

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

YEIMY YINED VARGAS ORTIZ
MYRIAM CATHERINE RAMOS REYES



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ
11 JUNION 2020

**PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.**

YEIMY YINED VARGAS ORTIZ

MYRIAM CATHERINE RAMOS REYES

Presentado para optar al título de Tecnólogo en Construcciones Arquitectónica

Docente De Proyecto

Arq. José Alcides Ruiz



Universidad La Gran Colombia

Facultad Arquitectura

Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Bogotá

Dedicatoria

Este proyecto es dedicado a nuestras personas más allegadas, quienes nos apoyaron e impulsaron a seguir adelante, gracias por estar a nuestro lado compartiendo este proceso de aprendizaje, que hoy al culminarlo solo queda estar infinitamente agradecidas por estar a nuestro lado a pesar de las circunstancias.

Agradecimientos

Hoy al culminar nuestro proyecto para optar el Título de Tecnólogas en Construcciones Arquitectónicas de la Universidad La Gran Colombia, queremos agradecer a los diferentes docentes que aportaron desde el inicio de nuestra carrera, enriqueciéndonos con su trayectoria e impulsando a mejorar cada día como profesionales.

Principalmente agradecer a los Arquitectos Manuel Martínez, Alejandra Patiño y José Alcides Ruiz, quienes nos orientaron durante el proceso de desarrollo de este documento, creando en nosotras un pensamiento crítico analítico e incentivaron en esa búsqueda insaciable conocimiento.

Tabla de contenido

Resumen.....	12
Abstract	13
1. Introducción	14
2. Justificación	18
3. Objetivos.....	22
3.1 Objetivo General	22
3.1 Objetivos Específicos	22
4. Metodología	23
4.1 El enfoque cuantitativo.	23
4.2 Fase 1.	23
4.3 Clasificación de información.....	24
4.4 Fase 2.	25
4.5 Fase 3.	26
4.6 Fase 4.	27
5 Capítulo 1 Marco Conceptual.....	28
5.1 Conceptos relevantes.	28
5.2 Bambú <i>aulonemia</i>	33

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

	6
5.3 Cámara Anecoica.....	36
6. Marco Referencial.....	37
6.1 El bambú y sus características acústicas.....	39
6.2 Fibra de la guadua.	42
6.3 Implicación de la longitud y el diámetro para el buen desarrollo del proyecto.....	47
6.4 Parámetros evaluación de capacidad de atenuación de las ondas.....	55
6.5 El ruido en cuanto a la salud.....	58
6.6 Retraso económico y social.	59
6.7 Cielo Raso.	61
7. Capítulo 2 Planteamiento de modulo en bambú <i>aulonemia</i>	62
7.1 Panel 1: Bambú de diámetro completo.	64
7.3 Panel 2: Diseño del bambú entrelazado.	66
7.4 Sistema de descuelgue para el panel de cielo raso en bambú <i>aulonemia</i>	68
8. Capítulo 3 Análisis de resultados.	70
8.1 Parámetros para la capacidad de atenuación en las ondas.	70
8.2 Ejecución de la prueba evaluación sonora de ondas.	74
8.3 Resultados de la prueba de medición de ondas sonoras.....	78
8.4 Comparación frente a otros materiales.....	81
9. Conclusiones	83

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

	7
10. Recomendaciones.....	85
11. Lista de Referentes.....	86
12. Anexos.....	91
12.1 Ficha técnica para panel en bambú <i>aulonemia</i>	91

Lista de Tablas

Tabla 1. Efectos por alteraciones del sueño a causa de ruidos exteriores.....	30
Tabla 2. Coeficiente de absorción de materiales más recurrente.....	32
Tabla 3. Clasificación por géneros y características.....	38
Tabla 4. Resultado de análisis.....	41
Tabla 5 Estándares máximos para las edificaciones	60
Tabla 6. Resultados del ruido en decibeles	79
Tabla 7. Resultados del ruido en decibeles para el panel de diseño entero	79
Tabla 8. Resultados del ruido en decibeles para el panel de diseño entrelazado.....	80

Lista de Figuras

Figura 1. Efectos de exposición a diferentes niveles de presión sonora.	29
Figura 2. Taxonomía del bambú.	36
Figura 3. Cámara Anecoica.....	37
Figura 4. Bambú betung.....	40
Figura 5. Clasificación para el bambú betung dada por los autores del documento.....	40
Figura 6. Elementos y ubicación para el desarrollo del tubo de impedancia.....	44
Figura 7. Evidencias del comportamiento acústico de las pruebas realizadas.....	44
Figura 8. Promedio de coeficiente de absorción.	45
Figura 9. Coeficiente de absorción frente a las otras fibras.....	46
Figura 10. Bambusa multiplex.....	47
Figura 11. Parámetros para el desarrollo del documento.....	48
Figura 12. Orientación dada por el autor dentro de un tubo de impedancia.	49
Figura 13. Diagrama de ensayo por medio del tubo de impedancia.....	50
Figura 14. Resultado para muestra A obtenido por el autor del artículo.	51
Figura 15. Resultado obtenido por el autor al variar la longitud del bambú	52
Figura 16. Resultado obtenido por el autor para la muestra B del bambú.....	53
Figura 17. Resultados de la muestra C.....	54

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

	10
Figura 18. Ruido Rosa y el nivel constante que tiene en 3dB/octava.	56
Figura 19. Comparación de resultados obtenidos.	57
Figura 20. Efectos del ruido molesto en la sociedad.	59
Figura 22. Bambú aulonemia.....	62
Figura 23. Marco y las piezas del módulo.	63
Figura 24. Bambú aulonemia con los nudos completos y pulidos respectivamente.....	64
Figura 25. Montaje de bambú aulonemia con el marco, ajustando a conicidad..	65
Figura 26. Módulo final. Referencia.....	65
Figura 27. Bambú corta y proceso de eliminar el nudo interior.	66
Figura 28. <i>Bambú entrelazado</i>	67
Figura 29. Módulo final.	68
Figura 30. Perfiles.....	69
Figura 31. Isométrico de sistema de descuelgue.....	69
Figura 32. Área para ejecución de prueba de Absorción Acústica..	72
Figura 33. Plano de corte.	72
Figura 34. Fuente de sonido.....	73
Figura 35. Captura de pantalla con la aplicación Sound meter.....	73
Figura 36. Excavación y ubicación del bafle.	74

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

11

Figura 37. Medición de los cuatro puntos de la excavación.. 75

Figura 38. Toma de medición para la excavación. 76

Figura 39. Toma de mediciones para primer panel..... 77

Figura 40. Toma de mediciones para segundo panel. 78

Figura 41. Grafica comparativa de resultados. 80

Resumen

La presente investigación plantea el desarrollo de un panel de aislamiento acústico empleando como materia prima el bambú *aulonemia*. En Colombia la oferta de materiales con respuesta acústica tiene elevados costos y alta huella ambiental, es por ello que se ve el aprovechamiento de este elemento para lograr cumplir las necesidades del mercado sin llegar a comprometer a las generaciones futuras.

Dentro del contenido de este documento se evidenciará la exposición del bambú *aulonemia* ante una prueba de atenuación de ondas, que logra validar el comportamiento positivo ante las fuentes sonoras incidentes y por transmisión sonora, esto con el fin de responder a la necesidad de confort acústico dentro de la vivienda vertical.

Para su desarrollo se tiene en cuenta una metodología cuantitativa, además del protocolo de ensayo aplicable para esta investigación, como el concepto de cámara anecoica aplicado bajo la estructura de otros documentos referenciado dentro del documento, ya que no se pudo tener el acceso a los laboratorios pertinentes debido a la pandemia global que transcurre paralelamente al momento de desarrollar este proyecto; finalmente los resultados obtenidos se comparan con otros materiales acústicos ofrecidos en el mercado actual en Colombia.

Para terminar, el aporte esencial de este documento es la demostración del uso de material natural como una alternativa constructiva que logre responder a las necesidades ante los ruidos de impacto que se presenta en la vivienda vertical, y con esto darle un mejor aprovechamiento al bambú *aulonemia*.

Palabras claves: Acústica, Cielo Raso, Bambú, Absorción Acústica, Bambú *aulonemia*.

Abstract

The present investigation proposes the development of an acoustic insulation panel using bamboo *aulonemia* as raw material. In Colombia the supply of materials with acoustic response it has high costs and a high environmental footprint, that is why you see the taking advantage of this element to meet the needs of the market without get to engage future generations.

Within the content of this document, bamboo *aulonemia* exposure will be evidenced by a wave attenuation test, which manages to validate the behavior positive before incident sound sources and by sound transmission, this in order to respond to the need for acoustic comfort within vertical housing.

For its development, a quantitative methodology is taken into account, in addition to applicable test protocol for this research, such as the camera concept anechoic applied under the structure of other documents referenced within the document, as the relevant laboratories could not be accessed due to the global pandemic that runs parallel to the moment of developing this project; finally the results obtained are compared with other acoustic materials offered in the current market in Colombia.

In conclusion, the essential contribution of this document is the demonstration of the use of natural material as a constructive alternative that manages to respond to the needs in the face of impact noises that occur in vertical housing, and with this give it a better use of bamboo *aulonemia*.

Keywords: Acoustics, Ceiling, Bamboo, Acoustic Absorption, Bamboo *aulonemia*.

1. Introducción

Esta investigación está dirigida al análisis del comportamiento acústico del bambú (*aulonemia*) en una sección del varillon cuya ubicación está dentro de los últimos niveles de la taxonomía del bambú, de esta manera darle una mejor finalidad, ya que estos elementos son en muchas ocasiones desechado por su poco grosor.

El desarrollo de un panel cuya materia prima sea el anterior mencionado le dará un aporte de confort auditivo a la vivienda vertical construida o por construir, logrando ofrecer al mercado actual una alternativa sostenible ya que otros como la frescasa, fibra de vidrio, pvc, espumas, entre otros, que son altamente contaminantes o no responden a características de aislamiento acústico.

Sin embargo, las instalaciones de cielos rasos convencionales se caracterizan por su practicidad y eficiencia, dicho lo anterior dentro del desarrollo de esta investigación se plantea un sistema que facilite la instalación del cielo raso, debido a que la forma tradicional de hacerlo aumenta costos y se convierte en una tarea artesanal y poco práctica, haciendo el trabajo más extenso y tedioso, dando como resultado que sea obsoleta su implementación en la vivienda urbana.

Además, dentro del mercado actual no hay una línea de productos que cumplan las características acústicas que sean amigables con el medio o económicas, estos sistemas son en poliuretano o frescasa; como bien sabemos tienen una huella de carbono alta lo cual por el proceso que tienen estos insumos para al final terminar como cielo raso influyen en el costo.

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

15

La oferta actual de mercado materiales como la fresca usada para el aislamiento y acondicionamiento acústico de vivienda, teatros y otro tipo de recintos, tiene un costo aproximado de \$80.000-\$300.000=m², (Homecenter, s.f) siendo este uno de los más usados dentro del acondicionamiento acústico, su producción altamente contaminante llevó a la industria a la implementación de alternativas eco, dentro de esta línea de cielo raso estos materiales alternativos también tienen un elevado costo al ser instalados de manera artesanal, teniendo en cuenta que la implementación de estos cielorraso son de absorción acústica por la problemática del ruido ya que por esta razón las personas no logran conciliar el sueño, generando de esta cansancio, estrés, dolores corporales, entre otros y estos llevando consigo al largo plazo problemas sociales y económicos.

En vista de lo mencionado anteriormente el desarrollo de este proyecto demostrará que el bambú *aulonemia*, es una sección del varillon cuya ubicación está dentro de los últimos niveles de la taxonomía del bambú, se podrá dar una mejor utilidad, dando como resultado un panel para cielo raso acústico con acabado natural poco convencional para la vivienda urbana.

En base en estos fundamentos se analizaron varios autores de tesis y artículos relacionados con el bambú y las propiedades acústicas. Con respecto a este tema los autores investigados desarrollaron la prueba de tubo de impedancia dando como resultado que el bambú es un absorbente acústico y da viabilidad al proyecto anteriormente planteado, esto por parte del material para la problemática a resolver que es aislar el sonido del piso superior al inferior se analizaron e identificaron parámetros de las entidades como alcaldía mayor de Bogotá, la secretaria distrital de ambiente las cuales permiten dar un rango en dB (decibeles), estos datos sirven para identificar en el momento de hacer la prueba, si el panel para cielo raso en bambú

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

16

aulonemia funciona acorde a los datos encontrados o permite el paso de la onda sonora con el mismo rango que impacta el piso superior, teniendo en cuenta los referentes se plantea el orden de desarrollo del proyecto en el cual, el objetivo general es proponer un panel para cielo raso en bambú *aulonemia* para el aislamiento acústico en las viviendas verticales en Bogotá.

Al querer cumplir con este objetivo, se desglosan tres objetivos específicos desarrollados mediante capítulos, el primero es toda la investigación previa para poder dar las variables del proyecto, en cuanto a las propiedades acústicas del material a usar.

El segundo es fundamental para el proyecto, en este se propone el diseño del panel es decir buscar el material el cual es bambú *aulonemia*, además de costos, transporte, manejo, herramientas para su construcción y el diseño que va a tener el panel conjunto a la orientación del material.

En el tercer capítulo y objetivo se encuentra toda la parte de pruebas para determinar la eficiencia del panel, es decir, analizar los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, si el panel si funciona, cuantos dB (decibeles) permitió pasar, es viable para futuros proyectos que se puede mejorar.

Además, que se recomienda realizar la prueba mediante la cámara acústica o prueba certificada ya que en la prueba realizada de modo empírico se obtienen resultados, pero no es igual que unos resultados de laboratorio acústico. Esto en base al brote por covid-19 y el aislamiento social.

En base en lo anteriormente mencionado y analizado para este proyecto se plantea la siguiente pregunta de investigación. ¿Cómo ejecutar la construcción de un panel para cielo raso y

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

17

la implementación del bambú *aulonemia* como acondicionamiento acústico y poder mejorar el confort auditivo de la vivienda?

2. Justificación

Un problema recurrente dentro de la construcción es la elaboración de entrepisos muy angostos permitiendo la filtración de ruidos, generando molestias y perturbación de la tranquilidad de las personas que residen en la parte inferior de la vivienda. Usualmente en Colombia los materiales usados en los cielorrasos son de materiales como la frescasa, fibra de vidrio, PVC, poliuretanos, entre otros, cuyos componentes son altamente contaminantes o no presentan las características de absorción acústica; esto teniendo un alto impacto medio ambiental provocado su degradación con soluciones poco sustentables.

Dentro de la revista *Mente & Materia* el artículo del Ingeniero Justavino (2013), hace una mención al comportamiento de la fibra de vidrio, donde resalta que el material al perder su integridad derivado por humedad o algún agente externo que lo deteriore expulsa unas partículas derivadas por las fibras, provocando una contaminación que al ser respiradas pueden generar molestias en la nariz, garganta y boca, además al tener contacto directo con la piel causa reacciones alérgicas cutáneas manifestándose en picazón.

Otro material mencionado anteriormente es el poliuretano o espumas acústicas; el artículo de Saglietti (2018), menciona que la mayoría de espumantes para aislamiento usan aerosoles, esto generando un impacto medioambiental como el efecto invernadero, cabe mencionar que su biodegradación es de manera lenta, aumentando el almacenamiento de este en los vertederos.

Por otra parte, al ser una espuma es un material altamente inflamable, esto haciéndolo un elemento que puede generar afectaciones a la integridad física o a la vivienda.

El sector de la construcción y subsectores tienen un alto impacto ambiental generado por elementos sólidos o no, es por ello que se debe optar por alternativas sostenibles que logren cumplir las necesidades sin perder la calidad de los materiales usuales del mercado.

Durante la búsqueda por satisfacer las necesidades sin generar un impacto ambiental elevado se ve al bambú, quien posee la capacidad de reforestación más rápida en áreas devastadas por deforestación y erosión de suelos, este actúa como un purificador de la atmósfera y los terrenos. La ciudad de Hiroshima en Japón, es un ejemplo de esto, ya que fue reforestada con bambú después de la bomba atómica de 1945. (Pinto,2013).

Prueba de lo anterior mencionado es el artículo Huella de carbono del ciclo de vida de plantaciones forestales comerciales (*Eucalyptus grandis*, *pinus patula*) y forestal protectora (*guadua angustifolia kunth*) en Colombia, Martínez, Cuéllar, Páez, Pedraza y Belálcazar-Ceron. (2018). Donde los autores mencionan como “la *guadua angustifolia kunth* captura un 77% y 59% más que el *pinus patula* y *Eucalyptus grandis*.” (p. 5)

Por otra parte, el artículo del periódico El Tiempo menciona “Según el Centro Nacional para el Estudio del Bambú *Guadua*, hoy en el país existen 40.000 hectáreas sembradas, de las cuales 36.000 son *guaduales* naturales y el resto, cultivos establecidos.” (Domínguez, 2001, párr. 2) esto quiere decir que en Colombia hay una gran cantidad de producción de este material que puede ser usado como alternativa sostenible, de alta calidad y que logra cumplir los estándares normativos para su desarrollo.

