 horas, luego se mantiene bastante estable alrededor de 16.6°C a 17.8°C durante el día.

La temperatura exterior (TE°) empieza en 17.6°C a las 17:00 horas y desciende gradualmente durante la noche, alcanzando su punto más bajo de 14.1°C a las 23:00 horas, después comienza a subir ligeramente a partir de las 04:00 horas, llegando a 16.2°C a las 16:00 horas. Las temperaturas interiores y exteriores tienden a converger en horas de menor viento, especialmente durante la noche y madrugada.

En las horas de mayor velocidad de viento, se observa una mayor estabilidad en las temperaturas, posiblemente debido a la mayor mezcla del aire.

En resumen, la tabla muestra cómo las temperaturas interiores y exteriores del prototipo sin adición de caucho cambian a lo largo del día y la noche, influenciadas por las variaciones en la velocidad del viento.

## Datos de temperatura de prototipo con adición de 25% de caucho

Tabla 14. Datos de temperatura del prototipo con adición de 25% de caucho

N° Horas	Hora	Viento	TI°	TE°
1	1700	5MPH	24	17.6
2	18:00	5MPH	22.5	17.1
3	19:00	5MPH	21	16.1
4	20:00	5MPH	20.1	16
5	21:00	3MPH	19	15.1
6	22:00	3MPH	18.6	14.4
7	23:00	3MPH	18.1	14.1
8	00:00	4MPH	17.8	14.4
9	01:00	3MPH	17.4	14.4
10	02:00	1MPH	17.4	14.3
11	03:00	2MPH	17.3	14.6
12	04:00	6MPH	17.1	14.8
13	05:00	6MPH	17	14.8
14	06:00	6MPH	16.9	14.9
15	07:00	6MPH	16.8	15
16	08:00	5MPH	16.8	15.2
17	09:00	5MPH	16.8	14.8
18	10:00	6MPH	16.6	15
19	11:00	9MPH	17	15.8
20	12:00	9MPH	17.5	15.8
21	3:00	9MPH	17.8	15.8
22	14:00	9MPH	18	15.8
23	15:00	6MPH	17.8	16
24	16:00	4MPH	17.7	16.2

## Datos de temperatura de prototipo con adición de 30% de caucho

Tabla 15. Datos de temperatura del prototipo con adición de 30% de caucho

N° Horas	Hora	Viento	TI°	TE°
1	1700	5MPH	22.2	17.6
2	18:00	5MPH	21.2	17.1
3	19:00	5MPH	20.1	16.1
4	20:00	5MPH	19.2	16
5	21:00	3MPH	18.9	15.1
6	22:00	3MPH	18.1	14.4
7	23:00	3MPH	17.7	14.1
8	00:00	4MPH	17.3	14.4
9	01:00	3MPH	17	14.4
10	02:00	1MPH	17	14.3
11	03:00	2MPH	16.9	14.6
12	04:00	6MPH	16.6	14.8
13	05:00	6MPH	16.6	14.8

14	06:00	6MPH	16.5	14.9
15	07:00	6MPH	16.5	15
16	08:00	5MPH	16.7	15.2
17	09:00	5MPH	16.6	14.8
18	10:00	6MPH	16.6	15
19	11:00	9MPH	16.7	15.8
20	12:00	9MPH	17	15.8
21	3:00	9MPH	17.2	15.8
22	14:00	9MPH	17.5	15.8
23	15:00	6MPH	17.4	16
24	16:00	4MPH	17.3	16.2

### Datos de temperatura de prototipo con adición de 35% de caucho

*Tabla 16. Datos de temperatura del prototipo con adición de 35% de caucho*

N° Horas	Hora	Viento	TI°	TE°
1	1700	5MPH	21.7	17.6
2	18:00	5MPH	20.8	17.1
3	19:00	5MPH	19.7	16.1
4	20:00	5MPH	19	16
5	21:00	3MPH	18.3	15.1
6	22:00	3MPH	17.7	14.4
7	23:00	3MPH	17.3	14.1
8	00:00	4MPH	17.3	14.4
9	01:00	3MPH	17.2	14.4
10	02:00	1MPH	17.2	14.3
11	03:00	2MPH	17.2	14.6
12	04:00	6MPH	17	14.8
13	05:00	6MPH	16.9	14.8
14	06:00	6MPH	16.9	14.9
15	07:00	6MPH	16.7	15
16	08:00	5MPH	16.7	15.2
17	09:00	5MPH	16.8	14.8
18	10:00	6MPH	16.8	15
19	11:00	9MPH	16.8	15.8
20	12:00	9MPH	17	15.8
21	3:00	9MPH	17.5	15.8
22	14:00	9MPH	17.5	15.8
23	15:00	6MPH	17.4	16
24	16:00	4MPH	17.3	16.2

### 3.4.3. Comparación de datos

#### Comparación de datos de la temperatura interna en los prototipos

Tabla 17. Comparación de la temperatura interior (TI°)

N° Horas	Hora	Temperatura Externa	Sin caucho	25% caucho	30% caucho	35% caucho
1	17:00	17.6	25.6	24	22.2	21.7
2	18:00	17.1	23.8	22.5	21.2	20.8
3	19:00	16.1	21.8	21	20.1	19.7
4	20:00	16	20.6	20.1	19.2	19
5	21:00	15.1	19.1	19	18.9	18.3
6	22:00	14.4	18.7	18.6	18.1	17.7
7	23:00	14.1	18.2	18.1	17.7	17.3
8	00:00	14.4	17.8	17.8	17.3	17.3
9	01:00	14.4	17.8	17.4	17	17.2
10	02:00	14.3	17.7	17.4	17	17.2
11	03:00	14.6	17.6	17.3	16.9	17.2
12	04:00	14.8	17.1	17.1	16.6	17
13	05:00	14.8	17.1	17	16.6	16.9
14	06:00	14.9	17	16.9	16.5	16.9
15	07:00	15	16.9	16.8	16.5	16.7
16	08:00	15.2	16.8	16.8	16.7	16.7
17	09:00	14.8	16.6	16.8	16.6	16.8
18	10:00	15	16.9	16.6	16.6	16.8
19	11:00	15.8	16.9	17	16.7	16.8
20	12:00	15.8	17	17.5	17	17
21	13:00	15.8	17.5	17.8	17.2	17.5
22	14:00	15.8	17.8	18	17.5	17.5
23	15:00	16	17.8	17.8	17.4	17.4
24	16:00	16.2	17.7	17.7	17.3	17.3

#### Interpretación

La TI° disminuye con el aumento del porcentaje de caucho añadido. Para el prototipo sin caucho, la TI° comienza en 25.6°C a las 17:00 y disminuye a 17.7°C a las 16:00 del día siguiente. Para el prototipo con 25% de caucho, la TI° comienza en 24°C a las 17:00 y disminuye a 17.7°C a las 16:00 del día siguiente. Para el prototipo con 30% de caucho, la TI° comienza en 22.2°C a las 17:00 y disminuye a 17.3°C a las 16:00 del día siguiente. Para el prototipo con 35% de caucho, la TI° comienza en 21.7°C a las 17:00 y disminuye a 17.3°C a las 16:00 del día siguiente.

La adición de caucho tiene un efecto moderador en la temperatura interior del prototipo. Cuanto mayor es el porcentaje de caucho, menor es la temperatura interior. El prototipo con 35% de caucho muestra la menor temperatura interior general en comparación con los otros prototipos.

La temperatura exterior permanece constante a lo largo de los experimentos, lo que indica que las diferencias en la temperatura interior se deben a las propiedades térmicas del material del prototipo.

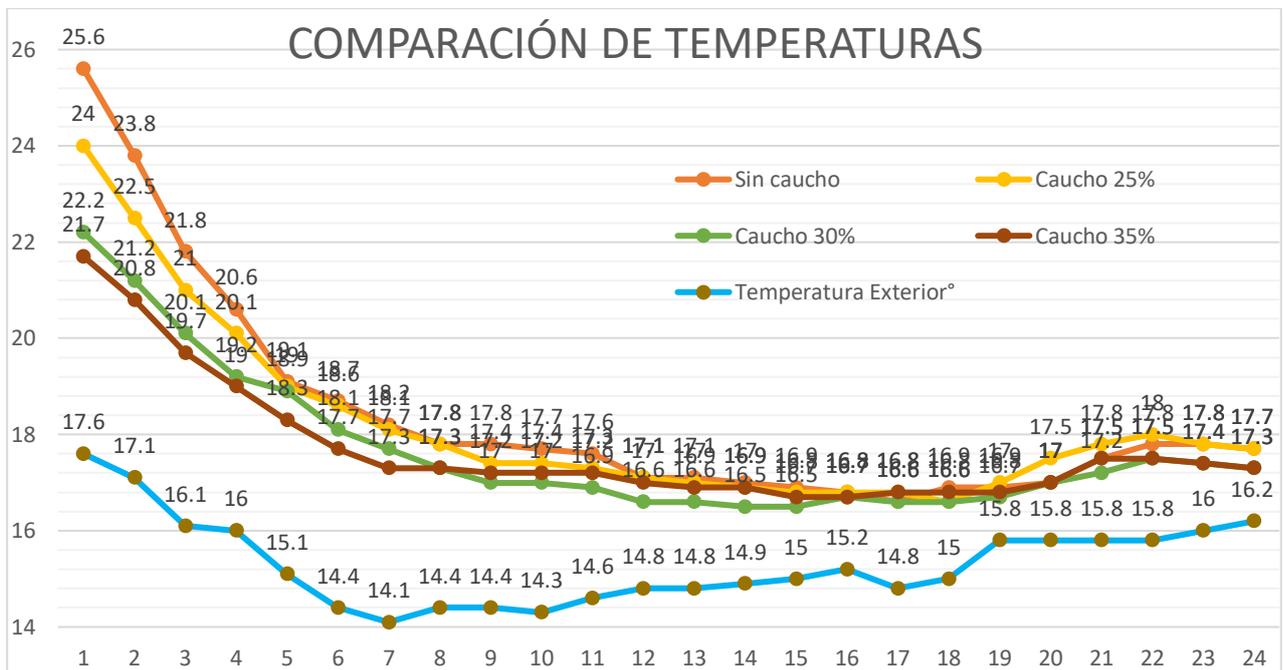


Figura 36. Gráfico de comparación de comportamiento termino de los 4 prototipos

## Ensayo térmico con generador de calor para determinar el confort térmico

### Materiales utilizados

Se utilizará la norma (ASHRAE Standard 55-2020)

Tabla 18. Confort térmico en viviendas según norma

Nivel de Confort	Temperatura Operativa (°C)
Nada confortable	Menos de 17
Poco confortable	17 - 22
Confortable	22 - 26
Muy confortable	Más de 26

## Lampara calefactora de cerámica infrarroja



Figura 37. Lampara calefactora de cerámica infrarroja

## Especificaciones técnicas

Descripción:

- Nombre del producto: calentador de cerámica infrarrojo
  - Tamaño: 10 cm \* 7,5 cm
  - Tamaño de empaque: 12\*8.6\*8.6 cm
  - Peso: 150g
  - Voltaje: 220 V
  - Color: negro
  - Aplicación: apto para tortugas, serpientes, lagartos, arañas, erizos y otras mascotas... incubadoras, terrarios etc
- El paquete incluye: 1 calentador de reptiles de cerámica

Figura 38. Especificaciones técnicas

## Termómetro digital



Figura 39. Termómetro digital

Primero se habilito el socket para instalar el generador de calor, y una vez listan la instalación de colocaron la descripción para cada termómetro digital que se usara como corresponde la imagen:

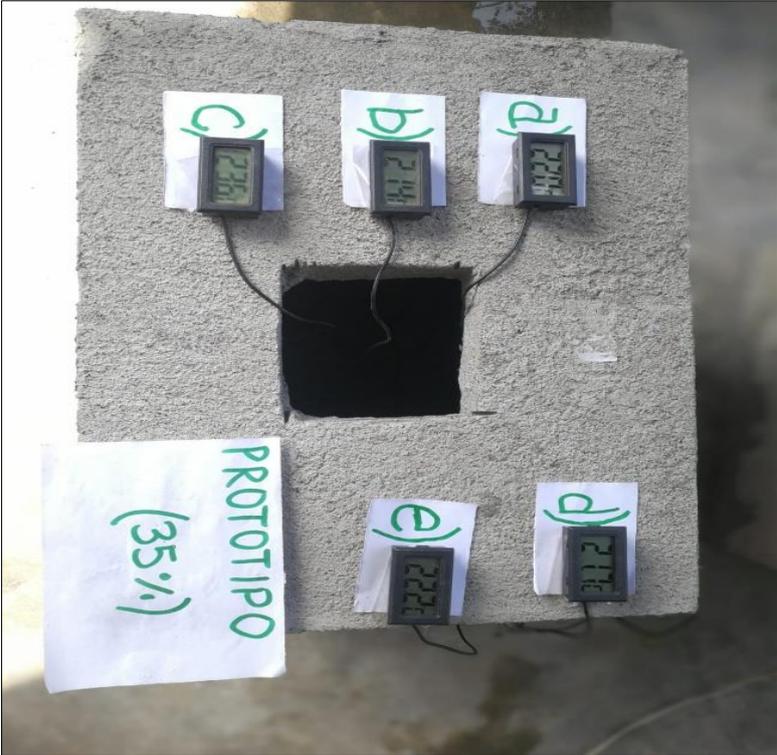


Figura 40. Habilitación de socket

Se compara los tamaños del generador de calor y el termómetro



Figura 41. Generador de calor y termómetro

Se instala en el elemento y se introduce dentro del prototipo

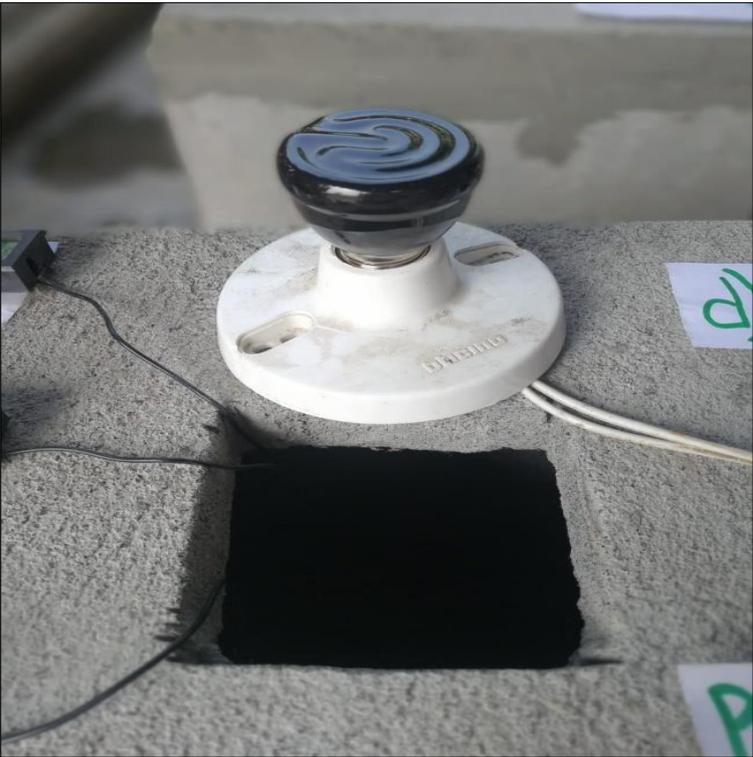


Figura 42. Prototipo



Figura 43. Instalación al interior del prototipo

Una vez dentro del prototipo se enchufa y se tomaran las medidas cada 20 minutos



Figura 44. Toma de medidas térmicas

Tres termómetros digitales estuvieron dentro del prototipo estando suspendidos en todo el ambiente por igual y los otros dos termómetros digitales estuvieron fuera del prototipo uno en la parte superior y otra en la parte lateral. para tener una muestra de temperatura exacta del total del prototipo:

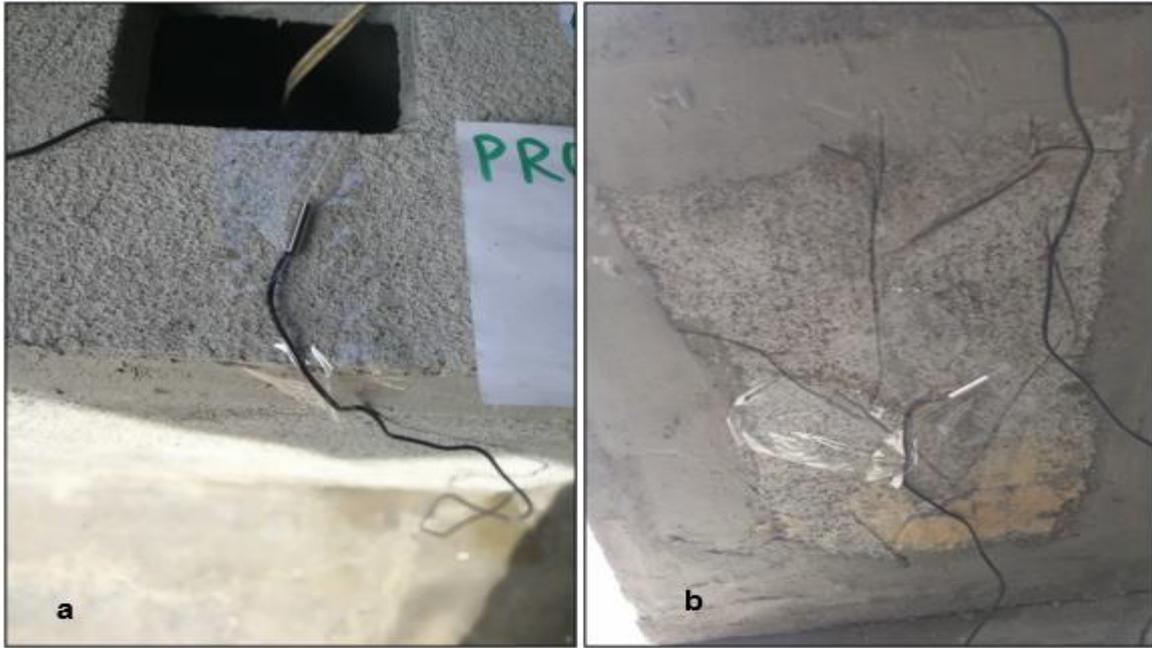


Figura 45. Termómetros digitales exterior, a) parte superior. B) parte lateral



Figura 46. Registro de resultados del prototipo con 35% de caucho reciclado

Los resultados obtenidos se llevaron a una tabla para luego hacer una interpretación de los resultados obtenidos del registro térmico con generador de calor

Tabla 19. Ensayo de conductividad térmica con generador de calor

ENSAYO DE AISLAMIENTO TERMICO			HORAS						
PROTOTIPO	Temperatura	Termómetro	01:00	01:20	01:40	02:00	02:20	02:40	03:00
PROTOTIPO 35%	C° interior	a	26.5	30.3	33.8	34.8	37.8	39.6	40.5
		b	28.8	30.6	32.8	33.6	36.5	38.2	39.1
		c	28	30.4	32.9	33.9	36.9	38.8	39.5
	C° exterior	d	25.6	26.1	24.7	24.3	25.4	26	26.5
		e	23.3	23.5	24.1	24.5	26	27	27.6
PROTOTIPO 30%	C° interior	a	26.8	29.1	32.1	34	36.7	37.9	39
		b	27.9	29.7	31.6	33.9	35.5	37.1	38.9
		c	27.5	29.5	31.9	33	35.4	38	38.6
	C° exterior	d	24.1	24.6	24.9	25.6	26	26.9	27.1
		e	24	24.6	24.8	25	25.8	26	27.9
PROTOTIPO 25%	C° interior	a	26	28.6	31.1	32.8	36.3	37.1	38.1
		b	27.8	28.1	31.8	33.7	35.6	36.9	37.4
		c	27.9	28.6	31	33.5	35.1	37.8	37.3
	C° exterior	d	24.5	24.9	25.2	26.1	26.9	28.5	28.1
		e	25.1	25.8	26.3	27	27.6	28.9	28.6
PROTOTIPO PATRON	C° interior	a	28.4	33.3	34.5	34.8	35.2	35.8	36.4
		b	27.6	31.6	32.8	33.6	34.2	34.8	35.4
		c	27.3	31	32.3	33	33.6	34.3	34.9
	C° exterior	d	25.9	25.2	25.5	26	26.2	27.1	29.3
		e	26.7	26.3	27.1	27.7	28.5	28.5	30.8

La tabla 19 muestra los resultados de un ensayo de aislamiento térmico realizado en diferentes prototipos a lo largo de un período de 3 horas. Los datos están organizados en columnas que representan el tiempo (desde 01:00 hasta 03:00 horas) y filas que indican las temperaturas interiores y exteriores medidas en varios puntos de cada prototipo. Como interpretación general tenemos:

- Incremento de la temperatura interior: En todos los prototipos, las temperaturas interiores aumentan con el tiempo. Sin embargo, la tasa de aumento varía entre los prototipos.
- Temperatura exterior relativamente constante: Las temperaturas exteriores muestran menos variabilidad en comparación con las interiores, aunque también tienden a aumentar ligeramente con el tiempo.
- Prototipo Patrón: Este prototipo muestra temperaturas interiores iniciales más altas, pero el incremento en la temperatura no es tan pronunciado como en otros prototipos, lo que podría indicar una menor eficiencia de aislamiento.
- Prototipos 35%, 30%, 25% de caucho: A medida que el porcentaje disminuye (del 35% al 25%), las temperaturas interiores finales son ligeramente menores, lo que nos indica una diferencia en los materiales utilizados que es la cantidad de caucho utilizada para cada prototipo.

