

# PROTOTIPO DE PANEL ACÚSTICO A PARTIR DE LA TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS TEXTILES

Nicolás Hernando Garzón Henao, Stefania Rojas Huertas



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa académico, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2024

# **PROTOTIPO DE PANEL ACÚSTICO A PARTIR DE LA TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS TEXTILES**

**Nicolás Hernando Garzón Henao, Stefania Rojas Huertas**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de arquitectos**

**Arq. Mag. Yuly Caterín Díaz Jiménez**

**Directora**

**Arq. Mag. José Alcides Ruiz Hernández**

**Asesor temático**



**UNIVERSIDAD**  
**La Gran Colombia**

Vigilada MINEDUCACIÓN

**Programa académico, Facultad de Arquitectura**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá D.C**

**2024**

## **Agradecimientos**

Son incontables los gestos de apoyo de nuestros seres queridos a lo largo de este proceso de formación, la ayuda recibida para poder perseguir nuestros sueños sin ser juzgados por nuestros tropiezos en este camino de aprendizaje, a ellos todo nuestro agradecimiento por darnos el primer impulso a cumplir el primer logro a nivel profesional. De igual manera reconocemos la importancia de los docentes que guiaron el proceso de aprendizaje y a nuestros amigos que hicieron esta experiencia algo inolvidable.

Tabla de contenido

**RESUMEN ..... 10**

**ABSTRACT ..... 11**

**INTRODUCCIÓN..... 12**

**PROBLEMA ..... 13**

    PREGUNTA PROBLEMA ..... 14

**JUSTIFICACIÓN ..... 15**

**OBJETIVO GENERAL ..... 22**

    OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 22

**HIPÓTESIS ..... 23**

**CAPÍTULO I: METODOLOGÍA ..... 24**

**MARCO LÓGICO ..... 25**

    EL TEXTIL DESDE LA OBRA TÉCNICA ..... 25

    EL CONCEPTO AMBIENTAL DE LA CUNA A LA CUNA ..... 27

    EL BENEFICIO SOCIAL ..... 29

**MARCO CONCEPTUAL ..... 31**

    ACÚSTICA EN MOVIMIENTO: LA SENSACIÓN DEL SONIDO EN NUESTRO ENTORNO ARQUITECTÓNICO ..... 31

    TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS EN RECURSOS: UN ENFOQUE TEÓRICO SOBRE EL RECICLAJE ..... 37

**MARCO REFERENCIAL ..... 40**

    LA CIENCIA DETRÁS DE LAS FIBRAS: UN ENFOQUE TEÓRICO SOBRE LOS TEXTILES SINTÉTICOS ..... 40

*Textiles sintéticos*..... 40

*Policloruro de vinilo (PVC)*..... 41

*Tejido de poliéster recubierto de PVC* ..... 42

*Acústica en los espacios arquitectónicos*. ..... 44

<b>PROTOTIPO DE PANEL ACÚSTICO APARTIR DEL RECICLAJE DE PVC</b>	<b>5</b>
<i>Acústica en las aulas de clase.</i> .....	45
<i>Paneles de Fonoabsorbente.</i> .....	46
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>48</b>
VIABILIDAD DE TRANSFORMACIÓN DE LOS TEXTILES EN LA CONSTRUCCIÓN .....	48
<i>Residuos textiles en concreto</i> .....	48
<i>Desechos de fibras textiles en trasdosados de yeso o concreto</i> .....	50
REFERENCIA ACÚSTICA POR MEDIO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	51
<i>Fibras textiles en fachadas verdes con propiedades acústicas</i> .....	51
<i>El ruido en aulas de clase, diseño de un panel de mejoramiento acústico</i> .....	53
<i>Desarrollo de un Panel Perforado para Acondicionamiento Acústico Basado en Fibra de Guadua Colombiana (Guadua Angustifolia Kunth)</i> .....	54
<b>MARCO NORMATIVO</b> .....	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO 2: DESARROLLO METODOLÓGICO</b> .....	<b>59</b>
CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES TÉCNICAS DEL TEXTIL POLIÉSTER RECUBIERTO CON PVC PARA ASÍ PODER DESTACAR SUS CUALIDADES ACÚSTICAS FRENTE A OTROS MATERIALES. ....	59
ESTABLECER UN PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL RESIDUO TEXTIL DE POLIÉSTER RECUBIERTO CON PVC Y POSTERIOR MEZCLA CON AGLUTINANTES, PARA CONOCER SU COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO Y ACÚSTICO FRENTE A DIVERSAS PRUEBAS DE LABORATORIO. ....	63
<i>Transformación</i> .....	63
<i>Fotomicrografía</i> .....	64
<i>Granulometría por tamizado</i> .....	65
<i>Mezcla: Yeso – agregado triturado - aglutinante</i> .....	66
<i>Prueba de esfuerzo por flexión</i> .....	67
<i>Prueba de absorción acústica</i> .....	72
DESARROLLAR UN SISTEMA DE MODULACIÓN Y ESTRUCTURA PARA PODER CONSOLIDAR EL PROTOTIPO DE PANEL ACÚSTICO COMO ELEMENTO ARQUITECTÓNICO. ....	76

**PROTOTIPO DE PANEL ACÚSTICO APARTIR DEL RECICLAJE DE PVC**

6

*Diseño modular a partir de geometría simple* ..... 76

*Diseño de estructura de anclaje y soporte* ..... 77

*Presupuesto para prototipo de panel*..... 82

**ANÁLISIS** ..... **84**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ..... **85**

**REFERENCIAS** ..... **86**

**Tabla de figuras**

**Figura 1** Variables de estudio en las aulas de clase..... 19

**Figura 2** Causas de discomfort acústico en las aulas de clase.....20

**Figura 3** Diferentes tipos de sonidos dentro de los espacios interiores .....33

**Figura 4** Funcionamiento del tubo de impedancia acústico .....36

**Figura 5** Cámara anecoica .....36

**Figura 6** Cámara de reverberación .....37

**Figura 7** Demanda de fibras textiles. ....40

**Figura 8** Muestra textiles recubiertos usados en la investigación .....42

**Figura 9** .....43

**Figura 10** Ondas sonaras viajando por un espacio .....46

**Figura 11** Características de las fibras textiles por medio de la norma UNE EN ISO 10534- 2:2002  
.....52

**Figura 12** Nivel de absorción por medio de la frecuencia.....59

**Figura 13** Lugares en Bogotá con mayor generación de residuos de textil de poliéster recubierto  
con PVC.....60

**Figura 14** Proceso de trasformación del textil de poliéster recubierto con PVC.....63

**Figura 15** Fotomicrografía fibras de textil de poliéster recubierto con PVC.....64

**Figura 16** Prueba de granulometría .....66

**Figura 17** Proceso de mezcla .....67

**Figura 18** Probetas de 15x30 cm .....68

**Figura 19** Prueba de flexión a partir de maquina multi ensayos .....69

**Figura 20** Resultado de las probetas frente a prueba de flexión.....70

**Figura 21** Prueba de resistencia a la flexión por prensa multi ensayos .....71

**Figura 22** Tubo de impedancia .....73

**Figura 23** Probetas para prueba de absorción.....74

**Figura 24** Resultados prueba de absorción.....75

**Figura 25** Principio de modulación bidimensional .....76

**Figura 26** Posibilidades de diseño desde el submódulo .....77

**Figura 27** Boceto inicial de sistema de soporte y anclaje.....78

**Figura 28** Presupuesto de fabricación .....83



**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Coefficiente de absorción de los materiales</i> .....	44
<b>Tabla 2</b> RT60 Tiempos ideales de reverberación. ....	46
<b>Tabla 3</b> Medidas utilizadas para la resistencia de 27MPa .....	49
<b>Tabla 4</b> Cálculo de residuos del material .....	61
<b>Tabla 5</b> Comparación de los coeficientes de absorción .....	62
<b>Tabla 6</b> Medidas de probetas para prueba de resistencia a le flexión .....	68

### Resumen

Los desechos industriales y más específicamente los textiles generan sobrantes y residuos posteriores a su uso, esto a costa de un desconocimiento y falta de gestión por parte de entidades y privados, este desafío plantea la oportunidad de aprovechar estos materiales en la arquitectura, creando elementos innovadores y funcionales. Un área específica de aplicación y aprovechamiento de los textiles es la acústica en las aulas de clase, estas suelen enfrentar problemas de acústica debido a la forma del espacio, la falta de materiales absorbentes y el ruido interno. Esto provoca problemas como la reverberación, la dificultad para escuchar claramente y el ruido de fondo, lo que conduce al efecto de Lombard y afecta tanto el aprendizaje físico como el cognitivo de los estudiantes.

Para abordar este problema, se propone utilizar los retazos de textiles de poliéster recubiertos con PVC en la creación de un prototipo de panel acústico, que tienen como objetivo absorber las ondas sonoras y reducir la reverberación en el aula asimismo de aportar diseño y versatilidad, mejorando así las condiciones acústicas y contribuyendo a un ambiente de aprendizaje más efectivo y cómodo, además de plantear un proceso de transformación que posibilita pensar en diversidad de usos de este nuevo agregado triturado por ello este enfoque no solo aprovecha los desechos industriales, sino que también ofrece una solución práctica y sostenible para el mejoramiento de la calidad del espacio educativo y tratamiento de los desechos textiles sintéticos.

*Palabras clave: Tratamiento de desechos, Innovación tecnológica, Acústica, textiles PVC*

### **Abstract**

Industrial waste and more specifically textiles generate leftovers and residues after their use, this at the cost of a lack of knowledge and lack of management by entities and private individuals, this challenge poses the opportunity to take advantage of these materials in architecture, creating innovative and functional elements. A specific area of application and use of textiles is acoustics in classrooms, which usually face acoustic problems due to the shape of the space, the lack of absorbent materials and internal noise. This causes problems such as reverberation, difficulty hearing clearly and background noise, which leads to the Lombard effect and affects both the physical and cognitive learning of the students.

To address this problem, it is proposed to use the scraps of polyester textiles coated with PVC in the creation of a prototype acoustic panel, which aim to absorb sound waves and reduce reverberation in the classroom as well as to provide design and versatility, thus improving acoustic conditions and contributing to a more effective and comfortable learning environment, in addition to proposing a transformation process that makes it possible to think about the diversity of uses of this new shredded aggregate, so this approach not only takes advantage of industrial waste, but also offers a practical and sustainable solution for the improvement of the quality of the educational space and treatment of synthetic textile waste.

**Keywords:** Waste treatment, Technological innovation, Acoustics, PVC textiles

### Introducción

Este trabajo se desarrolla en torno a la innovación en los materiales, la generación de nuevas oportunidades y el aporte en la reducción de la huella ecológica que como sociedad generamos. La investigación pretende abarcar las posibilidades que, a partir del estudio del textil de poliéster, se pueden desarrollar por medio de la transformación de este. En la industria automotriz se suele usar como acabado interior el textil de poliéster el cual se origina principalmente a partir de derivados fósiles como el petróleo, esto lo hace sintético y a su vez económico y resistente. Sin embargo, estos en particular cuentan con recubrimientos plásticos como el PVC con el fin de mejorar aún más las propiedades del material.

Cabe resaltar la importancia de esta investigación, recordando que los residuos plásticos como el poliéster y el PVC son causantes de una gran huella ecológica que aqueja a nivel mundial, pues si bien no se pretende solucionar un problema de gran escala, si se busca aportar en conocimiento y estrategia en la reducción de su impacto. Esto despierta la incertidumbre y la necesidad de estudiar sus propiedades y alcances dentro de la construcción y la arquitectura. Para ello se llevarán a cabo un enfoque cuantitativo haciendo uso del método inductivo, además de procesos de diseño, modulación y estructura para así consolidar un prototipo que funcione y de paso a futuras modificaciones y usos, ya no solo dentro del ámbito acústico sino a nivel generalizado dentro de la industria en donde este pueda aportar.

### Problema

Los textiles como el poliéster recubierto son productos 100% sintéticos, su origen químico los hace resistentes y longevos pues en la industria se usan en gran medida por su bajo costo y eficiencia, sin embargo, estos se vuelven desconocidos a la hora de pensar en procesos de reciclaje o reutilización, pues su propia procedencia los convierte en un verdadero reto ambiental. En el contexto Bogotano su uso particularmente mayoritario se da en la industria automotriz, industria que a grandes rasgos parece minúscula pero si se mira más detalladamente se puede encontrar un gran número de locales comerciales y pequeñas empresas repartidas a lo largo y ancho de la ciudad, representando un consumo elevado y por consiguiente un número elevado de desechos textiles, ocasionados regularmente por procesos de corte que generan retazos, siendo estos desaprovechados al tener formas irregulares en la mayoría de los casos, otra procedencia significativa se da el momento en que aparentemente el objeto en el que este cumplía una función se deteriora, pasando al desuso pero no terminando allí su ciclo de vida.

Ahora bien, cuando hablamos de recolección el problema se incrementa y prolonga, pues textiles como este al no tener un tratamiento especial dentro del manejo de residuos finalmente termina siendo parte de otros desechos arrojados en vertederos y en el peor de los casos siendo incinerados provocando la liberación de gases tóxicos producto de su composición química.

Aunado a esto, se percibe un vacío de gran importancia en cuanto a la acústica que se presenta en las aulas, se debe resaltar la calidad de un correcto confort acústico, esto con el fin de tener un entendimiento y concentración dentro del espacio como este lo requiere, sin embargo, en la mayoría de las aulas no se presenta por diferentes factores, entre los más comunes esta la reverberación o eco, que se produce habitualmente por materiales de construcción densos y poco porosos, lo cual provoca un rebote de las ondas sonoras que por ende se tornan inaudibles, al no poder escuchar de forma clara lo dicho por el emisor, él mismo se ve obligado a esforzar su voz con el fin de poder ser atendido,

desencadenando así el efecto Lombard. Este se presenta como el fenómeno en el que las personas dentro de la sala al querer ser escuchadas elevan el sonido de su voz, produciendo niveles de ruido estimados de entre 80 a 85 dB, dificultando el correcto desarrollo de las actividades al igual que generando estrés y futuros problemas en el aprendizaje.

**Pregunta problema**

De manera que esta investigación tiene como punto de partida la siguiente pregunta problema:  
¿cómo diseñar un prototipo de panel para el mejoramiento acústico dentro de las aulas, a partir de la transformación de desechos textiles de poliéster recubiertos con PVC?

### Justificación

A través del tiempo las industrias han visto la necesidad de responder ante la inminente innovación y avance en todos los sectores productivos, en este marco de constante evolución las fábricas de productos textiles han desarrollado tejidos a partir de fibras de origen no natural (sintético). Estas en su mayoría producidas a partir de materias primas derivadas del petróleo. Sin embargo, debido a su procedencia sintética su degradación se extiende en el tiempo mucho más que las fibras de origen natural como el algodón o la seda. En concreto el poliéster tarda aproximadamente 500 años en degradarse.

Con respecto a la demanda de textil que se ha producido en las últimas décadas por la avanzada tecnología industrial que facilita la producción de materiales sintéticos utilizados para prendas, en accesorios y tapicería entre otras utilidades se generan mayores desechos ya que, en la mayoría de casos las prendas son desechadas en un tiempo de vida más corto, no necesariamente significa que las prendas hayan cumplido su ciclo de vida, si no que al tener mayor demanda se tienden a cambiar rápido, por lo cual estas terminan siendo desechos. De acuerdo con el Parlamento Europeo (2024):

Ha cambiado la forma en que las personas se deshacen de la ropa no deseada, ya que suelen tirar las prendas en lugar de donarlas. Sin embargo, menos de la mitad de la ropa usada se recoge para ser reutilizarla o reciclarla, y sólo el 1% se recicla en ropa nueva” (párr. 12).

En otras palabras, las prendas terminan siendo desechos y llegando a los vertimientos sanitarios por la poca gestión y desconocimiento de las personas al botarlas, aun cuando no han cumplido su ciclo de vida y pueden seguir utilizándose, lo que se conoce como reutilización, esto con el fin de alarga la vida útil hasta que su ciclo de vida termine y pueda ser desechado. Últimamente se ha hecho más consiente el tema de vender o donar prendas con poco uso, utilizando el concepto de reutilización y uso de la vida útil, además de generar bonificaciones económicas.

Esta problemática en el contexto colombiano y más precisamente en la ciudad de Bogotá se ve reflejada en el manejo inadecuado de los residuos producto de empresas de manufactura, pues según, CONPES 3874 (2016), la UASP (Unidad administrativa espacial de servicios públicos), en 2021 tan solo en Bogotá llegaron al relleno de Doña Juana 147.000 toneladas de residuos textiles. Evidenciando que no se alcanza un segundo uso o una posible transformación, representando el 2.76% del total en Bogotá (como se cita en Observatorio Ambiental del Bogotá, 2022, párr. 6). Ahora bien, si expandimos la mirada a la combinación de textil de poliéster con insumos plásticos tales como el policloruro de vinilo (PVC) podremos observar que sus propiedades físico-mecánicas incrementan, siendo óptimas para el uso en el apartado automotriz, sin embargo, estas aleaciones aumentan su impacto ambiental, con ello generando en masa un problema de desechos en sectores específicos en la ciudad de Bogotá.

Los textiles utilizados en la industria automotriz han mostrado un mal manejo en relación con el sobrante de materia prima sin ningún tipo de reciclaje, pues los retazos con formas irregulares no pueden ser utilizados debido a que no alcanzan a cubrir la moldura deseada. Su composición es particular, a base de poliéster recubierto de resina plástica (PVC) haciéndolo resistente a la humedad y otros patógenos. Sin embargo, no se conoce a grandes rasgos un tipo de reciclaje para este tipo de textil, lo que significa un desperdicio de material plástico al no tener una alternativa de reciclaje o reutilización. Por ende, este tipo de textil regularmente llega a rellenos sanitarios donde son arrojados. Lo que supone la necesidad de comenzar a utilizar más materias primas con usos ya cumplidos para la transformación en materiales de bajo impacto ambiental, con ello lograr la reducción de contaminación, pues muchas de las materias primas en el peor de los casos son quemadas a grandes temperaturas liberando gases de alta polución e infructuosos para la salud del ser humano y del planeta.

En Colombia aún es desconocido el impacto ambiental que tendría dejar de incinerar y desaprovechar este tipo de material, con la aplicación de alternativas de aprovechamiento, se



reducirían algunas emisiones de CO<sub>2</sub>, disminuiría la cantidad de toneladas no gestionadas correctamente (Solano, 2022, p. 4)

En el caso de los textiles con poliéster su manejo es inadecuado, pues existe desconocimiento en su manejo y ciclo de vida, por ello en Colombia y el mundo se han venido desarrollando innovaciones las cuales buscan reutilizar y transformar “basura” en nuevos usos. En este contexto se puede ver que a nivel local se ha incrementado el uso del plástico, las arcillas, la tierra y otros. Sin embargo, también se pueden encontrar ideas aún más retadoras y que nos dan un vistazo del abanico de posibilidades que pueden ser desarrolladas. Es importante recalcar que los recursos naturales utilizados en la construcción cada vez están siendo más escasos a nivel global, por lo cual es importante buscar alternativas sostenibles por medio de la innovación de los materiales.

El mejor ejemplo de ello es el caso de la arquitecta francesa Clarisse Merlet, quien a partir de los desechos producidos por la industria textil y la ropa ya desechada por los usuarios, misma responsable de producir cerca del 20% de los desechos totales solo en Europa, ha desarrollado un prototipo de bloque a partir del proceso de triturado y homogenización con otros aditivos, logrando a grandes rasgos un innovador material capaz de proporcionar confort térmico, acústico e incluso resistente a la combustión, de manera que hay posibilidades de desarrollo, pues ya se han comenzado a utilizar este tipo de materiales como alternativas sostenibles para ayudar a mitigar las diferentes problemáticas que existen en el sector de la construcción, también aportando en el manejo de residuos.

En el contexto nacional, existen variedad de emprendimientos y empresas que se dedican al reciclaje y transformación de materiales que cumplieron su uso y son desechados, un ejemplo de esto es GesCol, empresa dedicada a la innovación de materiales por medio del reciclaje de polímeros utilizados en el sector del calzado, son implementados en el ámbito de la construcción a través de ladrillos, paneles y aditivos granulados, por lo cual los residuos de polímeros no termina en el relleno sanitario, si

no que se emplea en otro uso, con una vida útil prolongada, es decir las construcciones tienen periodos de larga duración por lo cual los materiales que se utilizan son duraderos y persistentes.

