



# ADECUACIÓN ACÚSTICA PARA ESPACIOS DE FORMACIÓN MUSICAL: ALTERNATIVAS DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO



ESCUELA  
TALLER  
DE BOGOTÁ



MINCULTURA



**TODOS POR UN  
NUEVO PAÍS**

PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

MARIANA GARCÉS CÓRDOBA  
**Ministra de Cultura**

ZULIA MENA GARCÍA  
**Viceministra de Cultura**

ENZO RAFAEL ARIZA AYALA  
**Secretario General**

GUIOMAR ACEVEDO GÓMEZ  
**Directora de Artes**

ALEJANDRO MANTILLA PULIDO  
**Coordinador Grupo de Música**

CELIA BARRANTES JIMÉNEZ  
**Coordinadora Componente Dotación e Infraestructura PNMC**

GUADALUPE GIL PABÓN  
**Coordinadora Proyecto Editorial PNMC**

## **ADECUACIÓN ACÚSTICA PARA ESPACIOS DE FORMACIÓN MUSICAL: ALTERNATIVAS DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO**

**FUNDACIÓN ESCUELA TALLER DE BOGOTÁ –FETB–**  
CATALINA PRADA ALVIS  
**Coordinadora General**

JOSE EMILIO ERAZO DOSANTOS  
JOHNNY ALEJANDRO PINEDA GUERRA  
**Coautores**

JUAN SEBASTIAN DE LA PAVA CHAPARRO  
OSCAR MANUEL PINZÓN OSPINA  
**Planimetría e Ilustración**

CAMILA SILVA URIBE  
**Diseño y Diagramación**

CELIA BARRANTES JIMÉNEZ  
GUADALUPE GIL PABÓN  
**Revisión y ajuste de contenidos**

Material de distribución gratuita con fines didácticos y culturales.  
Queda estrictamente prohibida su reproducción total o parcial con ánimo de lucro,  
por cualquier sistema o método electrónico sin la autorización expresa para ello.

Dirección de Artes  
Plan Nacional de Música para la Convivencia  
Carrera 8 # 8-43 Bogotá, D.C., Colombia  
Teléfonos: (+1) 342 41 00 Línea gratuita: 01 8000 938081  
plandemusica@mincultura.gov.co / www.mincultura.gov.co

Primera edición 2016  
© 2016, Ministerio de Cultura  
ISBN Versión Digital: 978-958-753-266-1



ADECUACIÓN ACÚSTICA PARA ESPACIOS DE  
FORMACIÓN MUSICAL: ALTERNATIVAS DE  
AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO



## CONTENIDO

	<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>7</b>
	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.	<b>CONCEPTOS BÁSICOS.....</b>	<b>14</b>
1.1	Sonido.....	15
1.2	Presión sonora.....	15
1.3	Frecuencia.....	16
1.4	Bandas de frecuencia.....	16
1.5	Espectro de frecuencia.....	17
1.6	Fuente sonora.....	17
1.7	Adecuación acústica.....	17
1.8	Aislamiento acústico.....	18
1.9	Acondicionamiento acústico.....	18
1.10	Ruido.....	18
1.11	Ruido por vía aérea.....	19
1.12	Ruido por vía estructural.....	19
1.13	Absorción.....	19
1.14	Reflexión.....	20
1.15	Difusión.....	20
1.16	Reverberación y tiempo de reverberación.....	20
1.17	Modos normales de vibración.....	21
1.18	Eco Flotante (“flutter echo”).....	22
2.	<b>RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PREVIAS A LA INTERVENCIÓN DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS ESPACIOS.....</b>	<b>24</b>
3.	<b>AISLAMIENTO ACÚSTICO.....</b>	<b>28</b>
3.1	Sobre las fuentes externas de ruido.....	29
3.2	Diseño de aislamiento acústico.....	31
3.2.1	Piso flotante.....	31
3.2.2	Paredes aisladas.....	33
3.2.3	Cielo raso.....	35
3.2.4	Puertas acústicas.....	37
3.2.5	Ventanas acústicas.....	39
4.	<b>ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.....</b>	<b>42</b>
4.1	Selección de las salas.....	44
4.2	Acondicionamiento acústico N°1 sala pequeña.....	46
4.2.1	Trampas de bajo.....	51
4.2.2	Paneles A-R.....	51
4.2.3	Paneles A-A.....	52
4.2.4	Paneles AI.....	53
4.2.5	Paneles R.....	53
4.2.6	Difusor policilíndrico GI.....	54
4.2.7	Difusor piramidal G.....	54
4.2.8	Difusor PRD-G.....	55
4.2.9	Paneles fonoabsorbentes P.....	55