El **Prototipo con 35% de caucho** es el que mejor mantiene el calor interno, ya que presenta las temperaturas interiores más altas al final del ensayo, este prototipo demuestra una mejor capacidad para retener el calor a lo largo del tiempo en comparación con los otros prototipos y el prototipo patrón. Esto sugiere que el diseño y los materiales utilizados en el Prototipo 35% son más efectivos en el aislamiento térmico, logrando mantener temperaturas internas más altas.

### **Interpretación de los datos según la norma**

#### **Prototipo 35% de aislamiento:**

Temperatura interior

A la 01:00: 26.5°C (Confortable)

A la 03:00: 40.5°C (Muy comfortable)

**Prototipo 30% de aislamiento:**

Temperatura interior

A la 01:00: 26.8°C (Comfortable)

A la 03:00: 39.0°C (Muy comfortable)

**Prototipo 25% de aislamiento:**

Temperatura interior

A la 01:00: 26.0°C (Comfortable)

A la 03:00: 38.1°C (Muy comfortable)

**Prototipo Patrón:**

Temperatura interior

A la 01:00: 28.4°C (Comfortable)

A la 03:00: 36.4°C (Muy comfortable)

En general, las temperaturas interiores se mantienen dentro de rangos que pueden considerarse confortables o muy confortables según la hora del día y el tipo de prototipo de aislamiento. Los prototipos con mayor capacidad de aislamiento térmico tienden a mantener temperaturas más estables y dentro de rangos de confort más altos. Es importante verificar si estas interpretaciones cumplen con los requisitos específicos de confort térmico según la normativa local aplicable y las condiciones específicas del entorno de prueba.

### **3.5. Obtención de propiedades acústicas del mortero**

#### **3.5.1. Propiedades acústicas en maquetas de mortero**

Después de haber elaborado las placas de las maquetas de viviendas y haberlas realizado con los diferentes morteros, se procedió a realizar el ensayo acústico, con el cual se prosiguió a recopilar y analizar los datos, que nos permitió la observación y comparación en el comportamiento que presentaron los distintos decibeles que se encontraron interna y externamente en los prototipos utilizados para dicho ensayo.

Se prepara el sonómetro, los prototipos y una laptop para poder emitir una frecuencia en Hz desde la parte exterior.

## Instrumentos

- SONOMETRO
- AMPLIFICADOR DE SONIDO EN HZ
- LAPTOP



Figura 47. Instalación de sonómetro en prototipos



Figura 48. Sonómetro digital

Se colocó el sonómetro dentro del prototipo y se selló con poliestireno hecho a la medida. luego se emitió la frecuencia y se midió en decibeles en el interior del prototipo



Figura 49. Sonómetro interiormente

### 3.5.2. Recolección de datos obtenidos

#### Tabla de confort acústico en viviendas según la norma (UNE 12354-3:2001)

Tabla 20. Confort Acústico en Viviendas según UNE 12354-3:2001

Nivel de Confort Acústico	Nivel de Ruido (dB)	Descripción
<b>Nada</b>	> 55	Ruido muy elevado, perturbaciones constantes.
<b>Poca</b>	45 - 55	Ruido notable, posible interferencia con actividades diarias.
<b>Media</b>	35 - 45	Nivel de ruido moderado, generalmente aceptable.
<b>Alta</b>	< 35	Muy buen aislamiento acústico, ambiente tranquilo.

#### Detalles de los Niveles de Confort Acústico:

1. **Nada:** En este nivel, el ruido supera los 55 dB. Esto se considera inaceptable para la mayoría de las personas, ya que puede interferir significativamente con el sueño y otras actividades diarias.
2. **Poca:** Los niveles de ruido oscilan entre 45 y 55 dB. Aunque el ruido es notable, las actividades diarias pueden continuar, aunque con alguna molestia.

3. **Media:** Con niveles de ruido entre 35 y 45 dB, el ambiente es relativamente tranquilo y el ruido rara vez interfiere con las actividades diarias.
4. **Alta:** Un nivel de ruido inferior a 35 dB es ideal para un entorno residencial. Ofrece un ambiente muy tranquilo, ideal para el descanso y la concentración.

### Ensayo acústico externo

Tabla 21. Propiedades acústicas exterior

ENSAYO ACUSTICO EXTERIOR						
ruido exterior =		72,4dB	74,5dB	76,1dB	77,7dB	Promedio
PROTOTIPO	Ruido inducido en Hz	329hz	659hz	1319hz	2637hz	
#Pruebas	Resistencia en dB	dB	dB	dB	dB	dB
PATRON		59	59.6	51.8	54.2	56.15
25%		48.2	48.7	48.7	43.4	47.25
30%		47.8	47.9	48.7	43.9	47.075
35%		47.2	41	46.2	42.3	44.175

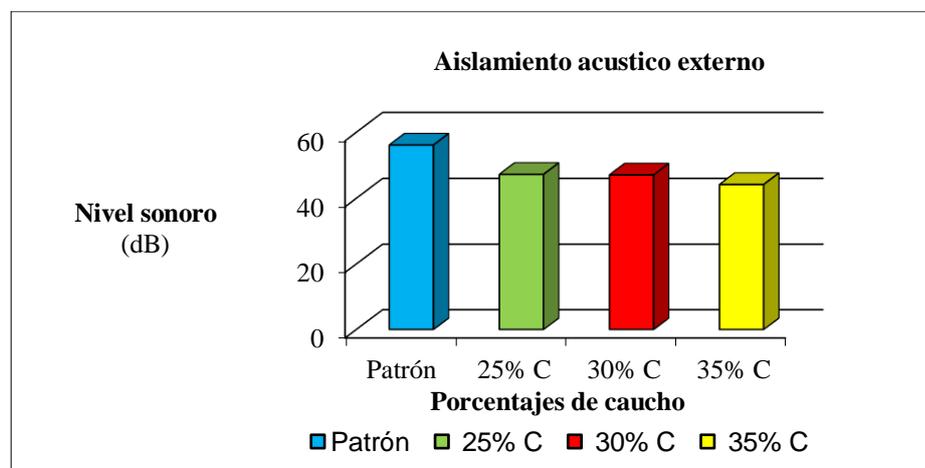


Figura 50. Aislamiento acústico externo

### Interpretación:

La figura 47 muestra el nivel sonoro (dB) en función de diferentes porcentajes de caucho utilizados en el aislamiento acústico externo.

### Patrón:

**Nivel sonoro:** 56.15 dB.

**Interpretación:** Este es el nivel de ruido sin ningún tratamiento adicional de caucho. Representa el nivel de referencia o base.

**Mortero con 25% Caucho:**

**Nivel sonoro:** 47.25 dB.

**Interpretación:** Al incorporar un 25% de caucho en el aislamiento acústico, el nivel de ruido se reduce en unos 8.9 dB en comparación con el patrón.

**Mortero con 30% Caucho:**

**Nivel sonoro:** 47.075 dB.

**Interpretación:** Con un 30% de caucho, el nivel de ruido se reduce en aproximadamente 9.08 dB respecto al patrón. Esto muestra una mejora adicional en la reducción del ruido.

**Mortero con 35% Caucho:**

**Nivel sonoro:** Aproximadamente 44.175 dB.

**Interpretación:** Con un 35% de caucho, el nivel de ruido se reduce significativamente, en aproximadamente 11.98 dB en comparación con el patrón. Este es el nivel de reducción más alto observado en la gráfica.

### **Análisis General**

**Tendencia:** A medida que se incrementa el porcentaje de caucho en el aislamiento, el nivel de ruido disminuye de manera consistente.

**Eficiencia del Caucho:** La adición de caucho en el aislamiento acústico es efectiva para reducir los niveles de ruido. El mayor porcentaje de caucho (35%) ofrece la mejor reducción de ruido.

**Aplicaciones Prácticas:** En aplicaciones donde se busca reducir el ruido externo, utilizar el contenido de caucho en 35% en los materiales de aislamiento puede ser una estrategia efectiva.

La gráfica en general indica que el caucho es un material eficaz para mejorar el aislamiento acústico. A medida que aumenta su proporción en el aislamiento, los

niveles de ruido disminuyen significativamente, proporcionando un entorno más tranquilo y confortable.

## **Interpretación de nuestros resultados según la norma**

Nuestros resultados muestran el nivel sonoro (dB) en función de diferentes porcentajes de caucho utilizados en el aislamiento acústico externo.

### **1. Patrón**

**Nivel sonoro:** 56.15 dB.

**Nivel de Confort Acústico:** Nada.

**Descripción:** Ruido muy elevado, perturbaciones constantes. Este nivel de ruido es inaceptable y no proporciona ningún confort acústico.

### **2. Mortero con 25% Caucho**

**Nivel sonoro:** 47.25 dB.

**Nivel de Confort Acústico:** Poca.

**Descripción:** Ruido notable, posible interferencia con actividades diarias. El ruido es notablemente reducido en comparación con el patrón, pero aún puede interferir con las actividades diarias.

### **3. Mortero con 30% Caucho**

**Nivel sonoro:** 47.075 dB.

**Nivel de Confort Acústico:** Poca.

**Descripción:** Nivel de ruido en el límite superior de la categoría "Poca". Aunque hay una mejora adicional en la reducción del ruido, sigue siendo posible alguna interferencia con las actividades diarias.

### **4. Mortero con 35% Caucho**

**Nivel sonoro:** 44.175 dB.

**Nivel de Confort Acústico:** Media.

**Descripción:** Nivel de ruido moderado, generalmente aceptable. Este nivel de ruido es más bajo y proporciona un entorno más confortable en comparación con los otros porcentajes.

### Análisis General

**Tendencia:** A medida que se incrementa el porcentaje de caucho en el aislamiento, el nivel de ruido disminuye.

**Eficiencia del Caucho:** La adición de caucho en el aislamiento acústico es efectiva para reducir los niveles de ruido. El mayor porcentaje de caucho (35%) ofrece la mejor reducción de ruido y alcanza un nivel de confort acústico "Media".

### Conclusión

Esta información sugiere que aumentar el porcentaje de caucho en el aislamiento mejora significativamente el confort acústico, siendo el 35% de caucho el porcentaje más eficaz de los mostrados para alcanzar un nivel de confort **Media**.

### Ensayo acústico aéreo

Tabla 22. Datos acústicos aéreos

ENSAYO ACUSTICO AÉREO						
ruido aéreo =		72,4dB	74,5dB	76,1dB	77,7dB	Promedio
PROTOTIPO	Ruido inducido en Hz	329hz	659hz	1319hz	2637hz	
#Pruebas	Resistencia en dB	dB	dB	dB	dB	dB
PATRON		54.7	57.7	61.7	72.2	61.575
25%		45.8	50	57	56.8	52.4
30%		41.2	43.5	44.7	45.4	43.7
35%		39.6	40.6	41.8	42.4	41.1

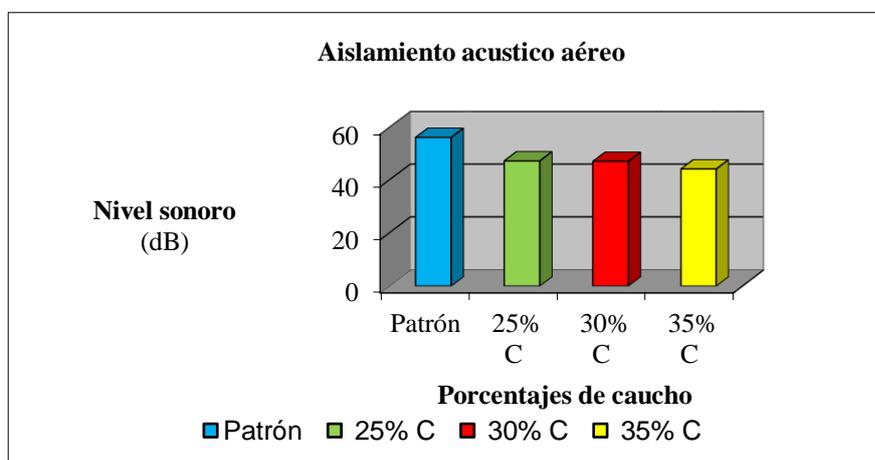


Figura 51. Promedio de datos aéreos

**Interpretación:**

La figura 50 muestra el nivel sonoro (dB) en función de diferentes porcentajes de caucho utilizados en el aislamiento acústico externo.

**Patrón:**

**Nivel sonoro:** 61.575 dB.

**Interpretación:** Este es el nivel de ruido sin ningún tratamiento adicional de caucho. Representa el nivel de referencia o base.

**Mortero con 25% Caucho:**

**Nivel sonoro:** 52.4 dB.

**Interpretación:** Al incorporar un 25% de caucho en el aislamiento acústico, el nivel de ruido se reduce en unos 9.54 dB en comparación con el patrón.

**Mortero con 30% Caucho:**

**Nivel sonoro:** 43.7 dB.

**Interpretación:** Con un 30% de caucho, el nivel de ruido se reduce en aproximadamente 17.88 dB respecto al patrón. Esto muestra una mejora adicional en la reducción del ruido.

**Mortero con 35% Caucho:**

**Nivel sonoro:** 41.1 dB.

**Interpretación:** Con un 35% de caucho, el nivel de ruido se reduce significativamente, en aproximadamente 20.48 dB en comparación con el patrón. Este es el nivel de reducción más alto observado en la gráfica.

**Análisis General**

**Tendencia:** A medida que se incrementa el porcentaje de caucho en el aislamiento, el nivel de ruido disminuye de manera consistente.

**Eficiencia del Caucho:** La adición de caucho en el aislamiento acústico es efectiva para reducir los niveles de ruido. El mayor porcentaje de caucho (35%) ofrece la mejor reducción de ruido.

**Aplicaciones Prácticas:** En aplicaciones donde se busca reducir el ruido externo, utilizar el contenido de caucho en 35% en los materiales de aislamiento puede ser una estrategia efectiva.

La gráfica en general indica que el caucho es un material eficaz para mejorar el aislamiento acústico. A medida que aumenta su proporción en el aislamiento, los niveles de ruido disminuyen significativamente, proporcionando un entorno más tranquilo y confortable.

### **Interpretación de nuestros resultados según la norma**

Los resultados se muestran el nivel sonoro (dB) en función de diferentes porcentajes de caucho utilizados en el aislamiento acústico aéreo.

#### **1. Patrón**

**Nivel sonoro:** 61.575 dB.

**Nivel de Confort Acústico:** Nada.

**Descripción:** Ruido muy elevado, perturbaciones constantes. Este nivel de ruido es inaceptable y no proporciona ningún confort acústico.

#### **2. Mortero con 25% Caucho**

**Nivel sonoro:** 52.4 dB.

**Nivel de Confort Acústico:** Nada.

**Descripción:** Ruido notable, posible interferencia con actividades diarias. Aunque hay una reducción de ruido en comparación con el patrón, el nivel de ruido sigue siendo alto y causa perturbaciones constantes.

#### **3. Mortero con 30% Caucho**

**Nivel sonoro:** 43.7 dB.

**Nivel de Confort Acústico:** Nada.

**Descripción:** Similar al 25% de caucho, el ruido sigue siendo alto y no proporciona un ambiente confortable, aunque hay una pequeña mejora en la reducción del ruido.

#### **4. Mortero con 35% Caucho**

**Nivel sonoro:** 41.1 dB.

**Nivel de Confort Acústico:** Poca.

**Descripción:** Nivel de ruido notablemente reducido en comparación con el patrón. Se encuentra en el límite superior de la categoría "Poca", es una mejora significativa respecto a los otros porcentajes.

### **Análisis General**

**Tendencia:** A medida que se incrementa el porcentaje de caucho en el aislamiento, el nivel de ruido disminuye.

**Eficiencia del Caucho:** La adición de caucho en el aislamiento acústico aéreo es efectiva para reducir los niveles de ruido. El mayor porcentaje de caucho (35%) ofrece la mejor reducción de ruido, alcanzando un nivel de confort acústico **Media**.

### **Conclusión**

Esta información sugiere que aumentar el porcentaje de caucho en el aislamiento mejora significativamente el confort acústico, siendo el 35% de caucho el porcentaje más eficaz de los mostrados para alcanzar un nivel de confort "Poca".

## **3.6. Análisis estadísticos**

### **Análisis estadístico de la resistencia a la compresión del mortero**

#### **Prueba de normalidad**

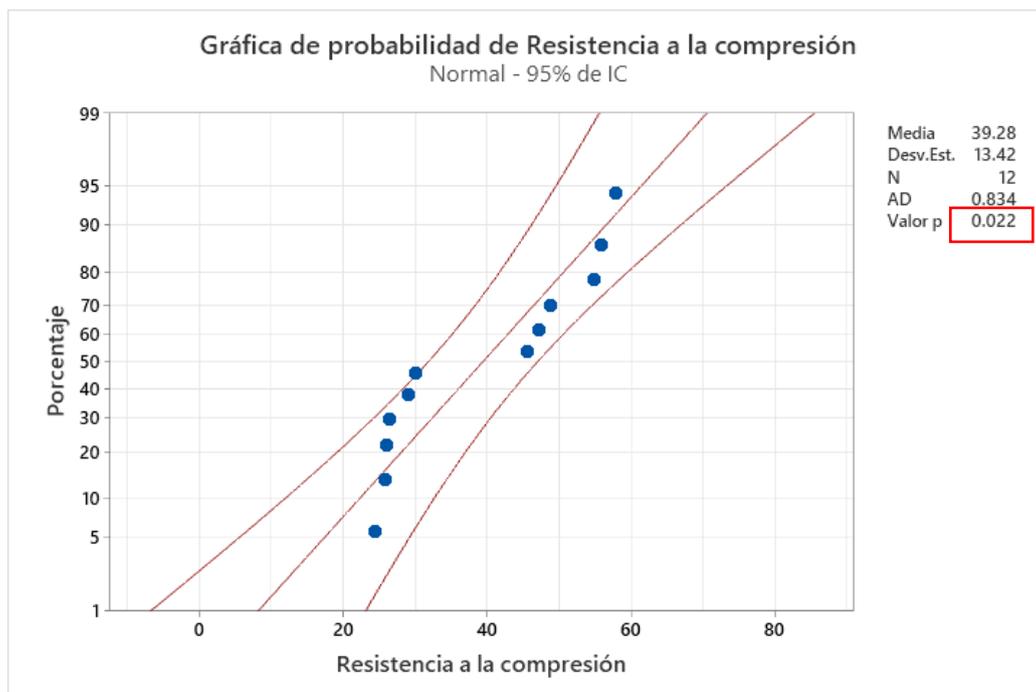


Figura 52. Grafico de normalidad de la resistencia a la compresión del mortero

Como se observa en la figura 52. Se encontró que la distribución de los datos no es normal según lo que se muestra en la gráfica de normalidad, con un valor p de 0.005 que es menor a 0.05, lo que nos indica que para este análisis estadístico debemos utilizar un análisis de varianzas no paramétrico.

### Información del factor

Tabla 23. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Especímenes	Fijo	4	25% caucho; 30% caucho; 35% caucho; Sin caucho

### Análisis de varianza ensayo de resistencia a la compresión del mortero

**H0:** El caucho reciclado no afecta en la resistencia a compresión del mortero Lima, 2023

**H1:** El caucho reciclado afecta en la resistencia a compresión del mortero Lima, 2023

Si el valor p es  $<$  a 0.05 se acepta la hipótesis alterna

Si el valor p es  $>$  a 0.05 se acepta la hipótesis nula

Tabla 24. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Especímenes	3	1959.53	653.175	248.95	0.000

Error	8	20.99	2.624		
Total	11	1980.52			

Como podemos apreciar en la tabla 24, el valor p fue igual a 0.000 que nos indica que al ser menor a 0.05 aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula utilizando debido a que el caucho si afecta a la resistencia a compresión del mortero.

### Comparación en parejas de tukey

Tabla 25. Información utilizando el método de Tukey y confianza de 95%

Especímenes	N	Media	Agrupación
Patrón	3	56.133	A
Patrón + 25% caucho	3	47.087	B
Patrón + 30% caucho	3	28.34	C
Patrón + 35% caucho	3	25.550	C

Las medias están en el grupo A,B y en el grupo C. Esto sugiere que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de estos grupos, según el análisis tukey, entonces la introducción de diferentes porcentajes de caucho en el material si afecta significativamente la variable medida, ya que las medias no pertenecen al mismo grupo estadístico.