Todo lo anterior mencionado parece confirmar el uso del material, es por ello que, mediante una investigación focalizada al análisis del comportamiento acústico por parte del

bambú, se le atribuye al artículo Utilizing Hollow - Structured Bamboo as Natural Sound Absorber desarrollado por (Putra, Khair y Mohd 2015). Donde el autor determina la capacidad de absorción acústica que presenta el bambú multiplex, cuyas características principales de longitud y diámetro son fundamentales para el desarrollo de un panel que logre cumplir con las cualidades acústicas planteadas para este proyecto.

En la tesis de Páez, 2016, titulada caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua, el autor determina que las fibras de la guadua son absorbentes; partiendo de las ideas mencionadas anteriormente se delimita el material bajo tres premisas.

En primera instancia el bambú seleccionado debe cumplir con un diámetro angosto y una longitud considerable según lo determinado en el artículo de Putra et al. 2015. Y finalmente este elemento debe poseer una sección interna de fibra para que logre absorber de manera eficiente como lo demostró Páez, 2016. en su tesis.

Dicho lo anterior, el planteamiento de este proyecto pretende darle una mejor finalidad al bambú *aulonemia*, ya que su angosto diámetro permite verse utilizado para la composición de un panel tipo cielo raso y con ello lograr mejorar el confort auditivo de la vivienda, dado que los ruidos se filtran debido a las placas de entepiso tan angostas que se construyen hoy en día.

La utilización del bambú como elemento acústico en la arquitectura no es novedoso, sin embargo, si es costoso, debido a que su instalación requiere de inversión de tiempo y personal capacitado, haciendo que este elemento sea descartado al momento de pensar en cielos rasos acústicos. Es por ello que al diseñar un panel permitirá reducir costos, puesto que su instalación será más práctica y novedosa.

Es importante mencionar que, según la Secretaria Distrital De Ambiente (s.f) las molestias derivadas de la perturbación de la tranquilidad al momento de descansar pueden generar diferentes efectos nocivos como agotamiento, estrés, insomnio, entre otros.

La importancia de diseñar un panel para cielo raso cuya materia prima tenga bajo impacto ambiental, logre cumplir el objetivo de aislamiento acústico al impedir el paso del ruido por transmisión sonora, y cuya instalación no requiera de personal capacitado; de esta manera logre responder a la necesidad de un elemento que al ser colocado dentro de la vivienda vertical, pueda generar un confort auditivo, debido al angosto espesor de las placas de entresijos o prácticas irrespetuosas por parte de las personas.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Proponer un panel en bambú *aulonemia* para mejorar el aislamiento acústico ante ruidos de transmisión sonora en la vivienda vertical en Bogotá.

3.1 Objetivos Específicos

1. Analizar las características de aislamiento acústico en el bambú, enfocando la investigación a su respuesta ante la exposición de fuentes sonoras incidentes.
2. Proponer un panel para el cielo raso en bambú *aulonemia* para los ruidos de transmisión sonora.
3. Determinar la eficiencia de aislamiento acústico del bambú *aulonemia* en el panel al modificar su orientación.

4. Metodología

Para la presente investigación será elaborada bajo el planteamiento de proyecto exploratorio y metodología del enfoque cuantitativo que implementa la recolección de datos para comprobar la pregunta problema de la investigación a base de la medición numérico y análisis estadístico según. (Hernández, 2014).

4.1 El enfoque cuantitativo.

Se implementa la recolección y el análisis de datos para contestar el problema de investigación y probar la hipótesis establecida previamente, basándose en pruebas de aislamiento acústico, métodos matemáticos, uso de la estadística, registro de datos, para extraer una serie de conclusiones y comprobar los resultados de manera real.

Para el desarrollo de este proyecto se hizo una previa investigación sobre el tema a tratar, dando como resultado una viabilidad de implementación para cielos rasos acústicos, cuyo material principal fuese el bambú, para poner en práctica este método se requieren unas fases las cuales permiten tener un desarrollo apropiado de la investigación, lo cual se va hacer por fases.

4.2 Fase 1.

A. *Recopilación de datos.*

Es necesario recopilar la mayor parte de información posible para poder tener un conveniente desarrollo de esta fase, como lo son referentes bibliografía, fichas técnicas, los materiales, personas con experiencia en el tema, diseños ya existentes de paneles para cielo raso

en material acústico, además de un sistema de instalación de cielo raso para tener una guía de medidas, peso, niveles de los decibeles y el diseño a tener en cuenta.

De esta investigación se identificó que el bambú debía cumplir con una característica fundamental como el radio del elemento no puede ser mayor a 5 cm, ya que esto implicaría más peso para el cielo, y por ende aumentar la carga vertical de la estructura.

B. Análisis de información.

En esta fase se estudia la realización de las operaciones de los datos recopilados anteriormente, como los son las operaciones de aislamiento acústico, clasificación del módulo y el sistema de cielo raso, además de los referentes principales para guiar el desarrollo de este objetivo.

4.3 Clasificación de información

Se clasifica las medidas, peso, acabado y sistema de instalación del cielo raso con el análisis de información para proponer un prototipo con los estándares establecidos por los pasos anteriores.

De esta investigación se identificó que el bambú debía cumplir con una característica fundamental; el radio del elemento no puede ser mayor a 5 cm ya que esto implicaría más peso para el cielo, y por ende aumentar la carga vertical de la estructura. Las medidas del panel son de 0.60 x 0.60 m, debido a que las lámparas vendidas comercialmente en el mercado son de esta medida.

4.4 Fase 2.

A. *Diseño Panel.*

En esta fase se elabora los planos del prototipo en el programa AutoCAD 2D y un render en 3D.

B. *Material.*

Con el fin de encontrar el material idóneo para el proyecto se contactará con diferentes distribuidores y contactos de terceros cercanos a la ciudad de Bogotá.

Se analiza de donde se trae la materia prima para el prototipo, transporte de material, los costos, el acabado, los cuidados, el uso que va tener en el proyecto. Para esto se consultó en puntos de ventas locales, asimismo se estableció comunicación con distribuidores aledaños a la ciudad de Bogotá, con este procedimiento se contactó al señor Rafael Álvarez Ubicado en Rondón Boyacá, quien cortó en secciones de 0.60 m de largo el varillon, igualmente se encargó del proceso de transporte del material para Bogotá. Al llegar el bambú, se procedió a la identificación de esta especie, como de su nombre científico, esto gracias a expertos en la materia como el docente Erwin Zambrano y Walter Barreto se identificó como Bambú Leñoso *arthrostylidiinae aulonemia*.

C. *Herramientas.*

Para esta fase se analiza las herramientas requeridas para la elaboración del prototipo se requiere una persona con experiencia en carpintería, además de las herramientas para llevar a cabo este oficio.

D. Elaboración.

En esta fase se inicia la construcción del prototipo, teniendo en cuenta que se pueda cambiar la orientación del bambú para las pruebas.

4.5 Fase 3.

A. Pruebas de medición.

Para la ejecución de esta fase, se requiere hacer unas pruebas de medición para el aislamiento acústico, por medio de ensayos, los cuales se realizan en el laboratorio de acústica de la universidad san buenaventura (Sb).

Teniendo en cuenta la dificultad de poder realizar la prueba en el laboratorio de esta universidad (Sb) debido a esto se tiene la opción de una prueba equivalente, ya realizada una vez para un proyecto similar en el campus de la universidad la gran Colombia en chía. Para ello se deberá tener en cuenta elementos como sonómetro y fuente sonora como un parlante.

B. Ejecución de pruebas.

Al tener el prototipo en físico se realiza la prueba correspondiente para medir el aislamiento acústico y así poder analizar los rangos de estas características.

Esta fase se determina y estudia cuál de las dos orientaciones del bambú fue más eficiente.

4.6 Fase 4.

A. En esta fase se realiza el estudio a los resultados de la prueba, haciendo la descripción y estadística de los datos obtenidos, de esta manera se comprueba si el prototipo cumple con la función de aislamiento acústico en la vivienda vertical de Bogotá.

Conclusiones.

La investigación previa a la ejecución del panel logró evidenciar documentación que da soporte técnico y teórico para sustentar la investigación realizada, de esta manera poder lograr tener los parámetros esenciales a la hora de diseñar el módulo para su posterior ensayo de atenuación de ondas.

Dentro de la estructura del documento y a medida de su evolución se elaboran las conclusiones pertinentes para la investigación, dando a conocer si se puede continuar con el prototipo, si fue viable, si funcionó o qué aspectos se pueden mejorar.

5 Capítulo 1 Marco Conceptual

Para poder tener una comprensión terminológica del proyecto a continuación se definirá algunos términos que tendrán relevancia a lo largo del documento, dando un conocimiento cognitivo para contextualizar la temática a tratar.

5.1 Conceptos relevantes.

El aislamiento acústico definido como el impedimento del paso de sonidos indeseados ocasionados dentro de un recinto ya que estos se propagan hacia el exterior o trascienden de lugar; el nivel de aislamiento acústico depende del uso del recinto. Ahora bien, son los sonidos indeseados también conocidos como ruido, este se puede definir como los sonidos exteriores incómodos o nocivos, generados por las diferentes actividades domésticas o no; el ruido se puede clasificar de la siguiente manera:

El ruido Continuo es aquel que produce una presión sonora constante durante un periodo de tiempo, este es característico de la industria textil, constructora entre otros.

El ruido Intermitente como lo dice su nombre ocurre durante un periodo esporádico hasta llegar a nivel ambiente y de esta manera volver a llegar al máximo, por ejemplo, un taladro eléctrico.

El ruido de Impacto desde otra perspectiva también se puede definir como el sonido producido por los golpes que se generan en una superficie o entre sólidos de manera impulsiva dando origen a un golpe de corta duración en la superficie, esta se convierte en elemento que transmite vibración generando un foco sonoro transmitiéndola a otras superficies.

Efectos de exposición a diferentes niveles de presión sonora.

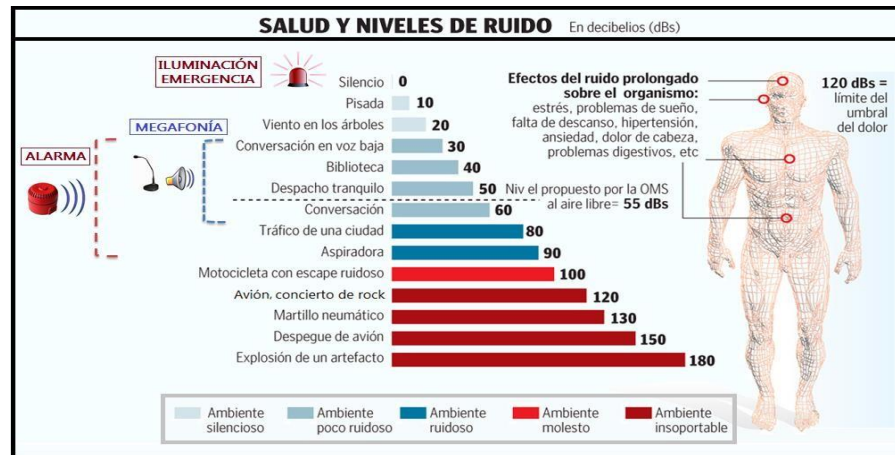


Figura 1. Efectos de exposición a diferentes niveles de presión sonora. Tomado de “Botia, J. (2016). Alarmas de aviso en los parques. Bomberos 080. Vol. (3). Página 17-18. Recuperado de: <https://bit.ly/2YzYyc0>”

La imagen anterior muestra de manera gráfica como los decibeles de presión sonora en diferentes ambientes. Conviene subrayar que hay diferentes molestias que se pueden generar, aunque el número de dB sean bajos, teniendo en cuenta que el dB al interior de una vivienda es de 30 a 35 dB; la perturbación repentina del mismo puede generar molestias.

Los ruidos más comunes provenientes del piso superior y que se pueden percibir como incómodos en las horas del sueño son: música, pasos o pisadas elementos eléctricos como aspiradoras, pisadas, corrientes de tuberías, objetos tirados al suelo o el caminar de un perro.

Estos ruidos oscilan entre los 45-65 dB, teniendo en cuenta que la organización mundial de la salud estipula que a partir de los 40 dB se puede tener una perturbación del descanso.

El término frecuencia se considera como la Variación de presión por segunda medida en Hz (hercios). (Giani, 2013). Los límites auditivos para el ser humano son de entre 20Hz a 20000

Hz, pero son en las frecuencias de 2000 - 5000 Hz. este rango auditivo puede variar dependiendo del cuidado que se le preste a este, ya que la exposición prolongada a sonidos nocivos puede llegar a generar la pérdida auditiva.

Evidentemente hay una correlación entre frecuencia y decibelios, es decir que la presión sonora creada en el aire, esta será medida en dB que es aquella que mide la intensidad de un sonido.

El rango de frecuencias altas tiene efectos altamente dañinos y nocivos a corto plazo, como pérdida auditiva; escuchar ruidos inexistentes entre otros, pero son aquellos de baja frecuencia los que tienden a perturbar la tranquilidad o quietud del sueño generando insomnio, bajo rendimiento, estrés, entre otras cosas.

Tabla 1.

Efectos por alteraciones del sueño a causa de ruidos exteriores.

<u>Evidencia suficiente</u>		<u>Umbral (dB)</u>
<u>Efectos</u>		
<u>Efectos Biológicos</u>	Calidad en la actividad cardiovascular.	--
	Despertar electroencefalográfico.	35
	Movilidad.	32
	Cambios en la duración de varias etapas del sueño, en la estructura del sueño y fragmentación del sueño.	35
<u>Calidad del Sueño</u>	Despertares nocturnos o demasiado temprano.	42
	Prolongación del periodo de comienzo del sueño, dificultad para quedarse dormido.	--
	Fragmentación del sueño, reducción del periodo de sueño.	--
	Incremento de la movilidad media durante el sueño.	42
<u>Bienestar</u>	Molestias durante el sueño.	42
	Uso de somníferos y sedantes.	40
<u>Condiciones Médicas</u>	Insomnio (diagnosticado por un profesional médico)	42

Nota: Adaptado de “OSMAN, (s. f). Ruido y salud. Recuperado de <https://url2.cl/Y5tf3>”

En la figura anterior se señalan los efectos con evidencia suficiente para marcarlos como efectos nocivos que pueden llegar perjudicar la salud de manera no visible, es decir el padecimiento a raíz de la perturbación de la calidad del sueño, bienestar, entre otros.

Es por ello que un panel para cielo raso podría llegar a mitigar esas frecuencias que generan incomodidad debido a la propagación de onda que es el medio donde se puede ver modificada por sus propiedades, es decir que si encuentra un objeto en su camino su comportamiento adoptará diferentes situaciones como: Reflexión en caso de una superficie lisa o Difusión en caso de ser irregular y la Difracción de onda dependerá de su longitud, esta rodeará el objeto. (Giani, 2013).

Los cielorrasos son un elemento de construcción que en ocasiones se utiliza para dar mejor acabado a los techo, para mejorar el confort de un lugar ya que este se implementa para disminuir los cambios de temperatura y absorción acústica, además se utiliza para el paso de las instalaciones al hablar del cielo raso o falso techo pensamos en una estructura o elemento que corresponde a la parte superior de los recintos, funcionando como revestimiento, en diferentes materiales, tipos y formas (construmatica, s.f.).

Una de las principales características que debe de poseer un cielo raso es practicidad para su instalación, es por ello que los paneles con materiales no convencionales como el bambú son muy costosos, debido a la necesidad de personal capacitado para su instalación, de esta manera responder al confort auditivo, es decir que los niveles de ruido que se encuentran por debajo del rango de niveles permitidos o legalmente establecidos por la organización mundial de la salud, para que no causar daños en la salud.

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

32

Los materiales usados para acústica responden a un coeficiente de absorción que es la relación que existe entre la energía que absorbe y la energía de las ondas sonoras que inciden en la superficie de un material, ($A=Ea$). Este coeficiente varía dependiendo de las características de los materiales no todos absorben de igual manera.

Las siguientes tablas muestran el coeficiente de absorción en dos materiales usados frecuentemente para temas acústicos en el techo.

Tabla 2.

Coeficiente de absorción de materiales más recurrente.