4.2.10	Difusor policilíndrico G2.....	56
4.2.11	Elemento adicional (opcional).....	56
4.3	Acondicionamiento acústico N° 2 sala mediana.....	58
4.3.1	Trampas de bajo.....	63
4.3.2	Paneles A2.....	63
4.3.3	Difusor policilíndrico G1.....	64
4.3.4	Paneles perforados.....	64
4.3.5	Difusor piramidal G.....	65
4.3.6	Difusor PRD-M.....	65
4.3.7	Láminas curvas reflectantes.....	66
4.3.8	Difusor de cielo raso M.....	66
4.4	Acondicionamiento acústico N°3 sala grande.....	68
4.4.1	Trampas de bajo.....	73
4.4.2	Paneles A1.....	73
4.4.3	Paneles A2.....	74
4.4.4	Paneles R.....	74
4.4.5	Paneles perforados.....	75
4.4.6	Difusor policilíndrico G1.....	75
4.4.7	Difusor central G.....	75
4.4.8	Celosía G.....	76
4.4.9	Difusor de cielo raso M.....	76
4.4.10	Nubes acústicas A.....	77
4.4.11	Nubes acústicas B.....	78
4.4.12	Nubes acústicas C.....	79
5.	<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y USO DE LOS ELEMENTOS DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO</b> .....	82
5.1	Mantenimiento y uso de cielo raso.....	83
5.2	Mantenimiento y uso de pisos.....	84
5.3	Mantenimiento y uso de muros.....	85
5.4	Recomendaciones generales.....	86
6.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	87
7.	<b>ANEXOS</b> .....	88
7.1	Fichas de estado inicial de las salas.....	88
7.2	Planos con detalles de los diseños acústicos.....	89
7.3	Formatos Excel para elaboración del presupuesto, análisis de precios unitarios (APU) y cuadrillas.....	89
7.4	Archivos PDF ejercicio presupuestal año 2016.....	89
8.	<b>LISTADO DE IMÁGENES</b> .....	91
9.	<b>LISTADO DE FOTOGRAFÍAS</b> .....	93



## PRESENTACIÓN

Partiendo del reconocimiento de la diversidad de expresiones culturales y con el objetivo de garantizar a la población el derecho a conocer, practicar y disfrutar la creación musical, el Ministerio de Cultura puso en marcha desde el año 2003 el Plan Nacional de Música para la Convivencia –PNMC–.

Para cumplir su propósito, el PNMC implementa dos líneas de política que promueven el desarrollo musical del territorio: la musicalización de la ciudadanía y la estructuración del campo profesional de la música.

Como política con visión integral, el PNMC ha afirmado la práctica musical como un derecho de todos que se alcanza generando oportunidades de desarrollo musical, sin distinciones, de toda la población del país. Así mismo, ha fomentado en el territorio nacional el principio según el cual la experiencia y la práctica musical promueven el conocimiento y la productividad, dando lugar al surgimiento de nuevos espacios económicos y permitiendo el impulso social de las comunidades.

