

Aprovechamiento de la fibra de coco y cajas de huevo como aislantes acústicos residenciales

Use of coconut fiber and egg boxes as residential acoustic insulators

Aristides Quintero¹, Adalberto Nieto¹, Ricardo Ríos¹, Nacari Marin^{2*}

¹Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Centro Regional de Azuero, Universidad Tecnológica de Panamá

²Facultad de Ingeniería Mecánica, Centro Regional de Azuero, Universidad Tecnológica de Panamá

*Autor de correspondencia: nacari.marin@utp.ac.pa

Resumen En el presente artículo se plantea un estudio a la fibra de coco y las cajas de huevo como aislantes acústicos, en donde se comprueba su eficiencia para disminuir los niveles de presión sonora hacia el exterior de un lugar, obteniendo una disminución de los niveles de presión sonora entre 5dB y 8dB, realizando mediciones con sonómetros de dos marcas distintas: Risepro y Tacklife para realizar comparativas mediante aplicaciones de dispositivos móviles para proyectar sonidos a diferentes frecuencias. Encontrando resultados positivos de ambos materiales en lo que se refiere a absorción de sonido, considerando mejoras a las placas de cocos elaboradas para futuros proyectos.

El objetivo principal de estas pequeñas pruebas es comprobar mediante sonómetros, que materiales de desecho como la fibra de coco y cajas de huevo presentan características de aislantes acústicos, analizando de esta manera como trabajan a diferentes frecuencias tratando de simular los ruidos que ocurren en la vida cotidiana y de esta manera obteniendo resultados que serían considerados para futuros estudios.

Palabras clave Aislamiento acústico, cajas de huevos, fibra de coco.

Abstract In this article, a study of coconut fiber and egg boxes as acoustic absorbers is proposed, where their efficiency is verified to reduce sound pressure levels towards the outside of a place, obtaining a decrease in pressure levels. between 5dB and 8dB, carried out with sound level meters from two different brands: Risepro and Tacklife to make comparisons through mobile device applications to project sounds at different frequencies. Finding positive results from both materials in terms of sound absorption, considering improvements to the coconut plates made for future projects.

The main objective of these small tests is to verify, by means of sound level meters, that desired materials such as coconut fiber and egg boxes have characteristics of acoustic insulators, thus analyzing how they work at different frequencies trying to simulate the noises that occur in life. daily and in this way obtaining results that would be considered for future studies.

Keywords Sound insulation, egg boxes, coconut fiber.

1. Introducción

Según el artículo 3 del decreto ejecutivo 306 del 4 de septiembre de 2002, en Panamá se define ruido como “todo sonido molesto o que causa molestia, que interfiere con el sueño y trabajo o lesione y dañe física o psíquicamente al individuo, flora, fauna y bienes de la nación o de particularidades”[1].

El ruido es una sensación auditiva desagradable que hoy en día se busca disminuir en la mayoría de los lugares ya que causa impactos negativos en la salud, aunque pueda parecer inofensivo. Una constante exposición puede causar problemas de salud como: estrés, depresión, perturbaciones del sueño,

pérdida auditiva, acúfenos (zumbido en oídos), daños al sistema nervioso, problemas de comunicación, etc.

Lugares tales como hospitales, salones de estudio, bibliotecas, escuelas, colegios, universidades, iglesias, estudios musicales, entre otros; buscan tener la mayor cantidad de silencio posible para cumplir con sus actividades diarias.

Analizando estas situaciones y tratando de buscarle una solución económicamente viable y que posea características sostenibles, se procedió a realizar un estudio a la fibra de coco y el método conocido de las cajas de huevos para aislar acústicamente un lugar, buscando determinar la cantidad de

nivel de presión sonora(dB) que disminuye utilizando un material u otro. Se llevaron mediciones en una habitación de una residencia y en una caja de cartón para simular condiciones más controladas.