### Graficas

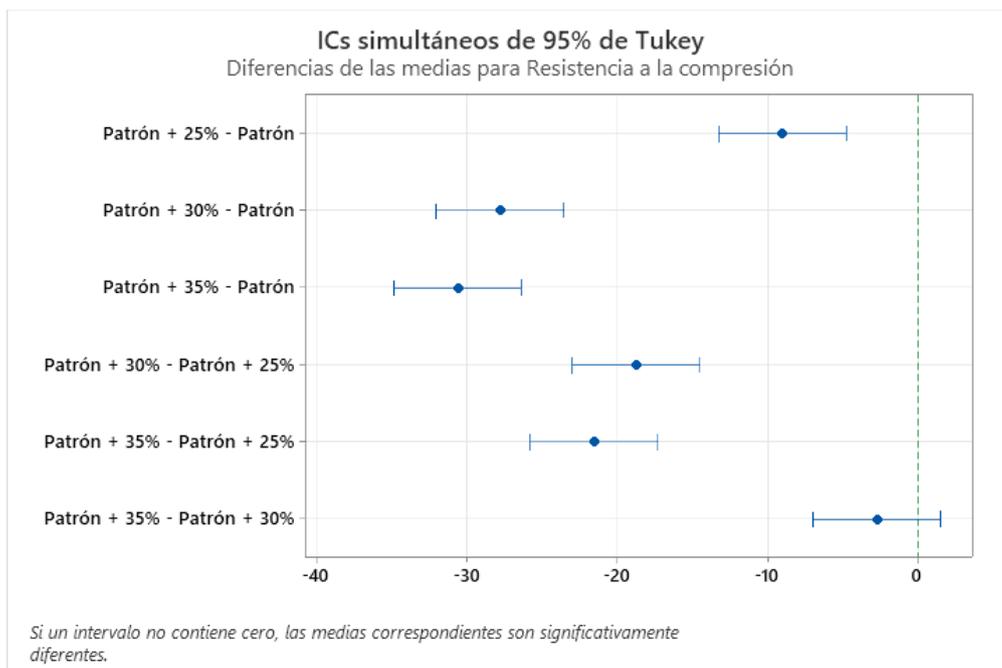


Figura 53. Grafica de medias de la resistencia a compresión del mortero

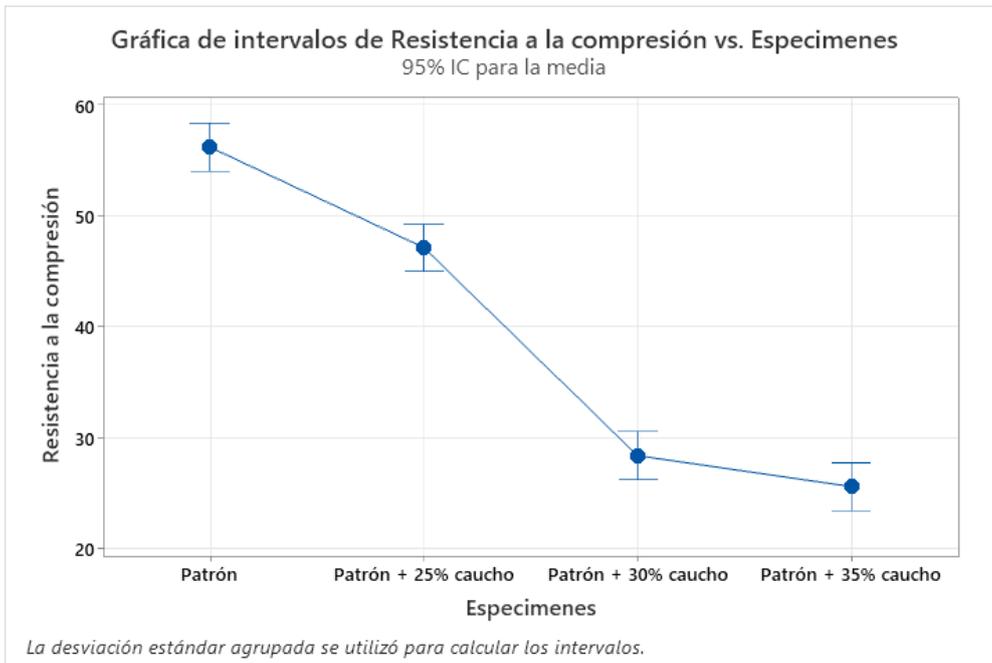


Figura 54. Grafica de intervalos de la resistencia a la compresión del mortero

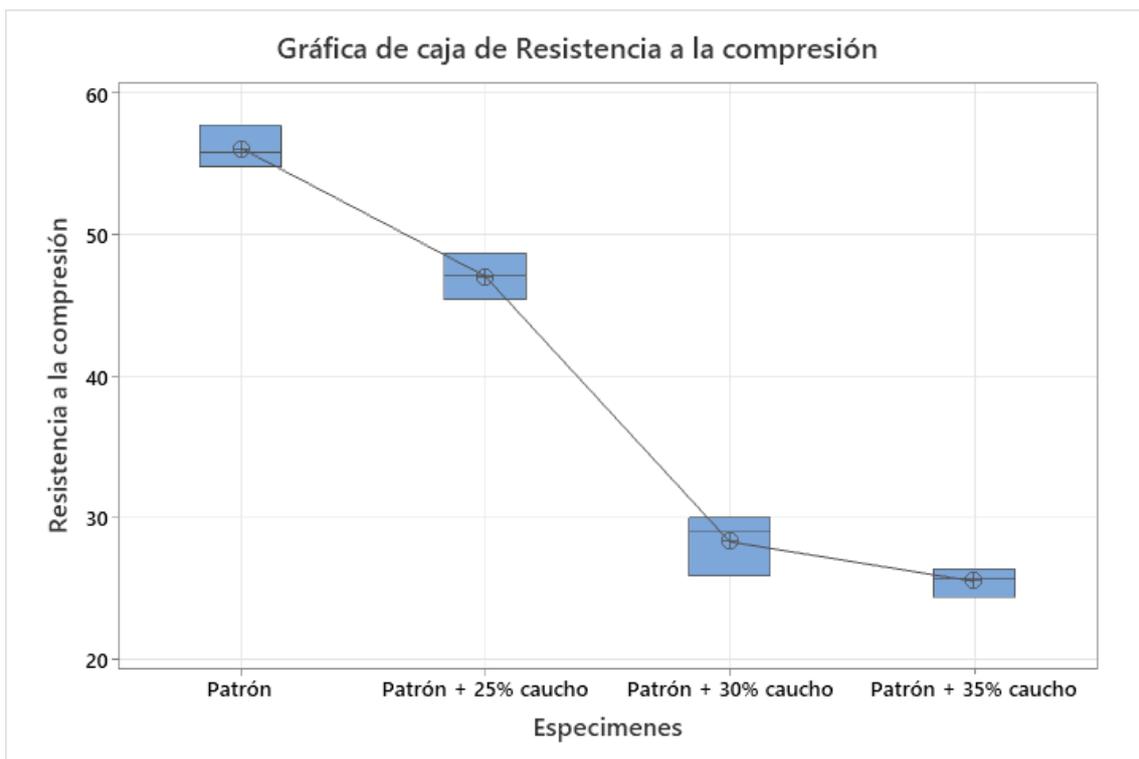


Figura 55. Grafica de cajas de la resistencia a la compresión del mortero

## Análisis estadístico del ensayo térmico por (Herramienta de confort térmico)

### Prueba de normalidad

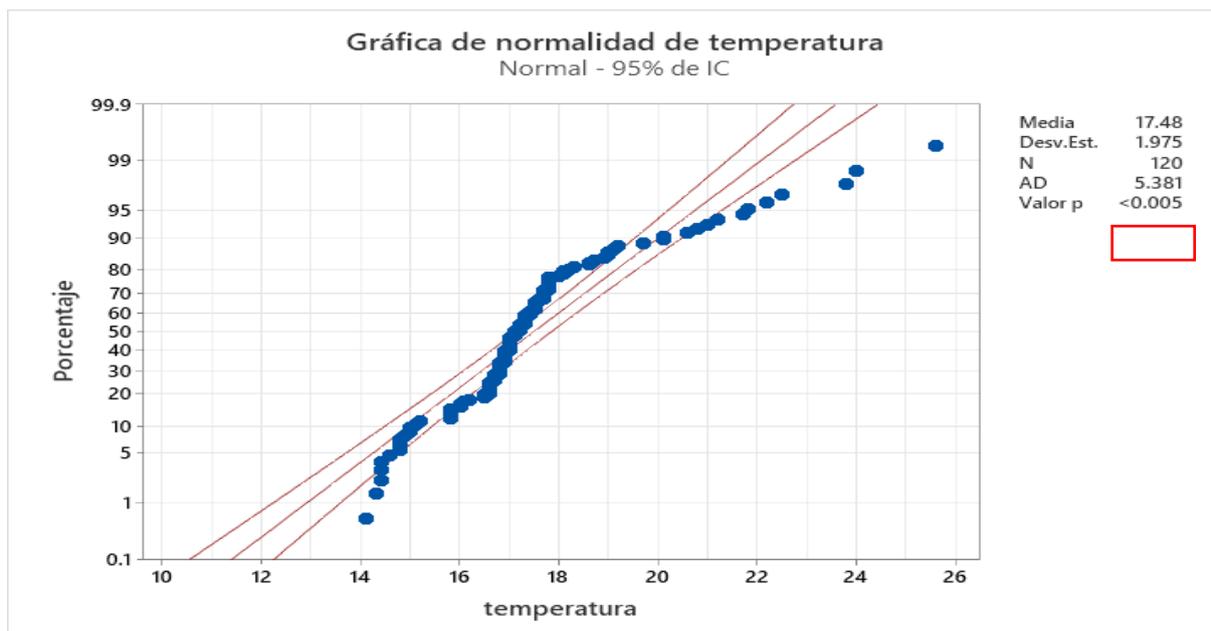


Figura 56. Gráfico de normalidad de ensayo térmico

Como se observa en la figura 56. Se encontró que la distribución de los datos no es normal según lo que se muestra en la gráfica de normalidad, con un valor p de 0.005 que es menor a 0.05, lo que nos indica que para este análisis estadístico debemos utilizar un análisis de varianzas no paramétrico.

### Información del factor

Tabla 26. Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Material	4	25% caucho; 30% caucho; 35% caucho; Sin caucho

### Análisis de varianza ensayo térmico por (Herramienta de confort térmico)

**H0:** El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero no influye en la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023

**H1:** El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023

Si el valor p es < a 0.05 se acepta la hipótesis alterna

Si el valor p es > a 0.05 se acepta la hipótesis nula

Tabla 27. Prueba Kruskal-Wallis

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Material	3	7.903	2.634	0.77	0.513
Error	87	297.115	3.415		

Total	90	305.018			
-------	----	---------	--	--	--

Como podemos apreciar en la tabla 27, el valor p fue igual a 0.0513 que nos indica que al ser mayor a 0.05 no hay una mejora significativa al agregar caucho en el mortero realizando el ensayo de aislamiento térmico con el método de la Herramienta de confort térmico. Lo que nos sugiere aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna utilizando este ensayo térmico.

## Medias

*Tabla 28. Medias*

Material	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
25% caucho	24	18.208	1.888	(17.459; 18.958)
30% caucho	24	17.700	1.541	(16.950; 18.450)
35% caucho	19	17.789	1.468	(16.947; 18.632)
Sin caucho	24	18.408	2.301	(17.659; 19.158)

*Desv.Est. agrupada = 1.84800*

## Comparación en parejas de Tukey

*Tabla 29. Información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%*

Material	N	Media	Agrupación
Sin caucho	24	18.408	A
25% caucho	24	18.208	A
35% caucho	19	17.789	A
30% caucho	24	17.700	A

Todas las medias están en el mismo grupo "A". Esto sugiere que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de estos grupos, según el análisis tukey, entonces la introducción de diferentes porcentajes de caucho en el material no parece afectar significativamente la variable medida, ya que todas las medias pertenecen al mismo grupo estadístico.

## Graficas

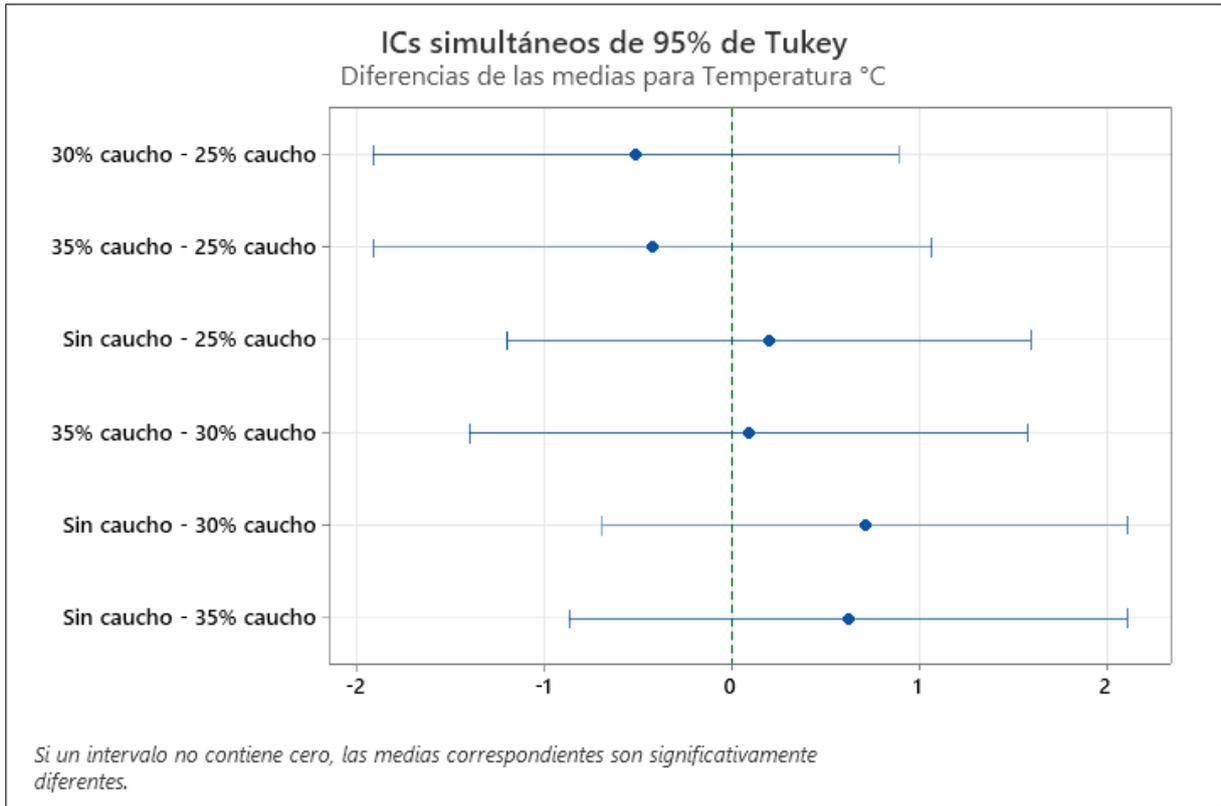


Figura 57. Grafica de diferencias de las medias de la temperatura

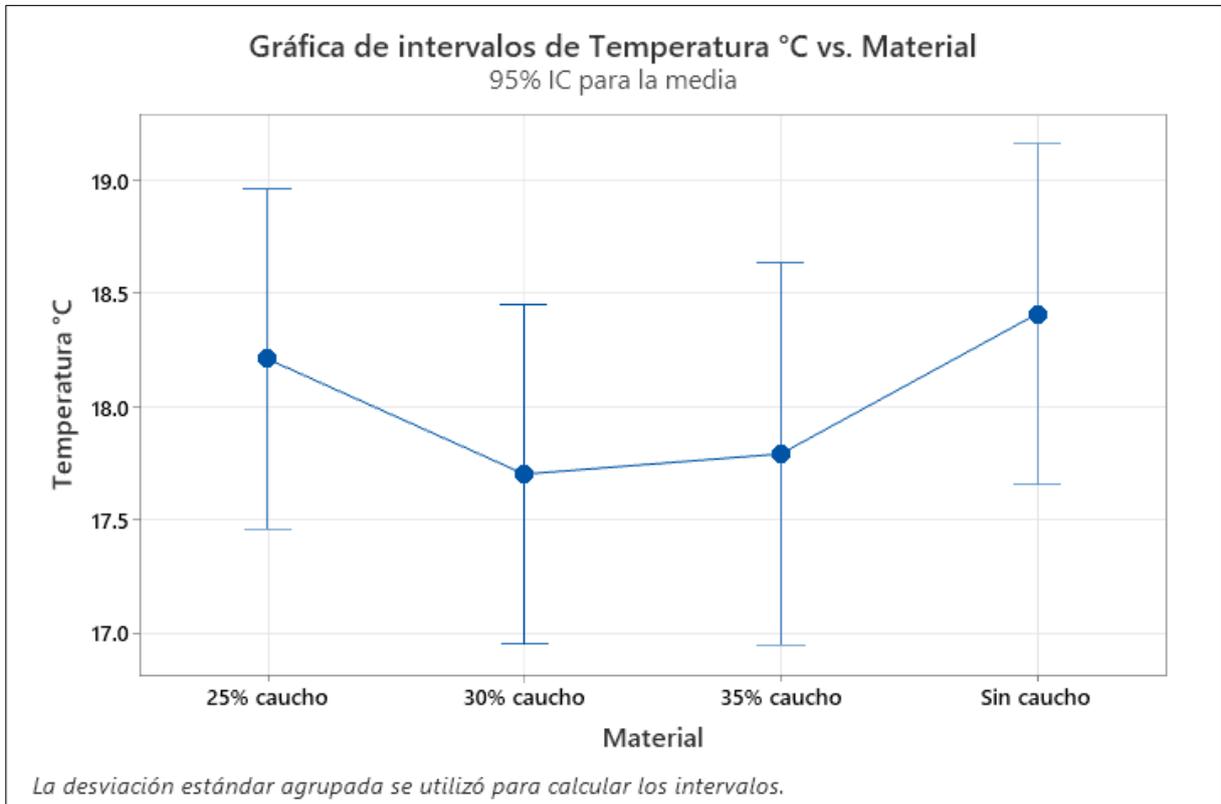


Figura 58. Grafica de intervalos de temperatura vs material

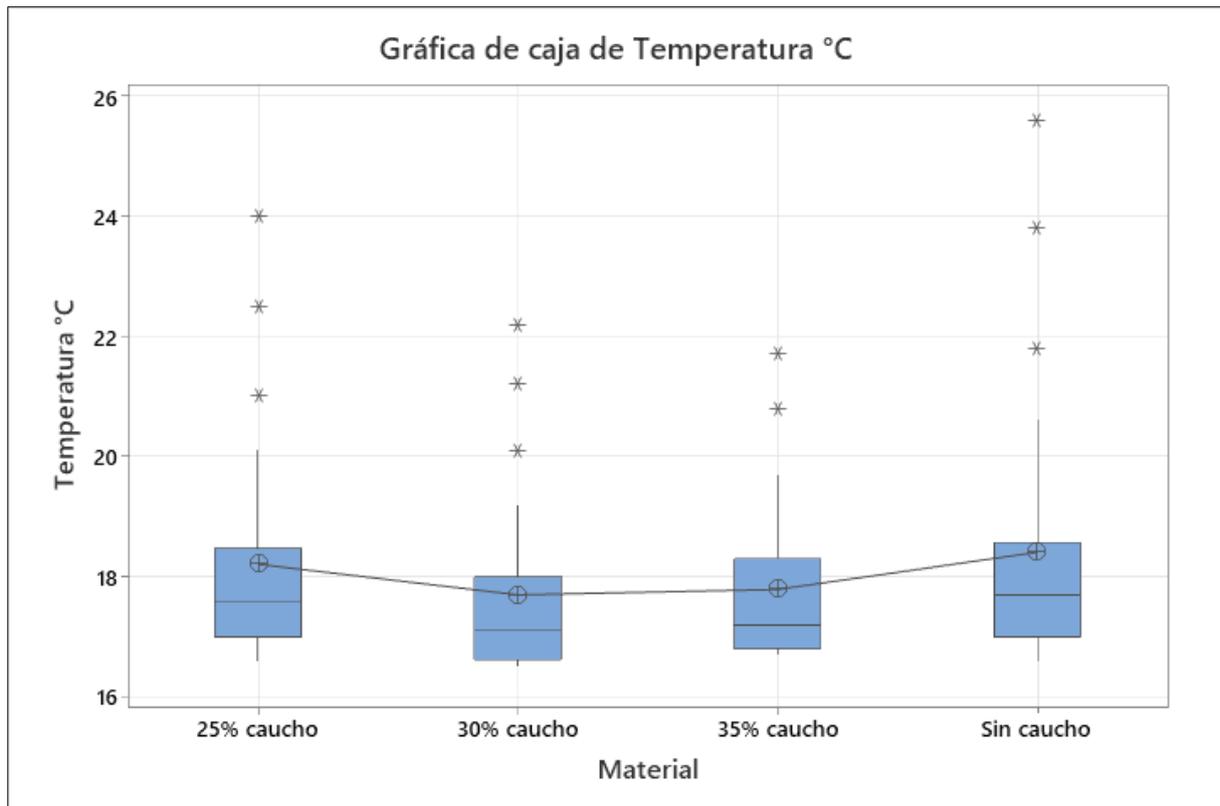


Figura 59. Grafico de cajas de la temperatura

**Análisis estadístico del ensayo térmico con generador de calor**  
**Prueba de normalidad**

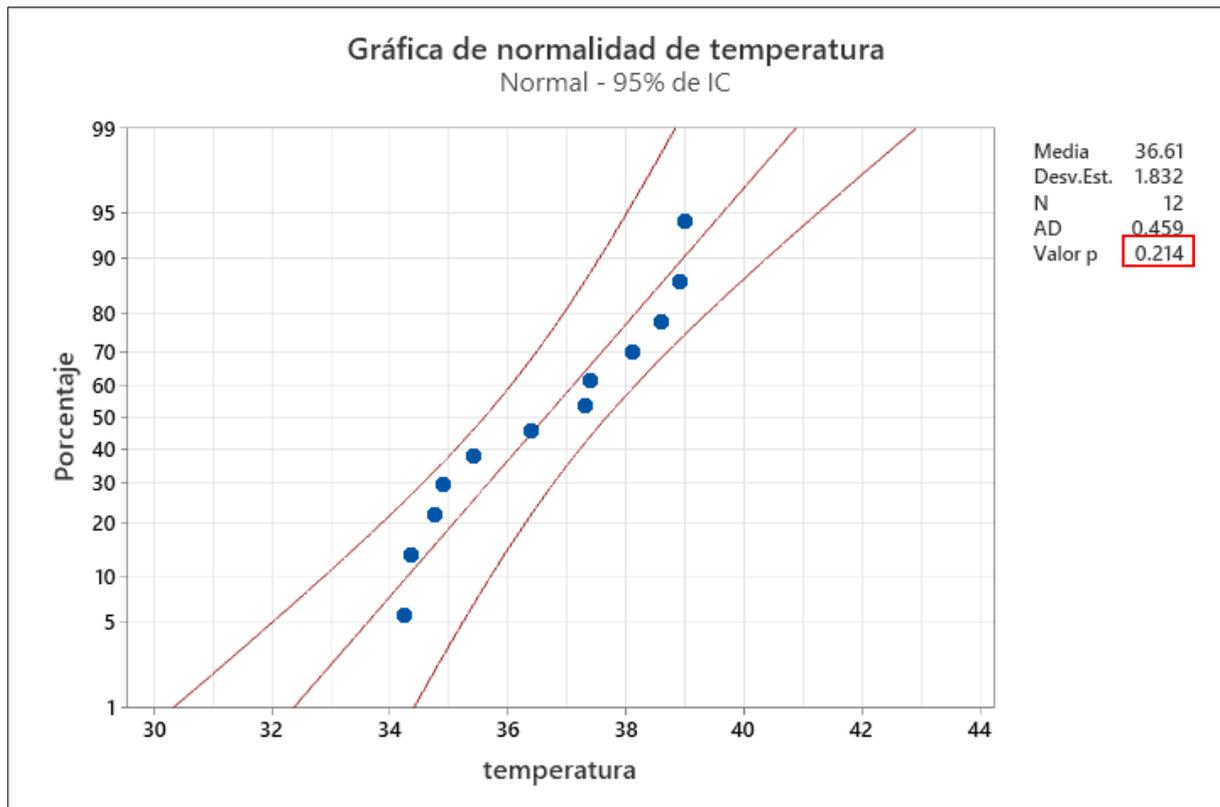


Figura 60. Grafico de normalidad de los datos de temperatura

Como se observa en la figura 60. Se encontró que la distribución de los datos es normal según lo que se muestra en la gráfica de normalidad, con un valor p de 0.214 que es mayor a 0.05, lo que nos indica que para este análisis estadístico debemos utilizar un análisis de varianzas paramétrica.