De igual modo, desde este enfoque se concibe la música como dimensión constitutiva del individuo, de su subjetividad, del desarrollo de su personalidad, de su talento creativo y de su reconocimiento como miembro de la comunidad. Por lo tanto, el acceso a la música se comprende como un derecho que permite mejorar la calidad de vida de cada ser humano.

Después de 14 años de continuo trabajo entre el PNMC del Ministerio de Cultura, los departamentos, municipios, profesores, alumnos, padres de familia y la comunidad en general, el país ha dado un paso significativo en este sentido, contando a 2016 con 998 escuelas municipales de música creadas, de las cuales un alto porcentaje funciona con continuidad.





A fin de avanzar en el camino de fortalecimiento de las escuelas, el PNMC ha identificado e implementado acciones tales como: liderar la profesionalización y permanente cualificación de los maestros, promover la elaboración de programas contextualizados de formación, realizar dotación instrumental, impulsar la contratación continua del docente, alentar la organización comunitaria en torno a la escuela y favorecer la generación, fortalecimiento y adecuación de la infraestructura musical, entre otros.

A partir del año 2011 el Ministerio de Cultura aborda la tarea de orientar a los municipios para que cuenten con salones apropiados y adecuados acústicamente. En este sentido, lleva a cabo visitas de diagnóstico y asesoría sobre el tema, a partir de las cuales se generan materiales como esta publicación, realizada en el marco del convenio con la Fundación Escuela Taller de Bogotá –FETB–, que busca ser una guía para la adecuación acústica de recintos destinados a la formación y práctica musical, a partir de la propuesta de cuatro diseños: uno de aislamiento acústico y tres de acondicionamiento acústico de los espacios.

Lograr la adecuación acústica de estos espacios permitirá un mejor resultado sonoro de las agrupaciones, mayor cuidado auditivo de los músicos que ocupan dichos recintos y mejores resultados en los procesos de formación musical del país.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se realiza una visita a una escuela de música donde se encuentra una banda de vientos, una orquesta de cuerdas frotadas, un ensamble de músicas tradicionales o de percusión, puede surgir la pregunta:

*¿Cómo sonará el grupo musical en su salón de ensayos?*

Si bien, gran parte del resultado sonoro de la agrupación depende de los arreglos musicales y la capacidad interpretativa de los músicos, otra parte muy importante de este resultado se relaciona directamente con las condiciones físicas del recinto, cuyas características acústicas pueden afectar positiva o negativamente el desempeño en la interpretación del grupo y por ende el resultado sonoro.

En el ámbito de los procesos arquitectónicos, las condiciones acústicas de un recinto destinado a la interpretación musical, se encuentran entre los aspectos de mayor cuidado. La necesidad de proporcionar esas condiciones ideales para el buen desempeño de los músicos, es una labor que se realiza mediante un diseño con criterios acústicos que relacione las características físicas de dicho espacio (salón de clases, prácticas y ensayos) con las características acústicas de la fuente sonora (los instrumentos musicales y el formato de ensamble de los mismos).

A pesar de su importancia, la acústica en las salas de música en el país es un tema poco tratado en la mayoría de los casos. Para atender este tema, desde el año 2011 el Plan Nacional de Música para la Convivencia inició las visitas de reconocimiento de infraestructuras donde funcionan las escuelas municipales de música, haciendo una sensibilización a maestros y responsables de cultura sobre la importancia de la adecuación acústica de las escuelas y los efectos negativos





en la salud auditiva de sus usuarios, cuando no existe un tratamiento acústico adecuado.

Esto dio lugar en el año 2012 a la elaboración y publicación desde el PNMC del documento *Adecuación Acústica de Infraestructuras Musicales: Guía Básica*, que ofrece los conceptos fundamentales sobre la naturaleza del sonido, las precisiones técnicas mínimas que se requieren para la adecuación acústica de los espacios donde funcionan las escuelas de música y aspectos generales sobre la salud auditiva.