Material	Descripción	mm	Frecuencias (Hz)						Media nrc
			125	250	500	1000	2000	4000	
Lana de vidrio	lana de vidrio 50 mm con cubierta perforada 5%	51,00	0,20	0,40	0,75	0,60	0,40	0,30	0,54
	lana de vidrio 50 mm con cubierta perforada 10%	51,00	0,20	0,35	0,65	0,85	0,85	0,75	0,67
	Manto 100mm con cubierta perf. 23%, film polietileno	101,00	0,78	1,01	1,14	1,03	0,94	0,78	1,03
	Manto 50mm con cubierta perf. 23%, +50mm aire.	101,00	0,64	0,91	1,15	1,09	1,01	1,01	1,04
	Manto 100mm con cubierta perf. 23%	101,00	0,78	1,01	1,14	1,07	1,06	0,98	1,07
Poluretano	placa 15 de poliuretano, espuma flexible		0,14	0,1	0,06	0,05	0,04	0,03	0,06
	placa 30 de poliuretano, espuma flexible		0,25	0,15	0,1	0,05	0,04	0,05	0,09
	placa 45 de poliuretano, espuma flexible		0,2	0,15	0,1	0,05	0,04	0,05	0,09

Nota: Tomado de. “Tablas de absorción, (2010). *Acondicionamiento acústico*, (Pag 8). Recuperado de: <https://url2.cl/DkgjL>”

Esta tabla muestra la respuesta acústica a diferentes frecuencias dando como media un coeficiente de absorción acústica, como se puede apreciar en la gráfica la lana de vidrio con 100 mm de espesor tiene las mejores características, sin embargo, hay que recordar que la producción de este material es altamente contaminante y a la larga perjudicial para el ecosistema.

Los materiales deben de responder a ciertas características propias de las ondas de sonido como: la rigidez que es la capacidad de resistencia de un cuerpo, es decir la medida de elasticidad. Para el aislamiento acústico este término se refiere a la velocidad de propagación del sonido y la frecuencia, sin embargo, es la amortiguación la encargada de disipar energía sonora; a mayor amortiguación habrá mayor disipación. (Álvarez, 2017).

Otras características son la admitancia que es la propiedad que poseen algunos materiales para que las ondas sonoras lo traspasen que influyen en el mismo y es recíproco a la impedancia, se representa de la siguiente manera: $\beta = 1/z$, donde β es la admitancia y z la impedancia. (Páez, 2016).

La impedancia que se define como la resistencia que impide el paso de la energía acústica en un medio, recibéndola en dos partes una real donde se describe la disipación de la energía y la segunda es imaginaria que sería la relación entre la almacenada esto se representa de la siguiente manera $Z = P(0)/V(0)$ donde z es la impedancia, p es la presión y v la velocidad. (Páez, 2016).

Ahora bien, el material a usar es el bambú, después de una previa investigación se establece que el bambú *aulonemia* puede lograr el objetivo de este proyecto; es por ello que es pertinente definirlo.

5.2 Bambú *aulonemia*

Proveniente de la subcategoría de los bambúes leñosos *Arthrostylidiinae*.

(...) Estos géneros representan el 48% de la diversidad genérica de America [sic] y son: *Actinocladum*, *Alvimia*, *Arthrostylidium*, *Arthroostachys*, *Atractantha*, *Aulonemia*, *Colanthelia*, *Elytrostachys*, *Merostachys*, *Myriocladus* y *Rhipidocladum*. Estos bambúes habitan desde las húmedas selvas tropicales hasta los bosques Andinos a 3000 metros de elevación y en zonas secas como la región del "Cerrado" en Brasil. Sus miembros tienen rizomas simpodiales, culmos erectos o trepadores, yemas solitarias en el nudo, inflorescencia determinada en la mayoría de los géneros, 3 estambres y generalmente dos estigmas.

Taxonómicamente esta subtribu reúne caracteres anatómicos importantes en la lámina [sic] foliar que la distinguen de las demás subtribus. Estos caracteres son: papilas refractivas, nervadura central reducida con vasculatura simple, marcada diferencia en la anatomía de las márgenes opuestas de la lámina [sic], y la más [sic]característica, la presencia de esclerenquima [sic] en la zona intercostal (Londoño, 2002, párr. 27)

La autora de este documento expone los tipos de bambúes y su taxonomía encontrados en el nuevo mundo como ella lo define en su trabajo.

(...) con aproximadamente 30 especies de habito [sic] erecto o trepador, que se distribuyen desde México, Centro America [sic], a lo largo de los Andes hasta Bolivia y Perú, con algunas especies al oriente de las Guyanas y, centro y sur del Brasil en elevaciones entre 1800-3500 metros. En Colombia las especies de *Aulonemia* se localizan en las tres cordilleras, Central, Occidental y Oriental,

entre 2000 y 3000 m de altitud. De todas ellas, *Aulonemia queko* es la especie económicamente mas [sic] importante del genero [sic] ya que sus largos entrenudos son utilizados por los indígenas de los Andes para elaborar flautas, cerbatanas y varios tipos de artesanías; es una especie amenazada por la destruccion [sic] de su hábitat, y su supervivencia esta [sic] muy ligada a la conservación de la selva andina. (Londoño, 2002, párr. 28)

Con lo anterior dicho se puede decir que en Colombia la producción de este tipo de bambú es amplia, y por ende la materia prima del cielo raso no se verá afecta.

El bambú *aulonemia* se clasifica dentro de la taxonomía en uno de los últimos niveles de este llamado varillon, este elemento lo define la NTC 5727 (terminología aplicada a la guadua y sus productos) de la siguiente manera:

El varillon es un segmento terminal del colmo, localizado a continuación de la sobrepasa con longitudes hasta de 4 m. Se utiliza tradicionalmente como soporte de cubiertas y en actividades agropecuarias. (NTC 5727, 2009).

Taxonomía del bambú.

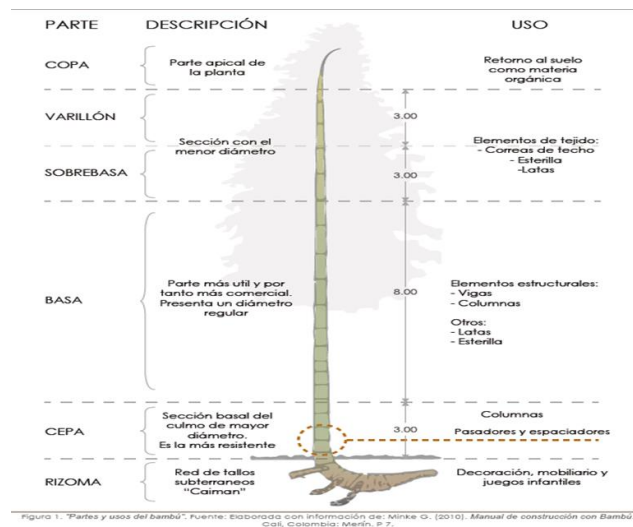


Figura 2. Taxonomía del bambú. Tomado de "Aguilar L, (2014) Manual de construcción de estructuras con bambú. Recuperado de: <https://url2.cl/fSb46>"

5.3 Cámara Anecoica.

Para el desarrollo de la prueba de laboratorio requerida por esta investigación se aplicará el método de cámara anecoica se puede definir como un espacio que absorbe toda la energía. (gallegos y Montalvo, 2008). Este en un ensayo diseñado para eliminar en lo posible los ruidos exteriores, emulando las condiciones acústicas que se pueden lograr en un campo libre, con el fin de reproducir sonidos que no tengan ningún tipo de distorsión que logre alterar el resultado de la prueba, la fuente sonora genera vibraciones con amplitudes pequeñas en el aire que lo rodea y esta se propaga hasta llegar al oído.

Existen dos tipos de cámaras anecoicas, la primera tendrá un espacio totalmente recubierto con material absorbente, ideales para radiofrecuencias; la segunda se denomina semi anecoica, debido a que en el suelo no se cubrirá con material acústico.

Cámara Anecoica.

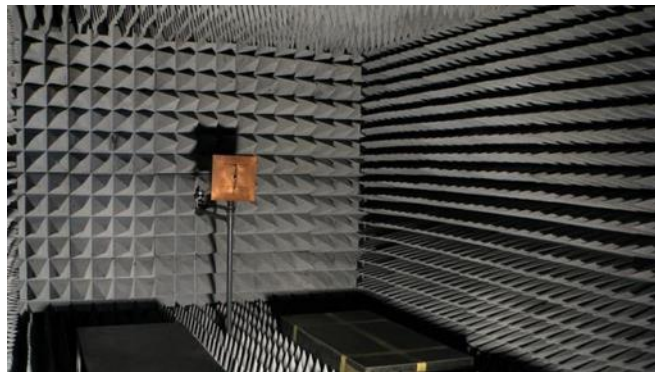


Figura 3. Cámara Anecoica. Tomado de “Raya A (2017). La diferencia entre explotar un globo en una cámara reverberante y una cámara anecoica [figura]. Recuperado de. <https://bit.ly/2xZQBUj>”

Las ventajas de la aplicación de este ensayo de laboratorio es que al ser en un espacio cerrado simula las condiciones de propagación en el aire, este no depende de condiciones climáticas que puedan llegar a tener una alteración de los resultados.

6. Marco Referencial

Para el desarrollo de este marco se ha tomado diferentes autores, incluyendo artículos desarrollados en Asia, es por ello que se debe aclarar que las especies guadua y chusquea como son conocidas en América se denominan en Asia como bambusa, *Dendrocalamus*; evidentemente cada una tiene sus características específicas como lo muestra la siguiente tabla. (Aguilar, 2014).

Tabla 3.

Clasificación por géneros y características.

<u>Genero</u>	<u>Altura (m)</u>	<u>Diámetro (cm)</u>	<u>Origen</u>
<i>Bambusa</i>	6 a 30	3 a 18	China, India, Birmania y Taiwán
<i>Chusquea</i>	4 a 6	2 a 4	Chile y Argentina
<i>Dendrocalamus</i>	20 a 35	20 a 30	India, Birmania, Sri Lanka y Taiwán
<i>Gigantochla</i>	10 a 16	8 a 15	Malasia, Indonesia y Filipinas
<i>Guadua</i>	10 a 30	5 a 15	Colombia, Ecuador, México, Bolivia y Panamá
<i>Phyllostachys</i>	5 a 22	2 a 17	China y Japón
<i>Nota:</i> Tabla adaptada de American Bamboo Society.			

Nota: Adaptado de “América Bamboo Society, (2009). Recuperado de: <https://url2.cl/w6ELp>”

Como se aprecia en la tabla anterior las zonas más predominantes son el sur de Asia y América del sur, esto dando unas apreciaciones de las características generales del elemento a nivel mundial.

Mas, sin embargo, en el artículo de Londoño, (2011), titulado el bambú en Colombia, menciona que el país existe más de 51000 especies de plantas, generando diversidad de géneros dentro de la familia, dando unas características adicionales a las anteriormente mencionadas, entre ellas los bambúes de pequeño diámetro.

El bambú, puede alcanzar una altura de 1.50 a 25 metros y con un diámetro de 1-30 cm, estas dimensiones varían según la parte del bambú que se necesite. Los entrenudos tienen paredes de hasta de 2 cm de espesor; si bien esta especie en Colombia se ha concentrado masivamente en el centro occidente del país, no ha sido limitante para su cultivo en otras zonas permitiendo a locales hacer disposición de este elemento como materia prima de artesanías,

como lo son muebles, acabados para la vivienda e incluso en ocasiones como material de construcción de viviendas y puentes.

La Resolución 1740 de octubre de 2016, Régimen de Aprovechamiento Forestal, hace un plan de manejo para la conservación de bosques en Colombia; la CAR de la zona cafetera (Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca), haciendo uso de este nuevo decreto, le da participación a la guadua y el bambú dentro de la construcción; ahora bien en el contexto de este proyecto este elemento se hace viable para incluirlo dentro del desarrollo de un panel acústico con los referentes encontrados donde los diferentes autores hacen exhaustivas investigaciones dando como conclusiones la efectividad del material. (Res. 1740, 2016).

Cabe resaltar que cada autor toma una especie de guadua o bambú diferente para el desarrollo del contenido de la investigación, pero se ha tomado la información más pertinente que pueda ser relevante para el desarrollo de este proyecto, ya que el bambú *aulonemia* solo es una especie más de las 200 que puedan lograr existir en el mundo.

6.1 El bambú y sus características acústicas.

Este documento titulado *Acoustical properties of particleboards made from betung bamboo (dendrocalamus asper) as building construction materials*, desarrollado por (Karlinsari, et al., 2012), donde se hace el análisis acústico para el bambú betung caracterizado por ser un bambú gigante, pero debido al desarrollo realizado por los autores para el documento es pertinente mencionar ya que los mismos deciden trocear el material con el fin de hacer paneles clasificados en tres tamaños, cuyos trozos o secciones no fueran mayor a 40 cm.

Bambu Betung.



Figura 4. Bambú betung. Tomado de “BambuTico, (2019), Bambu betung, [figura]. Recuperado de: <https://url2.cl/HZ5c7>”

Clasificación de secciones del bambú betung.



Fig. 1. Betung bamboo particles of various sizes: a) wool, b) medium, and c) fine

Figura 5. Clasificación para el bambú betung dada por los autores del documento. Tomado de “Karlinasari, L. et al. (2012). Acoustical properties of particleboards made from betung bamboo (*dendrocal-amus asper*) as building construction materials, *Bioresources*. Vol.7, No.4. 5700-5709 Recuperado de: <https://url2.cl/yJPZ3> “

Como se muestra en la imagen las muestras fueron clasificadas por su tamaño donde la muestra A tiene las siguientes dimensiones 50 mm de longitud, 0.2 a 0.5 mm de ancho y con un grosor de 0.3 a 0.4 milímetros. Para la muestra B las partículas medianas tienen un ancho de 2 a 3 mm y un grosor de 0.5 mm con una longitud de 10 mm, y para la muestra C es el tamizaje de 10 mallas.

El panel de 700 x 700 x 10 mm desarrollado por (Karlinasari, et al. 2012) fue sometido a pruebas acústicas donde se pudiera evidenciar el comportamiento frente a la exposición de (<500 Hz) y alta (> 1000 Hz) donde se evidencia lo siguiente:

Tabla 4.

Resultado de análisis.

Table 1. The STC Value of 10-mm-thick Betung Bamboo Particleboard at 500 Hz

Particleboard	Particle size		
	Fine	Medium	Wool/Excelsior
Low-density	9	7	11
Medium-density	18	15	20

Nota: Tomado de “Karlinasari, L. et al. (2012). Acoustical properties of particleboards made from betung bamboo (*dendrocal-amus asper*) as building construction materials, *Bioresources*. Vol.7, No.4. 5700-5709 Recuperado de: <https://url2.cl/yJPZ3> “

En base a estos resultados los autores del documento concluyen que el panel hecho con las partículas más grandes promete mejores resultados en comparativa con los otros, evidenciando una respuesta afirmativa para altas frecuencias.

A pesar que el contenido de esta investigación fue elaborada con trozos de bambú betung, no es ajena para el desarrollo de este proyecto ya que el resultado de esta investigación da una evidencia positiva de la elaboración de material acústico, cuya materia prima sea el bambú; y de esta manera poder lograr tener un mejor discernimiento y expectativas en cuanto al comportamiento acústico que pueda lograr al desarrollar el panel para cielo raso a base del bambú *aulonemia* y de esta manera lograr tener la respuesta de aislamiento acústico que se desea exponer dentro de este documento.

6.2 Fibra de la guadua.

La tesis de Páez, (2016), titulada caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua, Realiza la caracterización del bambú guadua angustifolia kunth pertenece a la familia del bambú, frente a otros materiales absorbentes acústicos como la fibra de vidrio, fibra de coco, fibra de posidonia, fibras de té, fibra de carrizo, fibras de kenaf, entre otras.

La fibra de la guadua angustifolia kunth se obtiene de los residuos de construcción con este mismo material, las partes implementadas de la guadua son dos, el rizoma la cual se encuentra en la parte inferior de la planta enterrada bajo tierra y la otra parte implementada es el culmo la cual tiene una serie de nudos y entrenudos inicia a partir del rizoma su estructura es tubular y hueca en estas partes se realizó el método de ensayo para la determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia, además de un estudio microscópico y químico de estas partes.

El desarrollo del método de ensayo se ejecutó bajo los parámetros de la norma ISO 10534-2 Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia.

“El fin de obtener estos valores es el de poder cualificar las fibras de la guadua para usos industriales relacionados con el aislamiento y acondicionamientos acústico en sus diferentes aplicaciones”. (Páez, 2016, p. 23)

Al tener los valores y cualificar las fibras de la guadua para usos acústicos, además de sus diferentes aplicaciones, se da a conocer los diversos estudios que pueden derivar de este material, en el caso de este proyecto el estudio de manera acústica, incluyendo la solución de problemas de este índole.