En cuanto a los agregados que tradicionalmente se utilizan en la construcción como los diferentes tipos de arena, gravas, piedras ha comenzado a tener escasez en algunas partes del mundo, por lo cual la innovación juega un papel muy fundamental al momento de intervenir en los elementos de construcción, mejorando elementos ya existentes por medio de características físicas - mecánicas y acústicas entre otras; cualidades que en sí mismo el textil de poliéster ya posee, esto nos habla de las posibilidades del textil y su capacidad de transformación, por medio del concepto de la cuna a la cuna donde el material vuelve a tener una transformación con el fin de generarle un nuevo uso duradero y funcional dentro de un contexto específico, como lo es la materialidad utilizada para la construcción de edificaciones que además de tener una vida útil perdurable, tenga un uso característico destinado a mitigar alguna irregularidad ya investigada y que con el elemento específico se pueda mejorar.

Por lo que se refiere a los espacios académicos y de aprendizaje resalta una dimensión morfológica común, pues se imagina un espacio a menudo rectangular, con pupitres o mesas y una pizarra o tablero, hasta allí en el imaginario no sería necesario algo más, sin embargo, la audibilidad en un espacio de aprendizaje es tan fundamental como por ejemplo la capacidad de poder ver bien, pues estudios afirman que la correcta emisión y recepción de los saberes influyen directamente en la calidad educativa de los estudiantes e incluso en el correcto cuidado en la salud de los maestros, de acuerdo con Jones y Broadbent (1995), el ruido en un espacio puede tener incidencia en las personas:

Los efectos del ruido sobre el rendimiento de las personas son distintos de los efectos de la molestia o los fisiológicos; existe escasa concordancia entre las medidas de estas diferentes respuestas. Incluso una reacción violenta frente al ruido puede no acompañarse de la correspondiente pérdida de eficacia en el desarrollo de las actividades, en tanto pueden

producirse cambios en la eficiencia, aunque la persona considere que el entorno es aceptable (p. 24.1).

Por esta razón surge la necesidad de pensar en si los espacios educativos más comunes cumplen con estándares primarios de acústica, pues también influye una capacidad financiera mínima en algunas instituciones imposibilitando un tratamiento acústico adecuado en sus instalaciones. Además de una disminución en la eficacia de trabajo dentro del aula, por lo cual, aunque las personas consideren que los espacios son adecuados a las actividades escolares, su rendimiento disminuye constantemente por variables de sonido, donde el ruido es tan alto que puede generar molestias físicas y mentales, existe una intangibilidad en la voz que no permite entender del todo a la persona que está hablando, otro rasgo es el contexto inmediato del lugar, los ruidos exteriores también tienen repercusiones dentro de estos espacios. Es por esto por lo que se demuestra por medio de estudios realizados cuales son las variables que se estudian dentro de un espacio educativo.

**Figura 1**  
*Variables de estudio en las aulas de clase*



Nota: Grafico de las variables acústicas que se estudian en los espacios educativos. Adaptado de “Condiciones acústicas en las aulas de clase de Una revisión de la literatura” por A. Durán. 2021. <https://doi.org/10.17081/invinno.9.2.4908>

**Figura 2**

*Causas de disconfort acústico en las aulas de clase*



Nota: Grafico de las causas de disconfort acústico en los espacios educativos. Adaptado de “Condiciones acústicas en las aulas de clase de Una revisión de la literatura” por A. Durán. 2021. <https://doi.org/10.17081/invinno.9.2.4908>

Dicho de otra manera, desde la parte educativa ya existen diferentes investigaciones sobre la acústica en los espacios arquitectónicos destinados a centros de aprendizaje, de manera que se conoce las variables que causan un disconfort en el aula, como se muestra en la figura 1, la reverberación, la intangibilidad de la palabra y el ruido de fondo son las que más se repiten, por lo cual se puede destacar otros factores acústicos y centrarse en cómo se pueden resolver desde el espacio ya creado. No obstante, en la figura 2 se muestra las causas de disconfort, donde la materialidad constructiva influye en como el sonido se comporta en el lugar y se complementa con la forma de este, sin embargo, generar un espacio nuevo con características acústicas sale del presupuesto, por lo cual la alternativa más viable es adecuar los salones dependiendo de las problemáticas y variables de cada espacio. Según Lucic (2009), al tener ruido en los espacios educativos se ve un problema en el aprendizaje, se pueden presentar efectos negativos en los estudiantes, tales como el deterioro auditivo, efectos sobre el sueño, efectos semánticos relacionados con el estrés, y efectos cognitivos como la memoria, atención y distracción. Es decir que no solo se afecta una parte específica del cuerpo que este caso sería el oído, sino que hay más variables que se ven afectadas a nivel físico y mental, lo que a largo plazo puede generar molestias o problemas de salud más serios.

Así mismo en 1992, Rio de Janeiro, Brasil. Los Objetivos de Desarrollo Sostenibles muestran la preocupación en el tema auditivo, se centran en la importancia de tener una reducción del ruido, ya que

este afecta la calidad de vida del ser humano al tener una disminución auditiva donde después de estar expuesto a ruidos altos ya sea por el espacio, el entendimiento en una conversación disminuye, se presentan variaciones en las horas de descanso, además de tener una disminución en el aprendizaje por falta de la intangibilidad de la palabra, lo cual hace que el nivel de aprendizaje sea menor.

En resumen, la importancia de tener espacios educativos adecuados acústicamente para las actividades pertinentes es de gran importancia a nivel de salud mental y física debido a que gran parte de la concentración se debe al sonido, además de esto una persona al estar mucho tiempo en lugares donde se rebasen los límites máximos de sonido puede presentar pérdida auditiva, con el fin de mejorar la acústica mitigando las variables de reverberación, intangibilidad de la palabra y ruido de fondo por medio de la arquitectura con un elemento constructivo que ayude a mejorar el sonido.

**Objetivo general**

Diseñar un prototipo de panel acústico a partir de desechos textiles de poliéster recubierto con PVC para el mejoramiento acústico en las aulas.

**Objetivos específicos**

1. Caracterizar las propiedades técnicas del textil poliéster recubierto con PVC para así poder destacar sus cualidades acústicas frente a otros materiales.
2. Establecer un proceso de transformación del residuo textil de poliéster recubierto con PVC y posterior mezcla con aglutinantes, para conocer su comportamiento físico mecánico y acústico frente a diversas pruebas de laboratorio.
3. Desarrollar un sistema de modulación y estructura para poder consolidar el prototipo de panel acústico como elemento arquitectónico.

### **Hipótesis**

A través del desarrollo de un sistema de absorción acústica innovador basado en la transformación de desechos textiles, se propone mejorar significativamente la calidad acústica de las aulas de clase. Este mejoramiento se logra mediante un prototipo de panel diseñado específicamente para reducir la reverberación sonora en los espacios educativos, compensando la ausencia de materiales tradicionales absorbentes y proporcionando un ambiente más propicio para el aprendizaje y la concentración además de otorgándole una segunda vida a lo que antes eran desechos.

### Capítulo I: Metodología

Para el desarrollo de esta investigación es necesario determinar un enfoque cuantitativo, por el cual se manejan temas de carácter constructivo, cantidades específicas de los materiales, el comportamiento del elemento mediante pruebas de resistencia y pruebas acústicas, por lo cual es preciso un punto de vista medible y de carácter numérico, además de la utilización del método inductivo, el cual según Maya (2014), “Es el razonamiento mediante el cual, a partir del análisis de hechos singulares, se pretende llegar a leyes. Es decir, se parte del análisis de ejemplos concretos que se descomponen en partes para posteriormente llegar a una conclusión” (p. 15). Dicho en otras palabras, por medio del análisis realizado mediante los trabajos relacionados con la transformación de materiales de PVC y la viabilidad, las pruebas establecidas y los comportamientos de estas se llegará a una conclusión de como el elemento será abordado, indicando por medio de un alcance experimental su factibilidad.



## Marco lógico

### El textil desde la obra técnica

Entender el textil como un elemento que es utilizado en la arquitectura conlleva un grado de complejidad, por lo cual para su entendimiento es importante conocer el principio de este, la teoría de Semper (2013), explica que desde la historia el desarrollo del textil. Es decir, que desde el principio el ser humano utilizó como herramienta el textil con dos fines específicos cubrir y sujetar los elementos que utilizaban diario entre ellos las prendas y espacios donde holgaban, en su mayoría eran materiales naturales y pieles de animales con un procedimiento de conservación para mantener las características del cuero en perfectas condiciones con el fin de asegurar su durabilidad en el tiempo, si se llegaba a tener un mal manejo el cuero se ponía duro y su tiempo de uso disminuía considerablemente. Con el paso del tiempo, el cuero se siguió implementando y sus procesos de transformación se estandarizaron en la vestimenta, donde se puede ver un gran uso son en las civilizaciones antiguas Egipto y Roma, al ser culturas de gran impacto, tienen conocimientos más puntuales donde por medio de la investigación y antropología han encontrado prendas que demuestran el uso de los textiles naturales.

Cuando la revolución industrial comienza, el ser humano tiende a reemplazar los materiales naturales por materiales transformados, en este caso el cuero pasa a tener un sustituto por el caucho que dentro de la industria textil tiene un gran peso por diferentes factores como el costo de fabricación y las especificaciones técnicas muy parecidas al textil antes empleado, además de acelerar la producción en masa de estos materiales y mejorando algunas características en el tamaño de producción, haciendo de este una factibilidad de adaptación y presta para todo servicio, se le denomina obra técnica y su definición se concentra en la transformación de los materiales de como por medio de una transformación llega a otro producto, en el caso del textil se crea una similitud de los materiales por medio de una transformación, para la obtención de caucho se hace un proceso mecánico y en algunos

casos químico, donde la idea principal es crear similitudes al cuero con la diferencia que su materia bruta es el plástico o en su defecto el petróleo.

Todo esto es para entender que a lo que se conoce como textil tiene una cercanía con la forma como el ser humano a interpretado la protección tanto de su cuerpo como del espacio donde habita, es donde se retoma la idea de sujetar y cubrir sin embargo hacer una conexión del textil como elemento funcional en la arquitectura se vuelve de gran embrollo por que los materiales utilizados desde hace siglos son sólidos, pesados y asociados a los materiales pétreos no obstante el textil es todo lo contrario, las características principales del material se compone de una masa que se puede moldear, sigue siendo sólido pero con la diferencia que su peso es liviano.

Lo que en la arquitectura resulta valido para crear percepciones de un edificio flexible o ligero sujeto a un concepto, además de los espacios donde se plantee su uso, si bien sirve como una envolvente que cumple la función de cubrir del espacio exterior, en los espacios interiores puede cumplir funciones de confort termicas y acústicas relacionadas a la calidad de vida dentro de las edificaciones. Sin embargo, como se menciona desde la obra técnica se puede utilizar un material bruto o ya creado para la transformación en otro material que sirva a la factibilidad de servicio, es decir que desde el material ya creado por medio de una transformación se puede dar un nuevo material o uso, esto se puede relacionar directamente con el reciclaje, la diferencia se sitúa en la procedencia del material, en estos tiempos existe la necesidad de reutilizar materiales que ya han cumplido su primer uso y siguen teniendo una duración en el tiempo por lo cual se debe buscar otra forma de implementarlos, en la mayoría de los casos es necesaria una transformación de material para cumplir con la adaptabilidad de adaptación y prestar el servicio. Si la relación de la obra técnica se genera desde el campo de la arquitectura, exactamente desde la construcción el segundo uso del material tendrá un tiempo de vida más alto, lo que nos ayuda a mitigar la contaminación y la producción de nuevos materiales, por consiguiente, es importante hablar son el concepto de la cuna a la cuna.

### El concepto ambiental de la cuna a la cuna

Las estrategias para mitigar la contaminación ambiental producida por el ser humano a un gran ritmo debido a la industrialización y rápida manufactura de productos que contaminan el ambiente, se comprenden mejor desde la investigación de McDonough y Braungart plasmada en su libro Cradle to cradle, que explica cómo se debe entender el reciclaje, para esto es importante saber el proceso de vida de los productos que se utilizan a diario como lo es una botella de agua, para su creación se extraen los recursos naturales para ser transformados en productos, luego se venden, utilizan y al final son arrojados a algún tipo de “tumba”, este concepto se conoce como de la cuna a la tumba, lo que lleva a pensar en cómo un producto solo puede prestar un servicio y después ser desechado, llegando a su consumación. Al principio el hecho de utilizar un producto y ser desechado al instante no era una preocupación, sin embargo, con el tiempo se fue investigando como este puede llegar a contaminar el ambiente, acabar con los recursos para tener un tiempo de vida muy corto que solo genera mayor producción industrial y saturación que al final termina siendo desecho, por lo cual se llega a la idea de poder crear un segundo uso del material después de culminar su primera actividad.

Como resultado a lo anterior los autores proponen las cuatro R, reducir, reutilizar, reciclar y regular, con el propósito que cada producto pueda ser aplicado en un caso específico. En el caso de la regulación se propone desde el momento en que los materiales son creados, se debe saber cuáles son los materiales para su composición, junto a otros elementos, sin embargo, se detecta que algunos de los elementos adicionales no son necesarios por lo cual se puede hacer una regulación, lo mismo aplica en el gasto de energía y agua que se utiliza para la producción de estos, es así como se involucra la ecoeficiencia, definida como el hacer más con menos. Lo que lleva buscar la forma de hacer eficientes los recursos que se utilizan, ahorrando energías por medio de una producción más corta, pero con la misma calidad del producto, utilizar los recursos justos con el fin de evitar desperdicios.

Ahora bien el propósito de la cuna a la cuna es volver a utilizar productos por medio de las cuatros R, mitigando la contaminación y disminuyendo los desechos sólidos que llegan a los vertederos sanitarios, no se puede reciclar por reciclar, se debe detallar la forma de cómo hacerlo y justificarlo para que no se genere mayor contaminación, siguiendo con el ejemplo de la botella después de ser utilizada, se recolecta para hacer un proceso de reciclaje donde se termina gastando más energía y recursos que si se creara una nueva botella, lo cual hace una falsa ilusión al reciclaje pero ayuda a entender que un producto al ser transformado en otro no es símbolo de reciclaje, esto va más allá de solo transformar un material, es calcular las energías utilizadas y que estas no sean mayores a la creación del mismo producto desde ceros, cuando se crea el efecto contrario se entiende que el material no fue pensado para ningún tipo de reciclaje.

Siguiendo con el concepto de reciclaje aparece el termino infra reciclaje que un principio fue la idea de reciclar un producto para alargar su tiempo de vida, pero se define como el proceso de reciclaje de desechos para la creación de un nuevo producto funcional con menor calidad, de manera que termina alargando la vida del producto a cambio de mayor contaminación, mayor gasto energético y elevación de los costos de producción, por lo cual hubiese sido mejor desechar el producto y crear uno totalmente nuevo.

En resumen, el concepto de la cuna a la cuna trata de cómo se puede generar un segundo uso a los materiales que ya cumplieron su ciclo de vida, pero siguen siendo funcionales ya sea por el que los materiales que lo componen siguen estando en buen estado o son aptos para una transformación que no genera mayor gasto de recursos, de manera puntual lo que se busca es extender la vida del material por medio de productos que no generen contaminación en su creación y sean perdurables a medida del tiempo por lo cual, utilizarlos en la construcción extiende el tiempo de uso y más cuando son materiales que se descomponen en un lapso de tiempo muy largo.

### **El beneficio social**

Abordar el beneficio social desde la arquitectura, la innovación tecnológica por medio del reciclaje de materiales es heterogéneo, al tener una composición de distintos elementos, como disminuir la contaminación, generar soluciones a espacios con el fin de mejorar la calidad de vida de la comunidad que interactúa en los espacios, término que abarca una gran cantidad de temas fundamentales para el desarrollo de la misma desde el ámbito de la arquitectura que se centra en la infraestructura de los espacios para brindar mejores comodidades, espacios habitables y un sin número de conceptos arquitectónicos buscan las mejoras por medio de los espacios, Sin embargo, está centrado desde la innovación, es decir, desde el mejoramiento de elementos por medio de materiales que se puedan reciclar o reutilizar con el propósito de reducir los elementos que terminan siendo desecho, cuando pueden tener otro uso aplicado y disminuir los residuos que llegan a los rellenos sanitarios, mejorando aspectos ambientales notorios y positivos para la salud y el bienestar de las personas.

El primer componente a tratar es la contaminación que produce el material, haciendo el intento de disminuir los gases contaminantes nocivos en el ambiente y reducir los desechos que llegan a los rellenos sanitarios, por medio del reciclaje efectivo donde el material perdure, en el caso de los materiales que se utilizan en el ámbito de la construcción su tiempo de duración tiene un estimado de 50 años, ya que va ligado al tiempo de vida útil de un edificio, por esa razón al transformar materiales centrados en el sector de la construcción, se da certeza que el material no va a tener un segundo uso efímero, esto da paso a la disminución de poluciones y gases contaminantes en espacios abiertos. Como resultado se generan espacios con menor contaminación, que promueven una vida saludable, cuando las personas tienen acceso a entornos saludables y seguros, tienden a preferir estos espacios para realizar sus actividades diarias con la confianza que su salud física no está en riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otras condiciones de salud crónicas.

El segundo componente se relaciona con la aplicación del proyecto dando solución a los espacios académicos con problemas acústicos por medio de un elemento que ya fue transformado y estudiado para que cumpla su propósito, es decir que se identificó los problemas que se presentan en las aulas, cuáles eran las variables de estudio más repetitivas y que efectos cognitivos se presentan frente a las variables, para crear una solución que ayude a acondicionamiento acústico en aulas con el fin de mejorar la calidad de aprendizaje dentro del aula cuidando la salud física y mental, es decir que los estudiantes y docentes no creen un esfuerzo a la hora de hablar para poder ser escuchados o un deterioro auditivo por los altos niveles de ruido que se manejan en el espacio, de manera que se genera un uso específico al material previamente reciclado.

Es así que, por medio de las problemáticas mencionadas y su repercusión en las personas, desde el ámbito tecnológico de la composición de elementos constructivos se puede generar una solución conjunta, por medio de un solo proceso que beneficie en diferentes aspectos, como la calidad de vida en los espacios públicos con menor contaminación, presentando una mejor salud al no estar expuesto a gases o poluciones reperkusivas en la salud física, además se le da una aplicación al material creando un elemento arquitectónico funcional que ayude a solucionar un problema presente en espacios recorridos y que afecta la salud física y mental, esto con el fin de beneficiar de forma directa o indirecta a la comunidad.

### Marco conceptual

#### **Acústica en movimiento: La sensación del sonido en nuestro entorno arquitectónico**

Para el desarrollo de esta investigación es necesario tener una terminología relacionada con el campo investigativo en el que se centra, con el fin de que se tenga una claridad de los conceptos que se utilicen por medio de los autores, así mismo los lectores tengan noción de los términos empleados en el ámbito de la arquitectura, tomando como tema principal la acústica y el reciclaje de residuos textiles para la conformación de un elemento arquitectónico. De manera puntual esto se desarrolla en el campo de la innovación tecnológica, que se presenta en la utilización de los residuos del textil de poliéster recubierto con PVC por medio de una transformación o reciclaje para la creación de un elemento arquitectónico que se pueda utilizar en espacios para el mejoramiento acústico. Además de mitigar el desecho que llega al relleno sanitario de Doña Juana, por consiguiente, se debe tener en cuenta los siguientes conceptos acústicos.

Para comprender mejor se debe recordar que la acústica es la ciencia que estudia el sonido, por lo cual cuando hablamos de la acústica arquitectónica se establece un enfoque en las edificaciones, o espacios construidos por el ser humano donde este desarrolla todo tipo de actividades dependiendo del uso designado, para esto Brüel & Kjær (1978) lo describen de la siguiente manera:

La acústica arquitectónica puede mejorar considerablemente la calidad de vida en el trabajo, durante el tiempo libre y en el hogar. Algunos sonidos son deseables y necesitan ser mejorados o enfatizados (por ejemplo, música en una sala de conciertos; la voz de los altavoces en una sala de debate, etc.), otros sonidos son altamente indeseables (conocidos como ruido) y deben reducirse o prevenirse (por ejemplo, ruido en un taller de fábrica; ruido de la fiesta de un vecino en las primeras horas de la mañana, etc.) (p. 8).

En otras palabras, cada espacio tiene una actividad designada, por lo cual los sonidos deben ser acordes a los espacios, cuando sobrepasan los niveles se crea una contaminación auditiva que puede llegar a causar inconformidad. En el caso de la vivienda el sonido es más bajo comparado a lugares destinados al entrenamiento, donde por mayor cantidad de personas y dimensiones mayores el sonido es más fuerte pero no se tiene una molestia debido a la amplitud del lugar y las personas reunidas en él. En concreto la creación de espacios arquitectónicos destinados a la interacción social contienen características acústicas dentro de la forma con la finalidad de que el sonido logre alcanzar la mayor área. Por el contrario, en las edificaciones destinadas al ocio, el sonido se maneja de una manera pasiva, no alcanzan niveles altos, por lo cual al generar algún ruido se puede llegar a alterar la calma y el descanso de las personas, ya que son espacios más privados y con menos posibilidad de sonidos fuertes.