Se conoce que detrás del estudio del aislamiento acústico intervienen otras variables importantes como lo son el análisis de ondas refractadas y reflejadas, coeficiente de absorción del sonido, presiones, humedad, temperatura, ecuaciones de Sabine y área efectiva de absorción [2][3], que no se pudieron tomar en cuenta por las condiciones de pandemia durante el desarrollo de la investigación y equipos más especializados de laboratorio necesarios para asegurar resultados óptimos.

2. Nivel de Presión Sonora

El nivel de presión sonora se conoce como la variación de presión que se obtiene a partir de las ondas de sonido en un espacio. Esta presión es susceptible por el oído humano y existe un valor mínimo que es conocido como umbral auditivo y un máximo que es llamado umbral del dolor, esta última es un millón de veces más grande que la de umbral auditivo.

Estos niveles suelen ser valores muy grandes, por ende, para trabajar de una manera más sencilla se utiliza una escala logarítmica expresando en decibels dB los niveles de presión sonora, que para un valor mínimo se coloca 0 dB y para un máximo 120 dB, representando así el umbral auditivo y de dolor respectivamente, aunque se pueden obtener valores mayores que representa un ruido excesivo[4].

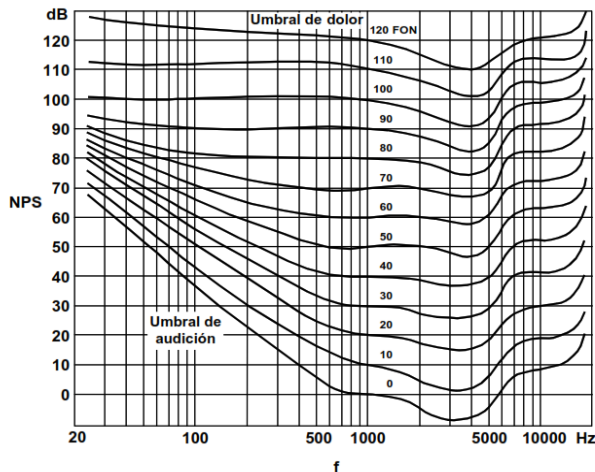


Figura 1. Curvas de Fletcher y Munson mostrando umbral del dolor y de audición [3].

El sonido es una sensación audible, originada por las fluctuaciones alternadas de la presión en el aire, que son causadas por la propagación de una onda sonora, debido a esto se pueden realizar escalas de audición, para determinar la cantidad de decibels (dB) que pueden soportar el humano,

estas escalas pueden variar dependiendo del país. En efecto, la cantidad total de energía sonora que un individuo puede absorber sin riesgo permanece constante. Una persona puede estar expuesta a la misma cantidad de energía acústica cuando escucha un sonido a bajo volumen durante períodos largos que cuando lo escucha a un volumen más alto durante periodos breves [2]. Partiendo de esta base, se han determinado los niveles permisibles de exposición diaria al ruido, teniendo en cuenta la dosis total de ruido admisible. Algunos ejemplos de niveles de presión sonora en la vida cotidiana son mostrados en la figura 2.



Figura 2. Escala comparativa de nivel de presión sonora(dB) con hechos de la vida real [2].

3. Materiales y métodos

Las cajas de huevos utilizadas fueron obtenidas en mini supermercado de la localidad por lo que son materiales reciclados. En la figura 3, solo se muestran algunas de las tantas conseguidas.



Figura 3. Cajas de huevo de poliestireno y estopas de coco utilizadas para realizar placas.

Los cocos utilizados se obtuvieron como material de desechos de panaderías de Chitré, Herrera, Panamá. En estos locales se utiliza solamente el interior del coco (parte comestible) para hacer galletas, cocadas y dulces.

3.1 Fabricación de placas de coco

Los cocos obtenidos se pelan y pasan por un proceso de limpieza y selección, donde se descartan partes dañadas o con indicios de propagación de hongos.

Luego de esto se retira la fibra de la cascara de cada coco, arrancándolas y desmenuzándolas para luego nuevamente retirar fragmentos no deseados.

Una vez obtenidas las estopas de coco, se recortaron con tijera para obtener fragmentos lo suficientemente pequeños para que al momento de colocarle el adherente se tenga una mejor unión (ver figura 4).