Basados en estas experiencias, entre los años 2013 y 2014 el Ministerio de Cultura realizó un convenio con la Fundación Escuela Taller de Bogotá, que dio continuidad a las visitas y amplió el reconocimiento y diagnóstico del estado de las infraestructuras de escuelas de música en 667 municipios de los 32 departamentos del país.

Como resultado de esta indagación se concluye que la mayoría de dichos espacios no cuentan con características físicas y acústicas apropiadas, que brinden las condiciones mínimas para un buen desempeño musical. En consecuencia se presentan problemas como incomodidad y fatiga auditiva durante las jornadas de práctica musical, así como la exposición permanente de estudiantes y maestros a sufrir daños irreversibles en el sistema auditivo.

Por esta razón, en el año 2015 el PNMC preparó un material audiovisual que permite conocer los conceptos sobre el sonido y su relación con las enfermedades auditivas. Estos videos se encuentran disponibles en el espacio virtual del proyecto editorial en el vínculo: [www.mincultura.gov.co/proyectoeditorial](http://www.mincultura.gov.co/proyectoeditorial)

Como complemento al material audiovisual, en el año 2016 se entrega al país esta publicación, *Adecuación acústica para espacios de formación musical: Alternativas de Aislamiento y Acondicionamiento* –realizada en el marco del convenio entre la Fundación Escuela Taller de Bogotá y el Ministerio de Cultura– como una herramienta que permita mejorar el resultado sonoro de las agrupaciones y de los procesos de formación musical, trabajando en buenas condiciones acústicas y cuidando la salud auditiva de quienes hacen música a lo largo y ancho del país. La publicación fue realizada por un equipo interdisciplinario de la FETB, conformado por profesionales en ingeniería de sonido, ingeniería civil, arquitectura y diseño gráfico y acompañado por el Grupo de Música del Ministerio de Cultura.

*Adecuación acústica para espacios de formación musical: Alternativas de Aislamiento y Acondicionamiento* aporta tres diseños de acondicionamiento acústico y un diseño de aislamiento acústico general, para atender recintos destinados a la formación musical y favorecer el adecuado funcionamiento de las escuelas de música en el país.

Es recomendable que los diseños de adecuación acústica sean únicos para cada sitio y que respondan a estudios técnicos de análisis acústico del comportamiento del sonido tanto interno como externo.

Este material ofrece opciones generales que pueden servir de referencia para intervenir espacios musicales en diferentes lugares del país. Para ello se exponen paso a paso las técnicas de selección de elementos y materiales acústicos presentando una descripción general del funcionamiento de cada uno de ellos. Se integran como anexos, las fichas del estado inicial de las salas; los planos con detalles de los diseños acústicos; los formatos para la elaboración del presupuesto, el análisis de precios unitarios (APUs) de cada rubro –acorde con la solución acústica que se escoja– y el desglose de precios de las cuadrillas de mano de obra; los archivos PDF con el ejercicio presupuestal que sirva como referente, realizado con valores del año



Fotografía FETB 2016

2016. Diligenciando estos formatos en debida forma –teniendo en cuenta las notas incluidas en ellos– será posible efectuar un ejercicio presupuestal del costo de la intervención, de acuerdo con los precios de cada región.

Vale recordar que las soluciones planteadas en este documento deben ser revisadas y acompañadas por personal técnico en arquitectura o ingeniería con conocimientos y experiencia en intervenciones acústicas, de manera que sea posible aplicar correctamente los diseños y obtener óptimos resultados.

Esperamos que esta propuesta aumente el grado de sensibilización sobre la necesidad e importancia de la acústica en los recintos destinados a la interpretación musical, y se constituya en herramienta útil de diseño para los diferentes colectivos y entes responsables de las escuelas de música a la hora de emprender el proyecto de adecuación acústica en sus respectivas salas.