### Análisis de varianzas

**H0:** El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero no influye en la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023

**H1:** El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023

Si el valor p es  $<$  a 0.05 se acepta la hipótesis alterna

Si el valor p es  $>$  a 0.05 se acepta la hipótesis nula

Tabla 30. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
material	3	35.125	11.7084	52.39	0.000
Error	8	1.788	0.2235		

Total	11	36.913		
-------	----	--------	--	--

Como podemos apreciar en la tabla 30, el valor p fue igual a 0.000 que nos indica que al ser menor a 0.05 existe una mejora significativa al agregar caucho en el mortero realizado con el ensayo térmico con generador de calor. Lo que nos sugiere aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula utilizando este ensayo térmico.

## Medias

*Tabla 31. Medias*

material	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
caucho 25%	3	38.833	0.208	(38.204; 39.463)
caucho 30%	3	37.600	0.436	(36.971; 38.229)
caucho 35%	3	35.567	0.764	(34.937; 36.196)
Sin caucho	3	34.443	0.278	(33.813; 35.072)

*Desv.Est. agrupada = 0.472761*

## Comparación en parejas de Tukey

*Tabla 32. Agrupar información utilizando el método de Tukey y confianza de 95%*

material	N	Media	Agrupación
caucho 25%	3	38.833	A
caucho 30%	3	37.600	A
caucho 35%	3	35.567	B
Sin caucho	3	34.443	B

Las medias están en el grupo A y en el grupo B. Esto sugiere que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de estos grupos, según el análisis tukey, entonces la introducción de diferentes porcentajes de caucho en el material si afecta significativamente la variable medida, ya que las medias no pertenecen al mismo grupo estadístico.

## Graficas

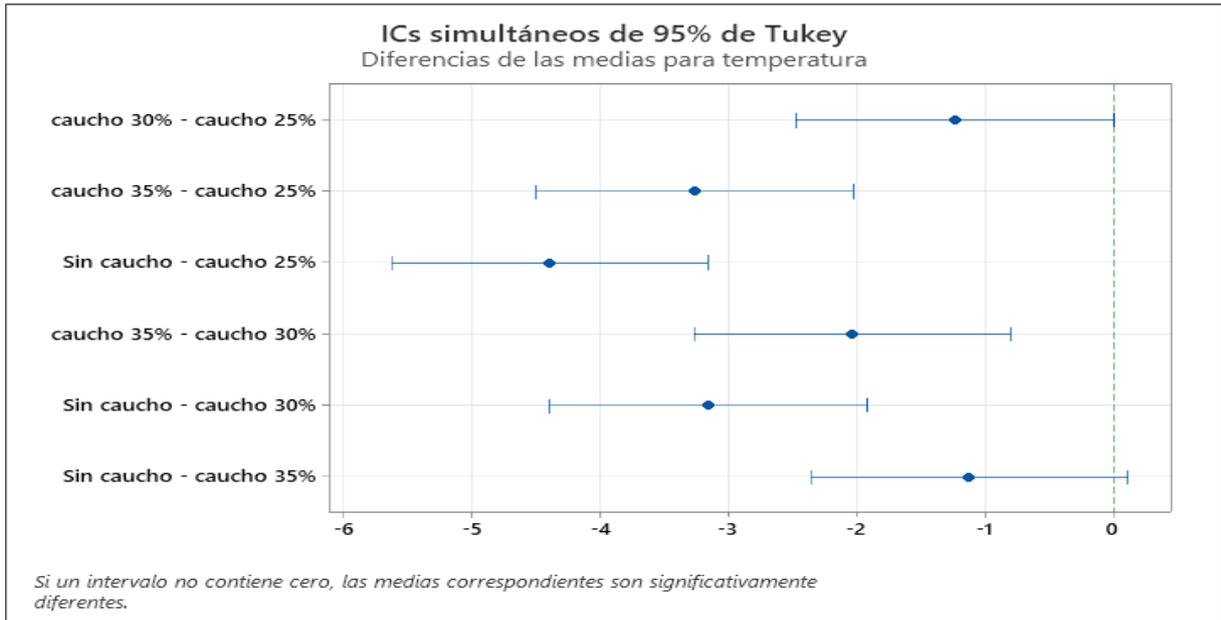


Figura 61. Diferencia de medias para temperatura

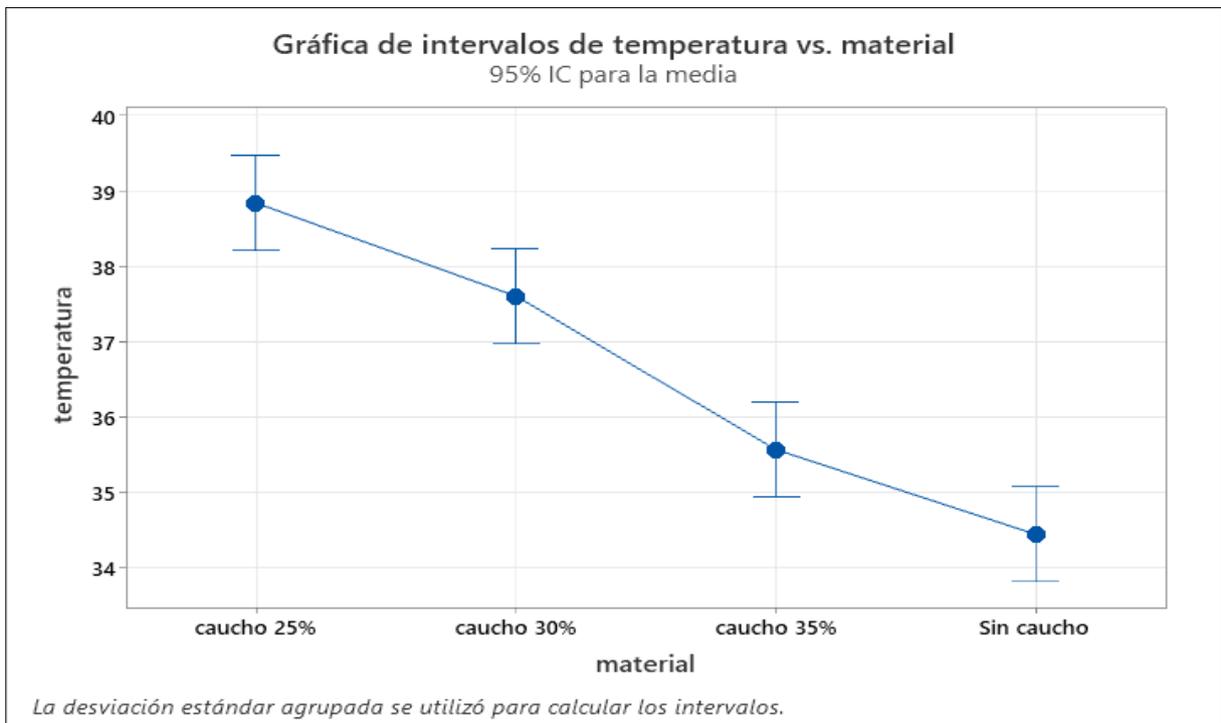


Figura 62. Grafica de intervalos para temperatura vs material

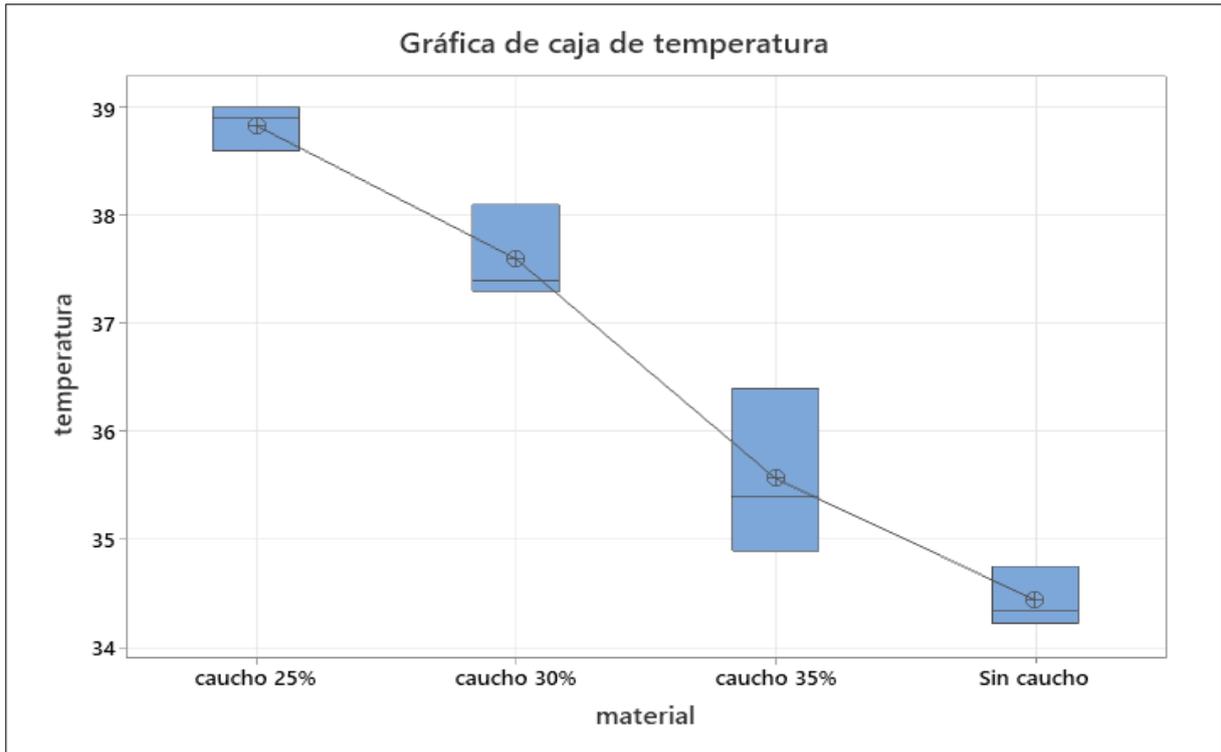


Figura 63. Grafica de cajas de temperatura

## Análisis estadístico del ensayo acústico externo

### Prueba de normalidad

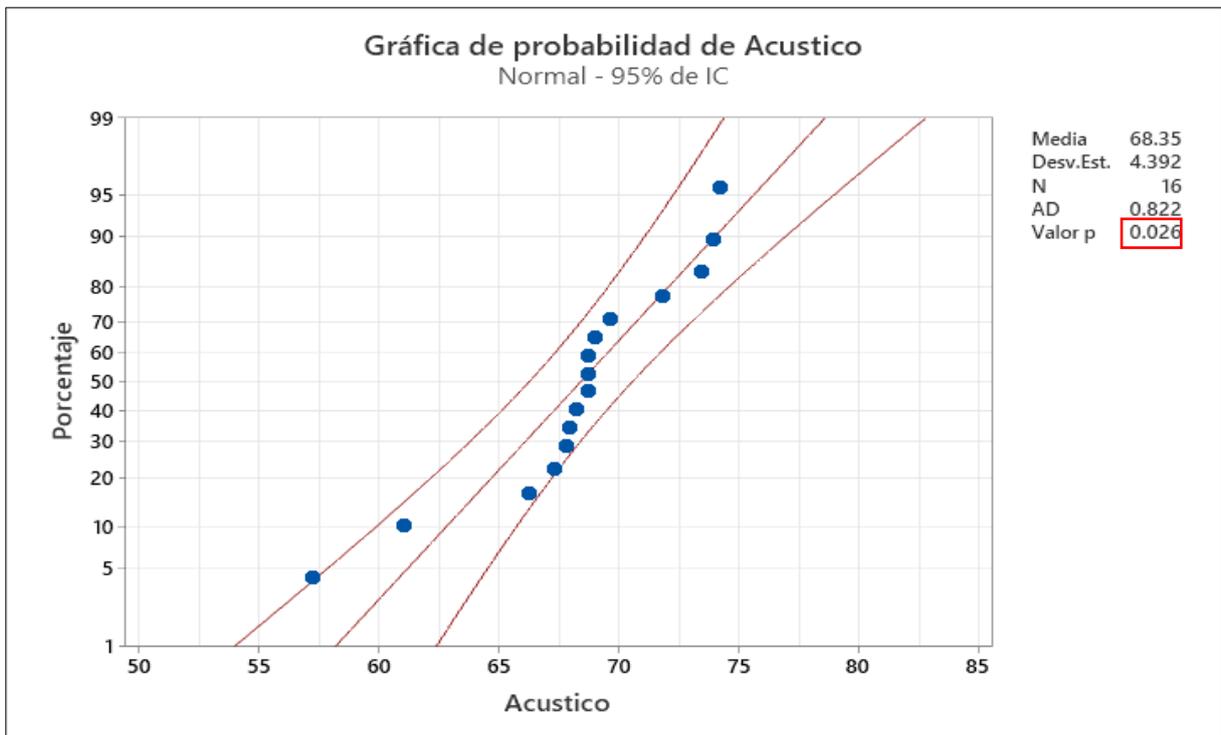


Figura 64. Grafica de normalidad de aislamiento acústico externo

Como se observa en la figura 64. Se encontró que la distribución de los datos no es normal según lo que se muestra en la gráfica de normalidad, con un valor p de 0.026 que es menor a 0.05, lo que nos indica que para este análisis estadístico debemos utilizar un análisis de varianzas no paramétrico.

### Análisis de varianzas

**H0:** El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero no influye en la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023

**H1:** El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023

Si el valor p es  $<$  a 0.05 se acepta la hipótesis alterna

Si el valor p es  $>$  a 0.05 se acepta la hipótesis nula

*Tabla 33. Prueba Kruskal-Wallis*

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	10.21	0.017
Ajustado para empates	3	10.27	0.016

Como podemos apreciar en la tabla 33, el valor p fue igual a 0.017 que nos indica que al ser menor a 0.05 existe una mejora significativa al agregar caucho en el mortero realizado con el ensayo acústico con externo. Lo que nos sugiere aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula utilizando este ensayo acústico.

### Medias

*Tabla 34. Medias*

Material	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
caucho 25%	4	69.75	2.44	(66.21; 73.29)
caucho 30%	4	69.57	2.91	(66.04; 73.11)
caucho 35%	4	62.92	4.70	(59.39; 66.46)
sin caucho	4	71.15	2.36	(67.61; 74.69)

*Desv.Est. agrupada = 3.24622*

### Comparación en parejas de tukey

*Tabla 35. Agrupar información utilizando el método de Tukey y confianza de 95%*

Material	N	Media	Agrupación
sin caucho	4	71.15	A
caucho 25%	4	69.75	A
caucho 30%	4	69.57	A
caucho 35%	4	62.92	B

Las medias están en el grupo A y en el grupo B. Esto sugiere que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de estos grupos, según el análisis tukey, entonces la introducción de diferentes porcentajes de caucho en el material si afecta significativamente la variable medida, ya que las medias no pertenecen al mismo grupo estadístico.