Las estopas de coco se unen con el engrudo, elaborado como adhesivo (ver figura 5), en un molde en donde se amasan, tratando de estirarlas y dejar su superficie lo más lisa posible, colocando vinagre y bicarbonato de sodio para evitar la proliferación de hongos y otros microorganismos. Seguido a esto, se dejó una semana expuestas al sol, invirtiendo la parte superior e inferior de la placa cada día para evitar la acumulación de humedad. En la figura 6 se muestran las placas de fibra de coco terminadas.



Figura 4. Estopas de coco ya seleccionadas y desmenuzadas para luego recortar.



Figura 5. Engrudo elaborado como adhesivo para estopas de coco.



Figura 6. Placas de fibra de coco terminadas.

3.2 Metodología y equipo utilizado

Se utilizaron las notas musicales Do y La, a diferentes octavas, corroborando su frecuencia con la aplicación de dispositivos móviles Soundcourset y ejecutando la nota musical mediante la aplicación Perfect Piano en un celular conectado por bluetooth a una bocina unidireccional que se colocaba perpendicular a la superficie con las placas aislantes y a volumen máximo constante. Realizándolo de esta forma por las dificultades presentadas por la cuarentena al momento de aplicar la metodología.

El tiempo de exposición al sonido de cada placa fue de 10 segundos y se tomaban 5 mediciones para cada frecuencia. Se calculó un promedio individual y se continuó con la siguiente nota musical que representa otro nivel de frecuencia.

Las mediciones con los sonómetros se tomaban a 1 m de la fuente emisora de sonido para la caja de cartón y alrededor de 2 metros para el caso de la pared con cajas de huevo, colocando los sonómetros entre 0,30 m y 0,50 m de distancia del cuerpo[5]. El proceso de mediciones se basó en el hecho de que las notas musicales en el piano poseen una frecuencia establecida característica, es decir, entre más aguda es una nota, mayor frecuencia en Hz tendrá. Siendo una de las más conocidas la de 440 Hz para la nota musical “la” [2][3]. En la tabla 1 se muestran las notas musicales utilizadas con su respectiva frecuencia.

Tabla 1. Frecuencias utilizadas para las mediciones con su respectiva nota musical en el piano

| f(Hz) | Nota Musical | Octava |
|----------|--------------|--------|
| 130,813 | Do | 3 |
| 220 | La | 3 |
| 261,626 | Do | 4 |
| 440 | La | 4 |
| 523,252 | Do | 5 |
| 880 | La | 5 |
| 1046,504 | Do | 6 |
| 1760 | La | 6 |
| 2093,008 | Do | 7 |
| 3520 | La | 7 |

Se realizaron dos estudios, primero, se analizaron las cajas de huevo como aislante acústico en un cuarto adyacente, es decir, se tomaron las mediciones en la sala de una casa despejando muebles y objetos grandes. Se colocó la fuente emisora de sonido perpendicular a la pared y a una distancia de 1 metro, tomando las mediciones en la otra habitación a una distancia de 1 metro igualmente.

El segundo estudio realizado, se llevó a cabo en una caja de cartón cerrada en donde se cubrían sus lados interiores con el material de estudio, en primer lugar, con cajas de huevo recortadas y luego con las placas de fibra de coco. Para ambos casos se tomaron las mediciones sin los aislantes y luego con estos, para así poder apreciar la disminución de presión sonora en el exterior de la caja de cartón.



Figura 7. Sonómetros clase dos utilizados para realizar todas las mediciones.

Los sonómetros utilizados son de clase 2, según la norma IEC 61672 [6], de las marcas Risepro (amarillo) y Tacklife (negro), mostrados en la figura 7. Se utilizaron estos sonómetros por motivos de calidad-precio y demanda en el mercado, ya que poseen una tolerancia de $\pm 1,5$ dB no siendo tan eficientes como un sonómetro clase 1 que posee tolerancias menores a ± 1 dB, pero para realizar el análisis propuesto funcionaron, ya que son utilizados principalmente para reconocimientos y mediciones generales en industrias.