Fotografía FETB 2016



# 1. CONCEPTOS BÁSICOS



# 1. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación se presentan los conceptos básicos que se manejan a lo largo del documento; estos son necesarios para una mejor comprensión de la cartilla.

## 1.1 Sonido

Es la perturbación o movimiento de partículas que se propagan en forma de ondas a través de un medio elástico, como por ejemplo el aire; esas partículas realizan un movimiento oscilatorio alrededor de su posición de equilibrio. Estas vibraciones mecánicas son capaces de producir sensaciones auditivas a través de nuestros oídos.



Cuando los músicos tocan los instrumentos, las ondas sonoras se propagan por todo el espacio, llegando a nuestros oídos que las perciben y transforman en sensaciones. Hay que tener en cuenta que el sonido va cambiando y disminuyendo su energía a causa de algunos factores y obstáculos que intervienen en la trayectoria. A la forma en la que ocurre el traslado y perturbación de las partículas, se le llama propagación de la onda sonora.

## 1.2 Presión sonora

Es la fuerza que ejerce el conjunto de partículas en movimiento en el aire por unidad de superficie. Si nos ubicamos frente a un trompetista y este toca una nota larga, se puede percibir la presión sonora ejercida por el instrumento en ejecución. Si nos alejamos del trompetista y de nuestro primer punto de referencia y el trompetista sigue tocando la misma nota sin variar su dinámica, se puede percibir una disminución de presión sonora.

(dB)

Habitualmente, a partir de la presión sonora se puede cuantificar la magnitud de los fenómenos sonoros, lo que se conoce como nivel de presión sonora y generalmente se mide en decibeles (dB).

(Hz)

### 1.3 Frecuencia

La frecuencia del sonido es el número de oscilaciones por segundo que ejercen las partículas en movimiento y la cantidad de ciclos completos se mide en Hertzios (Hz). A mayor cantidad de oscilaciones por segundo el sonido que se percibe es más agudo; por el contrario, una frecuencia con sonido grave, representa una cantidad menor de oscilaciones por segundo. Es decir, los sonidos agudos están caracterizados por frecuencias altas, mientras que los sonidos graves lo están por frecuencias bajas.

### 1.4 Bandas de frecuencia

El sistema auditivo del ser humano en condiciones ideales es capaz de percibir un rango de frecuencias comprendido entre los 20Hz y los 20KHz (20.000Hz). La voz humana en promedio, tiene un rango de frecuencias fundamentales que va desde los 80Hz hasta 1KHz (1.000Hz), aunque hay fonemas con contenido en frecuencias por encima de este rango.

20Hz  
20KHz

El conjunto de frecuencias que se encuentra entre la frecuencia más baja y la frecuencia más alta del rango, se denomina banda de frecuencia. Por lo tanto, una banda de frecuencia es el registro de sonidos que proporciona cualquier fuente sonora, como los instrumentos musicales, por ejemplo. El órgano y el piano son algunos instrumentos que tienen el registro más amplio, y en consecuencia una amplia banda de frecuencia.

Existen sonidos que no son audibles para el ser humano, es decir, que contienen frecuencias por fuera de la banda que trabaja nuestro sistema auditivo y reciben el nombre de infrasonidos –para las frecuencias por debajo de los 20Hz– y ultrasonidos –para las frecuencias por encima de los 20KHz–.

## 1.5 Espectro de frecuencia



Los sonidos que percibimos cotidianamente no se componen de una sola frecuencia, sino de la suma de un conjunto de ellas, que superpuestas unas sobre otras y relacionadas con los niveles de presión sonora proporcionan las características necesarias que permiten distinguir unos sonidos de otros. Diferentes características como el tono, el timbre y la intensidad de los sonidos de un instrumento, son producto de la relación de ese conjunto de frecuencias y sus niveles de presión sonora. A la representación gráfica del contenido de frecuencias de un sonido, con sus respectivos niveles de presión sonora, se le llama *espectro de frecuencia*.