## Gráficos

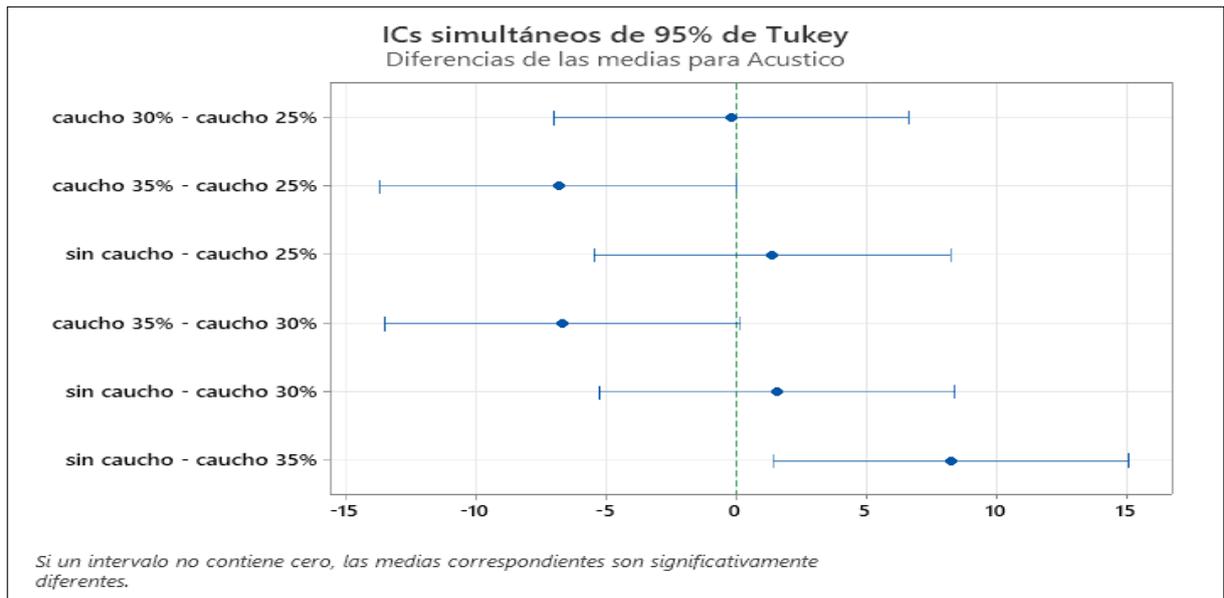


Figura 65. Grafico de las medias de aislamiento acústico externo

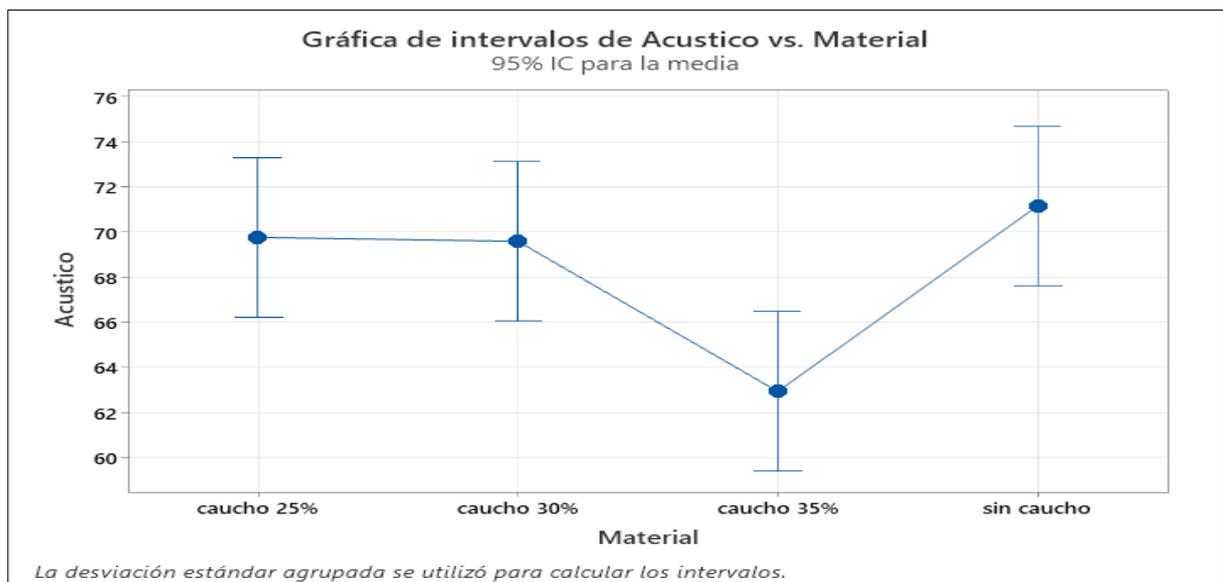


Figura 66. Grafico de intervalos de aislamiento acústico vs material

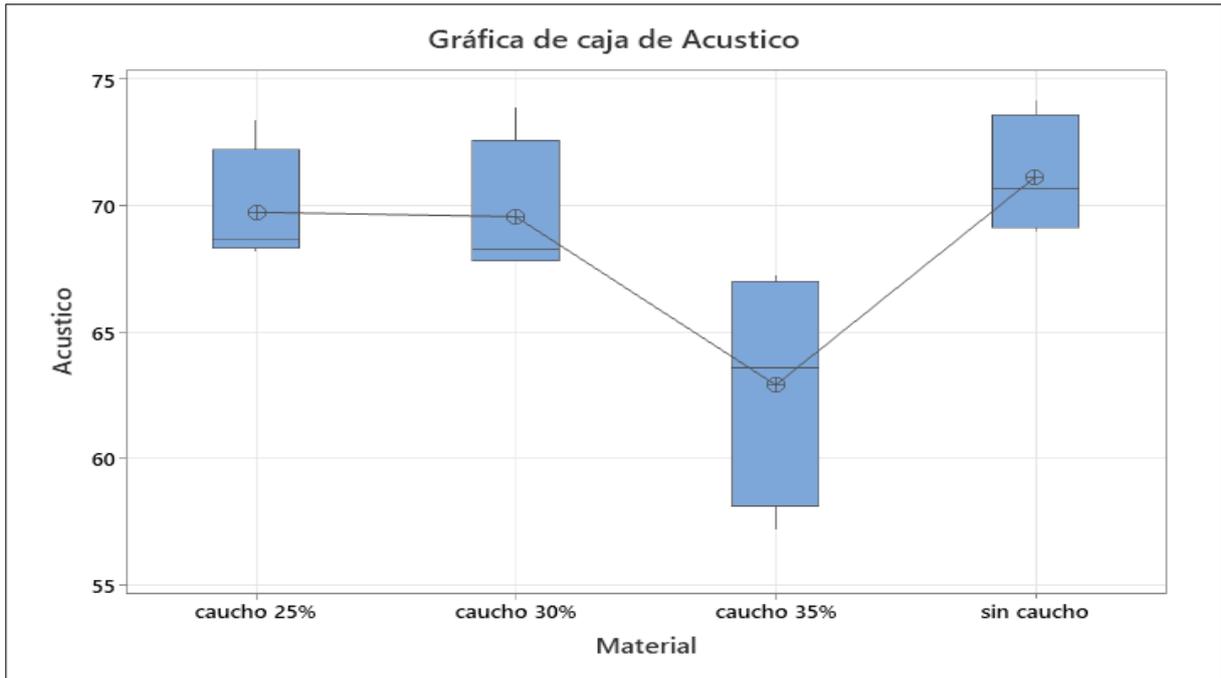


Figura 67. Grafico de cajas de aislamiento acústico externo

## Análisis estadístico del ensayo acústico aéreo

### Prueba de normalidad

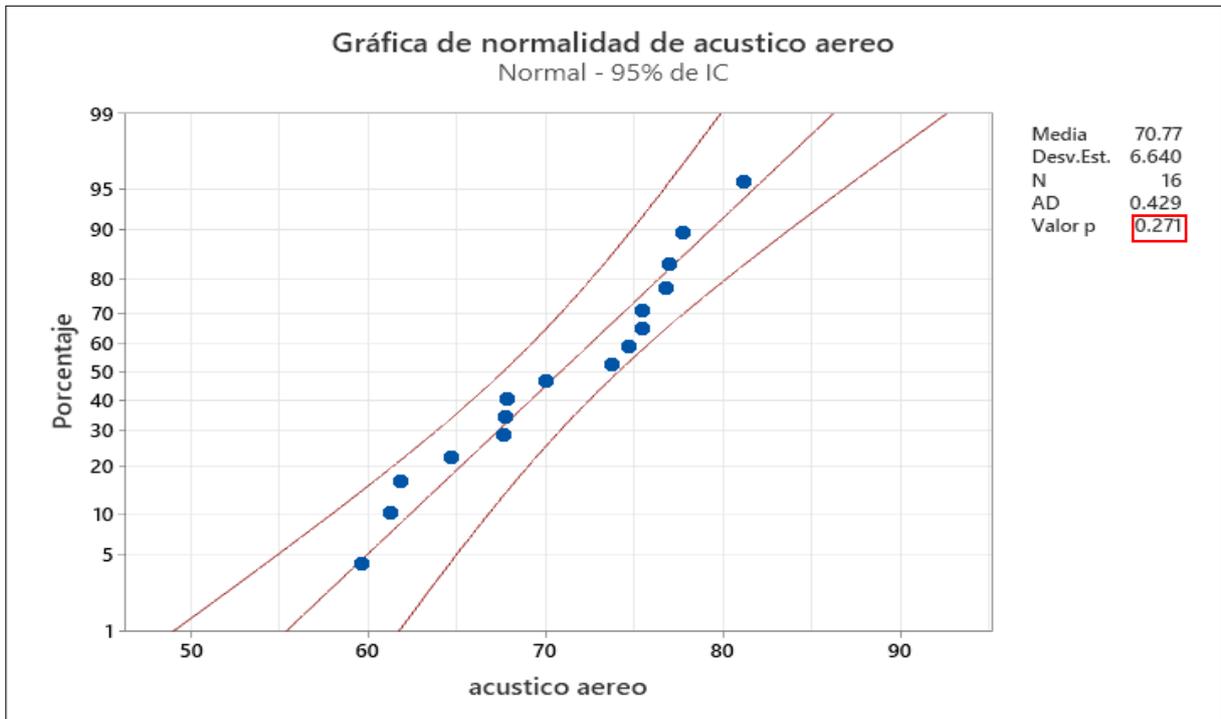


Figura 68. Grafico de normalidad de aislamiento acústico aéreo

Como se observa en la figura 68. Se encontró que la distribución de los datos es normal según lo que se muestra en la gráfica de normalidad, con un valor p de 0.271 que es mayor a 0.05, lo que nos indica que para este análisis estadístico debemos utilizar un análisis de varianzas paramétrica.

### **Análisis de varianzas**

**H0:** El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero no influye en la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023

**H1:** El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023

Si el valor p es < a 0.05 se acepta la hipótesis alterna

Si el valor p es > a 0.05 se acepta la hipótesis nula

*Tabla 36. Análisis de Varianza Anova*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Material	3	96.50	32.17	0.68	0.579
Error	12	564.94	47.08		
Total	15	661.43			

Como podemos apreciar en la tabla 36, el valor p fue igual a 0.579 que nos indica que al ser mayor a 0.05 no existe una mejora significativa al agregar caucho en el mortero realizado con el ensayo acústico con aéreo. Lo que nos sugiere aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna utilizando este ensayo acústico.

### **Medias**

*Tabla 37. Medias*

<b>Material</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
caucho 25%	4	71.40	7.18	(63.93; 78.87)
caucho 30%	4	69.75	6.68	(62.28; 77.22)
caucho 35%	4	67.60	6.45	(60.13; 75.07)
sin caucho	4	74.33	7.11	(66.85; 81.80)

*Desv.Est. agrupada = 6.86135*

## Comparaciones en parejas de Tukey

Tabla 38. Agrupar información utilizando el método de Tukey y confianza de 95%

Material	N	Media	Agrupación
sin caucho	4	74.33	A
caucho 25%	4	71.40	A
caucho 30%	4	69.75	A
caucho 35%	4	67.60	A

Todas las medias están en el mismo grupo "A". Esto sugiere que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de estos grupos, según el análisis tukey, entonces la introducción de diferentes porcentajes de caucho en el material no parece afectar significativamente la variable medida, ya que todas las medias pertenecen al mismo grupo estadístico.

## Gráficos

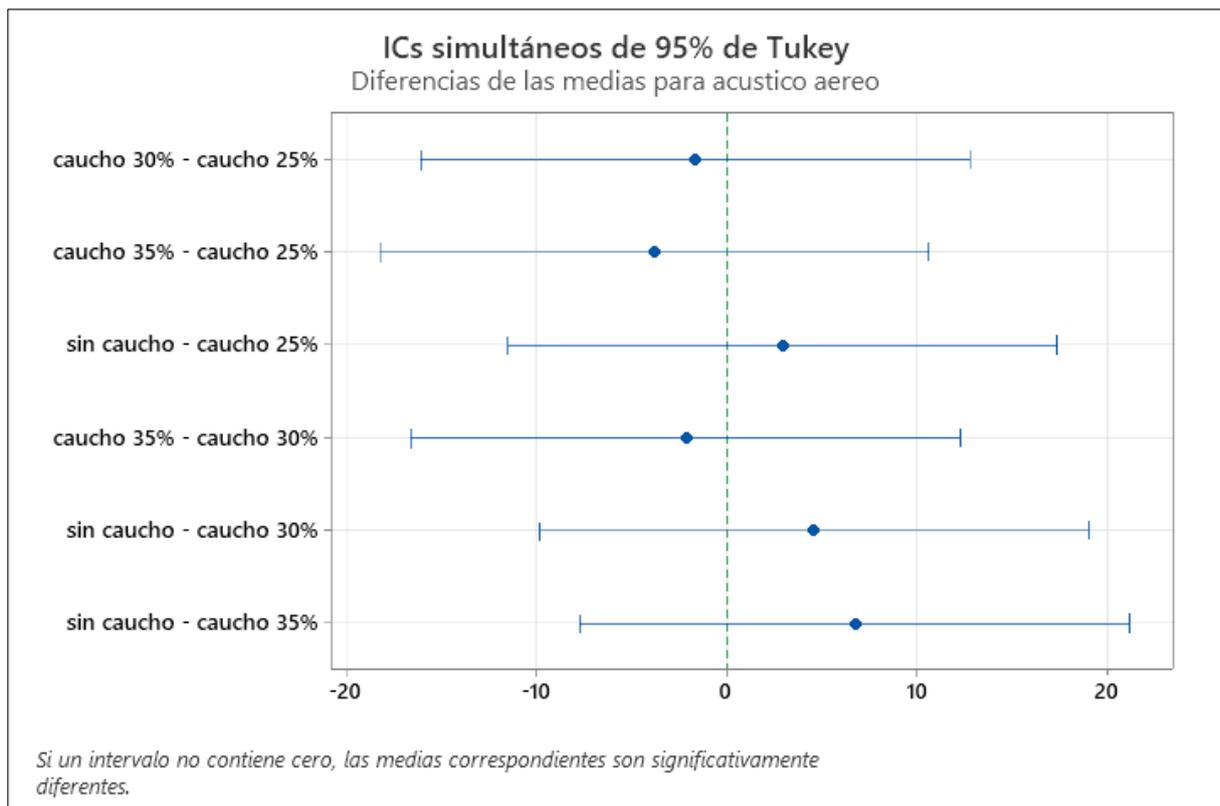


Figura 69. Grafico de medias de ensayo acústico aéreo

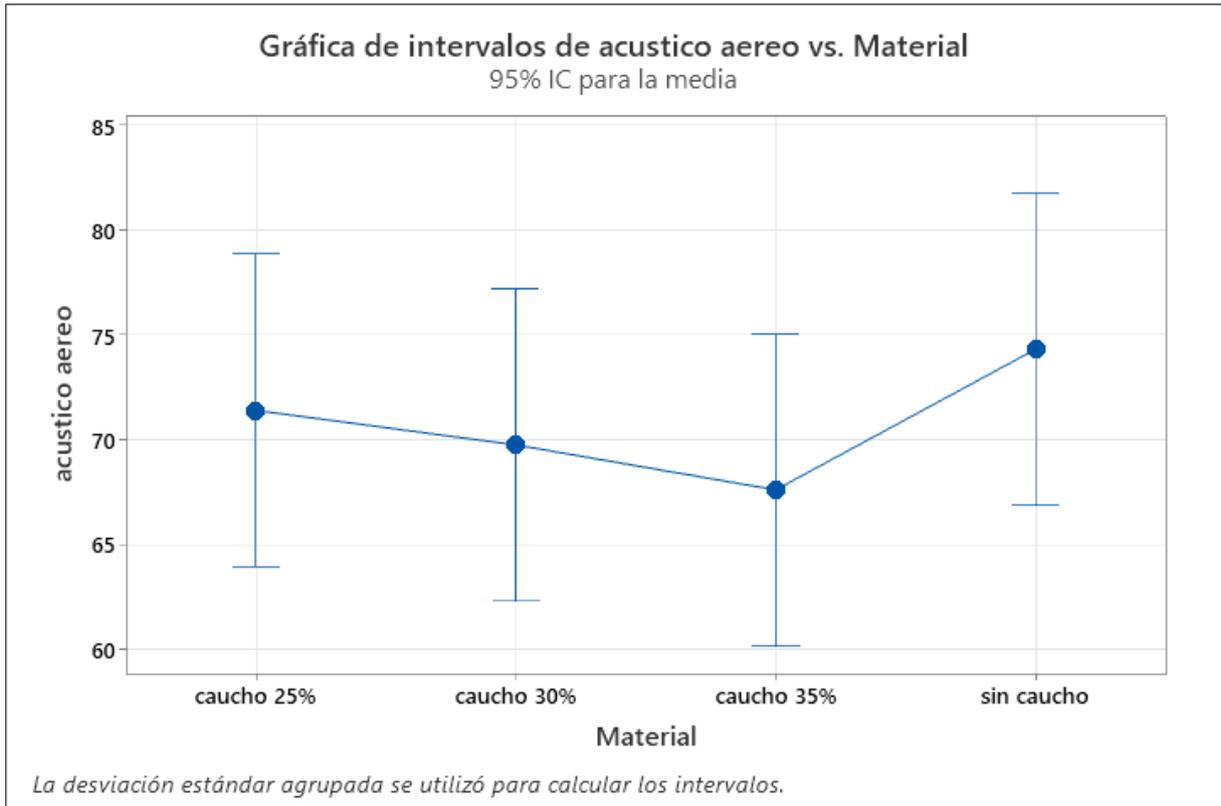


Figura 70. Grafico de intervalo de ensayo acústico aéreo vs material

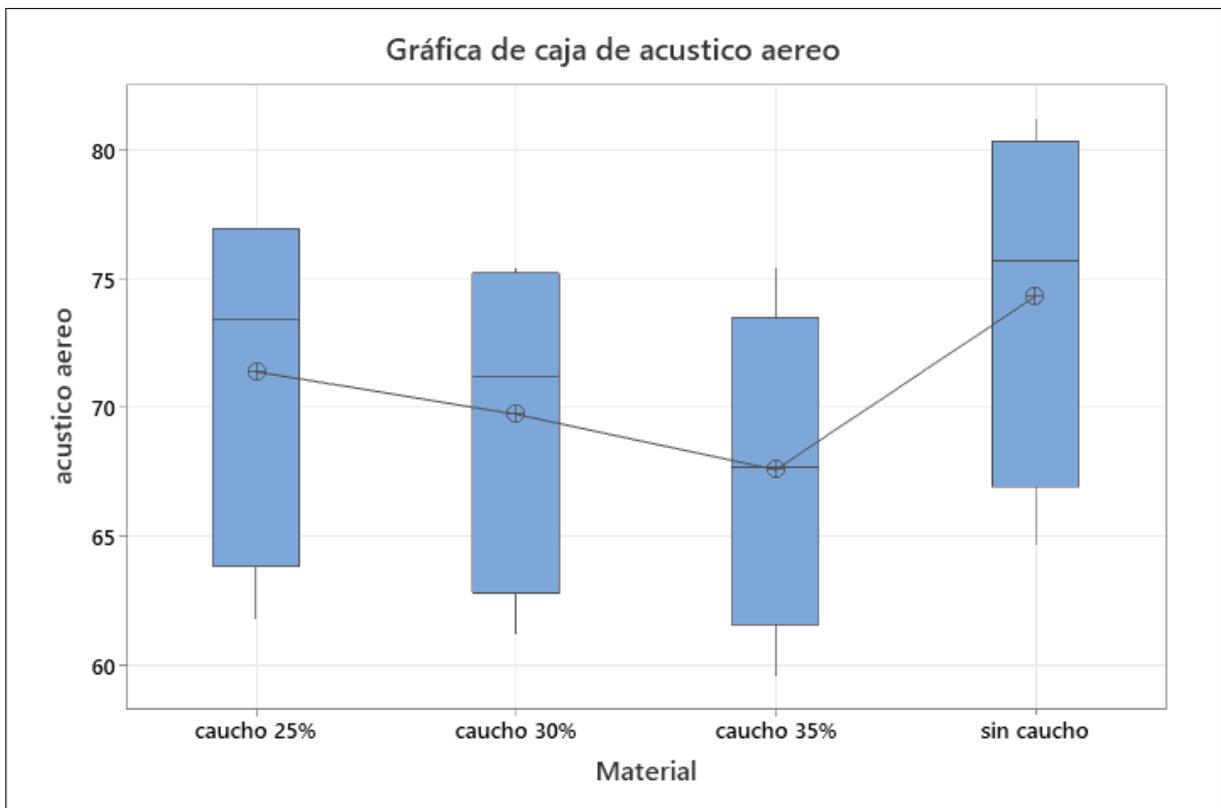


Figura 71. Grafico de cajas de ensayo acústico aéreo

#### IV. DISCUSIÓN

**En base al objetivo específico 1**, Guzmán (2023) tuvo como resultados en su ensayo de resistencia a la compresión de morteros con caucho una reducción en su resistencia llegando a obtener  $18\text{kg/cm}^2$  donde hizo mención que este mortero no sirve como elemento estructural sirve como material para aligerar la carga, luego para Correa (2020) tuvo como resultado una resistencia a la compresión de  $15.7\text{ kg/cm}^2$  lo que fue una resistencia baja que no sirve como elemento estructural pero si para la aplicación de mortero, luego para Angelin (2019) en su ensayo a resistencia a la compresión de morteros de concreto con caucho obtuvo una resistencia promedio de  $16.5\text{ kg/cm}^2$  para ser utilizado en su investigación. En cuanto a nuestra investigación para el ensayo de resistencia a la compresión de mortero se obtuvo una resistencia mínima de  $25.55\text{ kg/cm}$  que fue menor al patrón que obtuvimos teniendo una resistencia baja pero adecuada para utilizarla como mortero de tarrajeo según la norma ASTM-270.

**En base al objetivo específico 2**, Batállanos y Romero (2022) mencionan que obtuvieron resultados favorables para el confort térmico, utilizando caucho como aislante térmico, luego para Martínez y Martillo (2020) obtuvieron resultados positivos al adicionar caucho en su mortero, teniendo como conclusión que el mortero con caucho sirve como aislante térmico y reduciendo el consumo de energía como necesidad de calefacción, en cuanto a Letelier et al. (2021) obtuvieron un excelente comportamiento térmico adicionando caucho reciclado y áridos finos reciclados, lo que hace al caucho como un buen aislante térmico para las viviendas. En cuanto a los resultados obtenidos podemos obtener una concordancia debido a que nuestros resultados arrojaron un buen confort térmico debido al aislamiento térmico que presente el caucho adicionado en el mortero lo cual permite que no se reduzca la temperatura de manera inadecuada y se mantenga con un buen confort internamente. Esto nos da entender que la adición de caucho es un buen aislante térmico.

**En base a nuestro objetivo específico 3**, Oliveira et al. (2023) obtuvieron como resultado un aislamiento acústico positivo adicionando caucho a su mortero tradicional, mejorando así su rendimiento en aislamiento acústico en edificaciones, luego para Marques et al. (2020) como resultados obtuvieron que al adicionar caucho

reciclado y cascara de arroz, obtienen un mejor aislamiento acústico debido a su capacidad del caucho a reducir el ruido, seguidamente Valente et al. (2023) adicionando caucho proveniente de neumáticos obtuvieron resultados positivos en cuanto al aislamiento acústico. En cuanto a nuestros resultados podemos afirmar que existe resultados positivos adicionando caucho en el mortero siendo nuestros resultados obtenidos positivos a nivel de confort acústico, teniendo como mejor resultado el mortero con adición de caucho en 35% siendo el que más aislamiento acústico obtuvo en comparación de los demás porcentajes y el mortero tradicional.