El rango de frecuencia en el que funciona un sonómetro según IEC 60651 (antigua norma que al unirse a la IEC 60804 forman la antes mencionada IEC 61672) se extiende desde 31,5 Hz a 8.000 Hz [6]. Tomando en cuenta que el oído humano puede captar frecuencias que van desde 20Hz a 20 000Hz [2], se decidió trabajar en el rango más común a la que es sometido, utilizando valores que van entre 130 Hz a 3520 Hz, como muestra la tabla 1.

La aplicación Soundcourset [8] es un metrónomo y afinador de diferentes instrumentos musicales, que gracias a su sistema que marca la frecuencia al ejecutar un sonido como se muestra en la figura 8, permitió corroborar que las frecuencias utilizadas coincidían con las ya establecidas [2][3].

Cuando se colocaron las placas de coco y cajas de huevo en la caja de cartón se procuró cubrir las paredes internas lo más posible, como se observa en la figura 9. En la figura 10 se muestran las cajas de huevo pintadas y colocadas en la pared, con el objetivo de comprobar el aislamiento acústico en la habitación adyacente.

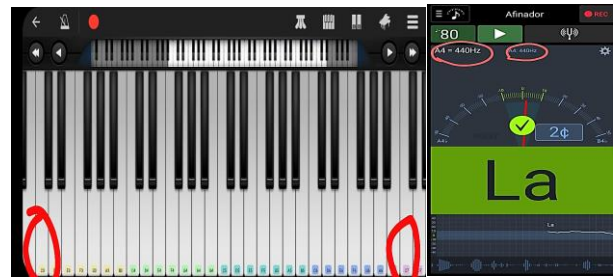


Figura 8. Aplicaciones perfect piano y soundcourset para iOS y Android.



Figura 9. Placas de fibra de coco y cajas de huevo colocadas para estudio de nivel de presión sonora en el exterior de caja de cartón.



Figura 10. Cajas de huevo pintadas y colocadas en pared para estudio en la habitación adyacente.

4. Resultados

4.1 Mediciones en habitación adyacente con cajas de huevo

En la tabla 2 se muestran las mediciones que se llevaron a cabo con el uso de las cajas de huevo (con placa) y sin aislamiento acústico (sin placa), utilizando el sonómetro Risepro, mientras que en la tabla 3 se muestran las mediciones que se llevaron a cabo con el sonómetro Tacklife, bajo las mismas condiciones de la tabla 2. Se puede apreciar que las mediciones realizadas con ambos sonómetros muestran resultados coherentes respecto a la fuente emisora de sonido utilizada, ya que los niveles de presión sonora se encuentran en un rango de 55 y 85 dB.

Tabla 2. Mediciones de nivel de presión sonora con sonómetro Risepro para caja de huevo, tomadas en habitación adyacente al que se emitió sonido

| SONÓMETRO RISEPRO | | | | |
|--|----------------|--------------|----------|---------------|
| Mediciones en habitación adyacente al que emite sonido | | | | |
| Material: Caja De Huevo | | | | |
| Frecuencia | Sin Placa | Con Placa | DESV. | Reducción |
| f(Hz) | NPS(dB) | NPS(dB) | S | R(dB) |
| 130,813 | 69,875 | 67,9 | 1,396536 | 1,975 |
| 220 | 70,6 | 67,3 | 2,333452 | 3,3 |
| 261,626 | 84,45 | 75,85 | 6,081118 | 8,6 |
| 440 | 70,1 | 67,2 | 2,05061 | 2,9 |
| 523,252 | 81,35 | 76,2 | 3,6416 | 5,15 |
| 880 | 65,95 | 65,85 | 0,070711 | 0,1 |
| 1046,504 | 81,3 | 73,8 | 5,303301 | 7,5 |
| 1760 | 70,55 | 69,1 | 1,025305 | 1,45 |
| 2093,008 | 68,15 | 66,7 | 1,025305 | 1,450 |
| 3520 | 55,8 | 54,4 | 0,989949 | 1,4 |
| PROMEDIO | 71,8125 | 68,43 | | 3,3825 |