El método de ensayo se aplica para determinar el coeficiente de absorción acústica, mediante el uso de un tubo de impedancia el cual consta de poder ubicar dos micrófonos, una fuente en el extremo del tubo y una muestra en el otro y a través de un analizador digital de señales”. (Páez, 2016, p.23)

Los elementos para desarrollar este método son 12 probetas de la fibra de la guadua con una figura circular de 5mm de grosor entre la pared externa e interna y 4” de dimensión interna con un peso de 20,6 gramos, todas las pruebas se realizaron bajo el mismo parámetro así el autor obtuvo una medida estándar para las pruebas a realizar.

Descripción de sistema de medición.

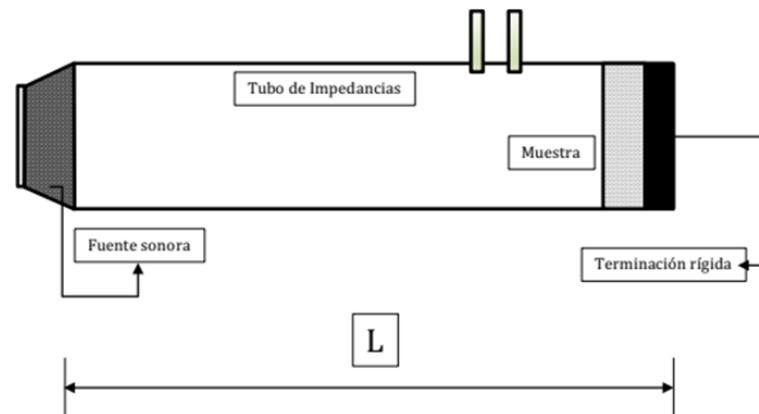


Figura 6. Elementos y ubicación para el desarrollo del tubo de impedancia. Tomado de “Páez, D. (2016). Caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua, (Tesis de maestría, Universidad Nacional), Bogotá. Recuperado de <https://url2.cl/mApD7> “

El autor al tener todas las probetas con las respectivas dimensiones y pesos procede a hacer el método de medición por tubo de impedancias y los resultados fueron los siguientes:

Obtención de coeficientes de absorción.

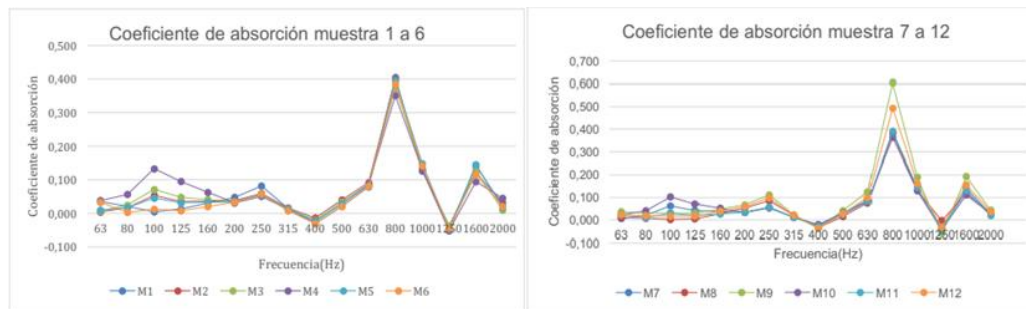


Figura 7. Evidencias del comportamiento acústico de las pruebas realizadas. Tomado de: “Páez, D. (2016). Caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua, (Tesis de maestría, Universidad Nacional), Bogotá. Recuperado de <https://url2.cl/mApD7>“

El autor realiza un promedio de las 12 pruebas a partir de los resultados obtenidos por coeficiente de absorción en el material e indica que los resultados son significativamente útiles a

partir de 630 Hz, en este punto se atenúa la energía incidente en la fibra de la guadua como lo muestra en la siguiente imagen:

Promedio del coeficiente de absorción en las 12 pruebas.

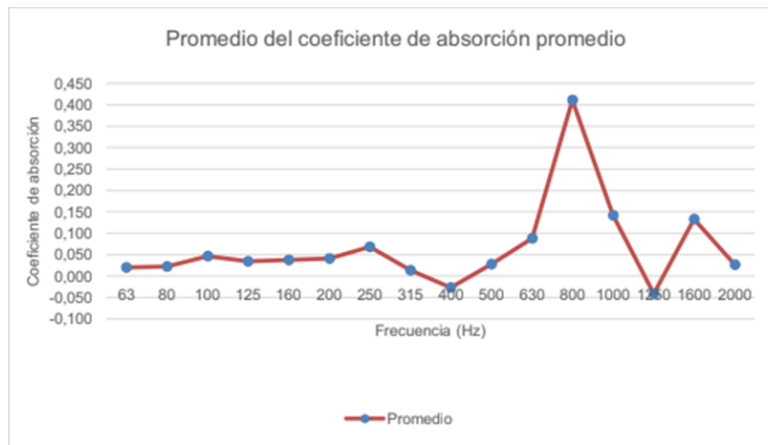


Figura 8. Promedio de coeficiente de absorción. Tomado de: “Páez, D. (2016). Caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua, (Tesis de maestría, Universidad Nacional), Bogotá. Recuperado de <https://url2.cl/mApD7>”

La figura anterior concluye que en los 630 Hz la energía en la fibra es de 30% frente a todas las demás frecuencias.

Además, el autor realiza una comparación frente de la guadua *angustifolia kunth* a otras fibras entre estas fibras se encuentra el bambú, con un comportamiento de absorción acústica por encima de los 1000 Hz.

Comparación de coeficiente de absorción de diferentes fibras.

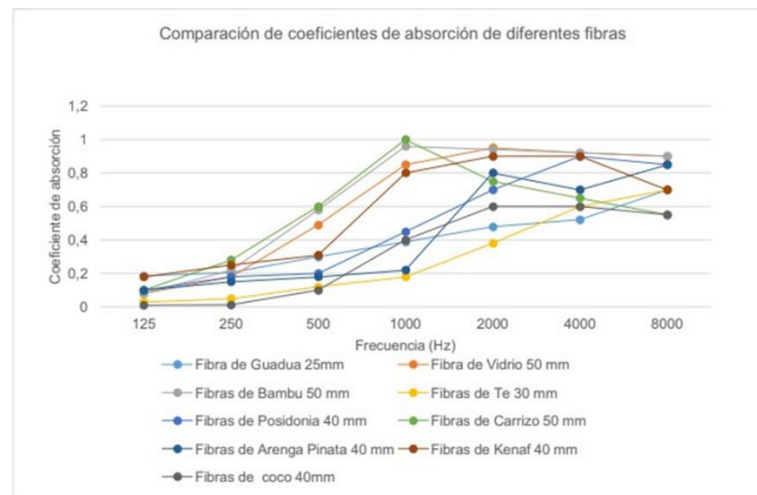


Figura 9. Coeficiente de absorción frente a las otras fibras. Tomado de: “Páez, D. (2016). Caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua, (Tesis de maestría, Universidad Nacional), Bogotá. Recuperado de <https://url2.cl/mApD7>”

En la última comparación del autor evidenció, que el bambú tiene buen comportamiento de absorbente acústico, aunque este proyecto se trata de aislar el sonido de un apartamento superior al inferior.

El material seleccionado aporta viabilidad al proyecto ya que por sus fibras absorbe el sonido, la forma del material seleccionado también influye, adicionalmente el bambú mediante su forma circular ayuda que la onda sonora, se disipe y no pase al apartamento inferior con la misma frecuencia inicial.

El material seleccionado es el bambú *aulonemia* con el referente de (Páez, 2016) se evidencia que el bambú es el segundo material más eficiente en el tema acústico frente a otros materiales acústicos, tanto en su parte externa por su forma, como en la parte interna por sus propiedades porosas las ondas de sonidos no pasan en su totalidad por el material, haciendo un

aporte bastante concreto frente a los demás materiales comparados y de esta manera dando una viabilidad al proyecto por parte del material seleccionado.

6.3 Implicación de la longitud y el diámetro para el buen desarrollo del proyecto.

El artículo Utilizing Hollow - Structured Bamboo as Natural Sound Absorber de (Putra et al. 2015). en dicho artículo el autor hace ensayos que permiten demostrar la absorción acústica de la bambusa *multiplex*.

Bambusa multiplex.



Figura 10. Bambusa multiplex. Tomado de “Peña, C. M (2013), Bambusa multiplex Alphonse Karr, Recuperado de: <https://url2.cl/r5slF>”

Dicho elemento cuenta con características similares a las del bambú *aulonemia*, en cuanto a su pequeño diámetro. El autor hace una comparativa en cuanto longitud y diámetro frente a la exposición incidente de una fuente sonora.

La medición del coeficiente de absorción del sonido se realiza para analizar el efecto de la longitud y el diámetro respecto a una onda incidente. El autor menciona que se cortaron de 2 a 6 cm como se ve en la figura 5 (Fig. 1), también se clasifica por su diámetro entre 0.5 y 0.7 cm (Fig. 2). (Putra et al., 2015).

Comparativa de la bambusa *multiplex*.



Fig. 1. Samples of bamboo with different lengths of stem.



Fig. 2. Small and large diameter samples of bamboos.

Figura 11. Parámetros para el desarrollo del documento. Tomado de: “Putra A, Khair F y Mohd M. (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. *archives of acoustics*, Vol.40, No. 4 Pag 601-608. Recuperado de: <https://url2.cl/2dDRJ>”

Como se puede observar en las imágenes el autor toma secciones de bambú de 2 a 6 cm y en rango de diámetro pequeño 0.2 y 0.4 cm, y en rango de diámetro grande entre 0.5 y 1.7 cm, esto con el fin de tener una mejor precisión de los resultados que se puedan obtener del documento. A su vez el autor varía la orientación de los elementos y haciendo uso del tubo de impedancia.

Orientación de bambusa *multiplex*.



Fig. 3. Arrangement of bamboo in impedance tube: a) axial arrangement, b) transverse arrangement, and c) cross transverse arrangement.

Figura 12. Orientación dada por el autor dentro de un tubo de impedancia. Tomado de “Putra A, Khair F y Mohd M. (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. *archives of acoustics*, Vol.40, No. 4 Pag 601-608. Recuperado de:<https://url2.cl/2dDRJ>”

El autor ubica de tres diferentes maneras la bambusa *multiplex*, axiales, transversales y cruzados por capas, como se ve en la figura 6 (a, b, c), los bambúes se colocaron en un tubo de impedancia de modo que las secciones huecas fueran paralelas a el sonido incidente. Para la muestra (c), el autor menciona que se cortaron para lograr ubicarlos de la mejor manera dentro del tubo y está misma dispone de bambú cruzados como se ve en la imagen. (Putra et al., 2015).

Para el ensayo usa como referente la ISO 10534-2 (Acoustics-determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes).

Diagrama para ensayo por tubo de impedancia.

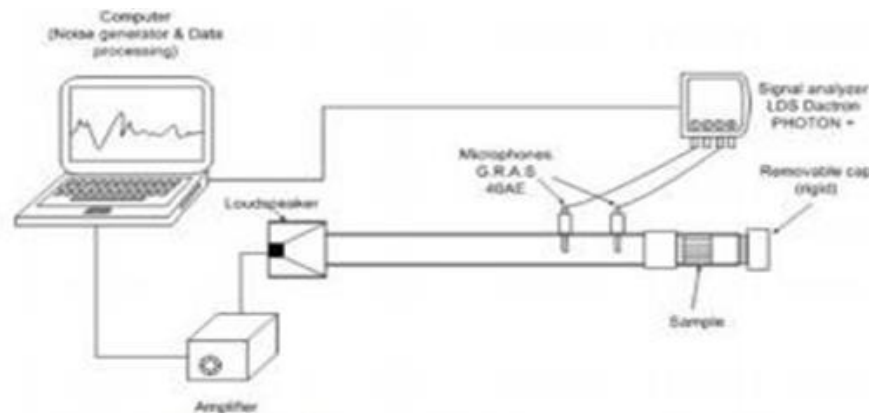


Fig. 4. Diagram of the experimental setup using the impedance tube.

Figura 13. Diagrama de ensayo por medio del tubo de impedancia. Tomado de “Putra A, Khair F y Mohd M. (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. *archives of acoustics*, Vol.40, No. 4 Pag 601-608. Recuperado de:<https://url2.cl/2dDRJ>”

La ISO 10534-2 menciona las características de los elementos para el desarrollo de este ensayo, pero para el desarrollo de este proyecto se usará el método evaluación de capacidad de atenuación de las ondas debido a la falta de disposición de los elementos necesarios como software, micrófonos y el tubo de impedancia.

Los resultados obtenidos por el autor son los siguientes:

Resultado de muestra A.

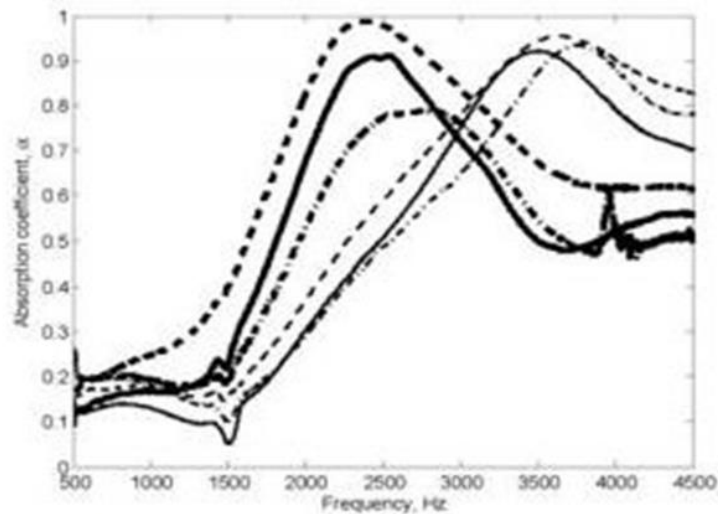


Fig. 5. Absorption coefficient of bamboo with diameter of stem for length 2 cm (thin line) and 3 cm (thick line) and diameter of: - - 0.2 to 0.4 cm, - · - 0.5 to 1 cm and — mixed diameter.

Figura 14. Resultado para muestra A obtenido por el autor del artículo. Tomado de “Putra A, Khair F y Mohd M. (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. *archives of acoustics*, Vol.40, No. 4 Pag 601-608. Recuperado de:<https://url2.cl/2dDRJ>”

Para la muestra de bambusa multiplex (ver figura 6) colocados en el tubo de impedancia de modo que las secciones transversales huecas fueran paralelas a el sonido incidente. Como resultado a lo anterior mencionado determina que los bambúes con diámetro pequeño absorben más energía sonora que aquellos con un diámetro grande. esto se puede lograr visualizar de mejor manera en la siguiente gráfica tomada del documento.

Coefficiente de absorción con diferentes longitudes.

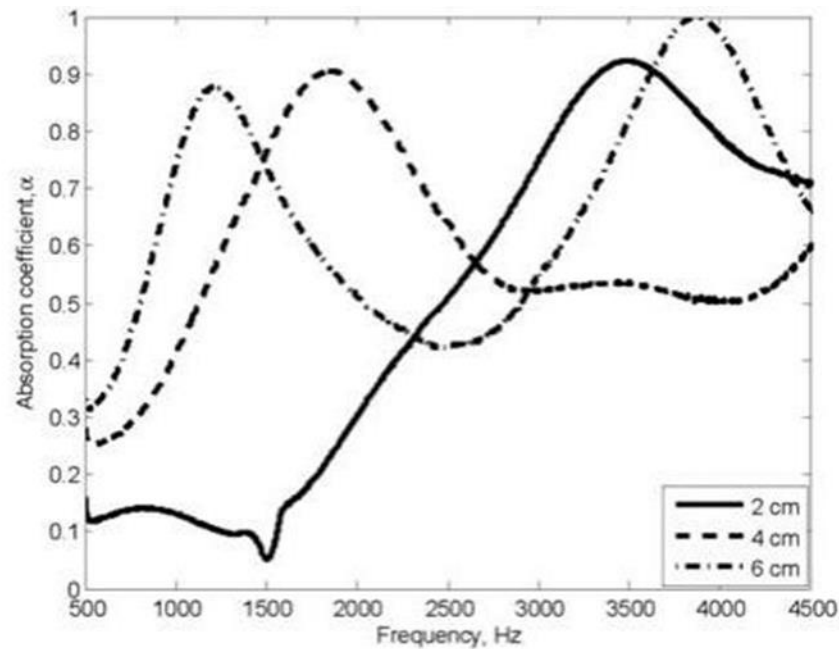


Fig. 6. Absorption coefficient of bamboo with different stem lengths in the axial arrangement.