## V. CONCLUSIONES

- Se llegó a la conclusión que adicionando caucho en 25%, 30% y 35% al mortero existe una reducción en la resistencia a la compresión, pero aun así obteniendo la resistencia adecuada para utilizarlo como mortero de mampostería según la ASTM-270 que indica que para un mortero tipo la resistencia mínima es de  $25\text{kg/cm}^2$ . Aunque hay una reducción en la resistencia a la compresión, sigue siendo adecuada para su uso como mortero de mampostería. Se debe asegurar que las estructuras diseñadas con este mortero cumplan con los requisitos estructurales necesarios.
- Se llegó a la conclusión que adicionando caucho en 25%, 30% y 35% al mortero existe una mejora en el aislamiento térmico, siendo el mortero con 35% de caucho el que mayor aislamiento térmico obtuvo. El mortero con 35% de caucho ha demostrado tener el mejor rendimiento en términos de aislamiento térmico. Su uso en zonas donde el control de la temperatura es crítico puede ser utilizado, como en climas extremos o en habitaciones que requieren mantener una temperatura constante y confortable.
- Se llegó a la conclusión que adicionando caucho en 25%, 30% tienen efectos aislantes acústicos, pero estos porcentajes no reducen el suficiente ruido en decibeles como para representar un buen confort acústico, en cambio el mortero con caucho al 35% mejoró el aislamiento acústico teniendo un buen confort acústico en el prototipo ensayado lo que indica que el mortero con 35% de caucho puede servir como aislante acústico en viviendas con alta congestión sonora.
- Se llegó a la conclusión que el caucho adicionado en el mortero con 35% cumple con todos los términos para ser utilizado como aislamiento termoacústico para viviendas, ya que cumple con el confort térmico y acústico necesario y la resistencia a la compresión necesaria para su uso.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de caucho en 35% como aditivo en el mortero para obtener un buen aislamiento térmico que permita tener un confort aceptable en las viviendas.
- Se recomienda como aditivo en el mortero el uso de caucho en la cantidad de 35% debido a que esto permite obtener un óptimo aislamiento acústico, puesto que logra brindar un confort aceptable en las viviendas.
- Se recomienda el uso de caucho en 35% para futuras investigaciones al cual se puede agregar otro material más para obtener resultados distintos al nuestro.
- Se recomienda el uso del caucho en 35% como tarrajeo de mampostería para viviendas que tengan una contaminación sonora elevada en el lugar donde habita.
- Se recomienda no utilizar mayores porcentajes debido a que la resistencia a la compresión del mortero disminuye a medida que se aumenta la cantidad de caucho en el diseño.

## REFERENCIAS

ACEVEDO TRUJILLO, J.P., RODRIGUEZ ORTIZ, L.R. y AREVALO TRUJILLO, I.A., 2022. Caracterización de morteros y concretos hidráulicos con agregado de caucho reciclado. [en línea], [consulta: 1 mayo 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/45113>.

ACEVEDO-SÁNCHEZ, C.D., VILLAQUIRÁN-CAICEDO, M.A. y MARMOLEJO-REBELLÓN, L.F., 2023. Recycling of eps foam and demolition wastes in the preparation of ecofriendly render mortars with thermal-acoustic insulation properties. *Materiales de Construcción* [en línea], vol. 73, no. 351, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.3989/mc.2023.342422. Disponible en: <https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/3424>.

ADESINA, A., 2021. Overview of the influence of waste materials on the thermal conductivity of cementitious composites. *Cleaner Engineering and Technology* [en línea], vol. 2, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.clet.2021.100046. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821000069>.

ANDRADA, R.C., MUGETTI, V., GUTIERREZ, F., RAGGIOTTI, B.B. y LUDUERIA, F., 2019. MORTEROS SUSTENTABLES: ESTUDIO DE ADHERENCIA DE MORTEROS CON INCORPORACION DE CAUCHO RECICLADO. ENCONTRO LATINO AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS [en línea], [consulta: 1 mayo 2024]. Disponible en: <https://eventos.antac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/2745>.

ANGELIN, A.F., MIRANDA, E.J.P., SANTOS, J.M.C.D., LINTZ, R.C.C. y GACHET-BARBOSA, L.A., 2019. Rubberized mortar: The influence of aggregate granulometry in mechanical resistances and acoustic behavior. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 200, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2018.12.123. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818331064>.

ARIAS-GÓMEZ, J., VILLASÍS-KEEVER, M.Á. y NOVALES, M.G.M., 2016. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea], vol. 63, no. 2. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>.

ARROYAVE, G.J.P., RESTREPO, S.M.V. y VÁSQUEZ, D.H.G., 2017. Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea], vol. 27, no. 2, [consulta: 7 mayo 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/911/911150559002/>.

BATALLANOS POZO, C.A. y ROMERO ZENTENO, A.P., 2022. Mortero para tarrajeo de exteriores reemplazando parcialmente el agregado fino por caucho reciclado para mejorar las condiciones térmicas de las viviendas de la zona alto andina del departamento de Apurímac-Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) [en línea], [consulta: 1 mayo 2024]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/659189>.

BERGMANN BECKER, P.F., EFFTING, C. y SCHACKOW, A., 2022. Lightweight thermal insulating coating mortars with aerogel, EPS, and vermiculite for energy conservation in buildings. Cement and Concrete Composites [en línea], vol. 125, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.cemconcomp.2021.104283. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946521003504>.

CERVERA, K.P.T. y LEAL, L.Á.J., 2019. Aprovechamiento del grano de caucho reciclado para la elaboración de adoquines ecológicos como una nueva alternativa a la industria constructiva. Revista Politécnica [en línea], vol. 15, no. 29, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.33571/rpolitec. v15n29a3. Disponible en: <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1520>.

COLOM, X., GIRBAU, J., MARIN, M., FORMELA, K., SAEB, M.R., CARRILLO, F. y CAÑAVATE, J., 2023. New approach in the reuse of modified ground tire rubber as thermal and acoustic insulation to be used in civil engineering. Journal of Material Cycles and Waste Management [en línea], vol. 25, no. 6, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1007/s10163-023-01778-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01778-6>.

CORREA PALAGUACHI, C.G., 2020. Elaboración de un bloque, utilizando plástico y caucho reciclado como agregado en la mezcla de mortero, para viviendas de interés social en La Troncal Provincia del Cañar [en línea]. bachelorThesis. S.I.: Guayaquil: ULVR, 2020. [consulta: 1 mayo 2024]. Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3780>.

DE SOUZA KAZMIERCZAK, C., DUTRA SCHNEIDER, S., AGUILERA, O., ALBERT, C.C. y MANCIO, M., 2020. Rendering mortars with crumb rubber: Mechanical strength, thermal and fire properties and durability behaviour. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 253, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.119002. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820310072>.

DI MUNDO, R., SEARA-PAZ, S., GONZÁLEZ-FONTEBOA, B. y NOTARNICOLA, M., 2020. Masonry and render mortars with tyre rubber as aggregate: Fresh state rheology and hardened state performances. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 245, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.118359. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820303640>.

ESCOBAR RAMOS, C.A. y LANDEO NAVARRO, B.Y., 2022. Influencia del caucho granulado en la adherencia de muros de albañilería. [en línea], [consulta: 1 mayo 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5508>.

ESPINOZA FREIRE, EUDALDO ENRIQUE. Variables and their operationalization in educational research. Parte I. Conrado [online]. 2018, vol.14, [Fecha de consulta: 29 octubre del 2023] Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S199086442018000500039&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S199086442018000500039&lng=es&nrm=iso)

ESTUPIÑÁN RUÍZ, Kevin Alexander. Determinación de impactos ambientales mediante el análisis de Ciclo de Vida y propiedades térmicas de morteros de pañete con adición de partículas de caucho triturado reciclado de llantas. 2019. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78199>

FANG, Y., ZHAN, M. y WANG, Y., 2001. The status of recycling of waste rubber. *Materials & Design* [en línea], vol. 22, no. 2, [consulta: 7 mayo 2024]. DOI 10.1016/S0261-3069(00)00052-2. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306900000522>.

FERRÁNDEZ, D., ÁLVAREZ, M., SAIZ, P. y ZARAGOZA, A., 2022. Experimental Study with Plaster Mortars Made with Recycled Aggregate and Thermal Insulation Residues for Application in Building. *Sustainability* [en línea], vol. 14, no. 4, [consulta:

21 mayo 2024]. DOI 10.3390/su14042386. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/4/2386>.

GERSBACH, Hans; SORGER, Gerhard; AMON, Christian. Hierarchical growth: Basic and applied research. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2018, vol. 90, p. 434-459. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165188918300988>

GOEL, G. y KALAMDHAD, A.S., 2017. Degraded municipal solid waste as partial substitute for manufacturing fired bricks. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 155. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817316586>.

GUZMAN GILETA, J.M., 2023. Elaboración de una mezcla de mortero a base de cemento, jal, caucho y agua para evaluar su resistencia mecánica. [en línea], [consulta: 1 mayo 2024]. Disponible en: <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/6236>.

HADDAD, L.D. de O., NEVES, R.R., OLIVEIRA, P.V. de, SANTOS, W.J. dos, CARVALHO JUNIOR, A.N. de y SANTOS, W.J. dos, 2020. Influence of particle shape and size distribution on coating mortar properties. *Journal of Materials Research and Technology* [en línea], vol. 9, no. 4, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.jmrt.2020.06.068. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785420314691>.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ, CARLOS Y BAPTISTA, PILAR. Metodología de la investigación, [en línea]. Noviembre del 2022. [Fecha de consulta: 27 octubre del 2023] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>

JR, A.C.L. y FARO, H.B., 2017. Descolamento de revestimento de fachada: Estudo de caso. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción* [en línea], vol. 7, no. 2, [consulta: 7 mayo 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427651116002>.

LEITE, M.B. y SANTANA, V.M., 2019. Evaluation of an experimental mix proportion study and production of concrete using fine recycled aggregate. *Journal of Building Engineering* [en línea], vol. 21, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI

10.1016/j.jobe.2018.10.016. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218306946>.

LETELIER, V., BUSTAMANTE, M., MUÑOZ, P., RIVAS, S. y ORTEGA, J.M., 2021. Evaluation of mortars with combined use of fine recycled aggregates and waste crumb rubber. *Journal of Building Engineering* [en línea], vol. 43, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.jobe.2021.103226. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221010846>.

LOPEZ, Pedro Luis. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero [online]. 2004, vol.09, n.08 [fecha de consulta 16 de noviembre del 2023], pp.69- 74. Disponible en: ISSN 1815-0276

MANTEROLA, C., QUIROZ, G., SALAZAR, P. y GARCÍA, N., 2019. Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes* [en línea], vol. 30, no. 1, [consulta: 27 abril 2024]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300057>.

MARQUES, B., ANTÓNIO, J., ALMEIDA, J., TADEU, A., DE BRITO, J., DIAS, S., PEDRO, F. y SENA, J.D., 2020. Vibro-acoustic behaviour of polymer-based composite materials produced with rice husk and recycled rubber granules. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 264, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.120221. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820322261>.

MARQUES, B., TADEU, A., ANTÓNIO, J., ALMEIDA, J. y DE BRITO, J., 2020. Mechanical, thermal and acoustic behaviour of polymer-based composite materials produced with rice husk and expanded cork by-products. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 239, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.117851. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819333045>.

MARTÍNEZ GÓMEZ, J.A. y MARTILLO GARCÍA, J.A., 2020. Mortero tradicional con caucho reciclado para recubrimiento de mampostería [en línea]. bachelorThesis. S.I.: Guayaquil: ULVR, 2020. [consulta: 1 mayo 2024]. Disponible en:  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3998>.

MATIAS, G., TORRES, I., REI, F. y GOMES, F., 2020. Analysis of the functional performance of different mortars with incorporated residues. *Journal of Building Engineering* [en línea], vol. 29, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.jobe.2019.101150. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219313415>.

MUÑOZ PÉREZ, S., VIDAURRE VALDERA, J., ASENJO BUSTAMANTE, J., & GAVIDIA PAREDES, R. (2021). *Revista De Investigación Talentos*, [en línea]. Abril 2021. 36-51. [Fecha de consulta: 17 octubre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.142>

NORAMBUENA-CONTRERAS, J., QUILODRAN, J., GONZALEZ-TORRE, I., CHAVEZ, M. y BORINAGA-TREVIÑO, R., 2018. Electrical and thermal characterisation of cement-based mortars containing recycled metallic waste. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 190, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.04.176. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618312095>.

OLIVEIRA, A.G. de, SILVA, F.M. da, ANGELIN, A.F., SILVA, M.R.N. da, LINTZ, R.C.C., BALDAN, V.J. dos S. y GACHET, L.A., 2023. Thermal and Acoustic Properties of Rubberized Mortars for Coatings. *Materials Research* [en línea], vol. 26, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1590/1980-5373-MR-2022-0573. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/mr/a/9zxBpKVQyptJ9TYHnmZb6Fx/>.

OUAKARROUCH, M., LAAROUSSI, N., GAROUM, M., BOUSSHINE, S., BYBI, A., BENALLEL, A. y TILIOUA, A., 2022. Sustainable thermo-acoustical insulation material from cardboard waste and natural fibers: Elaboration and performance evaluation. *Journal of Building Physics* [en línea], vol. 46, no. 3, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1177/17442591221121924. Disponible en:

<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/17442591221121924>.

PELÁEZ ARROYAVE, Gabriel Jaime; VELÁSQUEZ RESTREPO, Sandra Milena; GIRALDO VÁSQUEZ, Diego Hernán. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, [en línea]. 2017, vol. 27, no 2, p. 27-50. [Fecha de consulta: 17 octubre del 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/911/91150559002/>

QUISPE SAENZ, J.M., 2023. Mejora de las condiciones térmicas en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco utilizando caucho en el mortero para tarrajeo – 2023. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión [en línea], [consulta: 1 mayo 2024]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3475>.

SAMBUCCI, M. y VALENTE, M., 2021. Thermal Insulation Performance Optimization of Hollow Bricks Made up of 3D Printable Rubber-Cement Mortars: Material Properties and FEM-based Modelling. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [en línea], vol. 1044, no. 1, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1088/1757-899X/1044/1/012001. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1044/1/012001>.

SAMBUCCI, M., & VALENTE, M.. Influence of waste tire rubber particles size on the microstructural, mechanical, and acoustic insulation properties of 3D-printable cement mortars. Civil Engineering Journal, 2021, vol. 7, no 6, p. 937-952. Disponible en: <https://iris.uniroma1.it/handle/11573/1551328>

SAMBUCCI, M., MARINI, D. y VALENTE, M., 2020. Tire Recycled Rubber for More Eco-Sustainable Advanced Cementitious Aggregate. Recycling [en línea], vol. 5, no. 2, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.3390/recycling5020011. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2313-4321/5/2/11>.

THOMAS, B.S. y GUPTA, R.C., 2016. A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete. Renewable and Sustainable Energy Reviews [en línea], vol. 54, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.rser.2015.10.092. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115011715>.

USECHE, María Cristina, et al. Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos. 2019. Disponible en: <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/467>

VALENTE, M., SAMBUCCI, M., CHOUGAN, M. y GHAFAR, S.H., 2023. Composite alkali-activated materials with waste tire rubber designed for additive manufacturing: an eco-sustainable and energy saving approach. Journal of Materials Research and Technology [en línea], vol. 24, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.jmrt.2023.03.213. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785423006762>.

VALENTE, M., SAMBUCCI, M., SIBAI, A. y MUSACCHI, E., 2020. Multi-Physics Analysis for Rubber-Cement Applications in Building and Architectural Fields: A Preliminary Analysis. *Sustainability* [en línea], vol. 12, no. 15, [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.3390/su12155993. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/15/5993>.

XIE, X., ZHENG, Y., ZHU, W., YU, S., ZHU, S. y YANG, Y., 2024. Effects of waste rubber particles on workability, mechanical, and sound insulation properties of recycled aggregate mortar. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology* [en línea], [consulta: 21 mayo 2024]. DOI 10.1177/14777606241239066. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/14777606241239066>.

ZHU, Q., DAI, H., CHEN, D. y LIANG, Z., 2019. Study on Influence of Waste Tire Rubber Particles on Concrete Crack Resistance at Early Age. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea], vol. 242, no. 5, [consulta: 1 mayo 2024]. DOI 10.1088/1755-1315/242/5/052060. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/242/5/052060>.

## ANEXOS

### Anexo 01: Matriz de operacionalización

<b>TITULO / TEMA: Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023</b>						
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ESCALA</b>
<b>Variable Independiente:</b>  Morteros con caucho reciclado	Pruna et al (2020) indica que: (Ciencia e Ingeniería 2017) indican que: En el proceso de reciclaje del caucho, es importante considerar que los productos hechos con este material se crean al combinar elastómeros con aditivos orgánicos. Dado que la reacción de vulcanización es térmicamente irreversible, la trituración mecánica se vuelve necesaria para llevar a cabo el reciclaje de los cauchos .	Se adicionarán partículas finas de caucho reciclado en base de la proporción del agregado fino, obteniendo la cantidad de material en m <sup>3</sup> . Los porcentajes serán: 0%, 25%, 30% y 35% en función de su dosificación y agregados. La conductividad térmica y acústica.	Porcentaje de adición de caucho reciclado	- 0 % de caucho - 25 % de caucho - 30% de caucho -35% de caucho	%	NOMINAL
			Caracterización	-Longitud  -Peso específico	cm  kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Variable Dependiente:</b>  Aislamiento Termoacústico	(Mayor Lobo, Pablo, et al. 2008). Manifestaron que utilizan las propiedades elásticas, baja densidad, compatibilidad con el cemento y estabilidad química del caucho proveniente de neumáticos fuera de uso (NFU) para buscar mejoras en los morteros de cemento en términos de aislamiento acústico y térmico.	Se realizarán ensayos en las propiedades acústicas y térmicas de 4 prototipos de vivienda a escala 1/10 teniendo como referencia las viviendas hechas de ladrillo en la zona de Ate en el departamento de Lima, teniendo como objetivo el mejoramiento del aislamiento termoacústico para aplicarlo a viviendas.	Compresión	Ensayo de resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	LA RAZON
			Aislamiento térmico	Ensayo de aislamiento térmico	°C	
			Aislamiento acústico	Ensayo de aislamiento acústico	dB	

## Anexo 02: Matriz de consistencia

Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	<b>Enfoque de investigación:</b> Cuantitativo <b>Diseño de investigación:</b> Cuasiexperimental <b>Tipo de investigación:</b> Aplicada <b>Población:</b> Será de 4 prototipos de viviendas y 24 probetas <b>Muestra:</b> Toda la población. <b>Muestreo:</b> No probabilístico por conveniencia censal. <b>Técnica:</b> Observación directa y recolección de datos. <b>Instrumento:</b> Fichas ensayos estándar de laboratorio.
¿Cuál es el impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado en la mejora del aislamiento termoacústico en Lima, 2023?	Describir el impacto que tienen los morteros con caucho reciclado en la mejora del aislamiento termoacústico	El caucho reciclado en el mortero impacta en la mejora del aislamiento termoacústico en Lima, 2023	Morteros con caucho reciclado	Caracterización	
				Porcentaje de adición de caucho	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	
¿Cuál es la influencia de caucho reciclado en el mortero en la resistencia a compresión del mortero Lima, 2023?	Conocer cómo afecta el caucho reciclado en la resistencia a compresión del mortero Lima, 2023	El caucho reciclado afecta en la resistencia a compresión del mortero Lima, 2023	Aislamiento Termoacústico	Compresión	
¿Cuál es la influencia de caucho reciclado en el mortero para la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023?	Definir el porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero para la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023	El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento térmico en Lima, 2023		Aislamiento térmico	
¿Cuál es la influencia del caucho reciclado en el mortero para la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023?	Establecer el porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero para la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023	El porcentaje óptimo de caucho reciclado en el mortero influye en la mejora del aislamiento acústico en Lima, 2023		Aislamiento acústico	

## Anexo 03: fichas de recolección de datos



### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Ubicación:** Lima - ATE

**Ensayo:** Ensayo acústico aéreo

#### Ensayo acústico Exterior

ENSAYO ACUSTICO EXTERIOR						
<b>ruido exterior =</b>		72,4dB	74,5dB	76,1dB	77,7dB	Promedio
PROTOTIPO	Ruido inducido en Hz	329hz	659hz	1319hz	2637hz	
#Pruebas	Resistencia en dB	dB	dB	dB	dB	dB
PATRON		59	59.6	51.8	54.2	56.15
25%		48.2	48.7	48.7	43.4	47.25
30%		47.8	47.9	48.7	43.9	47.075
35%		47.2	41	46.2	42.3	44.175



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**  
**INFORME DE RESULTADOS**

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Ubicación:** Lima - ATE

**Ensayo:** Ensayo acústico aéreo

**Ensayo acústico aéreo**

<b>ENSAYO ACUSTICO AÉREO</b>						
<b>ruido aéreo =</b>		72,4dB	74,5dB	76,1dB	77,7dB	Promedio
PROTOTIPO	Ruido inducido en Hz	329hz	659hz	1319hz	2637hz	
#Pruebas	Resistencia en dB	dB	dB	dB	dB	dB
PATRON		54.7	57.7	61.7	72.2	61.575
25%		45.8	50	57	56.8	52.4
30%		41.2	43.5	44.7	45.4	43.7
35%		39.6	40.6	41.8	42.4	41.1





## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Ubicación:** Lima- ATE

**Ensayo:** Ensayo de aislamiento térmico a temperatura ambiente

#### Ensayo de aislamiento térmico con adición del 35% de caucho

N° Horas	Hora	Viento	TI°	TE°
1	17:00	5MPH	21.7	17.6
2	18:00	5MPH	20.8	17.1
3	19:00	5MPH	19.7	16.1
4	20:00	5MPH	19	16
5	21:00	3MPH	18.3	15.1
6	22:00	3MPH	17.7	14.4
7	23:00	3MPH	17.3	14.1
8	00:00	4MPH	17.3	14.4
9	01:00	3MPH	17.2	14.4
10	02:00	1MPH	17.2	14.3
11	03:00	2MPH	17.2	14.6
12	04:00	6MPH	17	14.8
13	05:00	6MPH	16.9	14.8
14	06:00	6MPH	16.9	14.9
15	07:00	6MPH	16.7	15
16	08:00	5MPH	16.7	15.2
17	09:00	5MPH	16.8	14.8
18	10:00	6MPH	16.8	15
19	11:00	9MPH	16.8	15.8
20	12:00	9MPH	17	15.8
21	3:00	9MPH	17.5	15.8
22	14:00	9MPH	17.5	15.8
23	15:00	6MPH	17.4	16
24	16:00	4MPH	17.3	16.2



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Dirección:** Lima- ATE

**Ensayo:** Ensayo de aislamiento térmico a temperatura ambiente

#### Ensayo de aislamiento térmico con adición de 30% de caucho

N° Horas	Hora	Viento	TI°	TE°
1	17:00	5MPH	22.2	17.6
2	18:00	5MPH	21.2	17.1
3	19:00	5MPH	20.1	16.1
4	20:00	5MPH	19.2	16
5	21:00	3MPH	18.9	15.1
6	22:00	3MPH	18.1	14.4
7	23:00	3MPH	17.7	14.1
8	00:00	4MPH	17.3	14.4
9	01:00	3MPH	17	14.4
10	02:00	1MPH	17	14.3
11	03:00	2MPH	16.9	14.6
12	04:00	6MPH	16.6	14.8
13	05:00	6MPH	16.6	14.8
14	06:00	6MPH	16.5	14.9
15	07:00	6MPH	16.5	15
16	08:00	5MPH	16.7	15.2
17	09:00	5MPH	16.6	14.8
18	10:00	6MPH	16.6	15
19	11:00	9MPH	16.7	15.8
20	12:00	9MPH	17	15.8
21	3:00	9MPH	17.2	15.8
22	14:00	9MPH	17.5	15.8
23	15:00	6MPH	17.4	16
24	16:00	4MPH	17.3	16.2



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Dirección:** Lima - ATE

**Ensayo:** Ensayo de aislamiento térmico a temperatura ambiente

#### Ensayo de aislamiento térmico con adición de 25% de caucho

N° Horas	Hora	Viento	TI°	TE°
1	17:00	5MPH	24	17.6
2	18:00	5MPH	22.5	17.1
3	19:00	5MPH	21	16.1
4	20:00	5MPH	20.1	16
5	21:00	3MPH	19	15.1
6	22:00	3MPH	18.6	14.4
7	23:00	3MPH	18.1	14.1
8	00:00	4MPH	17.8	14.4
9	01:00	3MPH	17.4	14.4
10	02:00	1MPH	17.4	14.3
11	03:00	2MPH	17.3	14.6
12	04:00	6MPH	17.1	14.8
13	05:00	6MPH	17	14.8
14	06:00	6MPH	16.9	14.9
15	07:00	6MPH	16.8	15
16	08:00	5MPH	16.8	15.2
17	09:00	5MPH	16.8	14.8
18	10:00	6MPH	16.6	15
19	11:00	9MPH	17	15.8
20	12:00	9MPH	17.5	15.8
21	3:00	9MPH	17.8	15.8
22	14:00	9MPH	18	15.8
23	15:00	6MPH	17.8	16
24	16:00	4MPH	17.7	16.2



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Dirección:** Lima- ATE

**Ensayo:** Ensayo de aislamiento térmico a temperatura ambiente

#### Ensayo de aislamiento térmico sin adición de caucho

Nº Horas	Hora	Viento	TI°	TE°
1	17:00	5MPH	25.6	17.6
2	18:00	5MPH	23.8	17.1
3	19:00	5MPH	21.8	16.1
4	20:00	5MPH	20.6	16
5	21:00	3MPH	19.1	15.1
6	22:00	3MPH	18.7	14.4
7	23:00	3MPH	18.2	14.1
8	00:00	4MPH	17.8	14.4
9	01:00	3MPH	17.8	14.4
10	02:00	1MPH	17.7	14.3
11	03:00	2MPH	17.6	14.6
12	04:00	6MPH	17.1	14.8
13	05:00	6MPH	17.1	14.8
14	06:00	6MPH	17	14.9
15	07:00	6MPH	16.9	15
16	08:00	5MPH	16.8	15.2
17	09:00	5MPH	16.6	14.8
18	10:00	6MPH	16.9	15
19	11:00	9MPH	16.9	15.8
20	12:00	9MPH	17	15.8
21	3:00	9MPH	17.5	15.8
22	14:00	9MPH	17.8	15.8
23	15:00	6MPH	17.8	16
24	16:00	4MPH	17.7	16.2



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Dirección:** Lima -ATE

**Ensayo:** Pesos de prototipos según la cantidad de caucho

#### Cálculo de pesos de los prototipos según la adición de caucho

Prototipos	Medidas	Kg por placa	Kg prototipo
<b>Prototipo 0% caucho</b>	30 x 30 cm	6.48	47.52
	30 x 30 cm	6.48	
	30 x 40 cm	8.64	
	30 x 40 cm	8.64	
	30 x 40 cm	8.64	
	30 x 40 cm	8.64	
<b>Prototipo 25% caucho</b>	30 x 30 cm	4.06	35.72
	30 x 30 cm	4.06	
	30 x 40 cm	6.9	
	30 x 40 cm	6.9	
	30 x 40 cm	6.9	
	30 x 40 cm	6.9	
<b>Prototipo 30% caucho</b>	30 x 30 cm	3.84	33.36
	30 x 30 cm	3.84	
	30 x 40 cm	6.42	
	30 x 40 cm	6.42	
	30 x 40 cm	6.42	
	30 x 40 cm	6.42	
<b>Prototipo 35% caucho</b>	30 x 30 cm	3.76	32.88
	30 x 30 cm	3.76	
	30 x 40 cm	6.34	
	30 x 40 cm	6.34	
	30 x 40 cm	6.34	
	30 x 40 cm	6.34	



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Ubicación:** Laboratorio Ucv - ATE

**Dirección:** Universidad César Vallejo, Ctra. Central, Ate 15487

**Ensayo:** Ensayo de resistencia a la compresión 28 días

#### Ensayo de Aislamiento Térmico, Validación de prototipos esc 1/10 y 1/5

Hora	Prototipo de validación			
	Prototipo 1/10		Prototipo 1/5	
	Exterior	Interior	Exterior	Interior
3:00am	17,3°	15,6°	17,4°	15,4°
4:00am	16,1°	14,9°	16,1°	14,6°
5:00am	16,1°	15,0°	16,7°	14,8°
6:00am	16,1°	15,7°	16,1°	15,3°
7:00am	17,4°	15,1°	17,4°	14,8°
8:00am	18,9°	16,3°	19,6°	15,8°
9:00am	20,8°	18,9°	20,8°	18,6°
10:00am	20,7°	19,7°	20,7°	20,0°
11:00am	21,4°	20,4	21,4°	20,1
12:00am	24,3°	22,5	24,7°	22,0°
1:00am	23,5°	21,8	23,5°	21,3°
2:00pm	23,6°	23,0°	23,6°	22,4°
3:00pm	22,1°	22,0°	22,1°	21,8°

<b>INGENIERO:</b> Pinto Ranillo Paulino Celso	<b>INGENIERO 2</b>
<b>FIRMA:</b> 	<b>FIRMA:</b>

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**INFORME DE RESULTADOS**

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Ubicación:** Laboratorio Ucv - ATE

**Dirección:** Universidad César Vallejo, Ctra. Central, Ate 15487

**Ensayo:** Ensayo de resistencia a la compresión 28 días

**Ensayo de aislamiento acústico Validación de Prototipos esc 1/10 y 1/5**

N.º	Frecuencia	Código	Fecha y Hora	P. esc 1/10	P. esc 1/5	Frecuencia	Código	Fecha y Hora	P. esc 1/10	P. esc 1/5	Frecuencia	Código	Fecha y Hora	P. esc 1/10	P. esc 1/5
1°	1319 Hz	Mi6	12:05 p.m.	75.9 dB	63 dB	1976 Hz	Si6	12:30 p.m.	71.2 dB	66.1 dB	2637 Hz	Mi7	1:00 p.m.	70.1 dB	58.6 dB
2°	1319 Hz	Mi6	12:15 p.m.	70.1 dB	58.6 dB	1976 Hz	Si6	12:35 p.m.	67.7 dB	68.6 dB	2637 Hz	Mi7	1:05 p.m.	68.8 dB	61.2 dB
3°	1319 Hz	Mi6	12:20 p.m.	68.8 dB	58.6 dB	1976 Hz	Si6	12:40 p.m.	66.3 dB	66.8 dB	2637 Hz	Mi7	1:10 p.m.	65.5 dB	58.5 dB
4°	1319 Hz	Mi6	12:25 p.m.	65.5 dB	61.1 dB	1976 Hz	Si6	12:50 p.m.	69.8 dB	69.7 dB	2637 Hz	Mi7	1:15 p.m.	69.1 dB	61.1 dB
P				70.07 dB	60.33 dB				68.75 dB	67.8 dB				68.36 dB	59.85 dB

<b>INGENIERO:</b> Pinto Ranillo Paulino Celso	<b>INGENIERO 2</b>
<b>FIRMA:</b> 	<b>FIRMA:</b>



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Ubicación:** Laboratorio Ucv - ATE

**Dirección:** Universidad César Vallejo, Ctra. Central, Ate 15487

**Ensayo:** Ensayo de resistencia a la compresión 28 días

#### Ensayo de granulometría del caucho

Malla	Tamiz (mm)	% que pasa
3/8	9,53	100.0
Nº 4	4,75	100.0
Nº 8	2,36	100.0
Nº 16	1,18	100.0
Nº 30	0,600	57.4
Nº 50	0,300	28.7
Nº 70	0,212	16.5
Nº 80	0,180	7.2
Nº 100	0,150	1.7
Nº 200	0,075	0.0

<b>INGENIERO:</b> Pinto Ranillo Paulino Celso	<b>INGENIERO 2</b>
<b>FIRMA:</b> 	<b>FIRMA:</b>



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Ubicación:** Laboratorio Ucv - ATE

**Dirección:** Universidad César Vallejo, Ctra. Central, Ate 15487

**Ensayo:** Ensayo de resistencia a la compresión 28 días

#### Ensayo de granulometría agregado fino

Malla	Tamiz (mm)	% que pasa
3/8	9,53	100.0
N° 4	4,75	100.0
N° 8	2,36	100.0
N° 16	1,18	100.0
N° 30	0,600	54.5
N° 50	0,300	25.7
N° 70	0,212	9.1
N° 80	0,180	3.7
N° 100	0,150	1.3
N° 200	0,075	0

INGENIERO 1	INGENIERO: Pinto Ranillo Paulino Celso
FIRMA:	FIRMA: 



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

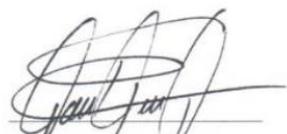
**Ubicación:** Laboratorio Ucv - ATE

**Dirección:** Universidad César Vallejo, Ctra. Central, Ate 15487

**Ensayo:** Ensayo de resistencia a la compresión 28 días

#### Ensayo de resistencia a la compresión 28 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	EDA D	DIÁMETR O (mm)	MÁXIM A CARG A KG	ÁRE A (cm <sup>2</sup> )	RESISTEN CIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón	28	5.1	1120	20.4 3	54.83
Patrón	28	5.1	1180	20.4 3	57.76
Patrón	28	5.1	1140	20.4 3	55.81
Patrón + 25% caucho	28	5.1	995	20.4 3	48.71
Patrón + 25% caucho	28	5.2	965	21.2 4	45.44
Patrón + 25% caucho	28	5	925	19.6 3	47.11
Patrón + 30% caucho	28	5	570	19.6 3	29.03
Patrón + 30% caucho	28	5	590	19.6 3	30.05
Patrón + 30% caucho	28	5.1	530	20.4 3	25.94
Patrón + 35% caucho	28	5	480	19.6 3	24.45
Patrón + 35% caucho	28	5	506	19.6 3	25.77
Patrón + 35% caucho	28	5	519	19.6 3	26.43

<b>INGENIERO 1</b>	<b>INGENIERO:</b> Pinto Ranillo Paulino Celso
<b>FIRMA:</b>	<b>FIRMA:</b> 



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INFORME DE RESULTADOS

**Tesista:** Kevin Alpiniano Quilca Quispe

**Proyecto:** "Impacto del desarrollo de morteros con caucho reciclado para mejorar el aislamiento Termoacústico en Lima, 2023"

**Ubicación:** Laboratorio Ucv - ATE

**Dirección:** Universidad César Vallejo, Ctra. Central, Ate 15487

**Ensayo:** Ensayo de resistencia a la compresión 14 días

#### Ensayo de resistencia a la compresión 14 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	EDAD	DIÁMETRO (mm)	MÁXIMA CARGA KG	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón	14	5.1	995	20.43	48.71
Patrón	14	5.1	1045	20.43	51.15
Patrón	14	5.1	1080	20.43	52.87
Patrón + 25% caucho	14	5.1	990	20.43	48.46
Patrón + 25% caucho	14	5.2	840	21.24	39.55
Patrón + 25% caucho	14	5	905	19.63	46.09
Patrón + 30% caucho	14	5	550	19.63	28.01
Patrón + 30% caucho	14	5	430	19.63	21.90
Patrón + 30% caucho	14	5.1	585	20.43	28.64
Patrón + 35% caucho	14	5	280	19.63	14.26
Patrón + 35% caucho	14	5	295	19.63	15.02
Patrón + 35% caucho	14	5	315	19.63	16.04

<b>INGENIERO:</b> Pinto Ranillo Paulino Celso	<b>INGENIERO:</b>
<b>FIRMA:</b> 	<b>FIRMA:</b>

## Anexo 04: Informe de Revisión de Proyectos de investigación del comité de ética



### Informe de revisión de proyectos de investigación del Comité de Ética en Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

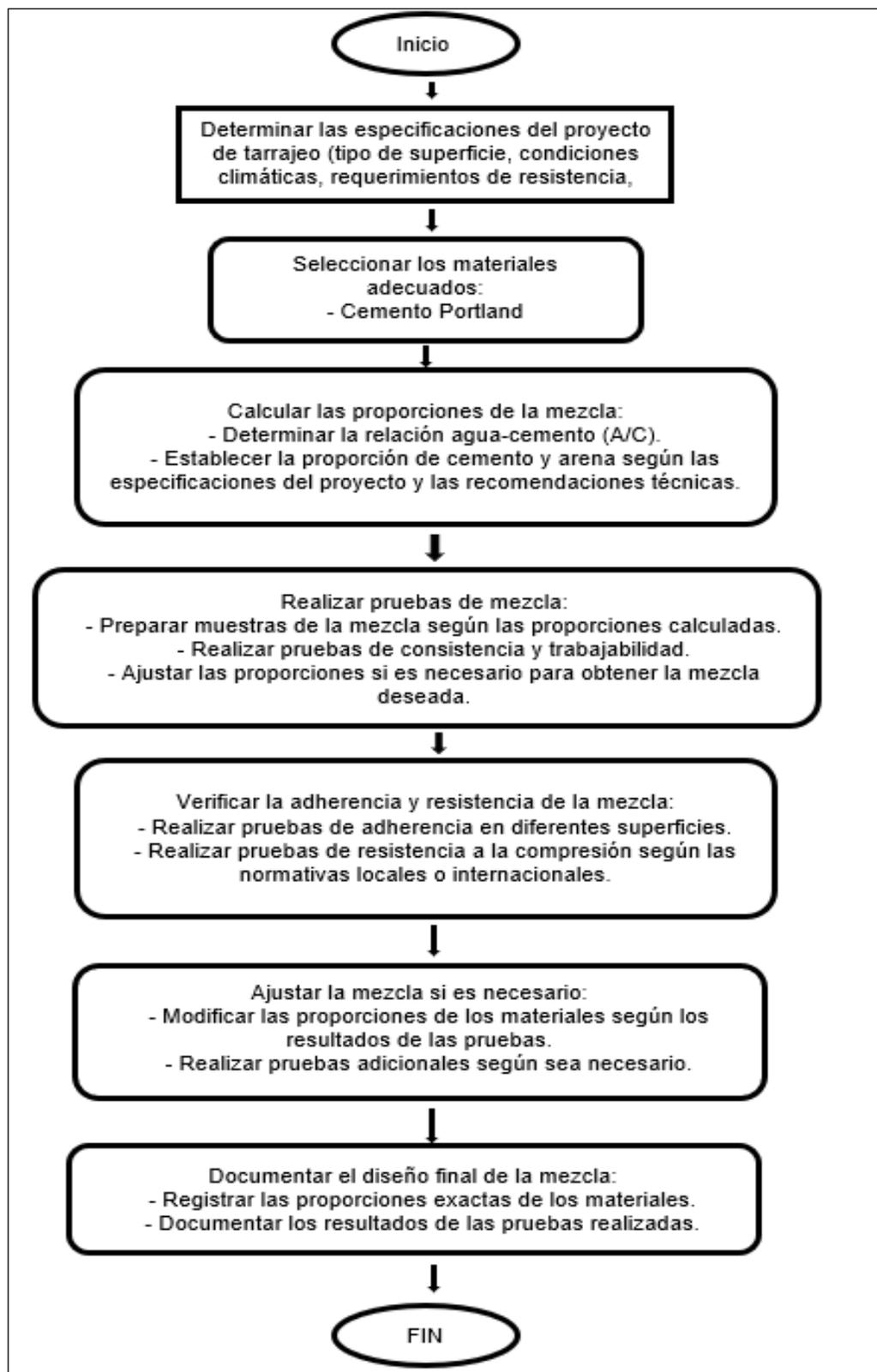
El que suscribe, presidente del Comité de Ética en Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, deja constancia que el proyecto de investigación titulado **IMPACTO DEL DESARROLLO DE MORTEROS CON CAUCHO RECICLADO PARA MEJORAR EL AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO EN LIMA, 2023**, presentado por los autores QUILCA QUISPE KEVIN ALPINIANO y coautor **No posee**, ha pasado una revisión **EXPEDITA/COMPLETA** por Dr. Leopoldo, Choque Flores, Mg. Clemente Condori Luis Jimmy, Mg. Aybar Arriola Gustavo Adolfo, Mg. Benites Chero Julio César, Mg. Diaz Garcia Gonzalo Hugo, Mg. Marin Cubas Percy Lethelier, Mg. Escalante Contreras Jorge, Mg. Pinto Barrantes Raul Antonio, Mg. Walter Guevara Bustamante, Mg. Prieto Monzon Pedro Pablo, Dr. Paredes Aguilar Luis, Mg. Noriega Vidal Eduardo Manuel, Abog. Henner Elias Verastegui Perez, y de acuerdo con la comunicación remitida el 25 DE NOVIEMBRE del 2023 por correo electrónico se determina que la continuidad para la ejecución del proyecto de investigación cuenta con un dictamen:

( X )favorable ( )observado ( )desfavorable.

Lima, **30 de noviembre** del 2023

Dr. Leopoldo Choque Flores	Presidente Jefe de escuela - escuela de ingeniería civil ate		Mg. Pinto Barrantes Raul Antonio	Miembro Docente - escuela de Ingeniería Civil Lima Norte	
Mg. Clemente Condori Luis Jimmy	Miembro Docente - Escuela de Ingeniería Civil ate		Mg. Walter Guevara Bustamante	Miembro Docente - escuela de Ingeniería Civil Moyobamba	
Mg. Aybar Arriola Gustavo Adolfo	Miembro Docente - Escuela de Ingeniería Civil Callao	 <small>GUSTAVO ADOLFO ARRIOLA INGENIERO CIVIL REG. COP N° 47384</small>	Mg. Prieto Monzon Pedro Pablo	Acreditado Docente - Escuela de Ingeniería Civil Piura	
Mg. Benites Chero Julio César	Miembro Docente - Escuela de Ingeniería Civil Chiclayo		Dr. Paredes Aguilar Luis	Miembro Docente - Escuela de Ingeniería Civil Tarapoto	
Mg. Diaz Garcia Gonzalo Hugo	Miembro Docente - Escuela de Ingeniería Civil Chimbote		Mg. Noriega Vidal Eduardo Manuel	Docente - Escuela de Ingeniería Civil Trujillo	
Mg. Marin Cubas Percy Lethelier	Miembro Docente - Escuela de Ingeniería Civil Huancayo		Abog. Henner Elias Verastegui Perez	Miembro externo	
Mg. Escalante Contreras Jorge	Miembro Docente - escuela de Ingeniería Civil Lima Este				

## Anexo 05: Flujoograma de elaboración del tarrajeo



## Anexo 06: Ficha técnica del caucho pulverizado para tarrajeo



# Ecorubber

## Partículas de Caucho Reciclado

BOLETIN DE INFORMACIÓN TECNICA 2021-03

ECORUBBER es un Agregado Ecológico en forma de gránulos, producto de la trituración de las llantas usadas de los vehículos.