Tabla 3. Mediciones de nivel de presión sonora con sonómetro Tacklife para caja de huevo, tomadas en habitación adyacente al que se emitió sonido

| SONÓMETRO Tacklife | | | | |
|--|---------------|---------------|----------|--------------|
| Mediciones en habitación adyacente al que emite sonido | | | | |
| Material: Caja De Huevo | | | | |
| Frecuencia | Sin Placa | Con Placa | DESV. | Reducción |
| f(Hz) | NPS(dB) | NPS(dB) | S | R(dB) |
| 130,813 | 64,35 | 63,05 | 0,919239 | 1,30 |
| 220 | 71,60 | 63,95 | 5,409367 | 7,65 |
| 261,626 | 80,50 | 79,30 | 0,848528 | 1,20 |
| 440 | 62,95 | 61,90 | 0,742462 | 1,05 |
| 523,252 | 79,30 | 76,65 | 1,873833 | 2,65 |
| 880 | 64,10 | 62,40 | 1,202082 | 1,70 |
| 1046,504 | 77,75 | 70,25 | 5,303301 | 7,50 |
| 1760 | 75,20 | 65,80 | 6,646804 | 9,40 |
| 2093,008 | 68,50 | 63,40 | 3,606245 | 5,10 |
| 3520 | 59,00 | 55,65 | 2,368808 | 3,35 |
| PROMEDIO | 70,325 | 66,235 | | 4,090 |

Por otra parte, en la figura 11 se muestra la tendencia de las mediciones realizadas con los dos sonómetros, con lo que se verifica un comportamiento similar para todos los casos analizados. Además, se puede apreciar cómo se tiene mayores niveles de presión sonora en rangos de frecuencia entre 250Hz y 300Hz, así como entre 1000Hz y 1200Hz.

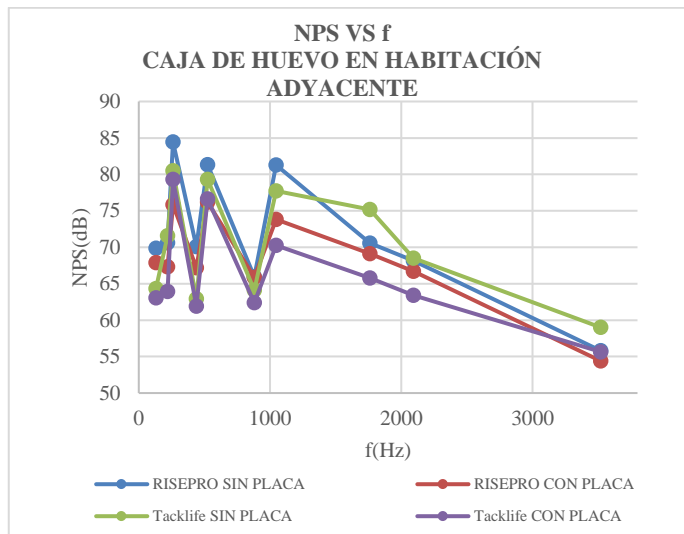


Figura 11. Nivel de presión sonora en habitación adyacente con y sin aislantes.

4.2 Mediciones con fibra de coco y caja de huevo en una caja de cartón

Con el objetivo de simular condiciones de una habitación sin objetos en ella, se utilizó una caja de cartón con dimensiones de 54 cm x 35 cm x 45cm. En esta prueba se tomaron las mediciones con los sonómetros ubicados en el exterior de la caja, sin colocar los materiales de estudio dentro de la misma. La fuente emisora de sonido se colocó en el interior de la caja, obteniéndose niveles de presión sonora entre 73 y 90dB, como se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Nivel de presión sonora en la caja de cartón vacía, sin aislamiento acústico