Figura 15. Resultado obtenido por el autor al variar la longitud del bambú. Tomado de “Putra A, Khair F y Mohd M. (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. *archives of acoustics*, Vol.40, No. 4 Pag 601-608. Recuperado de:<https://url2.cl/2dDRJ>”

Dicho lo anterior y como conclusión para la muestra A sería: la sección de bambú con una longitud a 6 cm es más absorbente en comparación a las de 2 y 4 cm, y en cuanto el diámetro, entre menor sea tendrá una mejor respuesta.

Resultado de muestra B.

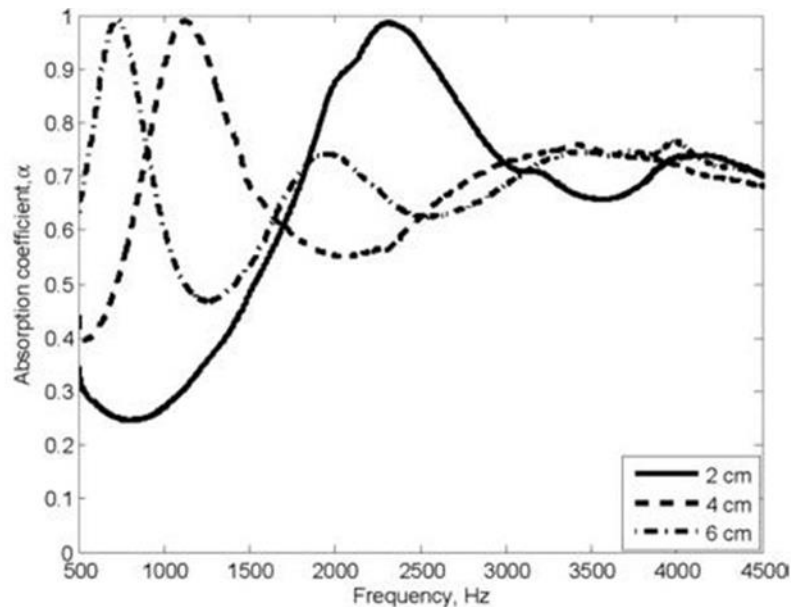


Fig. 11. Absorption coefficient of bamboo for different layer thicknesses in the transverse arrangement.

Figura 16. Resultado obtenido por el autor para la muestra B del bambú. Tomado de “Putra A, Khair F y Mohd M. (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. *archives of acoustics*, Vol.40, No. 4 Pag 601-608. Recuperado de:<https://url2.cl/2dDRJ>”

Como conclusión para esta muestra el autor menciona que los resultados en cuanto al diámetro y longitud son muy similares, pero como se ha variado la orientación del elemento (ver figura 6) el cuerpo absorbe parte de las ondas dado que hay vacíos en la abertura del tubo, y esto da como resultado que entre mayor sea el grosor de la capa del bambú, tendrá una mejor respuesta a frecuencias altas.

Resultados muestra C.

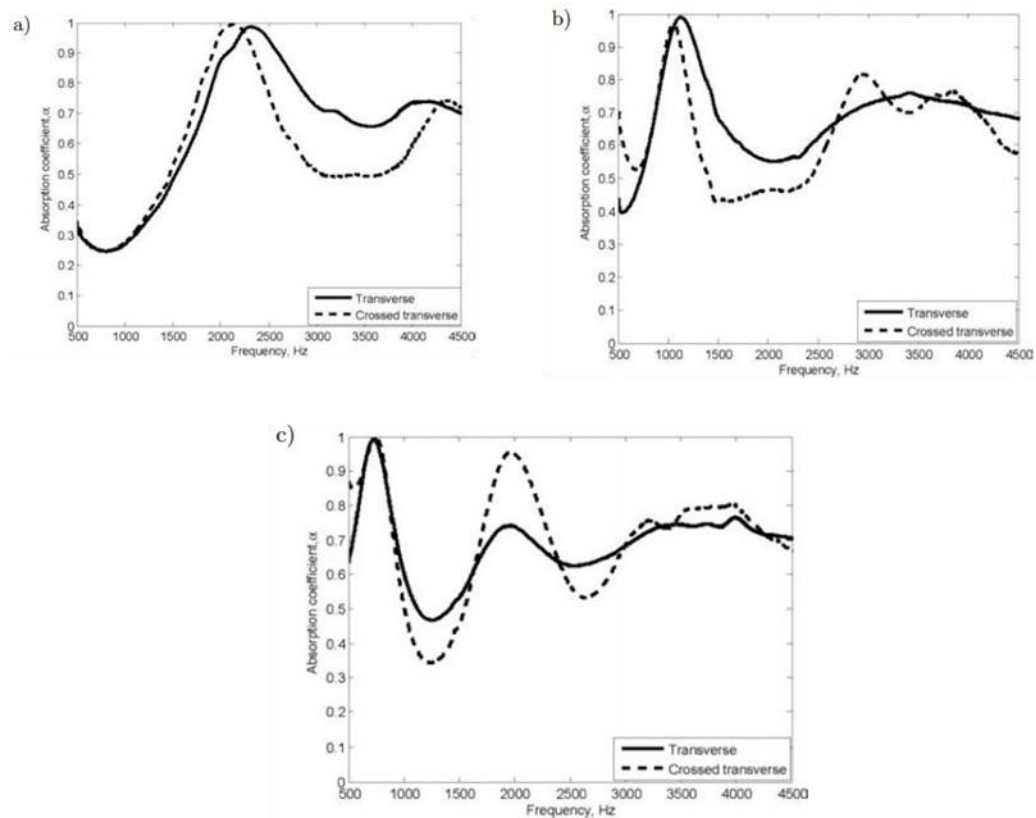


Fig. 14. Comparison of absorption coefficient of bamboo in the transverse and crossed-transverse arrangements for different layer thicknesses: a) 2 cm, b) 4 cm, and c) 6 cm.

Figura 17. Resultados de la muestra C. Tomado de “Putra A, Khair F y Mohd M. (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. *archives of acoustics*, Vol.40, No. 4 Pag 601-608. Recuperado de:<https://url2.cl/2dDRJ>”

Donde la gráfica A es para bambúes de longitud de 2 cm, B para 4 cm y C para 6 cm. El autor da como conclusión que la longitud de 6 cm es más efectiva en comparación de las otras.

De esta muestra se destaca que, al tener los elementos transversales, es decir con una orientación irregular (ver figura 17), la onda tendrá mayor dificultad para viajar, haciendo de esta muestra la más eficiente según las conclusiones tomadas del autor del artículo.

La disposición transversal cruzada tiene como objetivo proporcionar una ruta de aire más compleja dentro de la muestra para aumentar el coeficiente de absorción. En la Figura 11 (Fig. 14) muestra que los resultados en el primer pico resonante son similares a los de la disposición transversal normal, excepto que la disposición cruzada produce una caída más baja. (Putra et al., 2015).

Como conclusión de este documento se puede decir que se evidencia una absorción acústica por parte del material, ya que gracias a su estructura hueca logra tener una respuesta positiva para su implementación en temas acústicos; aunque la finalidad de este proyecto es el aislamiento acústico, es relevante la mención del mismo, debido a las conclusiones dadas por el autor en cuanto a longitud y diámetro más eficientes a la exposición por ruido, dicho lo anterior se toma como referente para las siguientes dimensiones del panel a desarrollar 0.60 m x 0.60 m, con diámetro de 0.03 m.

6.4 Parámetros evaluación de capacidad de atenuación de las ondas.

La tesis de Álvarez, (2017), titulada Desarrollo de paneles a partir de la caracterización de las fibras de culmo de *Zea Mays* (maíz) y hojas de *musa (x) paradisiaca* (Plátano) como materiales absorbentes del sonido. Realizó la prueba acústica que permite evaluar la capacidad de atenuación de las ondas para dichos paneles creada anteriormente por el ingeniero Alberto Bañuelos (director de AAC Acústica y lumínica) y la ayuda de la arquitecta Andrea Niampira Daza. Desarrollaron un espacio de 0.36 m^3 de volumen, con un lado descubierto destinado para la colocación de los prototipos de 0.60 m^2 para la prueba plantearon cuatro requisitos:

1. Entre la fuente de sonido y el sonómetro no debe existir ningún espacio de aire por donde se pueda transmitir el sonido.
2. La fuente de sonido debe generar un nivel sonoro que sobre pase por lo menos 40 dB sobre el ruido de fondo.
3. Se utilizó un Ruido rosa como fuente de sonido, el cual se caracteriza por descender 3dB por octava, es decir que no tiene el mismo nivel en todas las frecuencias, pero si tiene un nivel constante en todas las octavas.
4. Para el correcto funcionamiento de este espacio es necesario plantearlo en un lugar tranquilo y alejado de cualquier ruido posible, por lo que indica que el lugar más apropiado es un espacio rural.(Álvarez, 2016, p. 93)

Ruido Rosa.

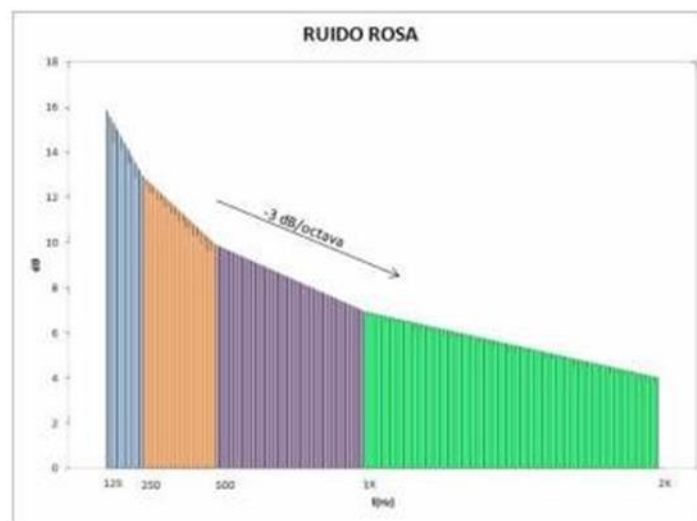


Figura 18. Ruido Rosa y el nivel constante que tiene en 3dB/octava. Tomado de "Sonon, A. (23 de octubre 2013). Ingeniería y acústica, [mensaje en un blog]. Recuperado de <https://url2.cl/B9Twu>"

Dicha prueba es un referente fundamental para este proyecto de paneles en bambú *aulonemia*, ya que la prueba desarrollada por la autora de la tesis ya mencionada la implementó

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

57

en unas fibras naturales para obtener las mediciones acústicas, además del espacio de 0.36m³ de volumen utilizaron un minicomponente, un sonómetro HD600 clase 2.

Esta prueba se realizó a tres paneles de muestras diferentes. El primer panel es de doble placa de drywall con frescasa Foil, el segundo panel tiene siete cm de espesor de fibra de plátano y maíz, el tercer panel tiene doce cm de espesor y es de fibra de plátano y maíz. Los resultados obtenidos por la autora.

Resultados de los paneles.

Muestra 1: panel de Frescasa Foil doble placa de drywall		
	Leq (dBA)	R dBA
	46,6	25,7

muestra 2: panel 7cm Fibras de plátano y maíz		
	Leq (dBA)	R dBA
	46,6	21,9

muestra 3: panel 12cm Fibras de plátano y maíz		
	Leq (dBA)	R dBA
	46,6	26,5

Figura 19. Comparación de resultados obtenidos. Tomado de “Álvarez, Y. (2017). Desarrollo de paneles a partir de la caracterización de las Fibras de culmo de zea mays (maíz) y hojas de musa x paradisiaca (plátano) como materiales absorbentes al sonido. (Trabajo de grado, Universidad La Gran Colombia). Bogotá.”

Como conclusión de este referente, se decide realizar la prueba para este proyecto por medio de la evaluación de atenuación de ondas, teniendo en cuenta que por el brote de Covid-19 y el aislamiento social, no es posible que la universidad preste el sonómetro, de la universidad, la

prueba se mide por medio de una App medidor de sonido-medidor de decibeles, ruido. Además, se tiene la asesoría del docente Erwin Zambrano quien estuvo presente en el momento de realizar la prueba de los paneles a partir de la caracterización de las fibras de culmo de *zea mays* (maíz) y hojas de *musa x paradisiaca* (plátano) como materiales absorbentes al sonido, ya anteriormente mencionado.

6.5 El ruido en cuanto a la salud.

Dentro del documento titulado Ruido: efectos sobre la salud y criterio de su evaluación al interior de recintos por (Chávez, 2006), la intención del autor es enfatizar cómo el ruido puede producir interferencias sobre el mecanismo normal del sueño, esto se denomina alteraciones primarias del sueño, donde se pueden presentar efectos como el aumento del ritmo cardiaco, arritmia cardiaca, cambios en la frecuencia respiratoria.

Las prácticas sociales poco respetuosas es una fuente directa del ruido al interior de la vivienda por ejemplo una conversación moderada es entre 50 dB y 55 dB, una a gritos puede llegar a tener 75 dB a 80 dB, es decir que para lograr tener una inteligibilidad oral habría que superar el ruido de fondo por 12 dB, y con ello generando un malestar poco conveniente para la salud vecina.

Las alteraciones secundarias son aquellas que se generan al siguiente día después de las anomalías que se pudieran presentar a la hora de dormir, efectos como fatiga o modificación del carácter sólo son algunas connotaciones más evidentes de no haber logrado descansar de buena manera.

Y por último los efectos a largo plazo, serían aquellas que no se toman en cuenta al momento, pero funcionalmente el cuerpo empieza a tener un deterioro con repercusiones altamente peligrosas para la calidad de vida. Es por ello que durante la noche los niveles sonoros exteriores no deben de superar los 45 dB.

6.6 Retraso económico y social.

En el comunicado de Morales (2006), se indican algunos efectos nocivos para la salud como lo hablábamos anteriormente, teniendo en cuenta que esto actualmente está entrando en discusión, ya que a medida que pasan los años van incrementando notablemente la contaminación auditiva tanto en exteriores como en interiores, este comunicado incluye unos parámetros brindados por la Organización Mundial de la Salud en la cual se refieren, a un “nivel de ruido exterior de valor.

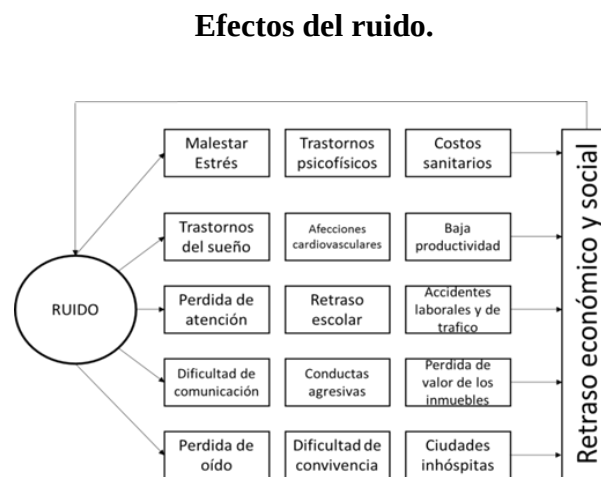


Figura 20. Efectos del ruido molesto en la sociedad. Tomado de “Morales, C. (2006). “el ruido deja en silencio al planeta”, *ciencia y trabajo* No. 20. Recuperado de: <https://url2.cl/q9ux6>”

En la figura anterior muestra los efectos nocivos tanto en el ámbito social, económico y de la salud.

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

60

La Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (s.f), tiene unos estándares máximos para las edificaciones en las cuales también sirven de referencia para las pruebas del prototipo.

Estándares.

Tabla 5

Estándares máximos para las edificaciones

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		

Nota: Esta imagen identifica los dB (decibeles) máximos que se pueden soportar según los horarios que la personas encuentre en la vivienda. Tomado de “Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f). Información general sobre la problemática de ruido. Recuperado de <https://url2.cl/IJsE9>”

Con estos datos se obtiene un rango estándar de los resultados, estos datos son fundamentales al momento de realizar la prueba para evidenciar si el panel en bambú *aulonemia*, sirve como aislante acústico en la vivienda de Bogotá, o para hacer una comparación de la cantidad de ondas sonoras que pasaron en el panel de bambú *aulonemia*. Con el fin de identificar si disminuye las molestias que ocasionan ruidos en el piso inferior donde se producen y así mejorar la calidad de vida en las personas que habitan estos recintos.

6.7 Cielo Raso.

Un factor indispensable a la hora de construir hoy en día es la sostenibilidad, esta palabra ha enmarcado una larga brecha de cómo mejorar, optimizar o diseñar a favor del planeta, es por ello que la utilización de materiales ecológicos está siendo cada día más implementados, dando pie a diferentes investigaciones, análisis y prototipos de construcción.