En relación con lo anterior existe el concepto del confort acústico, “asociado a un tema de bienestar, asociado a la calidad de vida de las personas que habitan o habitarán los espacios que estamos creando como arquitectos.” (Duplat, 2020). Para aterrizar este concepto se debe entender que lo que se busca con el confort acústico es la comodidad de las personas en los espacios que habitan, desde la vivienda, el lugar donde se descansa y se realizan actividades frecuentes, hasta zonas con mayor extensión en área y uso público. Por lo cual los sonidos deben ser razonables dependiendo de la zona, lo que implica que un espacio público o de entrenamiento no va a tener las mismas características que un lugar destinado al reposo, esto no se puede ver solo desde la forma, se debe tener en cuenta la materialidad utilizada en cada espacio, ya que los materiales influyen en como el sonido viaja por el entorno, esto con el fin de crear un ambiente agradable desde la acústica.

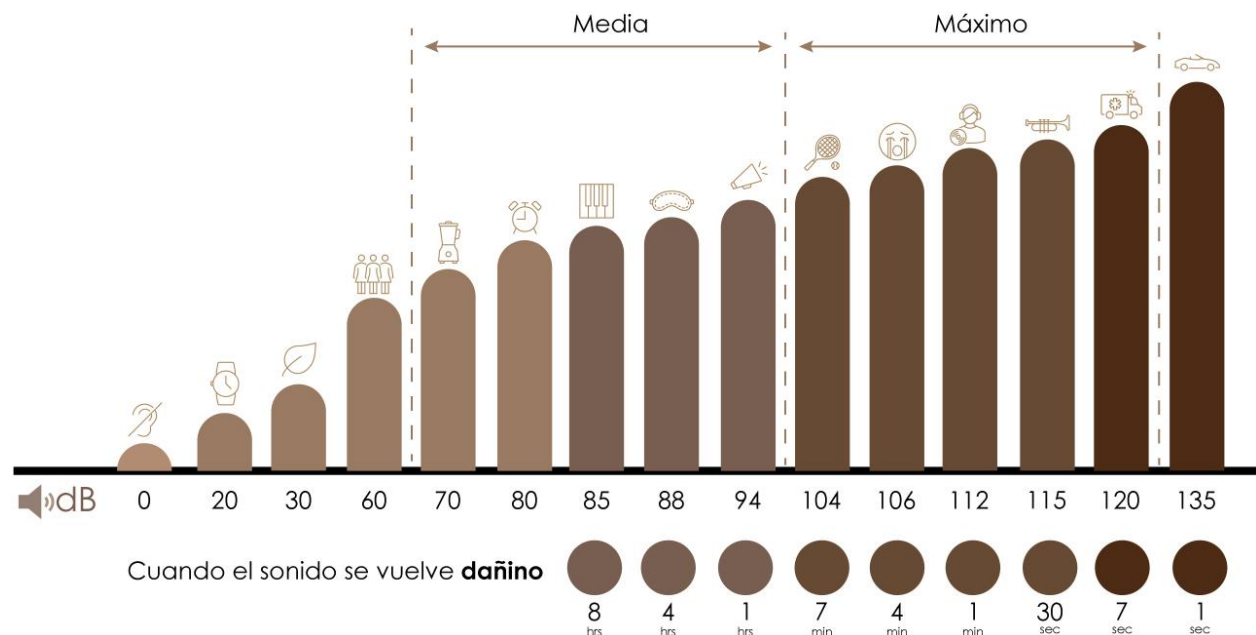
En relación con la terminología utilizada en el campo de la acústica, se deben tener en cuenta la concepción de diferentes palabras propias de la ciencia:



**Decibeles:** El decibelio (dB) es la unidad de medida utilizada para medir la intensidad del sonido, desde la percepción del ser humano.

Simultáneamente es importante tener un ejemplo de medición donde se muestre como se relaciona los decibeles con respecto a los sonidos dentro de los espacios interiores con el fin de tener una noción:

**Figura 3**  
Diferentes tipos de sonidos dentro de los espacios interiores



Nota: Grafica donde se relacionan los niveles de sonidos con el tiempo de duración que puede aguantar el ser humano. Adaptado de: "Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido. ¡Que tu mundo suene mejor!" Por Rockfon. 2020. <https://www.rockfon.es/acerca-de-nosotros/noticias/2020/dia-internacional-de-concienciacion-sobre-el-ruído/>

Lo que se muestra en esta grafica es como existe una clasificación de los ruidos, utilizando dos variables de medición, como lo son los decibeles que producen y el tiempo de duración que una persona puede escucharlo, hasta el punto de volverse dañino. Para comprender la medición donde los decibeles comienzan a crear un daño es a partir de los 85 dB, lo que se relaciona con el sonido que produce un piano electrónico por medio de una duración de 8 horas, hasta el punto de llegar a una medición de 135 dB por el recorrido de un carro deportivo en un tiempo estimado de 1 segundo. Por lo que inferimos el nivel de daño comienza desde los 85 decibeles (dB), sin embargo, es por una duración de 8 horas. El

nivel de daño por minutos se crea desde un juego a una medición de 102 dB por un tiempo de 7 minutos y el mayor daño llega a los 135 dB en 1 segundo.

**Umbral de audición:** es el nivel sonoro que una persona no puede detectar, por lo cual no alcanza a percibir ningún ruido, su medición es de 0 dB.

**Absorción:** “En un recinto cualquiera, la reducción de la energía asociada a las ondas sonoras, tanto en su propagación a través del aire como cuando inciden sobre sus superficies límite, es determinante en la calidad acústica final del mismo.” (Carrión, 2001, p. 71).

**Coefficientes de absorción:** los (NRC) por sus siglas en ingles son los encargados de medir la capacidad de los materiales de construcción en cuanto a la absorción acústica, su medición se hacer por medio de la energía que entra al material y cómo se comporta.

**Frecuencia:** Es el número de oscilaciones por segundo del movimiento vibratorio, su sistema de medición se expresa en hertzios, lo que nos expresa como desde la onda de movimiento se expresan los sonidos graves, medios y agudos. Entre menos movimiento vibratorio más grave es la frecuencia, por lo cual entre más vibración más agudo.

Graves: de 20 a 400Hz

Medios: de 400 a 1600Hz

Agudos: de 1600 a 16000Hz

**Frecuencia de bandas:** "Conjunto de frecuencias situado entre ambos extremos se domina banda o margen de la frecuencia del piano, Dicha definición es válida para cualquier fuente sonora" (Carrión, 2001, p. 32).

**Reverberación:** “se considera un espacio optimo acústicamente cuando la resonancia concibe una duración acorde al uso o fin del espacio, es decir este tendrá que proveer una mejor y más larga resonancia o menor y más corta dependiendo que se lleve a cabo en él.” Morales, J (2012)

**Tiempo de reverberación:** “se define el tiempo de reverberación (de forma abreviada RT) a una frecuencia determinada con el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora SPL cae a 60 dB con respecto a su valor inicial.” (Carrión, 2001, p. 62).

**Eco:** se refiere a la onda sonora que se propaga en forma de esfera, creando un punto central desde el cual se propaga la onda, la cual viaja y al tener un obstáculo rebota llegando al punto central.

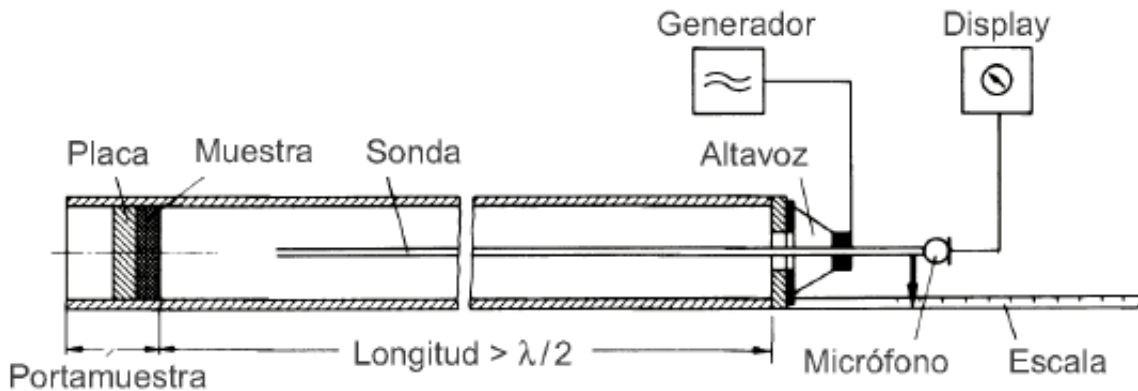
**Impedancia:** se define como la resistencia de un medio a las ondas sonoras que se transmiten sobre este, por lo cual se habla de una disipación que pasa al momento de que la onda llega al elemento, para la medición de la impedancia se hace por medio de la densidad calculada por ( $\rho$ , en kg/m<sup>3</sup>) y la velocidad del sonido ( $c$ , en m/s).

**Tipos de pruebas:** en cuanto a las pruebas que se tienen para la medición de aspectos claves dentro del campo acústico existen diferentes tipos de pruebas que se realizan por medio de elementos para la medición del ruido, entre estos se destacan los sonómetros y el tubo de impedancia, donde las probetas que se utilizan son de medidas menores, a diferencia de las cámaras las cuales los elementos son evaluados por mayores dimensiones y en espacios más grandes con el fin de probar su eficacia frente a escenarios reales.

**Tubo de impedancia:** Con este elemento se pueden medir diferentes variables, como la impedancia, las pérdidas por transmisión y los coeficientes de absorción por medio de las frecuencias medidas por Hz desde los 50Hz hasta los 6400Hz, esto se acompaña de una normativa ASTM E-2611, ASTM E-1050 e ISO 10534-2. El proceso de medición es por medio de unas probetas pequeñas con radio que se meten dentro de tubo con el fin de medir las variables antes mencionadas arrojando los resultados a la computadora.

**Figura 4**

*Funcionamiento del tubo de impedancia acústico*



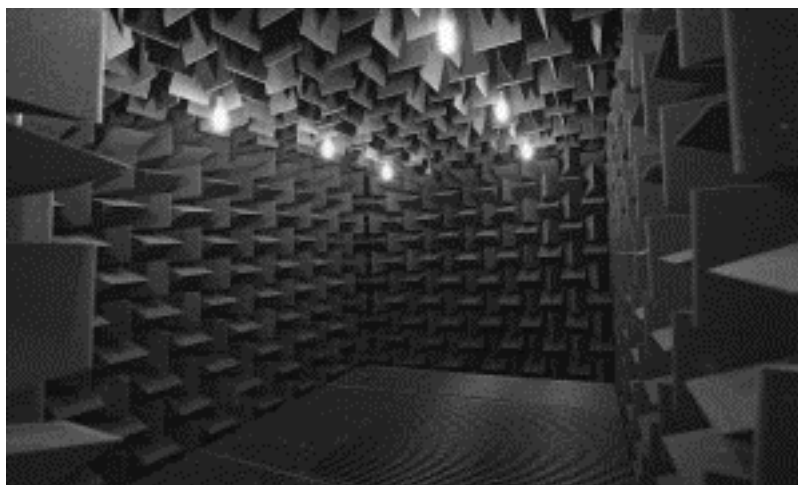
Nota: ilustración por la cual se entiende el funcionamiento del tubo de impedancia, Tomado de “Caracterización acústica de superficies a través de coeficientes de absorción, difusión y dispersión” por N. Monarca.

[https://www.researchgate.net/publication/269395435\\_Caracterizacion\\_acustica\\_de\\_superficies\\_a\\_traves\\_de\\_coeficientes\\_de\\_absorcion\\_difusion\\_y\\_dispersion](https://www.researchgate.net/publication/269395435_Caracterizacion_acustica_de_superficies_a_traves_de_coeficientes_de_absorcion_difusion_y_dispersion)

**Cámara anecoica:** Es una sala diseñada para la absorción de las ondas acústicas que se transportan por el espacio, en cualquiera de sus superficies, paredes, suelo y techo. Es utilizada con el fin de estudiar el sonido directo sin que este tenga un rebote o reflexión de la onda en ninguna de las caras. Desde el punto arquitectónico este tipo de prueba sirve para experimentar como el elemento construido puede llegar a tener un nivel de absorción, como se comporta a contratación con demás materiales que establece un uso parecido.

**Figura 5**

*Cámara anecoica*

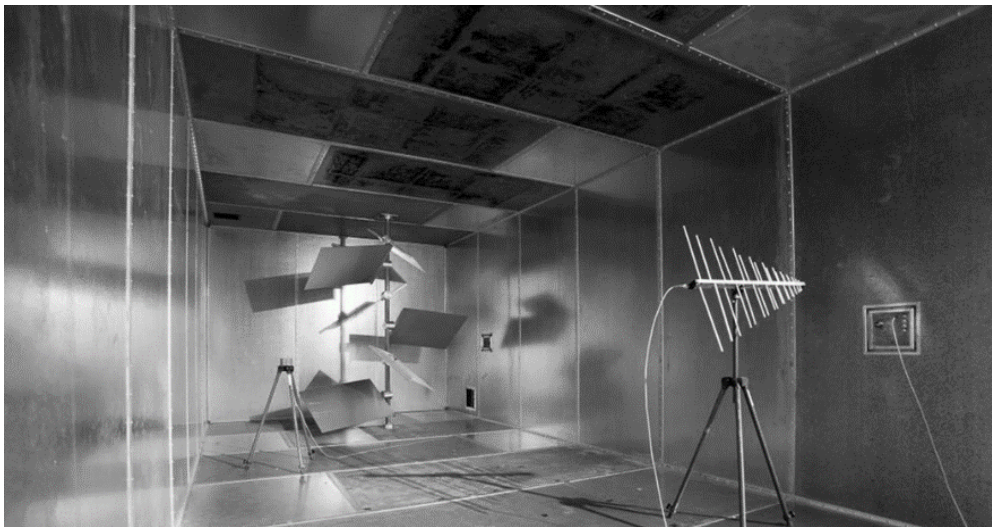


Nota: Fotografía de una cámara anecoica. Adaptado de “Cámara anecoica de Equipson” por Digital AV magazine. 2013.

<https://www.digitalavmagazine.com/wp-content/uploads/2013/03/Camara-anecoica-Equipson.jpg>

**Cámara de reverberación:** En una sala diseñada para la reverberación de las ondas con el fin de estudiar la fuerza y su pérdida a lo largo de la transmisión, es lo contrario a la cámara anecoica, por lo cual la absorción del sonido no se cumple de inmediato, por el contrario, el eco puede perdurar más tiempo. La materialidad que se utiliza para la construcción de la cámara es con materiales no absorbentes y capaces de devolver la onda por medio de la reflexión.

**Figura 6**  
*Cámara de reverberación*



Nota: Fotografía de una cámara de reverberación. Adaptado de “La diferencia entre explotar un globo en una cámara reverberante y una cámara anecoica” por El español. 2017.  
[https://www.elespanol.com/omicrono/software/20170704/diferencia-explotar-globo-camara-reverberante-anecoica/228728229\\_0.html](https://www.elespanol.com/omicrono/software/20170704/diferencia-explotar-globo-camara-reverberante-anecoica/228728229_0.html)

### **Transformación de desechos en recursos: Un enfoque teórico sobre el reciclaje**

Con el fin de dar una continuidad a la conceptualización, es importante tener una definición precisa del reciclaje, “proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación de materia prima o insumos para la fabricación de nuevos productos.” (Norma Técnico Colombiana, 2009, p. 3). Es decir que un material que ya fue utilizado dentro de un campo específico, ha cumplido su ciclo de vida útil pasa a ser un desecho el cual comienza un proceso de terminación, ahora bien, un residuo también es la parte sobrante del material que no pudo cumplir ninguna función por diferentes características, no se

cumplen las dimensiones establecidas para el funcionamiento del material, el elemento tiene un desperfecto, falla o deficiente que impide ser utilizado con normalidad. Es por esto por lo que se emplea la acción de reciclar los elementos, con el fin de disminuir los desechos y por medio de un reciclaje el cual lo que busca es transformar el material en uno nuevo o parte de otro con el cual sus características se adapten a la necesidad que se intenta solucionar. De aquí nace el concepto de la cuna a la cuna, donde la intención principal es mitigar la generación de desechos en el mundo, de manera que una vez la materia cumplió su primer ciclo de vida sea otra vez utilizada, ya sea en el mismo campo donde se desarrolló anteriormente o en otro ámbito. Esto genera un círculo de vida donde el material tiene varias utilidades y pasa de ser un elemento con solo un uso a tener más utilidad, esto crea un impacto ambiental positivo a reducir la huella de carbono emitida, no solo porque se necesita mayor energía volver a construir otro material desde cero, si no que su transformación puede ser más fácil y económica.

Por otra parte, el reciclaje tiene diferentes métodos, no todos los procesos que se utilizan son iguales debido a que las materias primas que se pueden llegar tener un mismo tipo de regeneración, según López (2020):

El reciclaje se considera como los métodos (ya sean físicos, mecánicos, químicos) para reprocessar materiales que han sido desechados (residuos sólidos), para la elaboración o conformación de nuevos productos, con esto se consigue que los materiales que habían sido inicialmente desaprovechados y desechados puedan reincorporarse al proceso, obteniendo una disminución en el uso de materias primas no renovables y en los volúmenes de residuos sólidos que son dispuestos en rellenos sanitarios. (p. 25).

Una manera más clara de explicarlo, este tipo de proceso que se utiliza al momento de crear una transformación del residuo por lo cual con el método físico se habla más de algo realizado a fuerza por medio de instrumentos, ya en lo mecánico como la palabra lo indica se hace por medio de la de

máquinas donde la transformación y la capacidad de moldear el material y para finalizar esta el proceso químico que se hace por medio de sustancias compuestas con el fin de crear un reciclaje más profundo. Todos estos métodos son realizados por medio de la viabilidad del residuo, de esto depende la composición de los elementos y como se quiere transformar el mismo, por consiguiente, es importante definir que es un residuo, por lo cual la EstrucPlan (2007), señala que el residuo, “es todo material inútil o no deseado, originado por la actividad humana, en cualquier estado físico, (sólido, líquido, gaseoso, y sus respectivas mezclas) que puede ser liberado en cualquier medio receptor (atmósfera, suelo y agua)” (párr. 6). Si bien los residuos son producidos por la interacción del ser humano, llevan un ciclo de vida hasta que se convierte en algo inservible o poca durabilidad y sale mejor ser tirado a la basura que intentar buscar otro uso en el cual se pueda desarrollar, sin embargo no todos los residuos que se tienen son inútiles, la necesidad de comenzar a cuidar el planeta por el cambio climático y la contaminación que se genera por la gran demanda de residuos por lo cual es necesario hablar de los residuos aprovechables, los cuales después de cumplir su primer uso comienzan una nueva etapa con el fin de tener un proceso productivo.

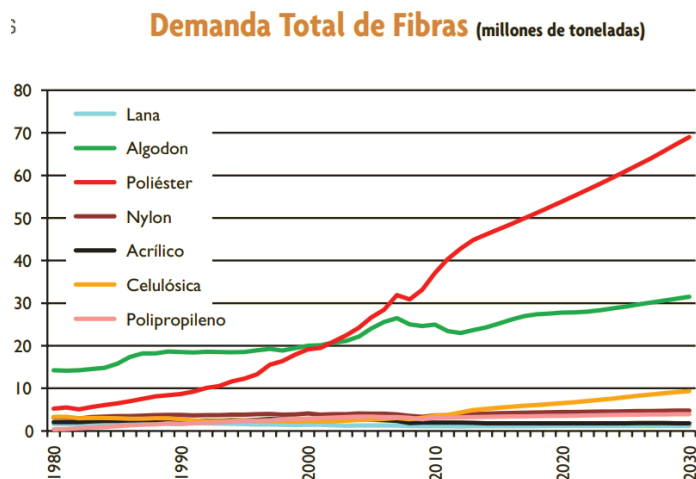
Marco Referencial

La ciencia detrás de las fibras: Un enfoque teórico sobre los textiles sintéticos

Textiles sintéticos

Dentro de investigación de los textiles de poliéster resalta una preocupación generalizada. Esto a partir de la procedencia plástica de su composición, por ello se han llevado a cabo diversas aproximaciones con la premisa de extender el ciclo de vida de estos materiales o bien ayudar a subsanar su impacto en el medio ambiente; si bien al pensar en contaminación a menudo no se piensa exactamente en textiles, estos representan en gran medida la producción de partículas plásticas encontradas en océanos. Por ello el Parlamento europeo hablo sobre este tema. “Según las estimaciones, la producción textil, a través de los tintes y los productos de acabado, es responsable de aproximadamente el 20 % de la contaminación mundial de agua potable” (Parlamento Europeo, 2023, Párr. 5), pues esto representa un problema a escala mundial, más aún si tenemos en cuenta la vasta producción de textiles de origen sintético, pues estos representan mayor durabilidad, mejor eficiencia para usos específicos y menores costos de producción y venta para las empresas en comparación a otras fibras.