| MEDICIÓN EN LA CAJA VACÍA (SIN AISLAMIENTO ACÚSTICO) | | | |
|--|---------------|---------------|-------|
| FRECUENCIA | EXTERIOR | | |
| | TACKLIFE | RISEPRO | DESV. |
| f(Hz) | NPS(dB) | NPS(dB) | S |
| 130,81 | 78 | 73,4 | 3,253 |
| 220,00 | 82 | 79,7 | 1,626 |
| 261,63 | 85,6 | 83 | 1,838 |
| 440,00 | 82,5 | 81 | 1,061 |
| 523,25 | 85 | 80,1 | 3,465 |
| 880,00 | 85 | 80 | 3,536 |
| 1.046,50 | 90 | 86,2 | 2,687 |
| 1.760,00 | 84,7 | 82,6 | 1,485 |
| 2.093,01 | 82,7 | 80,2 | 1,768 |
| PROMEDIO | 83,940 | 80,690 | |

Una vez tomadas las medidas con la caja vacía, se procedió a cubrir las paredes internas de la caja de cartón con fibra de coco. Luego de este ensayo, se procedió a cubrir las paredes internas de la caja de cartón con las cajas de huevo. Los resultados correspondientes se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Nivel de presión sonora en la caja de cartón, considerando materiales con potencial de aislamiento acústico

| MEDICIÓN EN EXTERIOR CON AISLAMIENTO ACÚSTICO | | | | | | |
|---|---------------|--------------|-------|----------------|--------------|-------|
| FRECUENCIA | FIBRA DE COCO | | | CAJAS DE HUEVO | | |
| | RISEPRO | TACKLIFE | DESV. | RISEPRO | TACKLIFE | DESV. |
| f(Hz) | NPS(dB) | NPS(dB) | S | NPS(dB) | NPS(dB) | S |
| 130,81 | 69,3 | 70 | 0,495 | 72,3 | 77 | 3,323 |
| 220,00 | 75,2 | 75,8 | 0,424 | 79 | 78 | 0,707 |
| 261,63 | 77 | 77,5 | 0,354 | 81,3 | 82 | 0,495 |
| 440,00 | 72,9 | 75,3 | 1,697 | 76,3 | 77,7 | 0,990 |
| 523,25 | 75,6 | 77 | 0,990 | 79 | 80 | 0,707 |
| 880,00 | 77,5 | 78,3 | 0,566 | 73,5 | 74,5 | 0,707 |
| 1.046,50 | 75,5 | 77 | 1,061 | 78,8 | 79,2 | 0,283 |
| 1.760,00 | 75,7 | 76 | 0,212 | 72 | 74 | 1,414 |
| 2.093,01 | 74,5 | 73,9 | 0,424 | 66 | 68 | 1,414 |
| PROMEDIO | 74,80 | 75,64 | | 75,36 | 76,71 | |

Al culminar los ensayos con la caja de cartón vacía y con los materiales con potencial de aislamiento acústico estudiados, se analizaron los niveles de presión sonora en decibeles, obteniéndose valores reducidos para los casos con materiales con potencial de aislamiento acústico (paneles de fibra de coco y cartón de huevo), respecto a las mediciones realizadas en la caja sin aislamiento acústico. En la tabla 6 se puede observar como la cantidad de decibeles reducidos depende de la frecuencia en la que se emite el sonido.

La figura 12 presenta de forma gráfica los niveles de presión sonora obtenidos en el exterior de la caja de cartón, colocando las cajas de huevo y placas de fibra de coco, donde se puede notar como a frecuencias superiores a los 1000 Hz, los materiales demuestran una mayor eficiencia en la reducción de ruido respecto a frecuencias menores.

La figura 13 se presenta la reducción de decibeles que se consigue al aplicar estos aislantes acústicos confeccionados a partir de materiales reciclados, donde se puede apreciar cómo hay disminuciones de los niveles de presión sonora hasta de 13dB, a frecuencias en torno a 1000 Hz.