El cielo raso es un elemento constructivo de las viviendas que en ocasiones funciona como mejora de confort en estas mismas y para los residentes de estos sitios, ya que actualmente con la contaminación auditiva las personas están sufriendo más daños en su salud y en la manera de descansar. Este techo enfocado en temas acústicos ayuda a disminuir esta problemática ya que algunos son aislantes o absorbentes de ondas sonoras.

Soberón, (2016) define el cielo raso de la siguiente manera: “como un elemento muy utilizado en la construcción y refacción de viviendas y locales” (p.5). En este informe se realiza una tipología del cielo raso entre el de yeso y una marca llamada Horpac la cual tiene una serie de modelos como lo son cosmos, el casetón, dados, estriado, roma escuadra, andante y por último Excel, éstas varían en su diseño y acabado también tienen características de resistencia a la humedad, aislamiento térmico, resistencia a la reflexión, seguridad en caso de incendios, absorción acústica, en la tesis de Rodríguez y Fernández (2017). se muestra los principales efectos nocivos, para la salud que trae la contaminación auditiva como lo son “Disminución de la capacidad auditiva, Perturbación del descanso y del sueño, Efectos mentales y de rendimiento, Irritación en los hogares, Interferencia con las labores cotidianas” (p. 26). Incluyendo una serie de estudios a los diferentes entresijos y sus reacciones acústicas además de esta imagen la cual implementa las características económicas y sociales que influyen en el ruido.

7. Capítulo 2 Planteamiento de modulo en bambú

aulonemia.

Para lograr el objetivo planteado de este proyecto se consideraron las diferentes conclusiones expuestas anteriormente por diferentes autores; sin embargo, es la implicación de la longitud y el diámetro desarrollado en el artículo científico de Putra et al. (2015) quien determina las condiciones ideales del material.

Es por ello que se mandó traer el bambú *aulonemia* de Rondón (Boyacá), el señor Rafael Álvarez, encargado del envío del bambú ya cortado a la medida de 0.60m de largo y un 0.03m de diámetro.

Bambú aulonemia.



Figura 21. Bambú *aulonemia*. Elaboración propia.

Ya con el material en el lugar de trabajo, se busca un carpintero que elabore el marco del módulo ya que él cuenta con las herramientas necesarias para corte de la madera la cual se

implementa el pino blanco, acústicamente las maderas en su mayoría tienen buena absorción ya que son blandas o porosas.

Marco para el bambú *aulonemia*.

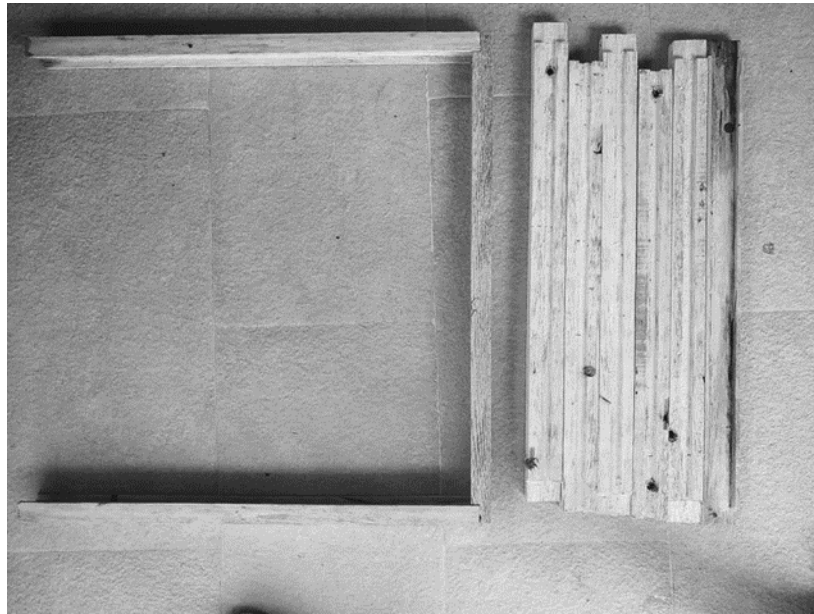


Figura 22. Marco y las piezas del módulo. Elaboración propia.

En la imagen se puede ver que el marco no está completamente cerrado, ya que se debe dejar el espacio para poder introducir el bambú. Igualmente, los otros elementos que se encuentran al lado del marco muestran cómo son internamente las piezas y la manera de encajar entre ellas mismas.

Ya con las piezas del panel listas y debidamente ensambladas se procede con la parte interna del panel que es introducir el bambú.

7.1 Panel 1: Bambú de diámetro completo.

Para este módulo se utiliza el bambú *aulonemia* de manera completa referente a su forma, En la parte externa el material trae la forma de los nudos internos, estos se pulen un poco para tener un mejor entre las piezas en bambú *aulonemia*, y de esta manera obtener menos luz entre piezas.

Bambú *aulonemia* estructura completa y nudos pulidos.



Figura 23. Bambú *aulonemia* con los nudos completos y pulidos respectivamente. Elaboración propia.

Ya con los nudos pulidos para un mejor encaje se empieza el encaje de las piezas insertando en el marco de madera sucesivamente hasta complementar el panel, con el bambú en el lugar se pasa a colocar la última cara del marco sellando el panel por completo.

Montaje de bambú *aulonemia* con marco.



Figura 24. Montaje de bambú *aulonemia* con el marco, ajustando a conicidad. Elaboración propia.

Primer panel en bambú *aulonemia*.

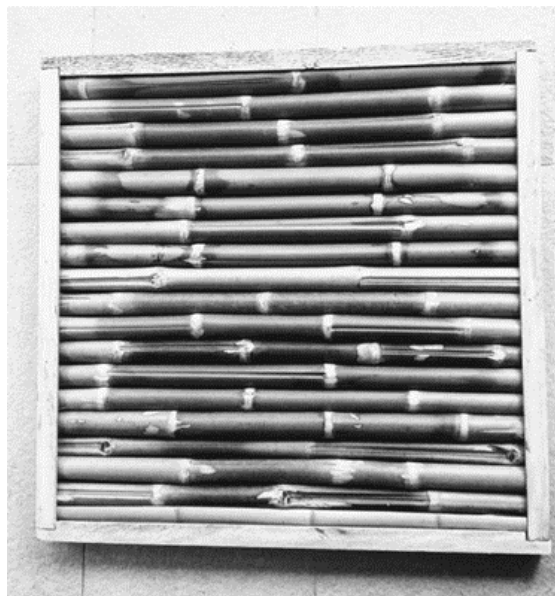


Figura 25. Módulo final. Referencia: Elaboración propia.

7.3 Panel 2: Diseño del bambú entrelazado.

Para este panel se implementa el bambú *aulonemia* cortado por la mitad a lo largo de los 0.60 m y los nudos de la parte interna del bambú se quitan, para poder entrelazar las piezas, por la parte exterior no se realiza ningún cambio queda con el acabado natural.

Corte vertical y eliminación del nudo.



Figura 26. Bambú corta y proceso de eliminar el nudo interior. Elaboración propia.

El proceso de corte del bambú *aulonemia* se elaboró con una pulidora, lo hizo una persona capacitada en el tema, para eliminar el nudo interior se utilizó un formón curvo, Este proceso lo realizó la misma persona capacitada en estas herramientas, después de esta fase se inicia el desarrollo del módulo entrelazando las piezas del bambú *aulonemia*.

Entrelazamiento de las piezas.

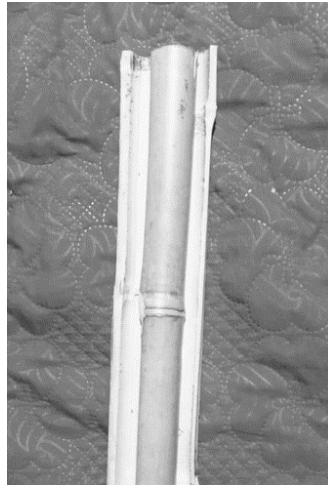


Figura 27. *Bambú entrelazado*. Elaboración propia.

Al continuar con la elaboración del panel se comienza a insertar las piezas entrelazadas, esta fase fue complicada ya que mientras se insertaba una pieza las otras se desacomodan; este entrelazado se hace con el fin de no tener luces y cubrirlas con el mismo material, de esta manera la onda sonora no tiene lugar por donde pasar.

Panel 2 en bambú *aulonemia*.



Figura 28. Módulo final. Elaboración propia.

7.4 Sistema de descuelgue para el panel de cielo raso en bambú *aulonemia*.

Se entiende que un sistema de descuelgue para cielo raso es aquel cuyo anclaje o fijación está en el techo de la vivienda, mediante unos perfiles usados como superficie para el panel, de esta manera logra mantenerse firme y seguro, consiguiendo así el aspecto de cielo falso.

Hunter Douglas Architectural es una compañía alemana fundada Henry Sonnenberg, que tiene operaciones en Europa, Norteamérica, Latinoamérica, Asia y Australia; especializada en la elaboración de elementos embellecedores del exterior e interior de la vivienda incluyendo cielos rasos. En Colombia cuentan con más de 50 años operando dando garantía de calidad a sus productos, adicional a ello esta compañía se caracteriza por sus ideales ecológicos sustentables, que se ven relacionados con el proyecto desarrollado.

Es por ello que se toma como referente para el sistema de descuelgue para el panel propuesto dentro de esta investigación debido a la experiencia y calidad ofrecida de sus productos. (HunterDouglas Architectural, 2018).

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

69

Perfiles.

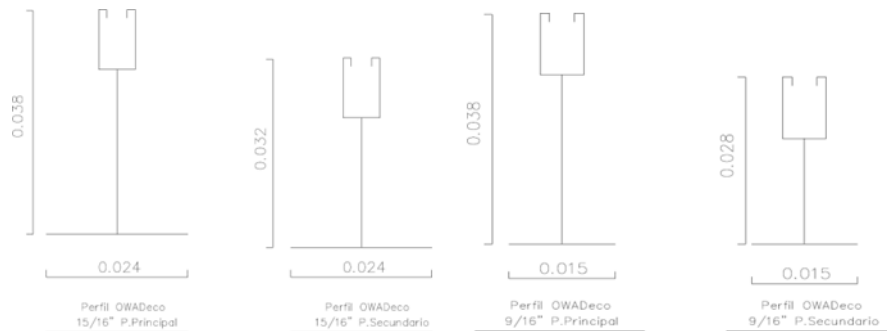


Figura 29. Perfiles. Elaboración propia.

Isométrico de sistema con modulo en bambú *aulonemia*.

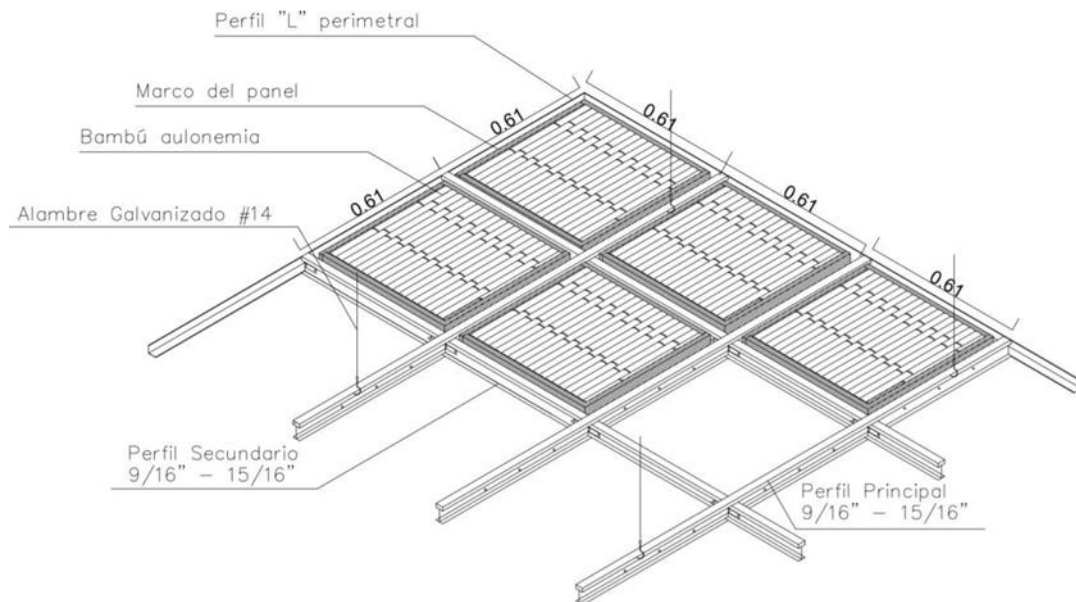


Figura 30. Isométrico de sistema de descuelgue. Elaboración propia.

En las figuras anteriores se puede apreciar el sistema de descuelgue del elemento, donde un alambre galvanizado #14 es fijado al techo y los perfiles cada 1220 mm, dejando una retícula de 610 mm, donde finalmente se instala el módulo de bambú *aulonemia*.

8. Capítulo 3 Análisis de resultados.

Para la evaluación del material los diferentes autores expuestos anteriormente, realizan las respectivas pruebas con el tubo de impedancia, de esta manera evaluar las propiedades acústicas de los elementos, sin embargo, Álvarez, 2017. En su documento titulado Desarrollo de paneles a partir de la caracterización de las fibras de culmo de *zea mays* (maíz) y hojas de *musa x paradisiaca* (plátano) como materiales absorbentes al sonido, plantea la prueba de evaluación de atenuación de ondas sonoras, siendo esta la más indicada dadas las circunstancias por la pandemia global denominada Covid -19, que transcurre en el momento del desarrollo de este proyecto.

Consecuente a lo anterior se solicita la asesoría de un experto en materiales natural como lo es el Arquitecto Erwin Zambrano docente de la Universidad La Gran Colombia, quien nos termina de dar los lineamientos para finalmente ejecutar la prueba.

8.1 Parámetros para la capacidad de atenuación en las ondas.

Dentro de los parámetros para la ejecución de este proyecto se debe tener en cuenta una prueba de atenuación de ondas, es decir un ensayo donde el panel se exponga a una fuente sonora cuyos sonidos emitidos sean de ciertas frecuencias establecidas para los niveles de absorción acústica.

Para estas pruebas se usará un aplicativo de celular Sound Meter, este servirá para captar los dB generados por la fuente sonora, que estará ubicada de manera estratégica como se muestra en la figura ...

1. El área de la fuente de sonido y el celular con la app abierta, no deberá tener espacio de circulación de aire donde se pueda transmitir el sonido.
2. Se utilizó un Ruido rosa como fuente de sonido, el cual se caracteriza por descender 3dB por octava, es decir que no tiene el mismo nivel en todas las frecuencias, pero si tiene un nivel constante en todas las octavas (Álvarez, 2017).
3. Para lograr el objetivo de este ensayo se deberá tener un espacio con el menor ruido posible, en las mejores circunstancias un espacio rural, pero debido a situaciones adyacentes este se realizará en el barrio Marco Fidel en la localidad Rafael Uribe Uribe (Diagonal 49B #13G - 01 Sur), donde como muestra en la imagen hay un área libre para poder desarrollar la prueba.
4. El siguiente esquema muestra un plano en corte donde muestra cómo se debe de instalar los diferentes componentes del ensayo, con el fin de tener el resultado más legítimo posible.

Zona para ejecución de ensayo.

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

72



Figura 31. Área para ejecución de prueba de Absorción Acústica. Elaboración propia.

Diseño de estructura para la prueba de absorción acústica.

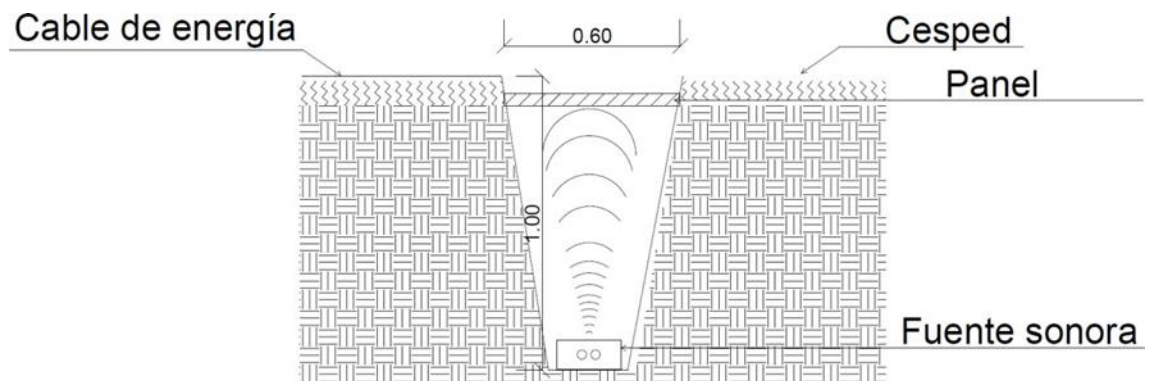


Figura 32. Plano de corte. Elaboración propia.