## 1.6 Fuente sonora



Se le llama fuente sonora al elemento capaz de generar sonido, como un parlante, una trompeta, un bombardino, una guitarra, un redoblante y en general cualquier instrumento u objeto que pueda entrar en vibración. El sonido se genera cuando la fuente sonora entra en vibración, esta vibración se transmite a las partículas de aire cercanas y estas a su vez a las partículas adyacentes.

## 1.7 Adecuación acústica

Es el tratamiento que se da a un recinto, área u objeto, con el fin de controlar el comportamiento y las características del sonido que emite o incide sobre el mismo.



Es mediante la acústica arquitectónica que se realiza este tratamiento, que requiere de un estudio y análisis del comportamiento del sonido del recinto y sus fuentes sonoras, para proponer un diseño acústico con el fin de intervenir y mejorar sus condiciones.

La adecuación acústica consta de dos tratamientos distintos pero complementarios entre sí: uno de ellos es el aislamiento acústico y otro es el acondicionamiento acústico. Para las escuelas de música generalmente es necesario el diseño e intervención de ambos tratamientos.

## 1.8 Aislamiento acústico



Este tratamiento se encarga de reducir y evitar la transmisión de ruido de un espacio a otro. En el caso de las escuelas de música es común encontrar en la misma sede, salones adyacentes con actividades diversas, como danza y teatro; o bien espacios cercanos como parques o instituciones educativas que generan ruidos que interfieren y perjudican la formación musical dentro del recinto. Igualmente, las actividades musicales que se realicen dentro de la escuela, pueden interrumpir o perturbar espacios vecinos.

A través del aislamiento acústico se reduce el nivel de ruido generado por transmisión vía aérea y vía estructural.

## 1.9 Acondicionamiento acústico



Este tratamiento se encarga de controlar el comportamiento del sonido dentro del recinto, ajustando los tiempos de reverberación a partir de la intervención de las características físicas de las superficies internas, por medio de revestimientos con elementos diseñados para mejorar el desempeño y el funcionamiento acústico del recinto.

El diseño de acondicionamiento acústico se realiza mediante la combinación de materiales y elementos que produzcan efectos de absorción, reflexión y difusión sobre la energía sonora dentro del recinto.

## 1.10 Ruido



Se refiere a los sonidos no deseables o desagradables para el oyente, que en la mayoría de los casos están compuestos por mezclas complejas de distintas frecuencias y amplitudes.

En los recintos en general y en las escuelas de música en particular hay fuentes de ruido internas y externas. La mayor cantidad de ruido que afecta negativamente a las escuelas es externo y se presenta por transmisión vía aérea y vía estructural.

## 1.11 Ruido por vía aérea



La transmisión de ruido por vía aérea llega a través del aire y generalmente entra al recinto receptor por ventanas, puertas y cubiertas. Por ejemplo, algunas escuelas de música están ubicadas dentro de una institución educativa y en este caso son las voces de los estudiantes a la hora de recreo o las bocinas de los carros en las vías cercanas, las que generan ruido que llega hasta el recinto a través del aire.

## 1.12 Ruido por vía estructural



La transmisión de ruido por vía estructural ocurre cuando una fuente de ruido genera vibraciones al hacer contacto directo sobre una superficie. Estas vibraciones se transmiten de superficie en superficie hasta llegar al recinto receptor. Por ejemplo, las vibraciones generadas por el paso de un camión de carga pesada cerca de un recinto, o por el impacto de un martillo sobre una pared adyacente.

## 1.13 Absorción

Se llama absorción del sonido a la propiedad de los materiales, estructuras y objetos, de convertir energía sonora en calor. Puede producirse por propagación en el medio –como el aire– o por disipación cuando el sonido incide o choca sobre la superficie.