Figura 7  
Demanda de fibras textiles.



Nota: Muestra los cálculos de demanda de fibras textiles con una aproximación a 2030 donde destaca el uso del poliéster por encima de otras opciones. Adaptado de “Fibras manufacturadas continúan su crecimiento” por Textiles Panamericanos. 2015.



<https://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/articulos/2015/02/fibras-manufacturadas-continuan-su-crecimiento>

En el gráfico anterior podemos observar cómo desde finales del siglo XX la demanda de fibras textiles sintéticas ha crecido exponencialmente, llegando a nuestros tiempos a una producción de cerca de 60 millones de toneladas anualmente y con una proyección poco alentadora de 70 millones para el 2030.

### ***Policloruro de vinilo (PVC)***

El Policloruro de vinilo (PVC) es un polímero el cual, “posee una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro. Sus componentes provienen de la sal (57%) y del petróleo o gas natural (43%) principalmente, lo que le convierte en uno de los materiales poliméricos menos dependiente de combustibles fósiles” (Urquiza & Maspoch, 2014. P .186), sin embargo, se puede estimar que casi la mitad de su composición depende de combustibles fósiles, los cuales para su extracción dependen de un consumo energético significativo, pues bien, el PVC desde su desarrollo a principios del siglo XX se ha ganado ampliamente una posición privilegiada frente a otros plásticos, esto debido a su practicidad de implantación en distintos usos y por supuesto su bajo costo.

Como opuesto a las buenas características que ofrece este plastificante se encuentra su tiempo de degradación, pues este se ve extendido gracias a su resistencia a la oxidación, la humedad e incluso a la abrasión, sin embargo, su procesamiento y maleabilidad hace de este polímero factible para pensar en una posible transformación, pues según el artículo de Liferder (2021) “El procesamiento de un material termoplástico depende de su viscosidad cuando está fundido o derretido. Bajo esta condición, la viscosidad del PVC es alta, siendo su comportamiento poco dependiente de la temperatura y es estable. Por esta razón, con el PVC se puede fabricar productos de gran tamaño y formas variables” (Procesamiento y Moldeabilidad).

***Tejido de poliéster recubierto de PVC***

El tejido de poliéster recubierto con PVC se caracteriza por su alta durabilidad y resistencia, destacan sus propiedades físico y mecánicas. Las composiciones de los textiles recubiertos en su generalidad se dividen en dos partes a menudo en igual proporción, es decir 50% poliéster, 50% PVC, esta composición hace que los textiles de poliéster adquieran propiedades tales como impermeabilidad, también en su mayoría cumplen normas ignifugas y resistencia a patógenos biológicos entre otras cualidades.

“El hecho de que haya un recubrimiento de PVC significa que la fibra de poliéster no se verá afectada por la humedad lo cual garantiza su durabilidad y ofrece resistencia al congelamiento y deshielo en temperaturas bajas” (Gutiérrez, 2022, p. 1), por ello los textiles recubiertos suelen usarse para trabajos que impliquen la impermeabilidad, uno de los usos más comunes dentro el ambiente de la arquitectura es la de cubrir espacios exteriores, a modo de cubiertas tensadas. Pues “Dentro de las características generales del PVC se pueden destacar tanto su elevada resistencia y baja densidad (aproximadamente 1.4 g/cm<sup>3</sup>) como su versatilidad en diversas aplicaciones gracias al uso de aditivos que le confieren rigidez o flexibilidad” (Urquiza & Maspocho, 2014. p. 186).

**Figura 8**

*Muestra textiles recubiertos usados en la investigación*



Nota: Muestra distintos tipos de textiles recubiertos, en este caso la investigación tomara como muestra los textiles producidos por la empresa Proquinal. Elaboración propia

Para el desarrollo de esa investigación se toman como material de prueba los residuos de textil recubierto elaborado por la empresa Proquinal, este producto de la industria automotriz en Bogotá, pues estos textiles son insumo para el desarrollo de elementos interiores en automóviles, tales como tapicería, pisos, cubiertas, entre otros. En el mercado local se conocen como cordobán, vinilos o vinil cuero, sin embrago, cada empresa tiene sus propios nombres, en el caso de Proquinal se clasifican por nombres como: (piso Hard, Zapatón, Asia, Prana, entre otros.

**Figura 9**  
Ficha técnica piso Hard

Piso Hard 1.50		PROQUINAL	
Diseño: TIPO CUERO		MIEMBRO DE SPRADLING GROUP	
		COMMERCIAL SPECIFICATION	
<b>Información General</b>			
Peso		1250 ± 260 g/m <sup>2</sup>	
Ancho		1.50 m	
Longitud del rollo		30 m	
Composición		PVC	
Calibre		2.80 ± 0.39 mm	
<b>Base Textil</b>			
<b>Propiedades Ignifugas</b>			
FMVSS 302			
This term and any corresponding data refer to the typical performance in the specific tests indicated and should not be construed to imply the behavior of this or any other material under actual fire conditions.			
<b>Pruebas Adicionales</b>			
<b>Resistencia a la abrasión I - ASTM D-3389</b>			
MÉTODO TABER			≤ 200 mg
<b>Estabilidad dimensional - Calor - SAE J 883</b>			
% (Max.)	Urdimbre		3
	Trama		3

Nota: Los datos corresponden a valores mínimos de un análisis estadístico. La información incluida en esta especificación está sujeta a cambios. Los datos correspondientes a las características físicas del material son los resultados de las pruebas realizadas bajo procedimientos estándar y están sujetos a variación, por ello recomendamos a nuestros clientes a evaluar el material con respecto a sus necesidades y aplicaciones específicas (y) antes de usarlo. Para obtener información adicional póngase en contacto con su proveedor.  
Los términos y cualquier dato referido al funcionamiento típico de las pruebas que se indican, no deben ser interpretados o entendidos como el comportamiento de este material en condiciones reales de incendio.  
Spradling group no assume ninguna responsabilidad por cualquier dato resultante de usos inadecuados, diferentes a los mencionados en la presente especificación.  
Spradling group no garantiza colores exactos, pequeñas variaciones en la producción y las existencias pueden ocurrir.  
Por esta razón no se recomienda la combinación de materiales de diferentes pedidos. Spradling group se reserva el derecho de cambiar la especificación sin previo aviso.

Nota: Ficha técnica Tomado de “Piso Hard 1.50” por Proquinal. (s.f.). <https://spradling.group/es-la/productos/piso-hard-pol-150>

En la figura anterior se puede observar, las especificaciones de uno de los materiales estudiados, llamado por la empresa (Piso Hard), este como los otros se componen de base textil de poliéster y composición de PVC, el cual refiere al revestimiento del material; en la figura también podemos observar las pruebas y normas ignifugas, (FMVSS 302), la cual cumplen todos los materiales estudiados.

Conociendo estas características se puede intuir que el resultado final de mezcla seguirá teniendo las características ya prestadas anteriormente, es decir la resistencia a la conflagración, entre otras.

**Acústica en los espacios arquitectónicos.**

La acústica dentro del ámbito arquitectónico siempre se ha visto involucrada con respecto a especificaciones de los materiales usados para elaborar los espacios, pues lo correcto sería pensar en el confort acústico como una determinante más sobre el espacio, empleando el diseño como aliado y solución principal para tratar los fenómenos acústicos.

Sin embargo, los casos más frecuentes de acondicionamiento acústico se dan principalmente por no haber tenido esta concepción desde antes de construir una edificación, en algunos casos la materialidad, la forma o la ubicación hacen más posibles los problemas acústicos, para la resolución de estos problemas se llevan a cabo análisis propios de la ingeniería acústica, conociendo por medio de pruebas las variables acústicas de un espacio.

Estos por lo regular se dan teniendo en cuenta principalmente los coeficientes de absorción (NRC) de los materiales utilizados en el espacio; los materiales usados en la construcción a menudo son rígidos, densos y poco porosos haciéndolos en su mayoría bajos en absorción, pero altos en reflexión.

**Tabla 1**  
*Coefficiente de absorción de los materiales*

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	NRC
BLOQUE DE CONCRETO	Bloque de concreto liso	0.35
CONCRETO	Pisos / muros de hormigón	0.02
LADRILLO	Ladrillo común / Bloque	0.04
VIDRIO	Vidrio de 3mm	0.16
YESO	Placa de yeso ½"	0.07

Nota: Coeficientes de absorción de los materiales más utilizados en la construcción. Tomado de "Acústica en los espacios y en los volúmenes arquitectónicos" por J. Morales. 2012.

Cuando se habla de coeficiente de absorción este es medible entre 0 a 1, siendo 0 un material de absorción nula y 1 un material totalmente absorbente, como se puede apreciar en la tabla anterior los materiales más usados como lo son el concreto o el ladrillo poseen coeficientes de absorción muy

bajos, producto de su baja porosidad, permitiendo el rebote en gran medida de las ondas sonoras transmitidas por un fuente emisor.

### ***Acústica en las aulas de clase.***

Las aulas de clase requieren ser espacios silenciosos, pues su uso exige un ambiente que ayude a la concentración y a la buena inteligibilidad tanto del emisor como del receptor, para las aulas de clase se recomienda un aislamiento mínimo de 42 dB. La inteligibilidad depende a grandes rasgos del tiempo de reverberación que tiene un espacio o aula en este caso, pues se recomienda que este no sea superior a 1.5s, ya que un tiempo mayor de reverberación hace que las palabras suenen confusas.

Poor acoustics affects the emotional status of the students immersed in it. Adverse acoustic conditions can bring a children to feel angry or uncomfortable [8,51], thereby determining feelings of disturbance, annoyance [21], depression, anxiety and stress [54]. On the contrary, in classrooms characterized by good classroom acoustics higher well-being, acoustical satisfaction and concentration can be achieved. (Minelli et al, 2022, P 2).

Como se puede observar las implicaciones sobre la eficiencia del aprendizaje son afectadas por un mal tratamiento acústico, sin embargo, cabe resaltar que los factores son variables en torno a diversos emisores de ruido, pues puede que en casos particulares el problema sea la contaminación auditiva exterior, casos en los cuales solo se pueden tratar por medio del aislamiento del espacio, involucrando factores constructivos y materiales.

En el caso en que de que el espacio cuente con altos índices de reflexión será necesario ser tratado con materiales fonoabsorbentes, estos se miden según el parámetro RT60, el cual se define como el tiempo en el que tarda la energía sonora en caer a los 60 dB, por medio de este parámetro se puede determinar cuál es el tiempo ideal de reverberación en un espacio.

**Tabla 2**  
*RT60 Tiempos ideales de reverberación.*

TIPO DE SALA	TIEMPO DE REVERBERACIÓN
Iglesia	2 – 10 S
Sala de conciertos	1 – 2 S
Oficina	0.5 – 1.1 S
<b>Aula</b>	<b>0.4 – 0.7 S</b>

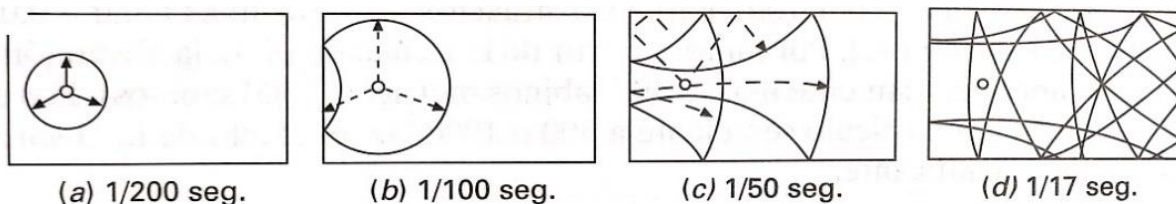
Tomado de “Tiempos de reverberación según RT60” por Svatek Academia. 2023. <https://svantek.com/es/academia/tiempo-de-reverberacion-rt60/>

Como se puede observar en la tabla 2, los tiempos de reverberación para un aula están estimados por debajo de 1 segundo, a causa de que la necesidad de transmisión de la información desde el emisor debe ser atendida con claridad por los receptores; los estudiantes percibirán con mayor claridad los mensajes creando así una atmosfera ideal de aprendizaje.

**Paneles de Fonoabsorbente.**

Los paneles fonoabsorbentes son utilizados dentro del espacio para el control de rebote de las ondas sonoras, son una solución eficiente cuando un espacio tiene una gran reverberación, pues estos paneles debido a su composición son capaces de absorber parte de las ondas sonoras que viajan por el aire y rebotan en las superficies lisas como muros, techos y pisos.

**Figura 10**  
*Ondas sonoras viajando por un espacio*



Nota: Progreso de una única onda sonora en un local cerrado. Adaptado de “Manual de medidas acústicas y control del ruido” por C. Harris. 1995.

En la figura se observa como las ondas sonoras viajan por el espacio produciendo reflexión en medida que choca con las superficies, creando un alargamiento del sonido emitido en un punto específico de la sala. Cuando no se controla esta reverberación provoca inteligibilidad dentro del mismo,

este problema a menudo se trata por medio de paneles portantes o recubrimientos sobre muros y techos, por lo general estos recubrimientos tienden hacer elementos porosos, ya que teniendo esta cualidad las ondas sonoras entraran reduciendo su energía y posteriormente desvaneciéndolas.

Por lo general los tratamientos acústicos fonoabsorbente se realizan con materiales porosos y de baja densidad, algunos de los más destacados son las espumas y las fibras como la lana de poliéster, la fibra de vidrio entre otros, estos por cuentan con coeficientes de absorción superiores a 0.5, umbral sobre de 0 a 1 donde un material se considera fonoabsorbente.

## Antecedentes

### Viabilidad de transformación de los textiles en la construcción

En lo que concierne a los antecedentes que se utilizan en esta investigación se debe resaltar la importancia de cómo se transforma cada material, el tipo de aglutinante que se utiliza y el comportamiento de estos en su resistencia y absorción acústica, con el fin de tener un antecedente del proceso al formar el elemento.

#### *Residuos textiles en concreto*

En relación con el trabajo de maestría de Petterson Borges, donde utilizan residuos textiles como agregado para el concreto con el fin de darle más resistencia, se tiene un proceso de reciclaje con textiles naturales y sintéticos. Según Borges (2015), “Após extensa pesquisa, notou-se que o ideal seria processa-lo obtento do tecido suas fibras ou transformando-o em pó” (p. 38). Lo que se traduce al español como después de una extensa investigación, se notó que lo ideal sería procesarlo obteniendo de la tela sus fibras o transformándolo en polvo. Siendo más específicos, la manera de que el textil se pueda utilizar es por medio de unas partículas muy pequeñas, ya que al manejar retazos de mayor área la compresión del concreto disminuye, esto se comprueba por medio de su trabajo de pregrado donde al realizar las pruebas de compresión la resistencia es menor en el concreto. Ahora el proceso que realiza él en la tela está relacionado con el cambio en cuanto a la forma y estado del material. Se comienza cortando la tela en retazos para ser fundida a una temperatura de 265°C por medio de un tipo de sartén en estufa, en principio queda en un material pastoso y después de enfriarse se endurece y quebranta, por lo cual el siguiente paso consiste en pasar la pasta endurecida por medio de un molino de roca de aluminio hasta lograr un polvo, con el fin de conocer el tamaño que llega a tener el polvo se mide con un equipo Mastergizer 2000, el cual mide la partícula por nanómetros (nm). El polvo llega a calcularse por 150nm aproximadamente, después de esto se procede a realizar la mezcla del concreto,



donde la resistencia que se busca es de 27 mega pascal (MPa) por lo cual se toman diferentes pruebas por medio de cilindros de 10x20cm con porcentajes diferentes del polvo de tela, haciendo una prueba sin el polvo, otra con el 5% y 15%, para un total de 30 cilindros.

**Tabla 3**

*Medidas utilizadas para la resistencia de 27MPa*

Material	0%	5%	15%
Cemento	6,780 kg	16,780 kg	16,780 kg
Brita 0	2,610 kg	2,610 kg	2,160 kg
Brita 1	13,820 kg	13,820 kg	13,820 kg
Arena	14,800 kg	14,461 kg	13,780 kg
Aditivo	130 mL	130 ml	130 ml
Agua	3,130 L	3,130 L	3,130 L
Polvo de tela	0	339 kg	1,020 kg

Nota: Medidas para la composición de las pruebas de concreto por medio de diferentes porcentajes. Tomado de "Utilização de descarte de resíduos têxtil (poliamida/poliéster), como agregado, em concreto" por P. Borges, 2015.

<https://www.bdt.d.uerj.br:8443/handle/1/8015>

Es importante señalar que se hace un intercambio de valores entre la arena y el polvo de tela esto con el fin de tener el mismo porcentaje de agregados finos en la mezcla de concreto ya establecida. Después de realizadas las mezclas y su respectivo curado de 28 días se realiza la prueba del cilindro por la cual se determina su compresión, como resultado se obtiene una resistencia mayor a la esperada con el polvo de tela, teniendo una resistencia promedio de 24MPa en el agregado del 5% y una resistencia de 26MPa en el agregado del 15%, lo que hace de este material viable dentro de la construcción, y se cumple con el objetivo de utilizar los residuos textiles como agregado en el concreto, sin embargo se tiene que evaluar la posibilidad de hacer el proceso de manera industrial con el fin de minimizar los tiempos de producción.

***Desechos de fibras textiles en trasdosados de yeso o concreto***

Por otra parte, en el trabajo de pregrado realizado por Sofia Bernoussi, relacionado con utilizar los desechos textiles, por medio de una transformación y con dos posibilidades de aglutinantes empleados en la construcción, como lo son el cemento y el yeso en una aplicación de trasdosado autoportante, se realizan diferentes pruebas por medio de probetas. En el caso del cemento la composición por peso, arena, cemento y agua, lo que se hace es remplazar parte de la arena usada en el mortero de cemento por la tela en tiras con tamaño de 1,5cm x 5 o 6cm las probetas utilizadas en este caso fueron con porcentajes de 0%, 0.5%, 1,5% y 2,5%, por cada porcentaje se hicieron 6 probetas, cada una con un tamaño de 4cm x 4cm x 16cm, realizada las pruebas se debe esperar 28 días para el curado del elemento. Siguiendo la metodología planteada se observa la relación entre el peso y la mezcla del elemento buscando una correlación sin embargo al comparar los datos de peso no se encuentra. Por otro lado, al realizar las pruebas mecánicas de resistencia a la flexión y compresión, se determina por medio de la flexión, que, a mayor porcentaje de tela, menos flexión del elemento ya que al realizar la prueba por medio de una máquina de prensa multi estado todas las probetas se partieron a la mitad. En el caso de la compresión se determina que la mezcla no es homogénea, ya que al mirar las dos partes del elemento su nivel de compresión varia, otro rasgo es que entre más tela la compresión disminuye por lo cual la utilización de tiras de tela en concreto reduce su resistencia mecánica.

En cuanto al trabajo realizado con el yeso, la composición de porcentaje cambia utilizando el 0%, 1,5%, 3% y 6% de las tiras de tela de un tamaño de 1,5cm x 5 o 6cm, se procede de la misma forma del concreto realizando 6 probetas de cada porcentaje para un total de 24, el tiempo de curado tiene una duración de 7 días con temperaturas de 23°C. Completado el tiempo de curado se procede a realizar el análisis de los elementos, para esto se comienza por medio del peso de cada pieza, al no tener una variación significativa que pase de 1 gramo, se demuestra el estado homogéneo de elemento y la

densidad desde la solidez y porosidad. Seguido se realizan pruebas mecánicas, la resistencia a la flexión y compresión por medio de una máquina de prensa multi estado.

De la resistencia a la flexión de concluye que al aumentar el peso en las probetas de 1,5% y 3% la flexión aumenta, sin embargo, la relación del peso con el porcentaje del 6% no existe. Por consiguiente, se pensaría en que la flexión debe ser nula, pero por el contrario al tener una mayor cantidad de tela la flexión del yeso es mayor, para comprender mejor las probetas del 6% fueron las únicas que no se rompieron en la prueba. En cuanto a la resistencia al concreto, al aumentar la tela la compresión empeora, por lo cual se concluye que al manejar mayor porcentaje de tela la flexión será superior, sin embargo, la compresión del material empeorará. Se puede inferir que al utilizar retazos más pequeños de tela el comportamiento mecánico con el concreto y yeso hubiera sido más efectivo.