Fuente de sonido.



Figura 33. Fuente de sonido. Tomado de: “LG, (2004). Manual de usuario de Sistema mini componente.

Recuperado de: <https://bit.ly/37fZ56P>”

Sound Meter.



Figura 34. Captura de pantalla con la aplicación Sound meter. Elaboración propia.

8.2 Ejecución de la prueba evaluación sonora de ondas.

La prueba se realizó el día 21/05/2020 a las 7:00 am y se finalizó a las 11:00 am de este mismo día, se comenzó con la elaboración del hueco con 1.00 metro de profundidad y 0.60 metros cuadrados alrededor del hueco se pusieron unos palos de soporte ya que el terreno estaba un poco inestable por la lluvia, para el soporte del panel se elaboró un borde con la misma tierra para que lo soportara.

Al tener este proceso terminado se procedió a introducir uno de los bafles del minicomponente al fondo de la excavación comprobando que funcione.

Excavación y ubicación del baffle.



Figura 35. Excavación y ubicación del baffle. Elaboración propia.

Ya con los implementos en su lugar se procede a tomar los niveles de decibeles sin ningún módulo de obstáculo para el sonido en las cuatro esquinas de la excavación realizada.

Medición ruido fondo.

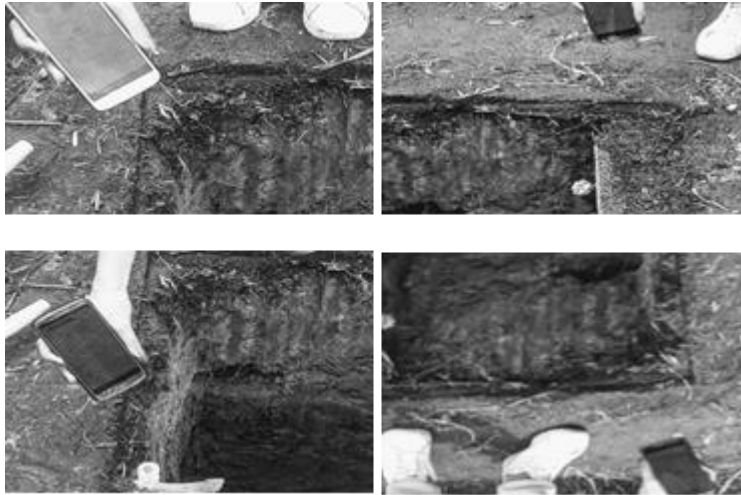


Figura 36. Medición de los cuatro puntos de la excavación. Elaboración propia.

En el momento de realizar la toma del ruido de fondo se elabora la medición de cinco puntos los cuales son en cada esquina y un punto en el centro del ruido rosa, estas mediciones también se desarrollado a tres niveles de volumen 10-20-30.

Toma de ruido rosa.

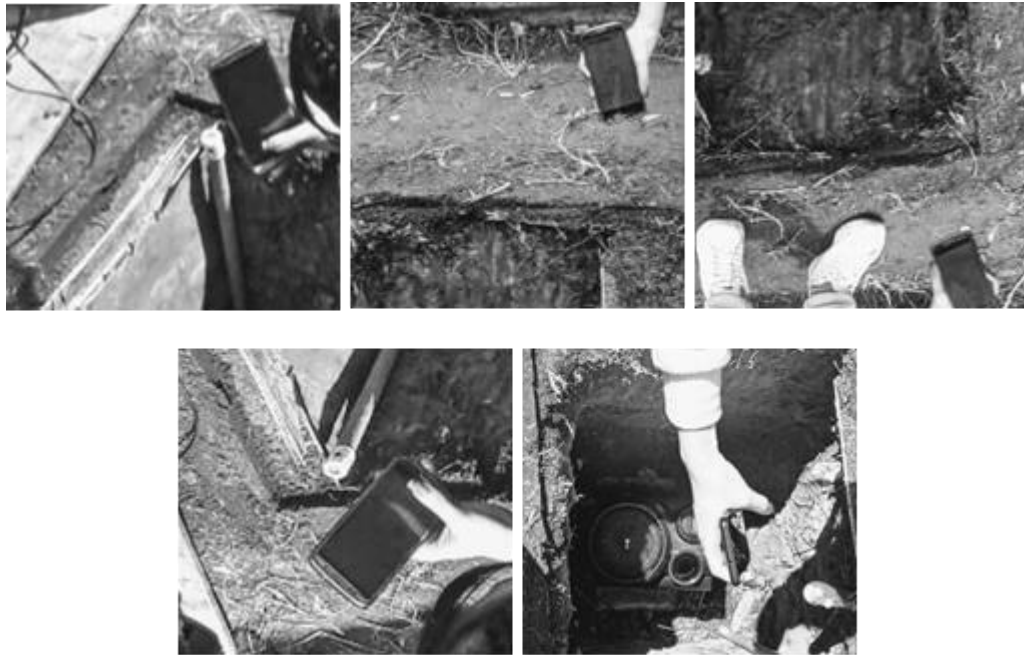


Figura 37. Toma de medición para la excavación. Elaboración propia.

Como se aprecia en las figuras anteriores se toma la medición de los cinco puntos para la excavación, con los datos se realiza la montura del primer panel para la medición de los decibeles con la aplicación de igual manera como se mencionó anteriormente a tres niveles de volumen 10-20-30.

Prueba del primer panel Bambú *aulonemia*.



Figura 38. Toma de mediciones para primer panel. Elaboración propia.

Al terminar las mediciones con el primer panel se comienza la prueba con el segundo panel de bambú *aulonemia* de igual manera se toma la prueba a tres niveles de volumen 10-20-30.

Prueba segundo panel en bambú *aulonemia*.



Figura 39. Toma de mediciones para segundo panel. Elaboración propia.

Además de las pruebas con ruido rosa, se realizó una prueba de ruido por impacto la cual se realizó mediante un martillo, se introdujo una persona dentro de la excavación se colocó el panel en la superficie y con el martillo golpeo el panel, para del otro lado del panel poder medir los decibeles que pasan mediante el golpe por impacto que es el más frecuente las viviendas verticales.

Para las pruebas el celular con la aplicación se ubicó aproximadamente a 5 cm de los paneles y la muestra se tomó por un tiempo de 30 segundos por cada punto para obtener una muestra para obtener un resultado eficiente.

8.3 Resultados de la prueba de medición de ondas sonoras.

Con los resultados obtenidos se clasificaron en tres partes, como lo muestra en las siguientes tablas realizadas, además se realizó un promedio para poder identificar los resultados

de manera más clara.

Tabla 6.

Resultados del ruido en decibeles

Ruido	Volumen	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Promedio
Rosa	10	21,3	20,8	21,4	20,9	21,3	88,6
	20	34,9	35,1	35,2	34,8	35,2	147
	30	35,3	35,2	34,9	35,0	34,8	147

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla se muestra los resultados de los decibeles del ruido rosa a diferentes niveles de volumen, en la excavación sin ninguno de los paneles.

Tabla 7.

Resultados del ruido en decibeles para el panel de diseño entero

Ruido	Volumen	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Promedio
Rosa	10	16,0	17,7	12,4	18,6	18,9	68,4
	20	28,3	30,3	31,6	29,1	29,9	125
	30	34,2	31,7	34,5	32,3	34,9	139
Impacto		0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,7

Fuente. Elaboración Propia.

En esta tabla se muestran los resultados en decibeles del ruido rosa a diferentes volúmenes con el primer panel.

Tabla 8.
 Resultados del ruido en decibeles para el panel de diseño entrelazado

Ruido	Volumen	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Promedio
Rosa	10	16,5	15,9	15,1	14,5	21,6	66,3
	20	21,9	27,5	28,5	28,7	29,5	112
	30	34,1	34,9	34,1	32,5	34,9	142
Impacto		0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	3,7

Fuente. Elaboración Propia.

En esta tabla se muestran los resultados en decibeles del ruido rosa a diferentes volúmenes con el segundo panel.

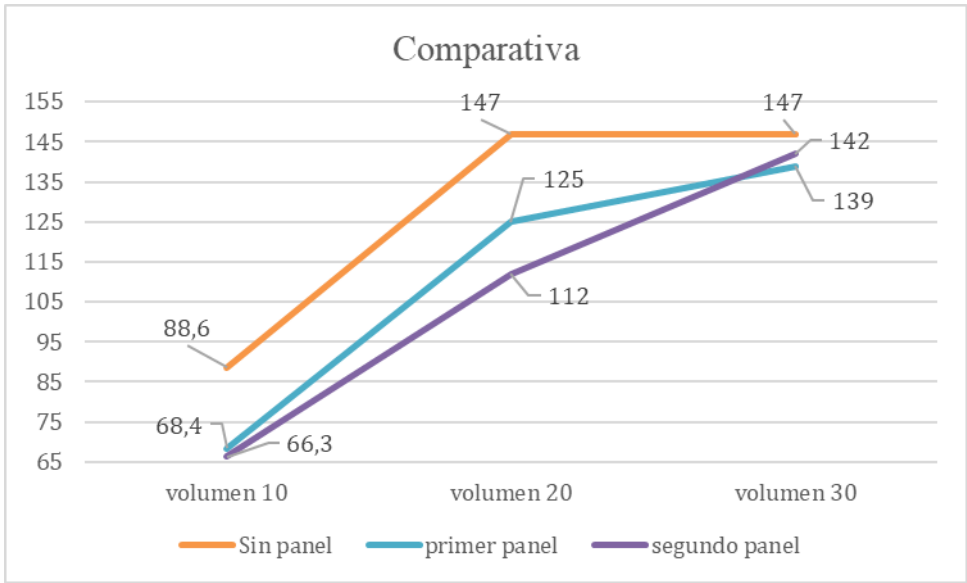


Figura 40. Grafica comparativa de resultados. Elaboración propia.

En la gráfica anterior se aprecia una comparativa entre los resultados promedios expuestos en las tablas, donde se observa de manera más gráfica la evidencia obtenida al exponer el panel a una fuente de sonido incidente.

Dicho lo anterior se muestra como el segundo panel (franja morada), presenta una mejor respuesta, frente al panel uno (franja azul), más sin embargo los resultados para el primer panel no son despreciables ya que ante ruido por impacto proporcionado por un martillo muestra una mejor respuesta.

Esto quiere decir que la orientación en el panel si influye y al entrelazar los elemento no quedan espacios para que las ondas sonoras no pasen fácilmente, esto fue lo que permitió tener una mejor respuesta acústica frente al primer panel, en cuanto al diseño debido a los nudos que hacen parte del bambú no permite un encaje total entre bambú y bambú.

Lo anterior mencionado fue lo que influyo en el primer panel para que no obtuviera buena respuesta acústica, debido a la forma en que estaba el elemento, permitiendo pasar las ondas sonoras por los vacíos donde la onda trascendió sin ninguna interrupción.

8.4 Comparación frente a otros materiales.

Al comparar la respuesta que se obtuvo por los paneles de este proyecto frente a otros materiales naturales como el que se encontró en el proyecto “Desarrollado a partir las fibras de culmo de *zea mays* (maíz) y hojas de *musa x paradisiaca* (plátano) como materiales absorbentes al sonido”, en el cual la autora Yesika Patricia Álvarez Ruiz realizó la misma prueba de atenuación de ondas ya mencionada en el marco teórico.

Ella obtuvo un valor promedio de 91 dB en cada uno, al comparar con los resultados obtenidos por los paneles de bambú *aulonemia* en un valor promedio es 106 dB en el panel de

forma entera del bambú y 110dB en el segundo panel de forma entrelazada del bambú. Se evidencia una mejor respuesta frente al diseñado por la autora Yesikia Alvarez, ya que los prototipos ensayados por la autora son de fibra y su diseño ayuda a obtener mejores resultados, ya que el módulo es totalmente sellado y no permite paso de las ondas sonoras. Cabe aclarar que las pruebas fueron desarrolladas con los equipos idóneos para este tipo de ensayos, lo que permite tener resultados más confiables.

Además, se resaltar que, para comprobar que el material utilizado en este proyecto realmente funciona de manera acústica, se analizaron diferentes referentes como lo son: El bambú y sus características acústicas, fibra de la guadua y Utilizing Hollow - Structured Bamboo as Natural Sound Absorber, los cuales permitieron dar viabilidad al proyecto. Al realizar las pruebas tanto en el material como en sus propiedades, se evidencia que el bambú y la guadua acústicamente funcionan tanto por su forma como por sus características. Al comparar estos referentes con este proyecto, se comprobó que el material bambú *aulonemia* obtiene resultados favorables frente al paso de las ondas sonoras, ya que no pasan de la misma forma que provienen de la fuente sonora.

9. Conclusiones

La investigación desarrollada tubo como primera instancia la elaboración de un marco teórico que logra abordar los principales conceptos que se manejan a lo largo del desarrollo del mismo, esto con el fin de presentar al lector conocimientos fundamentales para la comprensión cognitiva del documento.

El proyecto desarrollado permite identificar las propiedades aislantes del bambú, expuesto dentro del marco referencial de la investigación, donde los diferentes autores demostraron, evidenciaron y concluyeron las propiedades acústicas que posee el material, mediante pruebas como el tubo de impedancia o la cámara anecoica, llegando a determinar cómo las fibras, cuerpo y composición del elemento responde positivamente en cuanto a ruidos incidentes se refiere.

En función de la metodología cuantitativa propuesta en el documento para llevar a cabo el diseño del panel para cielo raso en bambú *aulonemia*, se procede para la planificación, y diseño del mismo.

A partir de las observaciones y parámetros establecidos se construye un panel en bambú *aulonemia* de 0.60 x 0.60 puesto que es la medida estándar encontrada en el mercado; soportado por un marco elaborado en pino, esto con el fin de lograr tener una mejor estabilidad de los elementos a la hora de transportarlo, finalmente se obtiene un producto para someterlo a una prueba de ruido incidente.

Este análisis se puede concluir que este material es una alternativa viable a la hora de su implementación como material acústico, debido a su bajo impacto ambiental, adquisición

sencilla y buena perdurabilidad, además el bambú *aulonemia* permite una práctica manipulación al momento de hacer elementos para la vivienda en cuanto a paneles para cielo respecta, ya que su precio y todos los beneficios adicionales mencionados anteriormente, puede lograr satisfacer las necesidades del confort auditivo al evitar el paso de ruidos incómodos o molestos que pueden lograr perturbar la tranquilidad del sueño.

Cabe aclarar que, en el momento de construcción de los prototipos, el panel que se diseñó con el bambú entrelazado presenta dificultades en el momento de insertar el material al marco, ya que los elementos insertados se sueltan dificultando seguir con el procedimiento.

10. Recomendaciones

Inicialmente este proyecto se planteó realizar bajo parámetros acústicos que se iban a medir de forma certificada y por medio de un laboratorio acústico, esto no se pudo cumplir por la pandemia Covid-19 y las medidas de aislamiento social, es por ello que se recomienda para las futuras investigaciones realizar la misma prueba mediante los laboratorios acústicos certificados para obtener resultados más exactos.

Así mismo quedan pendientes pruebas que identifiquen sus propiedades de resistencia mecánica, durabilidad, respuesta ante la exposición al fuego y el análisis de las fibras del bambú *aulonemia*.

También se puede ver conveniente ejecución de ensayos al panel ante pruebas de aglomerantes y variación de pesos, esto con el fin de elaborar una ficha técnica que proporcione al usuario final todas las características que puede lograr obtener el panel a base de bambú *aulonemia*.

Además, para próximas investigaciones se recomienda evaluar propiedades como lo son las fibras del bambú *aulonemia*, ya que, en varias tesis investigadas, evalúan las fibras de otros tipos de bambú y guaduas. Para identificar internamente como es el comportamiento de estas frente al tema acústico. Igualmente ensayar diferentes formas de orientación para obtener diferentes resultados en el panel y de esta manera reconocer cual es la manera en que el panel obtiene mejor respuesta acústica ya sea en el tema de aislamiento como en el tema absorbente.