Producto listo para mezclarse en la preparación del concreto o mortero que se usan para los contrapisos y tarrajeo de paredes. Los gránulos reciclados se dispersan en el concreto o mortero con facilidad y se distribuyen en todo el espesor reduciendo el 50% del peso equivalente en arena y aportan 25% más volumen del concreto.

### Usos

A) Para Aligerar carpetas cementicias aditivado con Fibras y Plastificantes:

ECORUBBER PLUS es formulado para producir una mezcla uniforme y trabajable con menos agua, logrando un concreto o mortero fuerte y durable en:

Contrapisos y tarrajes de las paredes de edificaciones, reduce el peso no estructural, ruido y lo hace más climatizado en su interior.

Contrapisos pisos de azoteas expuestos al sol, o en los morteros de adhesión de ladrillo pasteleros o cerámicos, reduce el traslado de Rayos UV generadores de calor en los materiales expuestos al sol, reduce el ruido producido por el tránsito o de golpes.

B) Para formar carpetas flexibles:

Junto con MASTERBOND forma un mortero flexible y ligero ideal para pisos deportivos, para pistas atléticas, pisos de gimnasio y sala de niños.

C) Para formar carpetas semiflexibles:

Junto con MASTERBOND y mortero o cuarzo forma un mortero flexible pero con resistencia a la abrasión y ligero ideal para pisos deportivos, para pistas atléticas, pisos de gimnasio, pisos que deban resistir vibración de maquinaria, o tránsito de carretillas con impacto.

ECORUBBER es compatible con todos los aditivos plastificantes, incorporadores de aire, acelerantes, etc. Las superficies pueden ser empastadas o pintadas.

### Aplicación

Consideraciones Previas:

Antes de aplicar el producto la superficie debe estar limpia de materiales sueltos, curadores, polvo, barro, pinturas, grasa, etc.

COMO ALIGERADOR:

Usar 200 a 300 kilos de ECORUBBER por 1 m<sup>3</sup> de concreto o mortero a preparar, reemplazando a la arena fina o gruesa (no aumenta volumen). Con esta dosis, se puede alcanzar de +/- 5% de reducción de agua y +/- 15% de reducción de peso final seco del concreto o mortero y hasta +/- 50% en transmisión del ruido. A mayor dosis, se tendrá mayores beneficios de reducción de peso, ruido y temperatura. Recomendamos hacer pruebas para determinar la dosis apropiada a su diseño determinado.

Al aditar con 1 Kilo de MASFIBER por 1 m<sup>3</sup> de concreto, se logra una losa sin rajaduras. Las juntas de dilatación deben ser conservadas.

COMO PISO FLEXIBLE

se debe mezclar ECORUBBER #5 a razón de 10 kilos de Polvo de caucho con 2 galones de resina MASTERBOND y con 0.5 litros de agua potable limpia. También puede agregarse polvo de cuarzo hasta en 2 kilos por tanda para mejorar la resistencia al tránsito.

INSTRUCCIONES DE USO:

- 1.- Determinada la dosis de ECORUBBER adicionarla a la mezcla fresca de concreto en el mezclador o trompo.
- 2- Mezclar en el trompo por 3 a 4 minutos, o con palana hasta asegurarse que el ECORUBBER se vea uniformemente incorporado en la mezcla.
- 3- Instale la mezcla como un normal tarrajeo o contrapiso.

Acabados posibles:

- Rayado, para instalación de cerámicos, piedras o porcelanatos.
- Frotachado, para instalación de parquet o maderas o alfombras.
- Pulido, con espolvoreo de cemento para endurecer más la superficie y sellarla, usado como piso de acabado arquitectónico.

## Anexo 07: Panel fotográfico



Foto 1. Caucho Pulverizado para tarrajeo “Master Decor”



Foto 2. Tamaño de partículas de caucho de 0.1mm

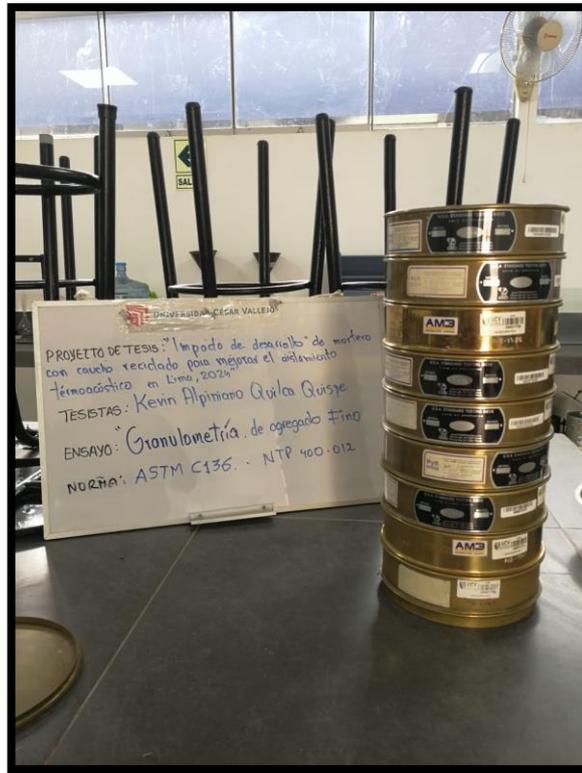


Foto 3. Selección de tamices



Foto 4. Tamizado de material

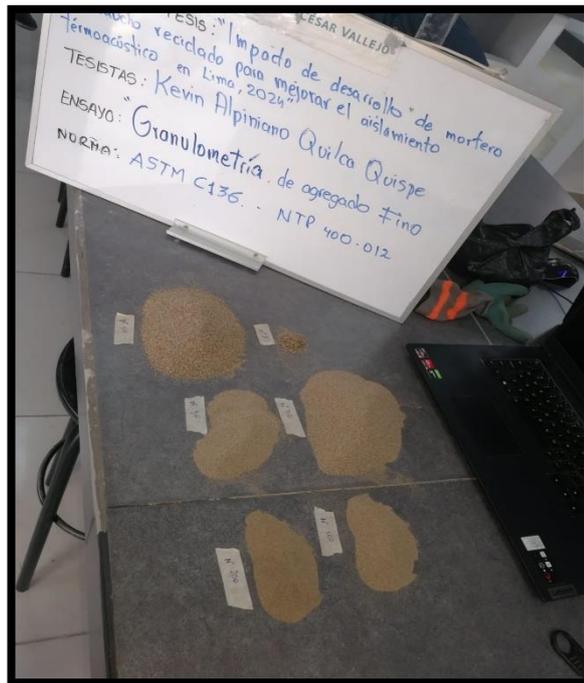


Foto 5. Arena fina recolectado del tamiz



Foto 6. Caucho recolectado del tamiz



Foto 7. Armado de moldes para las probetas

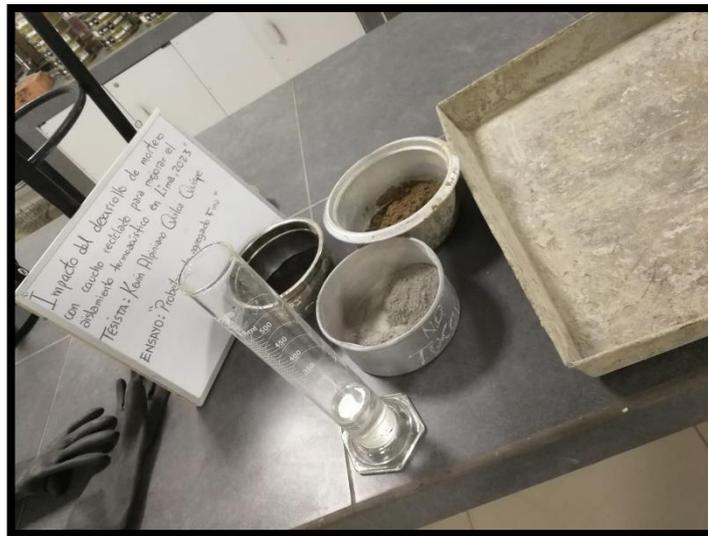


Foto 8. Calculo y preparación de mezcla para probetas



Foto 9. Secado de probetas



Foto 9. Curado de probetas cilíndricas



Foto 10. Análisis químico



Foto 11. Probetas para roturas

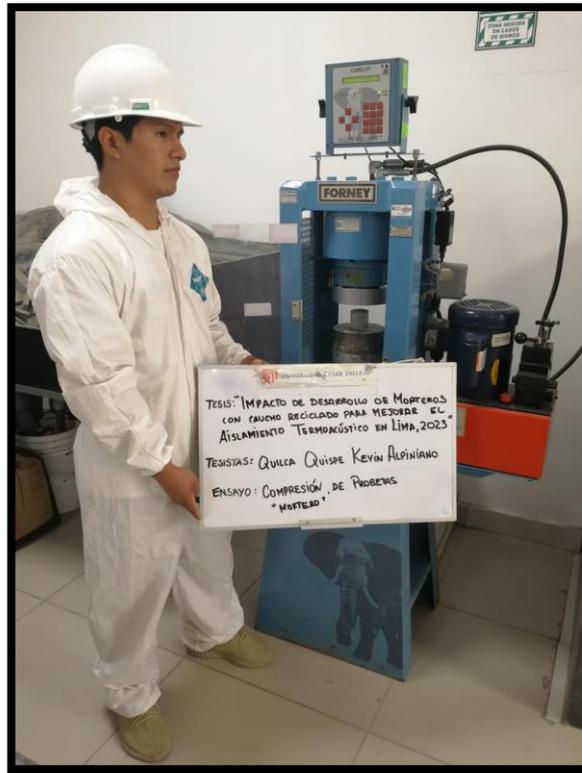


Foto 12. Presentación de pizarra de ensayo a compresión



Foto 13. Roturas de probetas a compresión del mortero



Foto 14. Diferencias de peso de las probetas



Foto 15. Armado para el enconfrado de prototipos



Foto 16. Mezcla de los materiales



Foto 17. Vaciado de los prototipos en placas



Foto 18. Pesado de los materiales



Foto 19. Curado de las placas del prototipo



Foto 19. Armado terminado de ambos prototipos de validación



Foto 20. Sonómetro marca “HABOTEST”

Precisión de la presión del sonido:  $\pm 1,5\text{dB}$  (94dB@1KHz),  $\pm 5\text{dB}$  (94dB@8KHz)

Respuesta frecuente: 30Hz-8KHz

Gama dinámica: 50dB

Rango de medición: 30—130dBA, 35—130dBC

Propiedades de ponderación: aire acondicionado

Características dinámicas: RÁPIDO 125ms, LENTO 1seg

Micrófono de capacitancia polarizada

Rango: 30—80dB, 40—90dB, 50—100dB, 60—110dB, 70—120dB, 80—130dB

3 pilas AAA de 1,5 V.

Foto 21. Especificaciones técnicas del Sonómetro “HABOTEST”

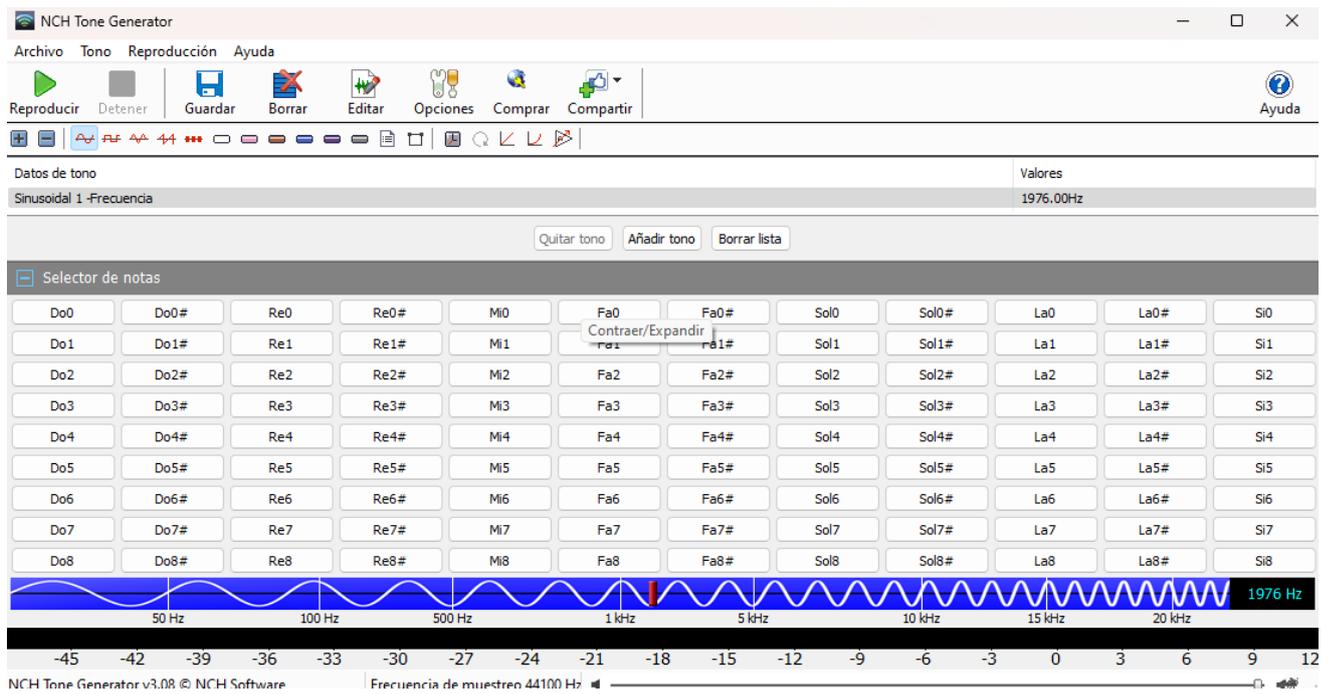


Foto 22. Programa NHC Tone Generation

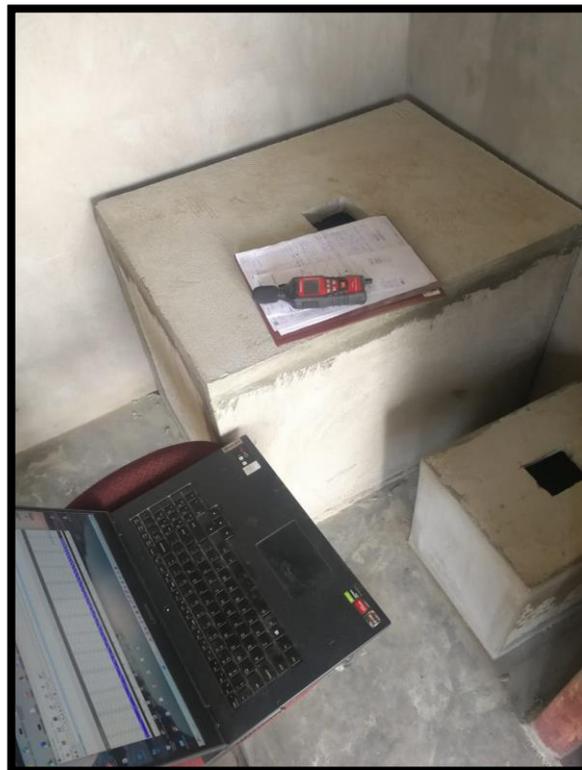


Foto 23. Ensayo acústico de validación



Foto 24. Ensayo térmico de validación



Foto 25. Pesado de las palcas del prototipo



Foto 26. Proceso de armado de los prototipos



Foto 27. Proceso del armado del prototipo



Foto 28. Prototipos con adición de caucho culminado.



Foto 29. Termómetro Digital MT-08

### Características principales

Marca	CN Brand
Modelo	MT-08

### Descripción

Características :

- Pantalla LCD con números negras
- Marco en color negro
- Panel de 48 x 28 x 15 mm (ancho, Alto, Profundidad)
- Encastrable en 45x25mm, fondo 20mm
- Alimentación con pila botón LR44 1,5v, (incluida)
- Sonda de temperatura con cable de 1 metros
- Rango de temperatura de -20C a 70°C

Foto 30. Especificación es técnicas del termómetro digital

**CBE** Herramienta de confort térmico CBE

ASHRAE-55 ES-16798 Comparar Rangos Subir Ventiladores y calor PHS

Entradas

Seleccionar método: Método adaptativo

Temperatura operativa: 25 °C  Usar temperatura operativa

Temperatura exterior media predominante: 25 °C

velocidad del aire: 0,3 m/s (59 pies por minuto)

Configurar presión SI/IP

Malestar local

Reiniciar Ahorrar Recargar Compartir

Documentación

✓ Cumple con la Norma ASHRAE 55-2023

Límites de aceptabilidad del 80% = Temperatura operativa: 22,1 a 29,1 °C  
CÓMODO

Límites de aceptabilidad del 90% = Temperatura operativa: 23,1 a 28,1 °C  
CÓMODO

Gráfico adaptativo

Operative Temperature [°C]

Prevailing Mean Outdoor Temperature [°C]

NOTA: El método se aplica solo a espacios con condiciones naturales controlados por ocupantes que cumplen con todos los siguientes criterios: (a) No hay ningún sistema de enfriamiento mecánico instalado. No hay ningún sistema de calefacción en funcionamiento; (b) Tasas metabólicas que oscilan entre 1,0 y 1,3 cumplidas; y (c) los ocupantes son libres de adaptar su ropa a las condiciones térmicas interiores y/o exteriores dentro de un rango de al menos 0,5-1,0 clo.

Foto 31. Programa para medir el confort térmico "CBE"



Foto 32. Ensayo de Aislamiento térmico a temperatura ambiente en los 4 prototipos.



Foto 33. Lampara calefactora de cerámica infrarroja

Descripción:

- Nombre del producto: calentador de cerámica infrarrojo
- Tamaño: 10 cm \* 7,5 cm
- Tamaño de empaque: 12\*8.6\*8.6 cm
- Peso: 150g
- Voltaje: 220 V
- Color: negro
- Aplicación: apto para tortugas, serpientes, lagartos, arañas, erizos y otras mascotas... incubadoras, terrarios etc

El paquete incluye: 1 calentador de reptiles de cerámica

Foto 34. Especificaciones técnicas de la lampara calefactora de cerámica infrarroja

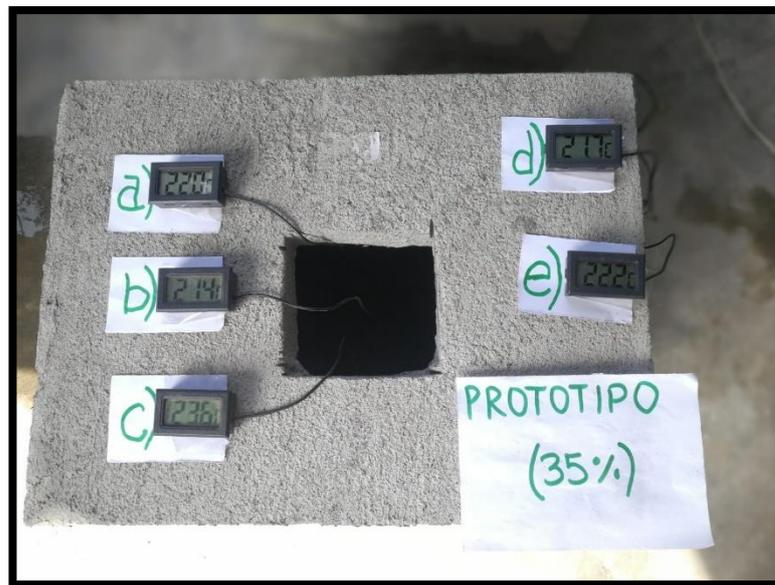


Foto 35. Ensayo térmico con generador de calor



Foto 36. Ensayo acústico de ruido exterior.



Foto 37. Ensayo acústico de Ruido Aéreo



Foto 38. Amplificar de ruido para el ensayo

## Anexo 05: informe de Turnitin

Quilca Quispe Kevin Alpiniano ?

### Resumen de coincidencias

**11 %**

Se están viendo fuentes en inglés

[Ver fuentes estándar](#)

#### Coincidencias

1	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	5 %	>
2	Gina Matias, Isabel Tor... Publicación	1 %	>
3	<a href="http://www.mdpi.com">www.mdpi.com</a> Fuente de Internet	1 %	>
4	<a href="http://rua.ua.es">rua.ua.es</a> Fuente de Internet	1 %	>
5	A.F. Angelin, E.J.P. Mira... Publicación	1 %	>
6	<a href="http://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Fuente de Internet	1 %	>
7	Daniel Ferrández, Manu... Publicación	<1 %	>
8	<a href="http://qa1.scielo.br">qa1.scielo.br</a> Fuente de Internet	<1 %	>