#### **Referencia acústica por medio de elementos constructivos**

##### ***Fibras textiles en fachadas verdes con propiedades acústicas***

Con respecto a la acústica en el trabajo de maestría de Jorge Sanchis, donde por medio de textiles de poliéster y fibras naturales tales como el coco, cáñamo y lana de oveja se investiga la posibilidad de crear una tela no tejida como parte de un sistema de fachada verde, con características favorables en la acústica y humedad. Es decir, dentro del trabajo que se realiza se comienza por medio de una caracterización de cada una de las fibras anteriormente mencionadas mediante un microscopio eléctrico, con el fin de ver más a profundidad la posibilidad de aplicación, como resultado se puede concluir que las fibras naturales tienen formas irregulares, además de espesores más pequeños a diferencia de las fibras de poliéster reciclado PET, donde las fibras mantienen una forma regular y mismo espesor, por consiguiente se comienza a evaluar las características favorables y desfavorables con el fin de que cada una pueda ser asignada dentro de un contexto o espacio específico. Para esto por medio de una gráfica se muestra el coeficiente de absorción por la frecuencia.

**Figura 11**

Características de las fibras textiles por medio de la norma UNE EN ISO 10534- 2:2002

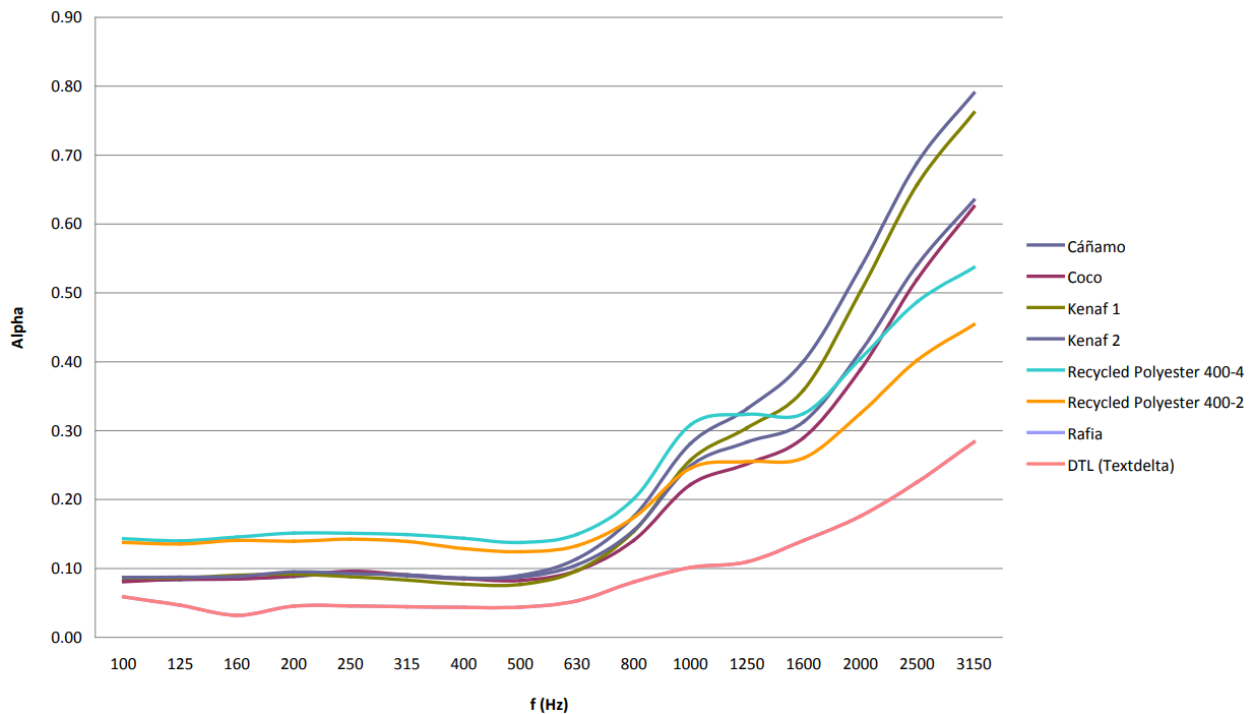


Gráfico explicativo del nivel de absorción por medio de la frecuencia. Tomado de “Utilización de materiales textiles para la construcción de fachadas verdes” por J. Sanchis. 2015. <https://riunet.upv.es/handle/10251/58797>

En este gráfico se puede tener una noción de cómo cada tipo de fibra alcanza diferentes niveles de absorción, no obstante, las fibras sintéticas mantienen un promedio de absorción que depende de la densidad (espesor y gramo sobre metro cuadrado), a diferencia de las fibras naturales donde dependiendo del tipo de cada componente se puede conseguir mayor o menor absorción. Es por esto, que el autor nos habla de un uso específico para cada material, dependiendo de la función, contexto, clima y recursos, se puede utilizar cada fibra.

Además de realizar las pruebas de absorción, por medio de tubo de impedancia y la cámara de reverberación el tejido paso por varias pruebas, como la cámara anecoica, laboratorio de materiales e instrumentos para la reflexión, el control del ruido y la cámara de transmisión a escala, acompañado de la tecnología con el fin de tener una simulación frente a escenarios reales. La aplicación realizada es por medio de un muro de fachada con vegetación, utilizando varias capas del textil de fibras no tejido,

además de una capa final con bolsillos para la colocación de la vegetación, que también ayuda a la absorción del ruido.

***El ruido en aulas de clase, diseño de un panel de mejoramiento acústico.***

Por lo que se refiere al trabajo de grado de Damian Lucic, se realiza con el propósito de mejorar la calidad acústica en los espacio de clase al mismo tiempo que cuidar la salud física y mental de las personas que utilizan los espacios constantemente, para ser más centrado se tiene en cuenta analizar un espacio como caso de estudio y tener una realidad más acercada, donde se comienza realizando los estudios de cómo se capta el sonido en relación dentro y fuera del aula, ya que la percepción del ruido dentro del salón se condiciona por las actividades fuera de él, dentro de las cuales se resalta la cercanía del edificio con una avenida principal, se describe la materialidad del edificio debido a que los elementos que se utilizan tienen poca absorción y dejan pasar el ruido de un espacio a otro. Es decir, de una manera empírica se tienen conocimiento previo de como el ruido exterior afecta el espacio, por consiguiente, es necesario crear una evidencia que confirme de manera científica y verídica la captación del sonido dentro de los espacios educativos.

Por lo cual, se realiza una recolección de datos donde se evalúan las frecuencias y los decibeles de un aula, las herramientas utilizadas son micrófono, consola Behringer BCA2000, Audacity (software), computador, audífonos y atril para micrófono, como resultado los datos quedan almacenados en Audacity donde se visualizan los espectros de audios grabados, por medio de gráficos se muestra como la onda se comporta en el aula de clase, como resultado de los datos analizados, las frecuencias bajas son las que más se registran, lo que significa que los sonidos graves están presentes la mayoría del tiempo, por otra parte, se evidencia que los niveles acústicos sobrepasan los rangos establecidos por la normativa vigente en las aulas de clase, para comprender mejor como afecta a los estudiantes y docentes se exportan los datos a Praat (software), donde se puede completar la información además de mostrar los niveles sonoros dañinos, como resultado de los análisis realizados se determina la

importancia de realizar un panel acústico para el mejoramiento de los espacios, este buscando que dentro de la aulas de clase exista un confort acústico y con ello mayor concentración, además de evitar el cansancio, estrés y el efecto de Lombard.

Por consiguiente se obtiene la creación de un panel acústico trasdosado por medio de un molde donde se inyecta poliuretano para dar la forma, con una estructura en madera para ayudar a aislar el ruido exterior, para ver el comportamiento del elemento se realiza la simulación por medio de Grasshopper (software), convirtiendo el elemento en un algoritmo grafico capaz de ser puesto a prueba para ver la efectividad del elemento, en conclusión se puede observar la efectividad del panel que es probada por medio de la tecnología para ver su eficacia, todo esto es realizado por medio de software lo que hace verídica la utilización de elemento constructivo de mitigación de ruido exterior en las aulas de clase.

***Desarrollo de un Panel Perforado para Acondicionamiento Acústico Basado en Fibra de Guadua Colombiana (Guadua Angustifolia Kunth)***

Esta investigación contribuye a la innovación y calidad de sistemas de desarrollo acústico en Colombia, mitigando la transmisión del sonido y minimizando los niveles de presión acústica que se presentan en diferentes espacios ya construidos, por lo cual se habla de un acondicionamiento y asilamiento por medio de un elemento estudiado, con el fin de medir el coeficiente de absorción con frecuencias de banda de 125Hz y 3150Hz.

El proceso de creación del panel se da por la transformación del tronco de guadua, este se divide en inter-nodos, para poder hacer una medición de peso y dimensión de cada uno, con el fin establecer el contenido de mezcla y la densidad de la fibra, guiado por la NTC 5525, después se procede a una separación de la fibra por un proceso químico, donde se introducen los módulos en una solución de hidróxido de sodio al 10%, ya que este componente es un alcalino que puede descomponer los

enlaces entre las moléculas, después del tiempo determinado se hace un lavado con agua para terminar con un proceso manual de cepillado con una rejilla metálica para la obtención de la fibra.

La primera separación se hace por 120 horas aproximadamente con el propósito de hacer pruebas de contenido de humedad y densidad en 7 probetas, donde la humedad disminuye después del secado, en cuanto a la densidad mantiene un promedio de 0.45 kg/m<sup>3</sup>, enseguida se procede a realizar 12 probetas con el fin de realizar pruebas de coeficiente de absorción por medio de un tubo de impedancia, la fibra total que se obtuvo fue de 247,1 gramos con el cual se hicieron probetas de 4 pulgadas de diámetro por 1 pulgada de espesor, conservando un peso de 20,5 gramos. Para realizar el ensayo se realiza una probeta de fibra de vidrio con las mismas características en peso y dimensión de la fibra de guadua con el propósito de tener una comparación con un material que ya es utilizado en la acústica. Los resultados obtenidos se guían por la norma ISO 10534-2, que describen el sistema de medición y el paso a paso, esto da resultados positivos para la creación de un panel perforado con fibra de guadua sintonizado a 476Hz, es decir que la atenuación acústica está en una frecuencia media-baja, es favorable para el tipo de frecuencia propuesta. Evidenciando la capacidad acústica del material se procede a hacer un diseño del panel, utilizando una modulación de 1 m por 1,2m con un espesor de 0.5cm, para las perforaciones se toman dos variables por medio del resultado del tubo de impedancia:

La primera fue la corrección acústica del extremo del tubo,  $D'=D + 1,6a$ , donde  $D$  es el espesor del panel (0,5 cm) y  $a$  es el radio del orificio (0,5 cm). En este caso  $D' = 1,3$  cm. El segundo fue el porcentaje de perforación,  $p = \pi a^2 / D_1 D_2$ , donde  $D_1$  y  $D_2$  son la distancia horizontal (5 cm) y vertical (4 cm) entre agujeros, respectivamente. (Páez et al., 2018, párr. 39)

Es decir que las perforaciones se diseñan por medio del cálculo realizado con los resultados, producto del tubo de impedancia, con el fin de tener un acercamiento exacto y geométrico apropiado a la banda de frecuencia baja-media que se propone. Así pues, las perforaciones demuestran de forma

cuantificada el porqué de la distancia de los vacíos y su compartimiento positivo a panel de fibra de guadua, ya que al ser un elemento plano su absorción es menor.

Para terminar, se realiza una medición experimental, con el fin de validar la eficiencia del panel guiado por la norma ISO 3382-2, la prueba consiste en utilizar una cámara reverberante, donde primero se mide el sonido sin el panel de fibra de guadua, siguiente a esto se vuelve a hacer la medición con el panel en el espacio, para hacer una comparación. La medición se hizo por medio del software Matlab. El resultado muestra que el panel perforado de fibra de guadua es apropiado para el acondicionamiento acústico en espacios cerrados, utilizado a una frecuencia de resonancia de 476Hz, entre mayor sea la superficie del panel la reverberación disminuye. Lo que indica la viabilidad del elemento arquitectónico



### Marco Normativo

Dentro de las normativas y estándares citados en esta investigación se encuentran diversas normas y protocolos que se llevarán a cabo para la toma de mediciones y realización de muestras, sin embargo, los textiles recubiertos desde su origen de producción cuentan con normativos y estándares de calidad impuestos por los gobiernos donde estos son comercializados. Por ejemplo, se tuvo en cuenta como premisa de gran importancia que los materiales sintéticos contaran con una resistencia óptima al fuego, pues como se observa en la ficha técnica inmediatamente anterior los textiles investigados producidos por la empresa Proquinal cuentan con el aval de la norma estadounidense Federal Motor Vehicle Safety Standards o (FMVSS 302). Por sus siglas en inglés, esta norma pretende regular los materiales usados al interior de todo tipo de vehículos y con ello asegurarse que estos son seguros en caso de emergencia.

“La muestra para la prueba se sujeta de forma horizontal con un soporte en forma de U y se expone a una llama durante 15 segundos en una cámara de combustión para ver si la llama se extingue y en cuánto tiempo, o el tiempo que tarda la llama en avanzar una determinada distancia” (Avery Denninson, 2017. p. 1)

A demás de las normas ignífugas los textiles recubiertos cumplen con normativas de abrasión como **ASTM D-3389** y otras como la estabilidad dimensional: **SAE J 883**, Base textil (Métodos de prueba estándar **ASTM D751-19** para tejidos revestidos), entre otras, estas varían según él la línea de productos ofrecidos por Proquinal.

Ya que se quiere lograr un material acústicamente confortable se deben tener en cuenta criterios específicos, estos para dar soluciones a problemas específicos de ruido en los espacios, para ello se llevarán a cabo pruebas para comprobar las capacidades acústicas del material, la Norma **ASTM C384:98** establece el estándar para de absorción e impedancia para la realización de pruebas mediante uso de tubo de impedancia, de esta misma forma se tienen en cuenta Normas como la **ASTM E2611-09**

el cual nos indica un método de prueba para medir la transmisión de sonido por medio de materiales acústicos basándose en una matriz de transferencia.

Para la comprobación complementaria de la estabilidad y resistencia del elemento arquitectónico (panel) este se basará sobre la Norma NTC 4373 de 1997 la cual indica parámetros para paneles de fibra cemento, como también la NTC 6159, La cual establece los requisitos para placas de yeso.

Lo anterior se pretenden cumplir de manera que el producto entregado al finalizar esta investigación cumpla con los parámetros establecidos por la Resolución 627 de 2006 la cual establece los niveles de máximos de ruido y vibraciones provenientes de fuentes fijas o móviles o bien ayude a su disminución, como también tener en cuenta lo dicho por el Reglamento Técnico de Aislamiento Acústico de Ambientes en Edificaciones (RETAEE).

Capítulo 2: Desarrollo Metodológico

**Caracterizar las propiedades técnicas del textil poliéster recubierto con PVC para así poder destacar sus cualidades acústicas frente a otros materiales.**

Para entender el textil de poliéster recubierto con PVC es necesario dividir en dos sus componentes, pues como base textil incorpora el conocido poliéster caracterizado por su bajo costo y versatilidad, además de su durabilidad e impermeabilidad.

**Figura 12**

*Nivel de absorción por medio de la frecuencia.*

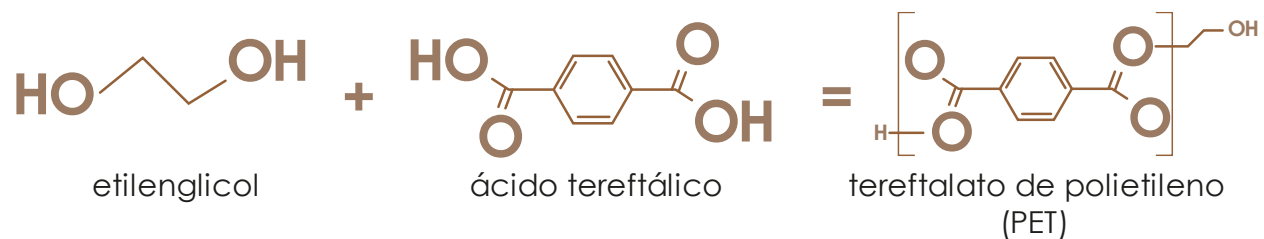


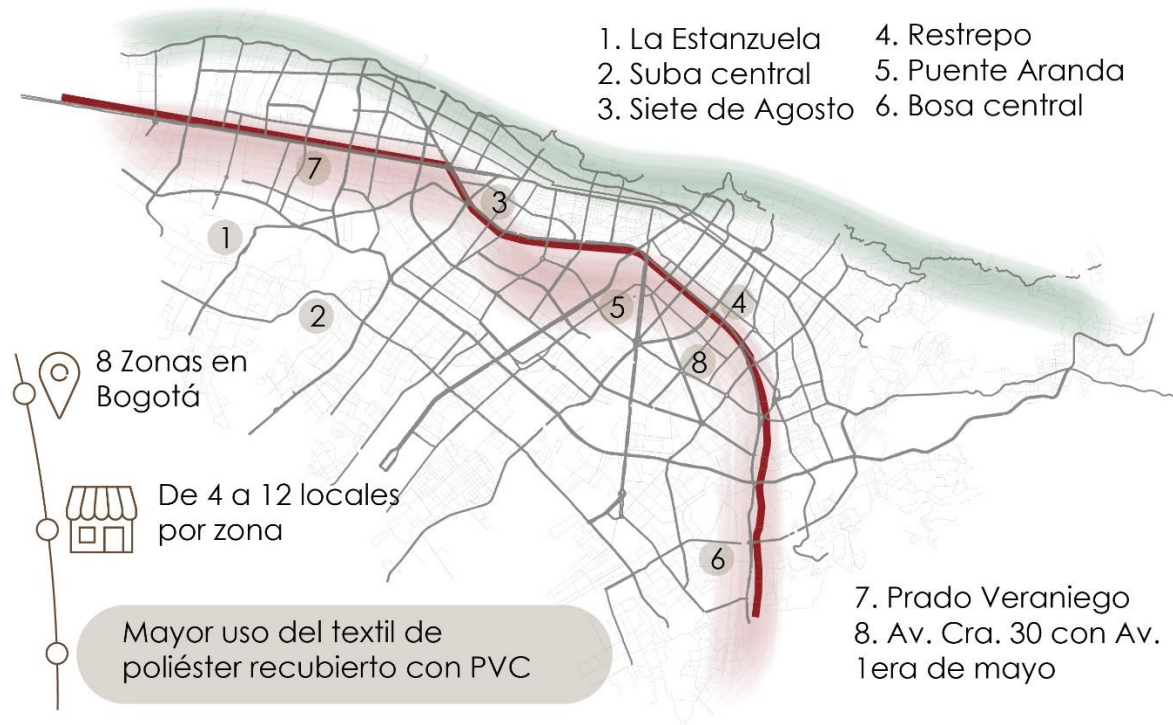
Gráfico explicativo del nivel de absorción por medio de la frecuencia. Adaptado de “Utilización de materiales textiles para la construcción de fachadas verdes” por J. Sanchis. 2015. <https://riunet.upv.es/handle/10251/58797>

Por otro lado tenemos como recubrimiento el Policloruro de vinilo más conocido por sus siglas como PVC, este ampliamente distinguido en su aplicación en la fontanería y redes, como también en piezas como marcos y algunos acabados, sin embargo, poco se ha hablado de su implementación en la moda y los textiles, más sin embargo, este se ha impuesto con gran fuerza en el mercado por su bajo costo y funciones destacables como una gran impermeabilidad y sobre todo fortaleza ante el paso del tiempo y uso.

Con respecto al desarrollo de la metodología, se comienza por medio de una investigación de los sectores en Bogotá, donde se desarrollan actividades sujetas a la generación de residuos textiles de poliéster recubierto con PVC utilizados en acabados interiores automotrices, con el fin de proporcionar información que ayude a identificar las zonas por medio de un mapa de la ciudad con las vías principales para interpretar de manera rápida su ubicación y generar un análisis espacial.

**Figura 13**

Lugares en Bogotá con mayor generación de residuos de textil de poliéster recubierto con PVC



Nota: Por medio de un mapa de referenciación los lugares en Bogotá donde se dan actividades de relacionadas con la tapicería de vehículos con el material de textil de poliéster recubierto con PVC. Elaboración propia por medio del programa de ArcMap e illustrator para su edición.