11. Lista de Referentes

Abeacustica. (18 de julio 2013). Definiciones índices del ruido. Recuperado de

<https://url2.cl/IJsQJ>

Aguilar, L. (2014). Manual de construcción de estructuras con bambú. Recuperado de

<https://url2.cl/fSb46>

Alcaldía de Bogotá, (s.f), Documentos para ruido: normas de protección, resolución 8321 de

1983 del ministerio de salud. Recuperado de <https://url2.cl/qgKBY>

Álvarez, Y. (2017). Desarrollo de paneles a partir de la caracterización de las Fibras de culmo de *zea mays* (maíz) y hojas de *musa x paradisiaca* (plátano) como materiales absorbentes al sonido. (Trabajo de grado, Universidad La Gran Colombia). Bogotá.

America Bamboo Society, (2009), Bamboo Species Spurge List No. 29, [Tabla]. Recuperado de

<https://url2.cl/w6ELp>

BambuTico. (2019). Bambu betung, [figura]. Recuperado de <https://url2.cl/HZ5c7>

Botia, J. (2016). Alarmas de aviso en los parques. Bomberos 080. Vol. (3). Página 17-18.

Recuperado de <https://bit.ly/2YzYyc0>

Chávez, J. (2006). Ruido: Efectos Sobre la Salud y Criterio de su Evaluación al Interior de

Recintos. *Ciencia y trabajo* Vol. 8, No.20. 42-46. Recuperado de <https://url2.cl/GunyS>

Construmática, (s.f). Cielo Raso. Recuperado de <https://url2.cl/SSKQz>

Dominguez, J. (10 de febrero 2001). Siembre Guadua y Coseche Beneficios. *El tiempo*.

Recuperado de <https://url2.cl/dNiup>

Gallegos F y Montalvo D. (2008). Diseño de una cámara anecoica y una cámara reverberante.

(Trabajo de grado, Escuela Politécnica nacional) Recuperado de <https://url2.cl/kXDEh>

Giani, A. (2013). Acústica Arquitectónica. Bogotá Colombia: ediciones de la U

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Recuperado de <https://bit.ly/2Y30R8f>

Homecenter. (s.f). Frescasa. Recuperado de <https://bit.ly/3d8LiAs>

HunterDouglas Architectural (2018), Brochure. Recuperado de <https://url2.cl/F4DZp>

Inercoacustica, (2012). Recuperado de <https://url2.cl/wml7x>

Justavino, J. (2013). La fibra de vidrio en su estado contaminante. *Mente & Materia* Vol. 4,

No.1. pp 10-11 Recuperado de <https://url2.cl/5aEX2>

Karlinasai, L. et al. (2012). Acoustical properties of particleboards made from betung bamboo

(dendrocal-amus asper) as building construction materials, *Bioresources*.Vol.7, No.4.

5700-5709 Recuperado de <https://url2.cl/yJPZ3>

LG, (2004). Manual de usuario de Sistema mini componente. Recuperado de

<https://bit.ly/37fZ56P>

Londoño, X. (2002). Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los

bambúes del nuevo mundo. (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia).

Recuperado de <https://url2.cl/E9t15>

Londoño, X. (2011). El bambo en Colombia. *Biotecnología vegetal*. Vol. 11, No.3. 143-154

Recuperado de <https://url2.cl/ncU9q>

- Martínez, L., Cuellar, Y., Páez, N., Pedraza, J. y Belálcazar-Cerón, L. (2018). Huella de carbono del ciclo de vida de plantaciones forestales comerciales (*eucalyptus grandis*, *pinus patula*) y forestal protectora (*guadua angustifolia kunth*) en Colombia. *International workshop advances in cleaner production*. 7th, P. 5 Recuperado de <https://url2.cl/v4SLK>
- Miyara, F. (1999) Acústica y sistemas de sonido. Editora universidad nacional del rosario republica de Argentina. Recuperado de <https://url2.cl/BR36J>
- Morales, C. (2006). “el ruido deja en silencio al planeta”, *ciencia y trabajo* No. 20. Recuperado de <https://url2.cl/q9ux6>
- NTC 5727. Terminología aplicada a la guadua, sus procesos y sus productos. (2009). Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación [ICONTEC].Colombia.
- OSMAN, (s. f). Ruido y salud. Recuperado de <https://url2.cl/Y5tf3>
- Páez, D. (2016). Caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua, (Tesis de maestría, Universidad Nacional), Bogotá. Recuperado de <https://url2.cl/mApD7>
- Peña, C. (2013), *Bambusa multiplex* Alphonse Karr, Recuperado de <https://url2.cl/r5slF>
- Pinto, M. (2013). Perspectiva del uso del bambú como material alternativo en la industria de la construcción en Panamá. *Mente & Materia*. Vol. 4, No.1 pp. 18-19. Recuperado de <https://url2.cl/vue5j>

Putra A, Khair F y Mohd M. (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound

Absorber. *Archives of acoustics*, Vol.40, No. 4. pp. 601-608. Recuperado de

<https://url2.cl/2dDRJ>

Raya, A. (2017). La diferencia entre explotar un globo en una cámara reverberante y una cámara

anecoica [figura]. Recuperado de <https://bit.ly/2xZQBUj>

Resolución 1740/16. 10,24, 2016. Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (Colombia). 10/04/2020.

Recuperado de <https://bit.ly/2BakmmC>

Rodríguez, C. y Fernández L. (2017). Comparación de entrepisos sistema placa fácil y placa

esterilla de guadua-concreto frente al ruido por impacto. (Trabajo de grado, Universidad

la gran Colombia). Bogotá. Recuperado de <https://bit.ly/2Y8dz4F>

Saglietti, A. (06-09-2018). Espuma de poliuretano y sus efectos en la salud. Recuperado de

<https://bit.ly/2AOYSLZ>

Secretaria Distrital de Ambiente. (s.f). Información general sobre la problemática de ruido.

Recuperado de <https://url2.cl/IJsE9>

Sonen, A. (23 de octubre 2013). Ingeniería y acústica, [mensaje en un blog]. Recuperado de

<https://url2.cl/B9Twu>

Soberón, E. (01 de octubre 2016). Informe falsos cielorrasos, universidad privada del norte.

Recuperado de <https://bit.ly/2UkHifO>

Tablas de absorción, (2010. Pag,8). Acondicionamiento acústico. Recuperado de

<https://url2.cl/DkgjL>

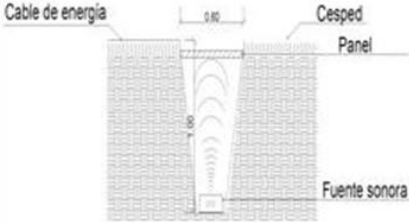
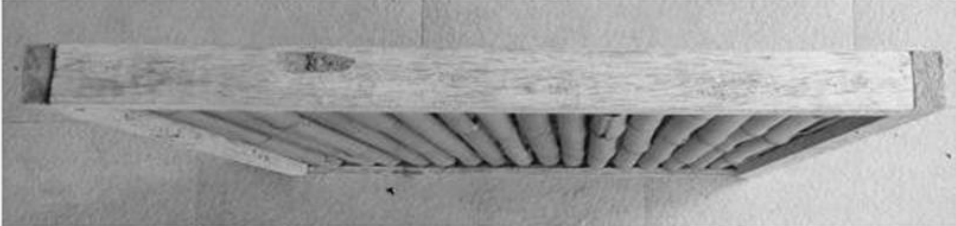
PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

90

Tecsound, (2003), Sistemas de aislamiento acústico para obra nueva y rehabilitación, España: Texsa. Recuperado de <https://url2.cl/VIjzG>

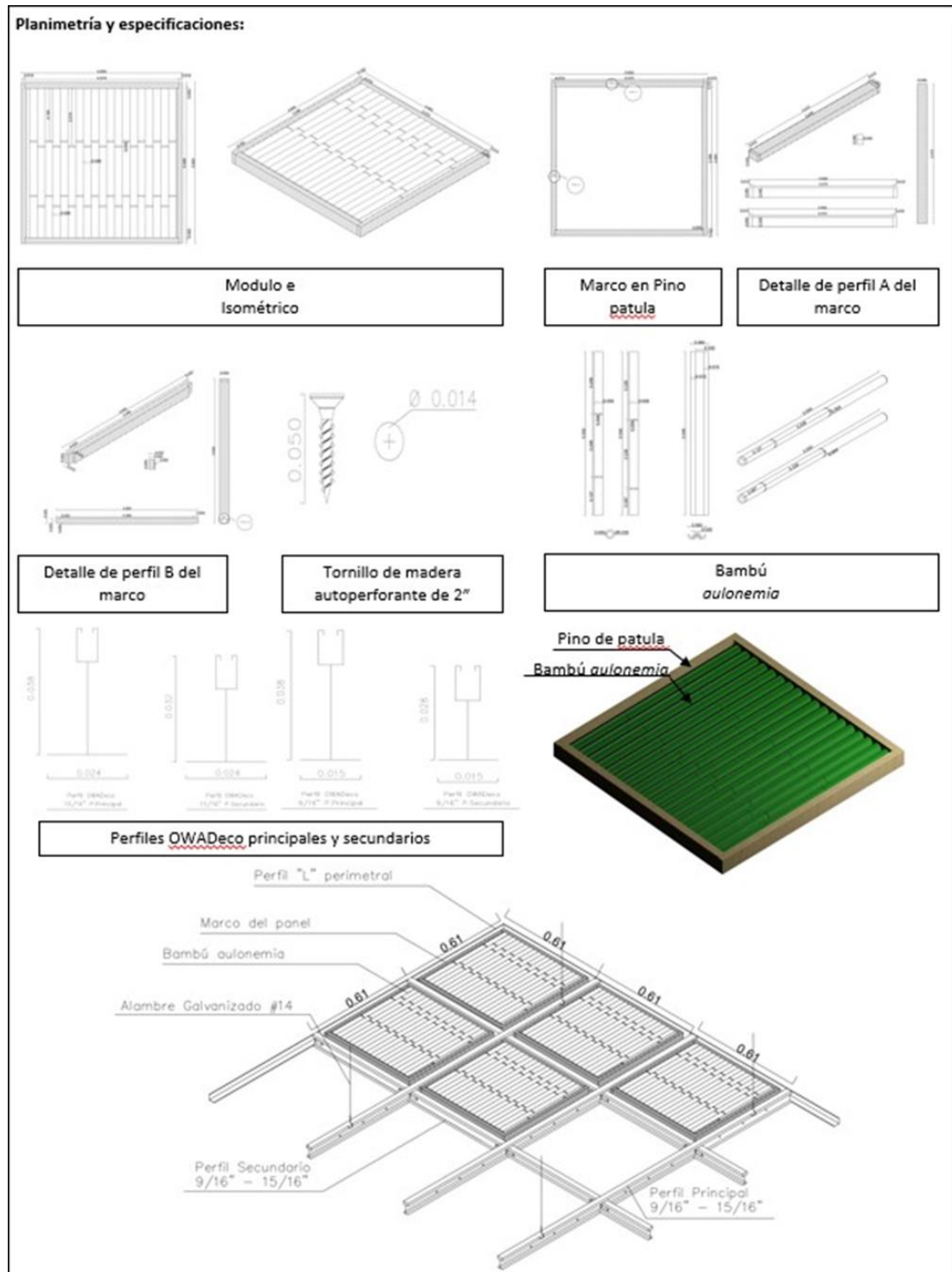
12. Anexos

12.1 Ficha técnica para panel en bambú *aulonemia*.

FORMATO DESARROLLO DE PROTOTIPO GRUPO HÁBITAT TECNOLÓGICO Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA	
Nombre del prototipo: Panel en Bambú Nombre del Proyecto: Panel para cielo raso en bambú <i>aulonemia</i> para el aislamiento acústico en la vivienda vertical en Bogotá. Desarrollado por: Catherine Ramos Reyes – Yeimy Vargas Ortiz Dirigido por: José Alcides Ruiz Hernández	
Descripción: Panel de 0.60 x 0.60 cm desarrollado con bambú <i>aulonemia</i> con el fin de generar aislamiento acústico, debido al poco espesor que posee los entrepisos de concreto en algunas viviendas verticales en Bogotá; adicionalmente a lo anterior se debe tener presente que los materiales usualmente implementados con este fin de solucionar esta problemática tienen un alto impacto ambiental, es por ello que se diseña ese panel para lograr responder a las necesidades acústicas que se puedan presentar al interior de la vivienda, teniendo un bajo costo e impacto ambiental.	
Pruebas de validación: 	Se desarrollan las pruebas de atenuación de ondas, es decir un ensayo donde el panel se exponga a una fuente sonora con ruido rosa. Con el fin de simular una cámara anecoica se hace una excavación como se ve en la imagen posteriormente se coloca el parlante en la parte inferior del agujero y se coloca el panel en la parte superior, finalmente mediante el aplicativo <u>Sound meter</u> se dispone a analizar los dB emitidos por la fuente sonora.
Construcción escala 1:1 (fotografías):    	

PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ *AULONEMIA* PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

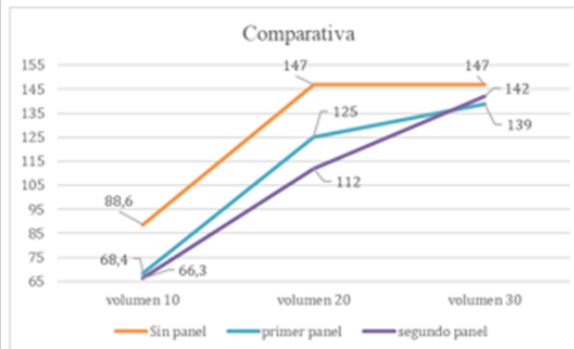
92



PANEL PARA CIELO RASO EN BAMBÚ AULONEMIA PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA VIVIENDA VERTICAL EN BOGOTÁ.

93

Conclusiones:



La investigación desarrollada tubo como primera instancia la elaboración de un marco teórico que logra abordar los principales conceptos que se manejan a lo largo del desarrollo del mismo, esto con el fin de presentar al lector conocimientos fundamentales para la comprensión cognitiva.

Por parte de la prueba se realizó la prueba a cinco puntos de cada panel a diferentes volúmenes estos datos se promediaron y los resultados fueron similares el primer panel fueron 26.69 decibeles y el segundo 26.68 decibeles con ruido rosa, pero por ruido de impacto el primer panel obtuvo mejor respuesta ya que fue 2.7 decibeles y en el segundo fueron 3.7 decibeles.

Al comparar el resultado del panel desarrollado frente al de fibras de culmo de zea mays (maíz) y hojas de musa x paradisiaca (plátano) como materiales absorbentes al sonido", en el cual la autora Yesika Patricia Álvarez Ruiz realizó la misma prueba de atenuación de ondas ya mencionada en el marco teórico. Ella obtuvo un valor promedio de 91 dB en cada uno, al comparar con los resultados obtenidos por los paneles de bambú aulonemia en un valor promedio es 106 dB en el panel de forma entera del bambú y 110dB en el segundo panel de forma entrelazada del bambú. Se evidencia una mejor respuesta frente al diseñado por la autora Yesika Álvarez, ya que los prototipos ensayados por la autora son de fibra y su diseño ayuda a obtener mejores resultados, ya que el modulo es totalmente sellado y no permite paso de las ondas sonoras. Cabe aclarar que las pruebas fueron desarrolladas con los equipos idóneos para este tipo de ensayos, lo que permite tener resultados más confiables.

Referentes:

Páez Soto Darío Alfonso, (2016), Caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua, Universidad Nacional, Bogotá.

Miyara-Federico Rosario (1999) editorial: UNR EDITORA universidad nacional del rosario republica de Argentina <https://es.scribd.com/doc/228027871/Miyara-Federico-Acustica-y-Sistemas-de-Sonido-COMPLETO>

Alvarez Ruiz Yesika Patricia, (2017), Desarrollo de paneles a partir de la caracterización de las Fibras de culmo de zea mays (maíz) y hojas de musa x paradisiaca (plátano) como materiales absorbentes al sonido, Universidad La Gran Colombia, Bogotá.

Karlinasai Lina, Hermawan Dede, Maddu Akhiuddin, Martianto Bagus, Lucky Khrisna Iedo, Nugroho Naresworo & Hadi Sudo Yusuf. (2012). Acoustical properties of particleboards made from betung bamboo (dendrocal-amus asper) as building construction materials, Bioresources, tomado de <https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/viewFile/2681/1820>

Tuah Jaya, D T, (2015), Utilizing Hollow-Structured Bamboo as Natural Sound Absorber. Faculty of Mechanical Engineering Universiti Teknikal Malaysia Melaka. Recuperado de: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-112d215f-f1f1-4bb7-87d0-f195866225aa/content/partContents/c27cb998-2b24-3da2-b198-e72caf0dccc67>

HunterDouglas Architectural (2018), Brochure, [figura]. Recuperado de. https://www.hunterdouglas.com.co/ap/uploads/co/productos/productos_archivo_descarga_3114.pdf.