Tabla 6. Nivel de presión sonora reducidos para materiales en la caja de cartón

| REDUCCIÓN DE NIVEL DE PRESIÓN SONORA | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|-------|----------------|-------------|-------|
| FRECUENCIA | FIBRA DE COCO | | | CAJAS DE HUEVO | | |
| | RISEPRO | TACKLIFE | DESV. | RISEPRO | TACKLIFE | DESV. |
| f(Hz) | NPS(dB) | NPS(dB) | S | NPS(dB) | NPS(dB) | S |
| 130,81 | 4,1 | 8 | 2,758 | 1,1 | 1 | 0,071 |
| 220,00 | 4,5 | 6,2 | 1,202 | 0,7 | 4 | 2,333 |
| 261,63 | 6 | 8,1 | 1,485 | 1,7 | 3,6 | 1,344 |
| 440,00 | 8,1 | 7,2 | 0,636 | 4,7 | 4,8 | 0,071 |
| 523,25 | 4,5 | 8 | 2,475 | 1,1 | 5 | 2,758 |
| 880,00 | 2,5 | 6,7 | 2,970 | 6,5 | 10,5 | 2,828 |
| 1.046,50 | 10,7 | 13 | 1,626 | 7,4 | 10,8 | 2,404 |
| 1.760,00 | 6,9 | 8,7 | 1,273 | 10,6 | 10,7 | 0,071 |
| 2.093,01 | 5,7 | 8,8 | 2,192 | 14,2 | 14,7 | 0,354 |
| PROMEDIO | 5,89 | 8,30 | | 5,33 | 7,23 | |

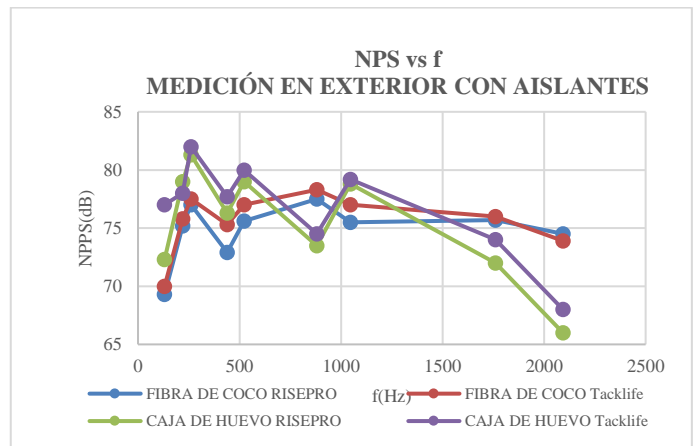


Figura 12. Nivel de presión sonora caja de cartón con aislantes.

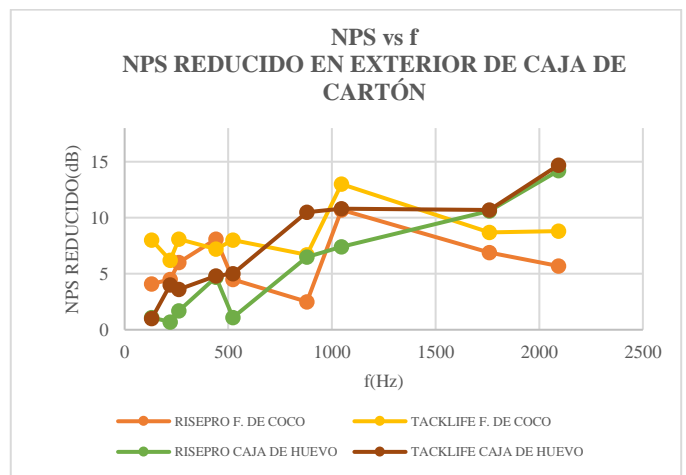


Figura 13. Nivel de presión sonora reducido en prueba con caja de cartón.

5. Pruebas futuras

Este proyecto sienta las bases para contribuir a la línea de investigación de desarrollo de materiales enfocado en aplicaciones en donde se requieren excelentes propiedades acústicas.

Se espera seguir mejorando la fabricación de placas de coco ya sea probando con resinas naturales o sintéticas como aglomerante, cambiando sus dimensiones, realizando pruebas mecánicas y llevando a cabo un estudio a profundidad como aislante térmico.