El mapa muestra ocho sectores generadores de residuo textil de poliéster recubierto con PVC, cubriendo gran parte de la ciudad, sin embargo, se observa que en el occidente de la ciudad no se muestra percibe grandes sectores que proporcionen el servicio de tapizado, además de esto se muestra una cercanía a la avenida NQS o Av. Carrera 30 lo que infiere una fácil movilización a estos lugares. Es decir que, al ser sectores prestadores de este servicio, existe una cantidad de cuatro a doce talleres en los cuales todos los días se generan residuos de textiles sintéticos. La mayoría de los talleres se encuentran en zonas comerciales, lugares donde se ofrece diferentes tipos de servicios, por lo cual son muy recurridos por los habitantes de la ciudad. Para tener un conocimiento más acertado del volumen

de desechos se hace un acercamiento en un establecimiento consumidor de este textil con el fin de poder cuantificar por medio de basculas el peso y cantidad de material desechado.

Para ser más específicos en la cantidad de material textil de poliéster recubierto con PVC que se genera, se hizo un seguimiento y medición en un establecimiento comercial dedicado a esta actividad por un periodo de una semana con intervalos de 1 día, con el fin de poder cuantificar el peso total del residuo. Con ello se consigue una estimación de la producción de residuos, proyectándolo a un mes y este a un año.

**Tabla 4**  
*Cálculo de residuos del material*

GENERACIÓN DE RESIDUOS	
FECHA SEMANA DE NOVIEMBRE 2023	KILOGRAMOS
Martes 14	14
Jueves 16	15,71
Sábado 18	16,31
Total, semana	46,02
Total, mes	182,08
Total, año	2208,96

Nota: Calculo de generación de residuos de textil de poliéster recubierto con PVC producidos por un establecimiento comercial, pesando 3 veces por semana y haciendo un estimado a mes y año por peso para tener una noción del material desechado. Elaboración propia.

Como resultado a la cuantificación de residuo textil de poliéster recubierto con PVC, se muestra una gran proporción de desecho, llegando a generar aproximadamente más de 2 toneladas al año de residuos textiles en un solo establecimiento. es importante señalar que son varias las zonas donde se realizan estas actividades, por lo cual la generación de residuos de textil de poliéster recubierto con PVC es evidentemente alta evidenciando la necesidad de un tratamiento especial del manejo de este tipo de residuos.

A partir de entender la problemática más a profundidad se hace necesario cuestionar una posible idea de transformación donde se puedan reutilizar estos desechos e incorporarlos en el campo

de la arquitectura como un posible prototipo de panel fonoabsorbente empleándolo como solución viable en la problemática antes mencionada de la acústica dentro de las aulas.

La metodología planteada para el proceso de transformación de los residuos textiles se fundamenta en el método inductivo, iniciando con una revisión documental buscando información de investigaciones realizadas que exploren el trabajo con desechos textiles o fibras y cómo estas se comportan frente a diferentes componentes y procesos de transformación, factores como: el tamaño del residuo, porcentaje de mezcla, tipo de aglutinante; entre otros.

De manera que concluyendo se toma la decisión que moler el material para obtener fibras sería el método indicado para que sean más fáciles de adherir al yeso, aglutinante que resulta favorable por su coeficiente de absorción, pues, a diferencia de otros aglutinantes utilizados tradicionalmente en el mercado el yeso muestra un coeficiente de absorción óptimo frente a otros materiales cotidianos de construcción como el concreto.

**Tabla 5**  
*Comparación de los coeficientes de absorción*

Material	Descripción	NCR
Bloque de concreto	Bloque de concreto liso	0.35
Concreto	Pisos, muros de concreto	0.02
Ladrillo	Ladrillo común / bloque	0.04
Vidrio	Vidrio de 3mm de grosor	0.16
Yeso	Placa de yeso ½"	0.07

Nota: Coeficientes de absorción de los materiales más utilizados en la construcción. Adaptado de: Acústica en los espacios y en los volúmenes arquitectónicos de Morales, 2012. FADU 2010

El yeso como aglutinante tradicional muestra un coeficiente de absorción superior al concreto, esto principalmente se debe a la densidad del material. el concreto se caracteriza por su peso y poca porosidad, rasgos que lo hacen eficiente en aislamiento a diferencia del yeso, sin embargo, cuando se trata de absorción su densidad juega un papel en contra, produciendo que las ondas sonoras choquen y se reflejen.

**Establecer un proceso de transformación del residuo textil de poliéster recubierto con PVC y posterior mezcla con aglutinantes, para conocer su comportamiento físico mecánico y acústico frente a diversas pruebas de laboratorio.**

***Transformación***

Al determinar el proceso de transformación del textil de poliéster recubierto con PVC, se hace una revisión documental de trabajos de pregrado y posgrado para analizar cuál es la manera óptima respecto al manejo de textiles con aglutinantes. otro factor importante que se da es la revisión del comportamiento con textiles en diferentes presentaciones de transformación, pues, la forma donde el material muestra una mayor trabajabilidad es por medio del triturado, haciendo que esta se divida en fibras, para que esto suceda se hace uso de un molino operado de forma manual; el proceso consiste primeramente en cortar retazos pequeños los residuos para posteriormente pasarlo por el molino y que su trituración sea posible, después del paso del material por el molino este comienza a un proceso de separación en el cual el textil de poliéster parece desunirse del PVC, sin embargo, al pasarlo una vez más se obtiene una fibra mucho más fina del material llegando a ser casi polvo.

**Figura 14**  
*Proceso de transformación del textil de poliéster recubierto con PVC*



Elaboración propia.

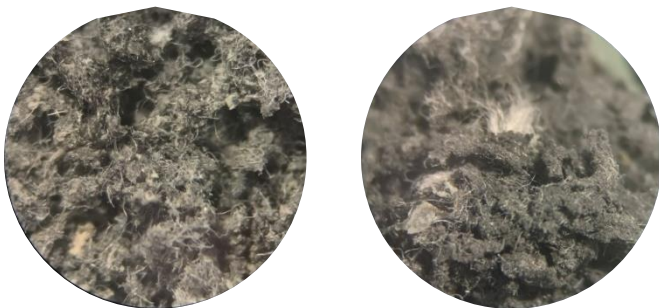
Es importante resaltar el esfuerzo físico que conlleva poder triturar el material por su composición y actividad destinada tiende a ser más resistente, su durabilidad es alta lo que lo hace a largo plazo más rígido, no obstante, se busca otra posibilidad de transformación por medio de un proceso mecánico donde no se necesite un esfuerzo mayor, en este caso por medio de una Ruteadora se fracciona el material en partículas pequeñas con el fin poder agilizar el proceso, ahora bien, para poder conseguir el mismo resultado se pasan las partículas nuevamente por el molino de forma manual obteniendo el mismo resultado pero con un esfuerzo menor.

### ***Fotomicrografía***

Para comprender mejor el comportamiento del material frente al proceso de triturado, se hace un acercamiento en el laboratorio de Criminalística de la Universidad La Gran Colombia por medio del uso de un microscopio X20, con el acompañamiento del docente Jhon Jairo Arellano Rosero de la Facultad de Derecho.

**Figura 15**

*Fotomicrografía fibras de textil de poliéster recubierto con PVC*



Elaboración propia por medio del laboratorio de Criminalística por medio de un microscopio científico X20

En la práctica de laboratorio se observa como la fibra del material se separa en dos partes, por un lado el textil de poliéster con pequeños fragmentos de hilos en su mayoría blancos unidos al PVC, la parte negra el PVC desgastado por la transformación del molino, es peculiar ver que en ningún momento se separan los materiales, la mayoría permanece unido después de su modificación, de esto se puede deducir que el comportamiento en los materiales es adecuado y no presenta alteraciones



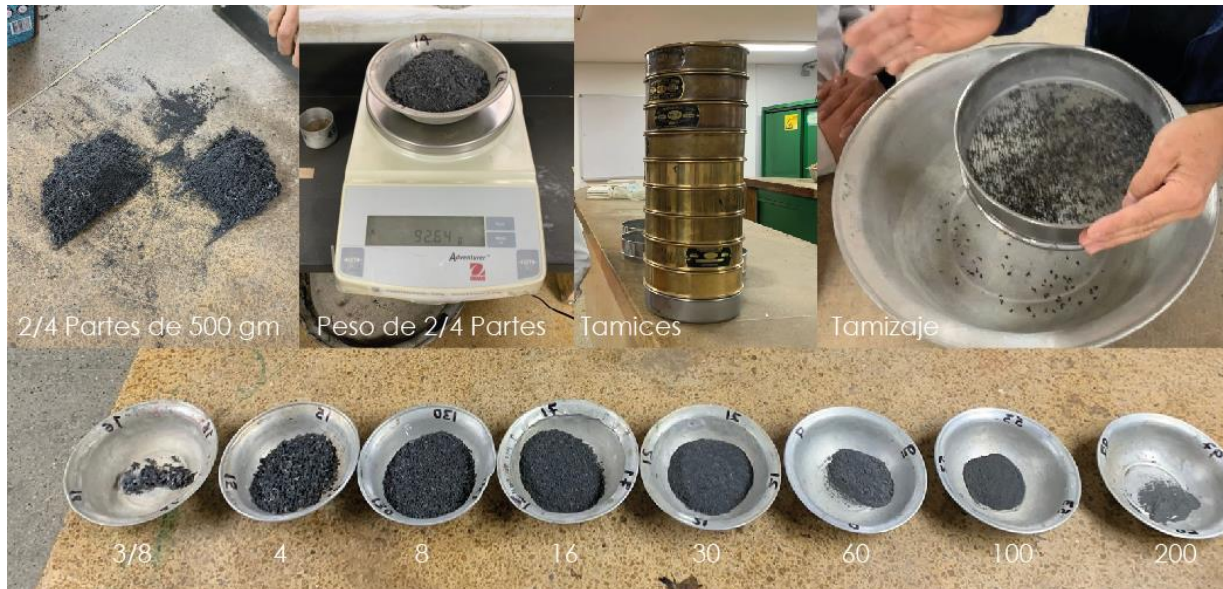
antes, durante y luego de su uso. La característica de la fibra al tener hilos y textura rugosa tiene una mayor facilidad para poder adherirse al yeso, en el caso de utilizar el textil sin ningún tipo de modificación su adherencia es menor y con el tiempo se presentarían posibles desprendimientos de los dos materiales.

### ***Granulometría por tamizado***

Para tener más información sobre la fibra se hace una medición por medio de un ensayo de granulometría por tamizado y su porcentaje por medio de diámetro de la partícula, esta prueba se realiza en el laboratorio de ingeniería de la Universidad la Gran Colombia con el acompañamiento del técnico encargado de laboratorio, José Luis Rozo de la Facultad de ingeniería civil.

Consiguiente a esto se hace una medición de las fibras de textil de poliéster recubierto con PVC para la prueba de granulometría, se obtuvo 500g de material triturado con anterioridad, con esta prueba se pretende determinar la medida de la partícula que más incidencia presenta respecto a las demás, esta es llevada a cabo bajo los requerimientos de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 77 método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. Para esta prueba se usan 9 tamices cada uno con un filtro (tamiz) de tamaño variable según su posición descendente: (3/8) - (4) - (8) - (16) - (30) - (60) - (100) - (200) - (+200). Para ello se toma 2/4 partes de los 500g totales y se pesan antes del tamizaje. Ver figura (15), a continuación, se vierte el material en los tamices para ser sacudidos por aproximadamente 1 minuto, seguido a esto se separa uno a uno los tamices para ser sacudidos de nuevo sobre un recipiente, con ello se consigue ser más preciso, ya que el sobrante que haya caído en el recipiente se vierte de nuevo en el tamiz inferior. Este proceso se realiza de la misma forma con los 8 tamices restantes, para después ser separada en recipientes cada una de las muestras y posteriormente ser pesadas.

**Figura 16**  
Prueba de granulometría



Nota: Proceso para la medición de las fibras de poliéster recubierto con PVC para tener un acercamiento el en tamaño de las partículas. Elaboración propia.

Tomado los resultados de cada una de las muestras se obtienen valores correspondientes al 100% de la muestra inicial dividido en 8 partes con porcentajes distintos. La muestra inicial corresponde a un peso de 92,64g, representando el 100% de la muestra, poniendo en contraste las 8 muestras resultantes se destaca la muestra de tamaño 16mm con un peso de 30,10g correspondiente al 32,49% del total de la muestra inicial seguido por la muestra de 30mm con un peso de 25,70g correspondiente al 27,74%, esto indica que la partícula más influyente dentro de la mezcla con el aglutinante de yeso tendrá un tamaño aproximado a 0.85 mm.

**Mezcla: Yeso – agregado triturado - aglutinante**

Siguiendo con el desarrollo de la metodología se procede a hacer la mezcla de las fibras de poliéster recubiertas con PVC con el aglutinante de yeso. Para este procedimiento es necesario tener claro cómo se hace la mezcla agua - yeso, en este caso se usa proporción de 1 a 2, es decir que si se utilizan 500 gramos de yeso son 250 mililitros (ml) de agua, adicional a esto se agrega la fibra de textil en

una proporción de 100g, lo que hace un total de 80% yeso, 20% fibra. Para realizar la mezcla, se comienza con el agua y se va agregando progresivamente yeso mientras se mezcla, cuando la mezcla ya sea homogénea se agrega las fibras para que su adhesión sea más rápida, después se procede a verter la mezcla en los moldes.

En el desarrollo de la unión del yeso con las fibras textiles se muestra como el residuo de textil, al ser un material impermeable tiende a flotar, cuando el aglutinante comienza a absorber la fibra esta se adhiere, sin embargo, la mayoría del material queda en la superficie. El proceso de curado tiene una duración de 7 días, cumplido el tiempo se proceden a desmoldar las probetas; estas con una superficie de 30x15 cm con un espesor de 2cm aproximadamente. Adicionalmente se realiza otra probeta, en este caso de 30x30 cm con un espesor de 2cm; aproximadamente la mezcla es de 1 Kilo de yeso por 500 ml de agua, además de 200g de fibra. Para tener la misma proporción de 80% yeso, 20% fibra.

**Figura 17**  
*Proceso de mezcla*



Elaboración propia.

### ***Prueba de esfuerzo por flexión***

La prueba de flexión pretende conocer la capacidad dúctil del material puesto a prueba, para esta se acude a la norma American Society for Testing and Materials (ASTM) D790 ensayos de flexión de plásticos, sin embargo, esta solo se toma como guía. Para la prueba se realizan 3 probetas con una medida estándar de 30cm de largo por 15cm de ancho, y un espesor aproximado de 2cm, estas con variación en su composición de agregados y masa, para llevar a cabo las pruebas, primeramente, se

procede a la medición del peso y proporciones de cada una de las probetas, esto mediante el uso de basculas y calibradores.

**Figura 18**  
*Probetas de 15x30 cm*



Elaboración propia.

Tener en cuenta las medidas requeridas para la prueba proporciona resultados más acertados, pues como lo dispone la norma es necesario hacer registro de las dimensiones totales al igual que del peso y variación en proporciones de cada una.

**Tabla 6**  
*Medidas de probetas para prueba de resistencia a la flexión*

Probeta	Largo	Ancho	Espesor	Peso
1	29,2 cm	14,2 cm	19.4mm	647 gm
2	29 cm	14,1 cm	19.6 mm	693 gm
3	29,5 cm	14,1 cm	17.3 mm	672 gm

Nota: información sobre las dimensiones de las probetas llevadas a la prueba de flexión. Elaboración propia.

Los ensayos se llevan a cabo en el laboratorio de ingeniería de la universidad la Gran Colombia, usando la maquina multi ensayos la cual se adecua en velocidad y posición para hacer toma de

mediciones antes de la falla de las probetas, ver figura (19), los valores tomados son las cargas soportadas medidas en newton metro (N/m), y la deformación de la pieza, para ello se dispone la probeta en posición horizontal con su lado más ancho sobre dos apoyos ubicados a la misma distancia, aproximadamente 2,5 cm desde cada extremo de la misma, ya dispuesta la prueba se le aplica la carga progresivamente sobre su mitad a una velocidad estimada para tomar cerca de entre 15 y 30 datos de esfuerzo antes de que la probeta falle.

**Figura 19**

*Prueba de flexión a partir de maquina multi ensayos*



Elaboración propia.

Las probetas dispuestas para la prueba de flexión se componen de yeso y agregado, sin embargo 2 de ellas se diferencian al contener un 20% de agregado triturado de PVC y 80% de yeso, una de estas dos, tiene una variación en su masa al tener perforaciones de 8mm de diámetro a una distancia de 5cm de forma vertical y 4cm de forma horizontal entre cada perforación, al obtener los resultados se puede destacar la resistencia a la compresión de la probeta número 3 (100% yeso) llegando a una carga de 15.9 kilogramos antes de su falla, provocando una fractura abrupta de la pieza, rasgo el cual destaca de las otras dos probetas. Las probetas número 1 y número 2 en comparación con la numero 3 al momento

de la fallar se produce una fractura en forma de grieta sin que esta se separe; la probeta número 1 llevo a una carga total de 6.11 kilogramos, la probeta número 2 alcanzo una carga total de 11.21 kilogramos, con ello podemos concluir que la probeta número 3 al estar compuesta 100% de yeso tiene más capacidad de carga por tanto un mejor comportamiento al esfuerzo puntual, sin embargo, en comparación con las probetas 1 y 2 esta muestra una falla mucho más abrupta, demostrando que las probetas compuestas por yeso y agregado triturado tienen una mayor capacidad de deformación antes de una ruptura aunque no consigan soportar tanta carga puntual, pudiendo plantear así una posible hipótesis en la cual el material triturado compensa la carga con la capacidad de flexión y mayor resistencia una posible separación de la pieza.

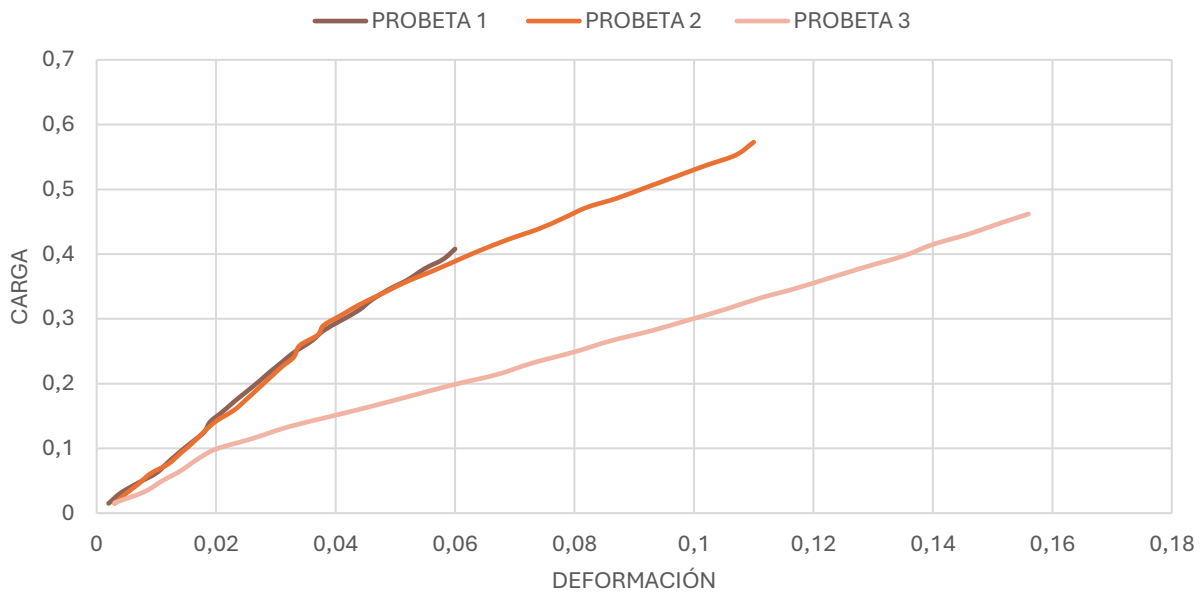
**Figura 20**  
Resultado de las probetas frente a prueba de flexión



Elaboración propia.

Para ilustrar la deformación de las probetas después de la prueba a flexión se realiza una gráfica donde se puede ver la diferencia entre las 3, esto con el fin de ver como se comportó la deformación frente a la carga (ver figura 20). En las probetas con mezcla de la fibra y yeso se nota una deformación a la par hasta el punto donde la carga comienza a generar la presión y llegan a punto de su falla, por lo cual su línea de seguimiento tiende a presentar más curvas, por el contrario, la probeta de yeso presenta una deformación más recta hasta que llega a su punto de falla.

**Figura 21**  
Prueba de resistencia a la flexión por prensa multi ensayos



Nota: resultado sobre la prueba de flexión realizada en la maquina multi ensayos. Elaboración propia

Para finalizar la prueba a flexión evidencia que el yeso tiene mayor resistencia sin ningún de tipo de material o elemento adicional. A diferencia de las dos mezclas que incorporan las fibras de textil de poliéster recubierto con PVC, las cuales muestran una menor capacidad de carga para llegar a su punto falla, pero no se divide al momento de modo que la fibra reacciona bien a la adherencia del yeso, haciendo que esté al momento de la falla solo evidencie una grieta, para que la pieza termine de separarse se necesita emplear otra carga.

***Prueba de absorción acústica***

Ahora bien, es necesario realizar pruebas relacionadas al campo acústico para validar el funcionamiento del panel frente a escenarios reales, por lo cual se realiza contacto con la Universidad San Buenaventura para la utilización de su laboratorio de sonido y elementos de prueba como el tubo de impedancia pues estos son especializados en la medición de absorción en materiales.

La prueba realizada tiene como propósito medir el coeficiente de absorción de las probetas y su comportamiento, esto se hace con el fin de poder saber cuál tiene mejor absorción. La prueba método de materia absorbente o método de tubo de impedancia se rige por la norma ISO 10-534. Al comenzar la prueba se parte de un proceso de ecualización donde en la parte inicial de tubo de impedancia se coloca un material absorbente y en la parte final donde se encuentra la porta muestra se coloca inicialmente material absorbente con coeficiente de absorción conocido como lo es la fibra de vidrio, seguido comienza el proceso de calibración donde por medio de dos micrófonos se toma la muestra, el micrófono número 1 se encuentra más cerca de la fuente de sonido y el micrófono número 2 al material a evaluar, la medición al material conocido se realiza por dos fases en la primera se toma la medición con los micrófonos en la posición inicial antes descrita y en segunda fase se intercambian la posición de los micrófonos ubicando el micrófono número 2 cerca a la fuente de sonido, esto arroja dos señales que al final son procesadas por software.

Después de realizar el proceso de calibración se comienzan a medir las probetas, poniendo los micrófonos en la posición inicial. El proceso de medición consiste en la cadena de flujo de señal por medio del software Audacity que genera la fuente sonora y la graba. El sonido que se genera desde el software es conocido como ruido rosa, este se trasmite a través de la interfaz de audio viene al amplificador de potencia que es el que envía la señal a la caja acústica. Lo que se busca con la conexión de la caja acústica y el tubo de impedancia es que no exista una transmisión directa por lo cual en principio se colocó material absorbente.



**Figura 22**

*Tubo de impedancia*



Nota: Tubo de impedancia de la universidad San Buenaventura. Elaboración propia

Las probetas con las cuales se realiza la prueba son 5, cada una tiene una composición diferente, esto con el fin de evaluar cual mezcla resulta más beneficiosa en el coeficiente de absorción, los porcentajes de las mezclas comienzan en 100% yeso, 20% fibras - 80% yeso, 30% fibra - 70% yeso, 40% fibra – 60% yeso y 50% fibra – 50% yeso, es decir que la medición tiene como principio comparar el coeficiente de absorción desde el aglutinante para poder realizar una comparación exacta de como la fibra o el triturado textil aumenta sus capacidades de absorción. Las dimensiones realizadas de las probetas toman como precedente el diámetro interno del tubo de impedancia, esto con el fin de poder realizarlas con la mayor exactitud, seguido a esto se procede a realizar un espesor adecuado a la dimensión a las probetas que se han manejado.

**Figura 23**

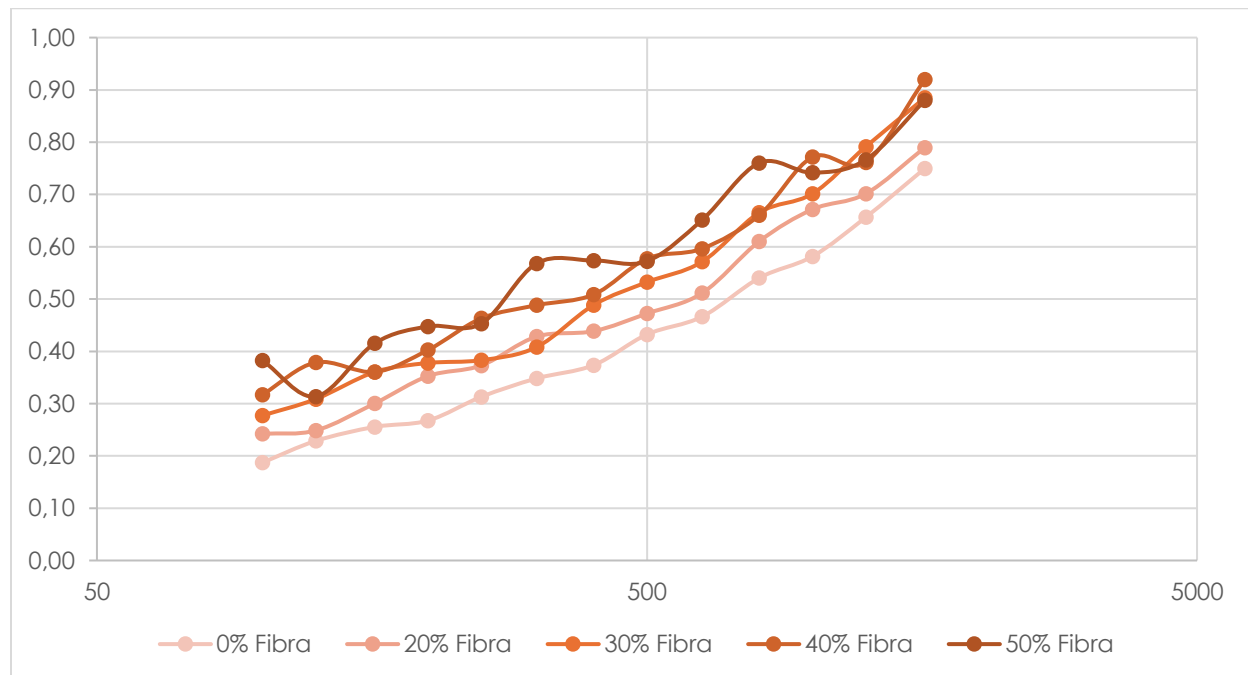
*Probetas para prueba de absorción.*



Para ilustrar el proceso de medición de cada probeta se comienza por la señal que ingresa en el tubo donde es atenuada en primer punto por el material absorbente, después de pasar el primer punto comienza a viajar, a esta señal se le conoce como onda incidente la cual hace un recorrido dentro de tubo pasando por el micrófono número 1 donde capta el sonido sin absorción hasta chocar con la probeta donde se refleja por una lámina metálica que cumple la función de reflejar la onda, es aquí donde la onda se convierte en la señal reflejada y es captada primero por el micrófono número 2, explicando el proceso de una forma más sencilla la onda incidente es captada primero por el micrófono número 1 y la onda reflejada se capta por el micrófono número 2.

Los rangos de frecuencia que se manejan dependen de la distancia de separación, diámetro y longitud del tubo de impedancia, estas van desde 125Hz a 1600Hz con el fin de medir las frecuencias bajas y medias.

**Figura 24**  
Resultados prueba de absorción



Nota: Resultados de la prueba de absorción por medio del tubo de impedancia.

Como resultado de la prueba de absorción por medio del tubo de impedancia se observa que el comportamiento de las probetas es similar, presentan un buen coeficiente de absorción y entre más fibra o triturado textil tenga la probeta existe un aumento continuo en la absorción. La probeta con menor coeficiente de absorción tiene una composición de solo yeso por lo cual se deduce que el triturado textil es el encargado de generar una absorción.

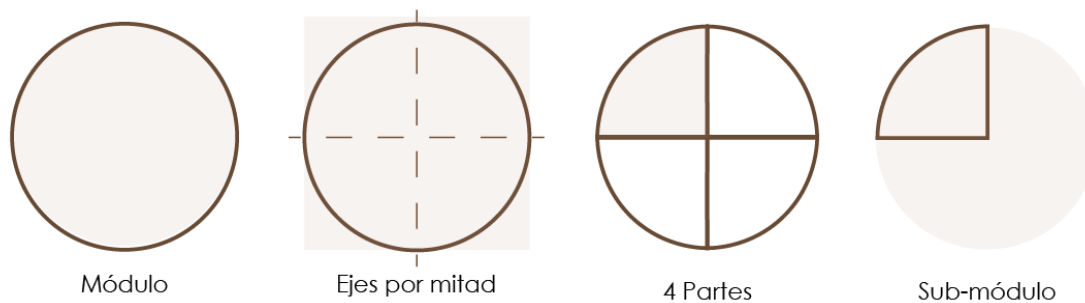
Los coeficientes de absorción obtenidos son comparados con materiales convencionales de construcción que se utilizan en los espacios académicos, por consiguiente, da paso para poder ser utilizado dentro de las aulas con el propósito de acondicionar las aulas acústicamente.

**Desarrollar un sistema de modulación y estructura para poder consolidar el prototipo de panel acústico como elemento arquitectónico.**

***Diseño modular a partir de geometría simple***

Para el sistema de modulación del prototipo de panel, se piensa en una modulación capaz de generar diferentes variables de diseño por medio de solo un elemento en los espacios educativos, con el fin de utilizar formas diferentes y moldeables, en primera instancia se pensó en utilizar rectángulos que cubrieran la altura en la que viaja la onda sonora, pero el diseño de estos es muy común y suele ser de instalación fija en los espacios, por lo cual se plantea la posibilidad de utilizar una circunferencia como base en el diseño. El desarrollo de modulación del prototipo de panel tiene como principio la idea crear diferentes composiciones de diseño desde la misma forma geométrica, utilizando la modulación bidimensional del módulo y submódulo para lograrlo, con esto se da paso al proceso de diseño por medio del círculo como módulo, para la composición de los submódulos se hace una operación compositiva donde una retícula cuadrada que encierra al círculo y esta se divide en 4 partes, dando como resultados una partición en cuartos.

**Figura 25**  
*Principio de modulación bidimensional*

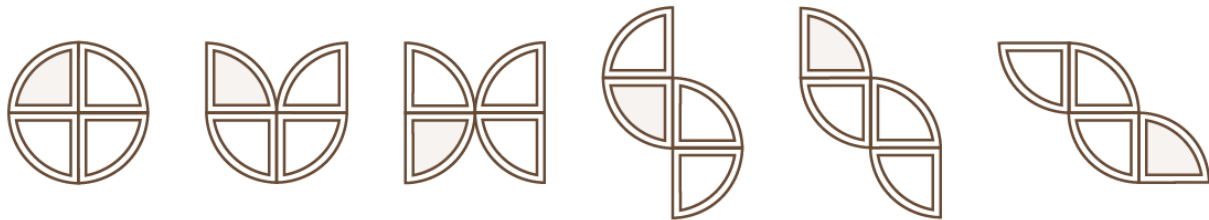


Elaboración propia.

El siguiente paso es comprobar la funcionalidad de diseño, por lo cual se procede a establecer las posibilidades de diseño desde el submódulo creando varias combinaciones, dándole posibilidad de

variación y versatilidad. Aplicando el principio de diseño de la repetición donde se utiliza la misma forma, ahora con diferentes posiciones y rotaciones de ángulos, al terminar con el ejercicio se demuestra que el principio de modulación es funcional y puede ser utilizado sin problema para la función que se establece desde el principio.

**Figura 26**  
*Posibilidades de diseño desde el submódulo*



Elaboración propia.

El sistema de modulación a partir de una geometría simple y que se base en un super modulo subdividido en partes que abre la posibilidad a infinitas combinaciones, dando versatilidad funcional y adaptándose mejor a los espacios, necesidades o simplemente gustos. Este proyecto al estar dirigido a la incorporación de la acústica en espacios educativos que motiva desde el diseño a la interacción activa de los usuarios con el objeto.

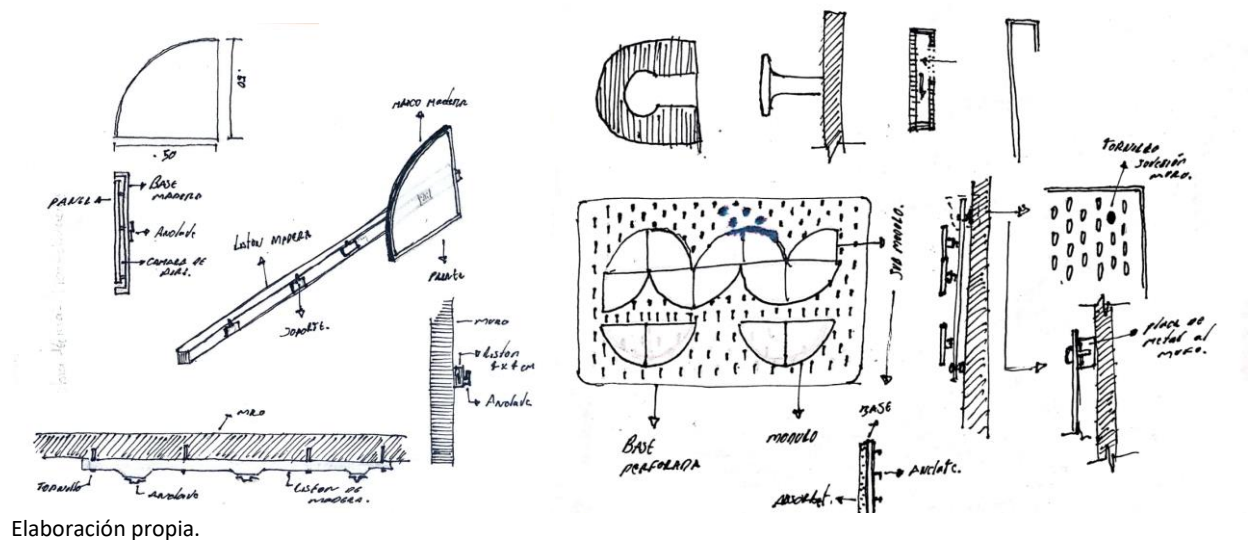
### ***Diseño de estructura de anclaje y soporte***

Ahora bien, con la idea de diseño propuesta se debe pensar en la forma técnica del proceso constructivo, material, estructura de soporte y anclaje para que sea un elemento arquitectónico completo. Se comienzan a contemplar las posibilidades de construcción de la estructura, el material por el cual se opta es la madera, por el costo, fácil modulación y buen coeficiente de absorción a diferencia del metal y el acero; que pueden generar puentes acústicos por medio de la vibración a diferencia de la madera. Se abre un mundo de posibilidades, en principio se diseña el marco del prototipo con un ancho de 2cm y con una cara interna que ayude a soportar los esfuerzos de flexión que pueda presentar,

haciendo que el panel quede dentro del marco; como primeros bocetos realizados con la forma ya establecida, se piensa en un sistema portante por medio de un listón de madera perforado a la pared sumado a un sistema de anclaje donde sobre poner el prototipo de panel.

Siguiente a esto se piensa en el anclaje, un elemento prefabricado y de fácil instalación que aguante el peso del panel, cumpliendo la norma NSR-10 capítulo A.9 Elementos no estructurales, que buscan salvaguardar la integridad de las personas, para este elemento se hizo una búsqueda por diferentes almacenes de ferretería donde exhibieran tipos de anclajes convencionales, y que cumpliera con las características sin que genere un tipo de movimiento horizontal, por lo cual se realizan bocetos donde se toman dos ideas de estructura, la primera que se menciona anteriormente, un listón de madera y la segunda, una base de madera con varias perforaciones donde poner los submódulos con un anclaje de fácil agarre dentro de las perforaciones creando la funcionalidad de una cámara de aire provechosa para la acústica, como resultado se obtienen los siguientes bocetos más enfocados en el anclaje y estructura.

**Figura 27**  
Boceto inicial de sistema de soporte y anclaje

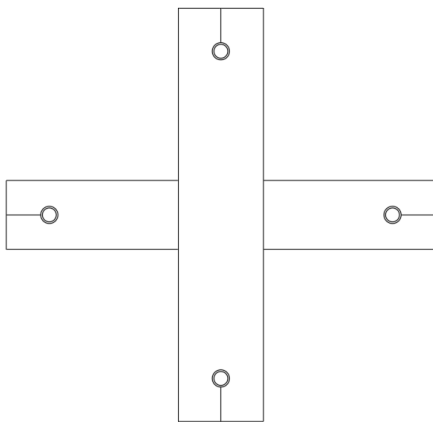


Con la idea definida de los elementos y materiales se procesa a hacer un análisis de diferentes factores como el costo, proceso de fabricación, materiales y tiempos.

Para poder hacer una elección flexible que no se exceda en el material se toma la idea principal de utilizar listones de madera a la pared acompañado de un anclaje, sin embargo, se reducen las dimensiones del listón por lo cual se procede a disminuir en longitud el elemento de madera creando un soporte en cruz para el prototipo de panel, lo que asegura el peso de cada elemento y no sobrecarga los demás elementos.

**Figura 25**

*Primera propuesta de estructura de soporte*

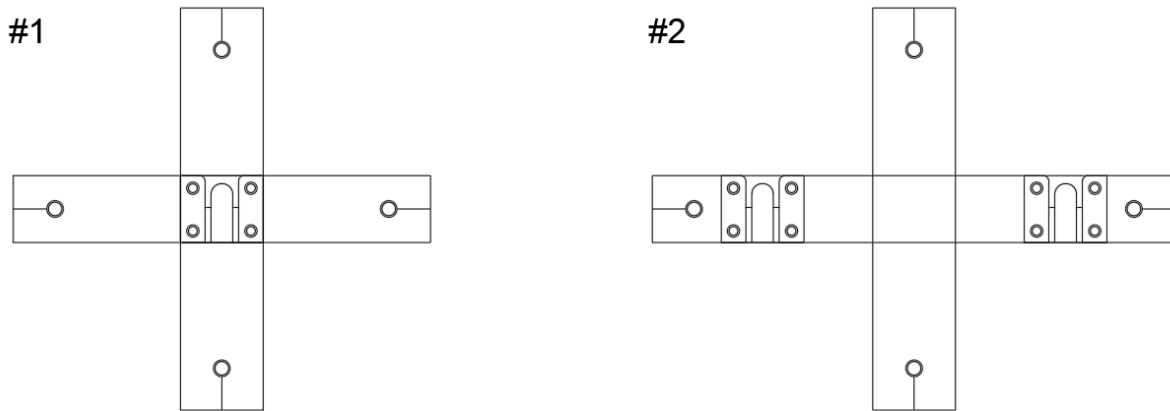


Elaboración propia.

Para esto se busca la ayuda profesional del ingeniero Miguel Antonio Caro, profesor de la facultad de ingeniería de la universidad La Gran Colombia, al cual le parece adecuado la forma de soporte diseñada y el tipo de anclaje, recomienda utilizar dos elementos de anclaje por cada panel para evitar desprendimientos laterales, para efectos de comprobación se realiza una simulación donde se utiliza solo un elemento de anclaje donde se comprueba que este resiste la carga; para lo cual se diseñan dos posibilidades, se procede a detallar las dimensiones del elemento por medio de herramientas que ayuden representar los diseños planteando por medio de planimetría para poder detallar materiales y el proceso de obtención de cada material.

**Figura 26**

*Dos posibilidades de estructura de soporte*

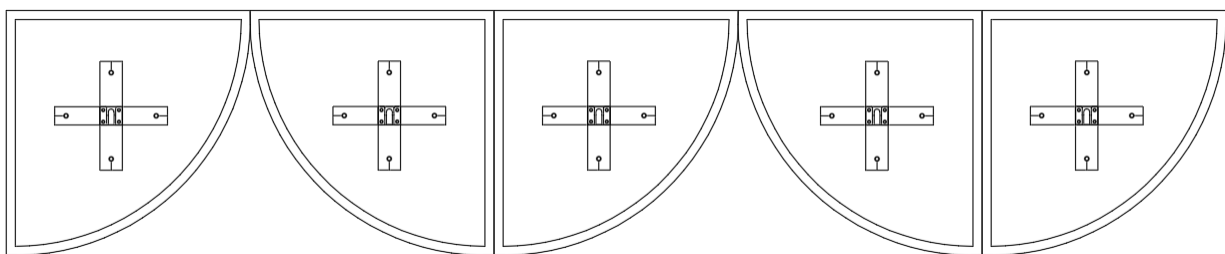


Elaboración propia.

Contemplando las dos posibilidades de estructura de soporte se da versatilidad y mayor margen en diferencias de precios finales, pues las opciones proporcionan distintos usos al módulo, siendo la número 1 una opción más simple y con menos elementos que de igual manera asegura firmeza, pero sin la posibilidad de variaciones o combinaciones en cuanto a las diferentes formas por medio del mismo elemento, como se observa en la siguiente figura.