6. Discusión

En el primer estudio que se llevó a cabo con las cajas de huevo para aislar sonido de la sala de una casa hacia un cuarto adyacente, se cubrió alrededor de casi una cuarta parte de la pared y se obtuvo una reducción de sonido de 3,38 dB según el sonómetro Risepro y 4,09 dB según sonómetro Tacklife.

Estos resultados, se puedan tomar como reducciones pequeñas, pero se debe recordar que solo se cubrió una cuarta parte de una pared; se puede decir que, los niveles de presión sonora reducidos serían mucho mayores si se cubriese una pared completa o varias de ellas con estos aislantes como suele realizarse en los acondicionamientos acústicos realizados en residencias para evitar la entrada y salida de ruido a altos decibeles.

Para el segundo ensayo, realizado la reducción del nivel de presión sonora promedio tuvo valores más significativos evaluando los resultados relativamente, es decir, comparando los resultados sin aislamiento y con este, reduciendo alrededor de 8,30 dB para las placas de coco y 7,23 dB para cajas de huevo según sonómetro Tacklife, el cual durante las mediciones se pudo notar que en modo fast donde las mediciones se toman a 125ms, era más susceptible al sonido que el sonómetro Risepro en el mismo modo, hecho que puede notarse en los resultados.

De acuerdo con los resultados, ambos materiales son más efectivos a frecuencia medias altas entre 800Hz y 1100Hz. De manera general, se considera que las placas de fibra de coco son más eficientes a casi cualquier frecuencia en comparación con las cajas de huevo, de acuerdo con los resultados obtenidos.

7. Conclusiones

Se realizaron una gran cantidad de mediciones para remediar el hecho de no contar con los equipos y establecimientos adecuados para la obtención de datos más precisos, pero a pesar de esto, con las diferentes metodologías se pudo notar reducciones en los niveles de presión sonora como se observan en los resultados, teniendo la garantía que

estos materiales, como lo son la fibra de coco y las cajas de huevo, funcionan como aislantes acústicos y pueden formar parte de una futura investigación.

El estudio realizado con la caja de cartón representó una alternativa interesante, ya que se consideró la fuente emisora de sonido en un lugar completamente cerrado y con una distancia interna menor entre la bocina y la pared de la caja de cartón utilizada. Se consideró hacer el análisis en la caja de cartón debido a que en una casa por más que se intente despejar objetos y hacer mediciones controladas, se tendrán siempre escapes u otros objetos que interfieren, absorbiendo sonido.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Gemmy González por la ayuda en la preparación y cuidado de las placas de coco, ya que se necesitaba estar atento a estas una vez confeccionadas por las lluvias repentinas. Y a la señora Herminia Nieto por su amabilidad al permitirnos realizar las mediciones en su casa por varios días.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- [1] Decreto ejecutivo del 4 de septiembre de 2002, *Que adopta el reglamento para el control de los ruidos en espacios públicos, áreas residenciales o de habitación, así como en ambientes laborales*, Panama, 2002.
- [2] Miraya, F., 2006. *Acústica y sistemas de sonido*. México: UNR
- [3] Möser, M. and Barros, J., 2009. *Ingeniería Acústica*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- [4] OMS, «escuchar sin riesgo,» p. 12, 2015.
- [5] Möser, M. and Barros, J., 2009. *Ingeniería Acústica*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- [6] International Electrotechnical Commission, «IEC 61672-1:2013, Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications,» 30 septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/5708>. [Último acceso: 14 junio 2021]
- [7] Ecophon Saint-Gobain, «Nivel de presión sonora,» [En línea]. Available: <https://www.ecophon.com/es-lat/about-ecophon/acoustic-knowledge/basic-acoustics/sound-pressure-level/>.
- [8] Soundcourset «Turner, Metronome & Recorder,» [En línea]. Available: <https://soundcorset.com/>
- [9] Y. R. I. Porras, *Diseño De Aislamiento Y Acondicionamiento Acústico Para Los*, Universidad De San Buenaventura, 2005.
- [10] A. A. C. Owen, *Elaboración De Panel Aislante Acústico Y Térmico*, Valencia: XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, 11-13 de julio de 2012.