**Figura 27**

*Montaje con primera opción de soporte.*



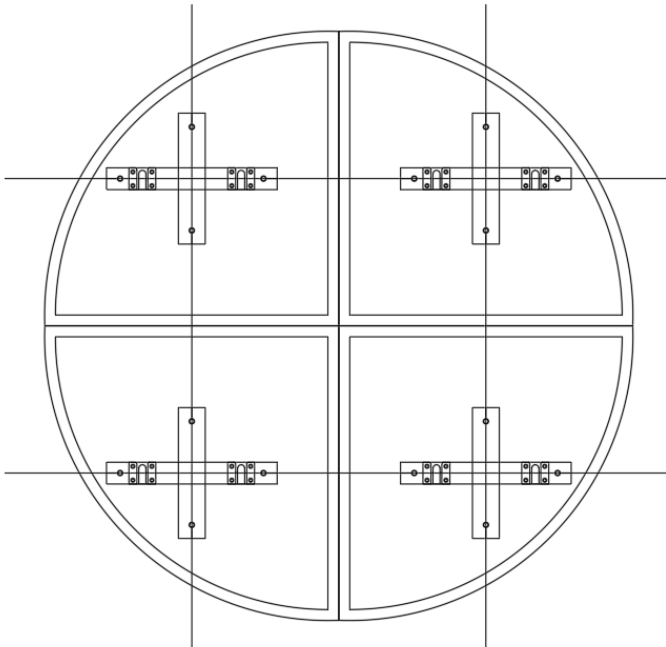
Elaboración propia.

La opción número 2 permite la movilidad del módulo tanto vertical como horizontal, dando la posibilidad de combinaciones y una mayor movilidad debido a la forma como se plantea la estructura y su ubicación, esto con la idea de poder variar las modulaciones establecidas, como se observa en la siguiente figura.



**Figura 28**

*Montaje con segunda opción de soporte*

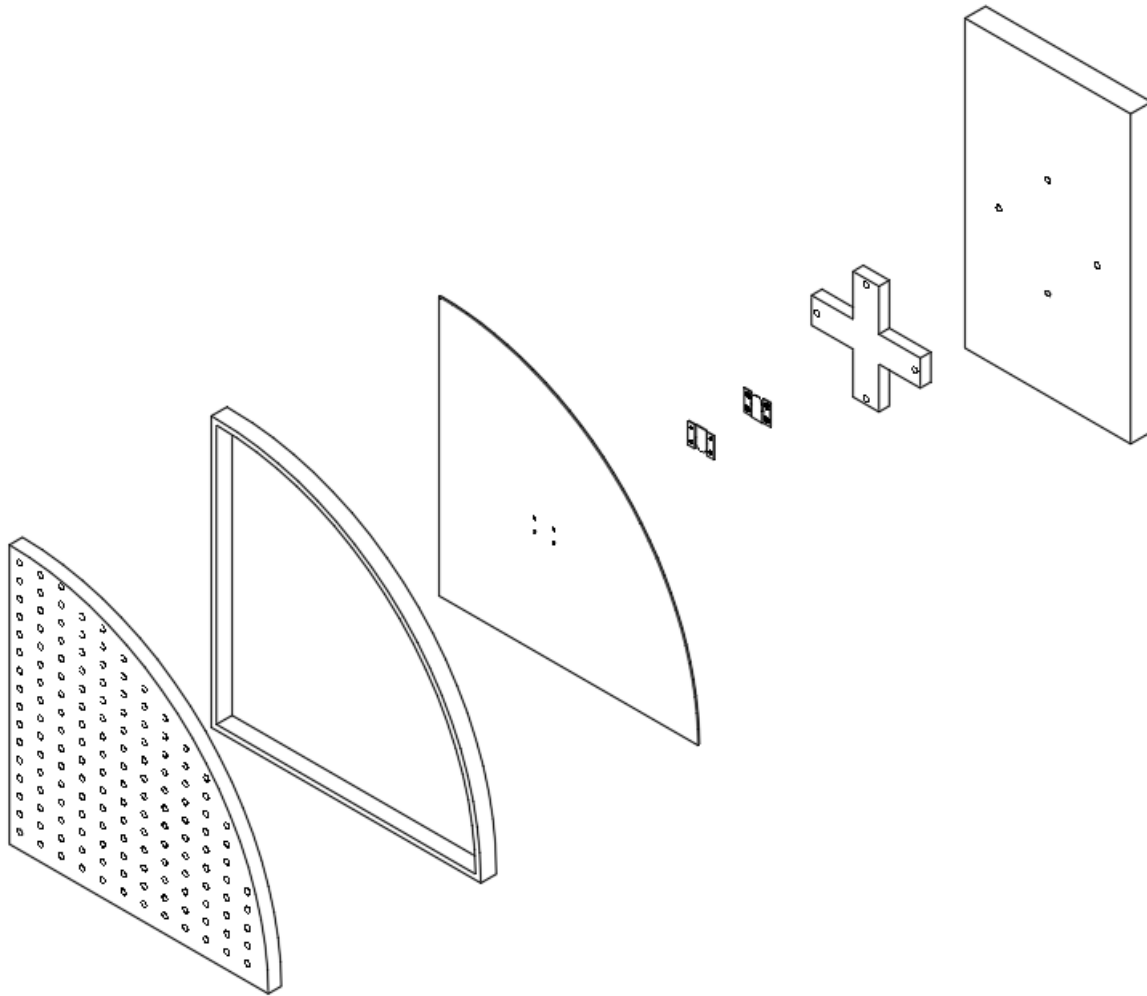


*Elaboración propia.*

La modulación para la estructura de soporte se ubica en el centro del cuadrado que conforma la totalidad del cuarto de círculo, dándole así espacio suficiente para la libre rotación del submódulo, integrado con dos anclajes de soporte que brindan mayor rigidez sin movimientos laterales ni verticales, además de otorgándole en el caso de los tipos de anclaje una separación aproximada de 2cm del muro, haciéndolo aún más eficiente acústicamente. Adicional se plantea una sujeción del soporte al muro por medio de tornillo con chazos, uniendo las 4 patas del soporte al muro, este cargando el módulo anclado por medio de platinas metálicas conocidas en el mercado como soportes multiuso, en función de “macho y hembra”, estos a su vez anclados a la cara trasera de cada submódulo uniendo los dos elementos. Es decir que el panel esta dividido en dos partes, por una parte, todos los elementos encargados de la función acústica y por otra parte la estructura que ayuda a sostener el panel, realizando la unión por medio del anclaje antes mencionado.

**Figura 28**

*Vista explotada del sistema estructural completo.*



Elaboración propia.

***Presupuesto para prototipo de panel***

El proceso de fabricación de panel se divide en 3 etapas, el costo logístico que abarca la recolección del material en los diferentes almacenes que lo desechan, seguido todo el proceso de transformación del material y el armado de la estructura, su sistema de medición se hace por kilo en el

en caso de la recolección y el triturado del material, para la mezcla de los materiales y el armado se hace por unidad, ya que resulta más fácil que a diferencia de la medición por metro cuadrado o metro cúbico. La segunda etapa abarca los materiales externos para complementar elemento que no se pueden realizar o es más fácil su obtención sin ningún tipo de tratamiento, estos se evalúan por el precio que se encuentran en el mercado, por peso, metros lineales y unidades. Para terminar, se hace un análisis del precio de mano de obra externo por medio del proceso de creación que se realizó para la fabricación de los marcos.

**Figura 28**  
Presupuesto de fabricación

COSTOS PARA PROTOTIPO DE PANEL							
<b>Costo logístico</b>							
Recolección	\$ 2.000,00	1	\$ 1.600,00	KL	1	\$ 1.600,00	\$ 6.400,00
Triturado del material	\$ 2.000,00	1	\$ 1.600,00	KL	1	\$ 1.600,00	\$ 6.400,00
Mezcla de los materiales	\$ 2.000,00	1	\$ 2.000,00	UND	1	\$ 2.000,00	\$ 8.000,00
Armado	\$ 10.000,00	1	\$ 10.000,00	UND	1	\$ 10.000,00	\$ 40.000,00
<b>Material</b>	<b>PRECIO</b>		<b>APU</b>		<b>UNIDAD</b>		<b>M<sup>2</sup></b>
Yeso	\$ 2.000,00	1	\$ 2.000,00	KL	2	\$ 4.000,00	\$ 16.000,00
Listón de Pino de 1"	\$ 20.600,00	10	\$ 2.060,00	ML	2	\$ 3.090,00	\$ 12.360,00
Madera grosor de 3.2mm	\$ 12.400,00	4	\$ 3.100,00	M <sup>2</sup>	1	\$ 3.100,00	\$ 12.400,00
Anclaje	\$ 2.500,00	1	\$ 2.500,00	UND	2	\$ 5.000,00	\$ 20.000,00
Listón de Pino de 1"	\$ 20.600,00	10	\$ 2.060,00	UND	1	\$ 2.060,00	\$ 8.240,00
		4				\$ 17.250,00	\$ 69.000,00
<b>Mano de obra</b>			<b>APU</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>UNIDAD</b>		<b>M<sup>2</sup></b>
Marcos	\$ 87.000,00	4	\$ 21.750,00	M <sup>2</sup>		\$ 21.750,00	\$ 87.000,00
				<b>TOTAL</b>		\$ 49.000,00	\$ 196.000,00

Nota: La elaboración de este presupuesto se hace por medio de la experiencia al momento de la fabricación del panel. Elaboración propia

### Análisis

Dentro de la investigación realizada se pueden destacar factores físicos que llaman la atención sobre este nuevo agregado, pues, en primera instancia se conoció su impacto ambiental dando así parte para pensar en una posible intervención, posteriormente se destacan procesos de transformación concluyendo que el triturado era la forma más eficaz de usarlo en mezcla con otro agregado, en este caso se eligió el yeso, dando principalmente por su condición de material accesible que cumple con parámetros ideales en acústica frente a otros similares, sin embargo, cabe la posibilidad de seguir investigando su comportamiento con otros aglutinantes y adherentes.

Por otro lado, surge la duda entonces de si este nuevo material funcionaría implementándolo en otros ámbitos de la disciplina como la construcción o los acabados, pues se demostró por medio de la prueba de flexión su comportamiento ante las cargas, dando como resultado un nivel destacable en poder de deformación, actuando como un elemento que permite mejorar el momento flector.

Ahora bien, dentro de la prueba acústica destaca su comportamiento absorbente en rangos de frecuencia medios y bajos, esto en mezcla con el aglutinante de yeso, sin embargo, se pretende seguir estudiando el material y los aglutinantes, pues la prueba en tubo de impedancia muestra una clara incidencia positiva en las proporciones mayores en parte textil, haciendo posible cuestionar su comportamiento con un mayor porcentaje más allá de 50% como lo expuesto en esta investigación.

### Conclusiones y Recomendaciones

Como resultado de la transformación del textil de poliéster recubierto con PVC, se obtiene un reciclaje efectivo donde el material cumple un segundo uso antes de ser desechado, el segundo uso se aplica a una problemática común dentro de los espacios educativos que pocas veces es tratado, es decir, que por medio de la transformación de un material que se consideraba como desecho se saca provecho para poder solucionar otras situaciones que se presentan dentro de los espacios habituales con estudios y pruebas técnicas que certifican la viabilidad del prototipo, sin embargo a medida que se fue desarrollando la investigación se descubriendo múltiples disciplinas donde se puede implementar el material por medio de diferentes tipos de transformación.

Se deja la puerta abierta a seguir indagando de las posibles mejoras a la transformación de material para que brinde más resistencia frente a otros aglutinantes, siempre por medio de fibras para hacer su adherencia efectiva.

### Referencias

- Andanuy, M. Claramunt, J. & Ventura H. (2010). Reciclado de fibras provenientes de residuos de ropa y remanentes textiles para su aplicación en materiales de construcción sostenibles. Revista de química e industria textil. 238. 38-42. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/37895>
- American Society for Testing and Materials. (2021). *Norma ASTM D3389-21 Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión de tejidos recubiertos (abrasador de plataforma giratoria)*. (Vol. 09.01) ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D3389-21>
- American Society for Testing and Materials. (2019). *Norma ASTM D751-19 Métodos de prueba estándar para tejidos recubiertos* (Vol. 09.02) ASTM International. . <https://doi.org/10.1520/D0751-19>
- American Society for Testing and Materials. (2022). *ASTM C384-04(2022) Método de prueba estándar para impedancia y absorción de materiales acústicos mediante el método del tubo de impedancia*. (Vol. 04.06) ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0384-04R22>
- American Society for Testing and Materials. (2019). *ASTM E2611-19 Método de prueba estándar para la determinación de la incidencia normal de las propiedades acústicas de materiales porosos basado en el método de la matriz de transferencia*. (Vol. 09.02) ASTM International. <https://doi.org/10.1520/E2611-19>
- American Society for Testing and Materials. (2017). Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. (D790) <https://www.astm.org/d0790-17.html?lang=es-CL>
- Avery Denninson. (2017) Prueba de resistencia al fuego de acuerdo con la FMVSS 302 para interiores de vehículos de motor. <https://label.averydennison.com/content/dam/averydennison/lpm/eu/es/doc/Label-Packaging-Materials/Solutions/Durable-Goods/quick-facts-fmvss-302-es.pdf>

Bernoussi, S. (2021). *Propuesta de un producto de poliéster de desechos de fibras textiles en una matriz conglomerante de yeso, y su aplicación a trasdosados autoportantes*. [Trabajo de grado].

Universidad de Sevilla.

Borges, P. (2015). *Utilização de descarte de resíduos têxtil (poliamida/poliéster), como agregado, em concreto*. [Trabajo de maestría]. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Brüel & Kjær. (1978). *Architectural acoustic*. Brüel & Kjær.

Carrión, A. (2001). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Alfaomega

El español. (2017, 4 de Julio). La diferencia entre explotar un globo en una cámara reverberante y una

cámara anecoica. [https://www.elespanol.com/omicron/software/20170704/diferencia-explotar-globo-camara-reverberante-anecoica/228728229\\_0.html](https://www.elespanol.com/omicron/software/20170704/diferencia-explotar-globo-camara-reverberante-anecoica/228728229_0.html)

EstrucPlan. (2009, 25 de octubre). Análisis Morfológico Para La Clasificación De Los Residuos Industriales

EXKEMA. Academia de arquitectura y diseño. (2020, octubre, 02). *Confort acústico con Arq. Daniel*

*Duplat. Masterclass*, [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=aENQFijmVC0>

Digital AV magazine. (2013, 14 de marzo). Cámara anecoica de Equipson.

<https://www.digitalavmagazine.com/wp-content/uploads/2013/03/Camara-anecoica-Equipson.jpg>

Durán, A., Jimeno, M., Rodríguez, D., Meléndez, A., Palacios, W., & Mendoza, D. (2021). Condiciones

acústicas en las aulas de clase: Una revisión de la literatura. *Investigación E Innovación En*

*Ingenierías*, 9(2), 79–90. <https://doi.org/10.17081/invinno.9.2.4908>

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. (2010). tablas de absorción. <https://acortar.link/A4LH8j>

Fabbrick. (2017). Fab-Brick. <https://www.fab-brick.com/%C3%A0-propos>

Gutiérrez, I. (2022). *Tejido con Lona*. [Ensayos, Universidad EIA]. Repositorio institucional.

<https://repository.eia.edu.co/handle/11190/4572>

Harris, C. (1995). *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. McGraw-Hill

Hernandez, J. (1995). *Manuela de medidas acusticas y control del ruido*. McGRAW. -HILL

Icontec. (1997). *NTC 4373:1997 Ingeniería civil y arquitectura. Placas planas de fibro-cemento*. (1 ed.)

Icontec.

Icontec. (2017). *NTC 6159:2017 Placas de yeso. Requisitos*. (1 ed.) Icontec.

Lifeder. (2021,14 de abril). Policloruro de vinilo. <https://www.lifeder.com/policloruro-vinilo/>

López, C. A. (2020). Tipos de reciclaje y separación en la fuente, como métodos para disminuir el porcentaje de materiales aprovechables que llegan al relleno sanitario doña Juana en la ciudad de Bogotá. [Monografía]. Repositorio Institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/37256>

Lucic, Y. (2009). *El ruido como problema en el aprendizaje: — personalización masiva, modelamiento paramétrico y diseño generativo enfocados al desarrollo de paneles acústicos para salas de clase*. [Trabajo de grado, Universidad de Chile]. Repositorio académico.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100197>

Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación*. Universidad Nacional Autónoma de México.z

McDonough, W. & Braungart, M. (2003). *Rediseñando la forma en la que hacemos las cosas, Cradle to cradle*. Mc Graw Hill / Interamericana de España S.A.U

Minelli, G. Puglisi, G. & Astolfi, A. (2022). Acoustical parameters for learning in classroom: A review.

[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321009744?fr=RR-2&ref=pdf\\_download&rr=82a4b979fc006da3](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321009744?fr=RR-2&ref=pdf_download&rr=82a4b979fc006da3)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

[https://www.andi.com.co/Uploads/Reglamento\\_colombiano\\_construccion\\_sismo\\_resistente\\_636536179523160220.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/Reglamento_colombiano_construccion_sismo_resistente_636536179523160220.pdf)



Monarca, N. & Campos, A. (2014). Caracterización acústica de superficies a través de coeficientes de absorción, difusión y dispersión. 10.13140/2.1.2857.1202.

Morales, J. (2012) *Acústica en espacios y en los volúmenes arquitectónicos*.

Naciones Unidas. (1992, junio 3-14). Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. [Conferencia] *Medio Ambiente y Desarrollo Río de Janeiro*

Norma Técnica Colombiana. Concretos. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados fino y gruesos. 77

[https://www.academia.edu/14595154/NTC\\_77\\_M%C3%89TODO\\_DE\\_ENSAYO\\_PARA\\_EL\\_ANALISIS\\_POR\\_TAMIZADO\\_DE\\_LOS\\_AGREGADOS\\_FINOS\\_Y\\_GRUESOS](https://www.academia.edu/14595154/NTC_77_M%C3%89TODO_DE_ENSAYO_PARA_EL_ANALISIS_POR_TAMIZADO_DE_LOS_AGREGADOS_FINOS_Y_GRUESOS)

Observatorio Ambiental de Bogotá. (2022, marzo). Relleno Doña Juana recibió casi 3 millones de toneladas de residuos en 2021. <https://oab.ambientebogota.gov.co/relleno-dona-juana-recibio-casi-3-millones-de-toneladas-de-residuos-en-2021/>

Parlamento Europeo. (2023, 1 de junio). El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente.

<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20201208STO93327/el-impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente>

Parlamento Europeo. (2024, 22 de marzo). El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente. [https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20201208STO93327/el-](https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20201208STO93327/el-impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente)

[impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente](https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20201208STO93327/el-impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente)

Páez, D., Herrera, L., Acosta, Oscar., García, S. & Herrera, M. (2018). Desarrollo de un Panel Perforado para Acondicionamiento Acústico a base de Fibra de Guadua Colombiana (Guadua Angustifolia Kunth). *Tecciencia*, 13 (25), 11-18. <https://doi.org/10.18180/tecciencia.2018.25.2>

Rockfon. (2020, 29 de abril). Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido. ¡Que tu mundo suene mejor! <https://www.rockfon.es/acerca-de-nosotros/noticias/2020/dia-internacional-de-concienciacion-sobre-el-ruido/>

Sanchis, V. (2015). *Utilización de materiales textiles para la construcción de fachadas verdes*. [Tesis de maestría, Universitat politècnica de València]. Repositorio institucional UPV, <https://riunet.upv.es/handle/10251/58797>

Semper, G. (2013). *Semper: El estilo: El estilo en las artes técnicas y tectónicas, o, Estética práctica, y textos complementarios*. Azpiazu Ediciones, Buenos Aires. [https://books.google.com.co/books?id=Z953ngEACAAJ&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.co/books?id=Z953ngEACAAJ&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

Solano, V. (2022). Contribución a la construcción de la línea base sobre la generación y aprovechamiento de residuos textiles a nivel nacional a partir de la revisión de PGIRS de 101 municipios de Colombia. [Trabajo de grado, Universidad del Bosque]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/9459>

Svantek Academia. (2023) Tiempo de reverberación RT60. <https://svantek.com/es/academia/tiempo-de-reverberacion-rt60/>

Textiles Panamericanos. (2015, 25 de febrero). Fibras manufacturadas continúan su crecimiento. <https://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/articulos/2015/02/fibras-manufacturadas-continuan-su-crecimiento>

Urquiza & Maspoch. (2014). Viabilidad del reaprovechamiento de residuos de PVC provenientes de cables eléctricos: propiedades mecánicas. *AFINIDAD LXXI*. (567). 185-191. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/281133>