Cuando la onda sonora incide sobre una superficie, parte de la energía incidente se refleja y la otra parte es absorbida y disipada por el material. La cantidad de energía sonora que se disipa, depende de las características y propiedades acústicas y físicas del material, tales como la porosidad, la densidad, la flexibilidad, el volumen, entre otros.

La absorción de sonido que logra un material se determina por bandas de frecuencia y su eficiencia se expresa por medio de un número llamado coeficiente de absorción, cuyo rango es de 0 a 1, siendo 0 la absorción nula y 1 la máxima absorción. Los materiales absorbentes se utilizan para disminuir y controlar el tiempo de reverberación mediante el cálculo y diseño de elementos acústicos que trabajen por bandas de frecuencia.

## 1.14 Reflexión



La reflexión es el “rebote” de la energía sonora sobre la superficie en la cual incide el sonido; cuando la energía sonora no es absorbida ni disipada por el material de dicha superficie ocurre un cambio de dirección, produciendo un ángulo de reflexión del sonido que es igual al ángulo de la energía sonora incidente.

Los materiales reflectantes se caracterizan por ser rígidos y lisos, tienen muy poca porosidad y se utilizan para direccionar el sonido mediante el cálculo y diseño acústico de elementos que trabajen a ciertas bandas de frecuencia.

## 1.15 Difusión



Es la dispersión uniforme y en múltiples direcciones de la energía sonora incidente. Este fenómeno ayuda a la distribución del sonido por todo el recinto; además corrige algunos problemas acústicos de ecos y focos de energía indeseables, entre otros.

Los elementos que se utilizan para crear este fenómeno acústico se llaman difusores, los hay de muchos tipos, algunos más simples como los policilíndricos y otros muy complejos como los PRD –Primitive Root Diffuser–. Todos tienen un cálculo y diseño acústico estricto, pues las bandas de frecuencia que trabajan son en la mayoría de los casos muy limitadas.

## 1.16 Reverberación y tiempo de reverberación



Al tocar un instrumento en un espacio cerrado, las ondas sonoras viajan en muchas direcciones chocando con las paredes y demás superficies; parte de la energía de estas ondas se refleja una y otra vez, viajando en diferentes sentidos e inclusive llegando de nuevo a la posición del instrumentista. Cuando se percibe una prolongación del sonido después de que el músico ha dejado de tocar, estamos frente al fenómeno conocido como reverberación; la reverberación es provocada por la cantidad de reflexiones anteriormente descritas.

Para medir cuánto tarda la reverberación en desaparecer, se utiliza el término “tiempo de reverberación”; este parámetro acústico se define como el tiempo que tarda el sonido en disminuir su presión sonora 60dB respecto de la presión sonora inicial, una vez haya sido interrumpida la fuente sonora.

El tiempo de reverberación depende de muchos factores, entre los principales están: el volumen del recinto –mientras más grande, más largo el tiempo de reverberación– y las características de los materiales de las superficies que lo forman –un recinto construido con una cantidad importante de materiales reflectantes proporciona un tiempo de reverberación largo–. Para disminuir el tiempo de reverberación, es necesario incluir materiales y elementos absorbentes.

Gran parte del confort acústico deseado en una escuela de música, se logra mediante el ajuste de tiempos de reverberación por bandas de frecuencia. El confort acústico para los recintos destinados a la formación musical, no se trata de obtener una sala “seca” o “apagada” –muy absorbente–, sino de proporcionar, en la justa medida, la “viveza” necesaria para la sala y para los formatos instrumentales que maneja, procurando controlar el sonido y asegurando la salud auditiva de los músicos.



### 1.17 Modos normales de vibración

La suma sucesiva entre las ondas incidentes y las ondas reflejadas entre las superficies de un recinto, dan lugar a la aparición de las llamadas ondas estacionarias o modos normales de vibración. Cada sala tiene un caso particular, ya que estos nacen de las características físicas y geométricas del espacio, así como también de su volumen. La cantidad de modos de vibración en una sala es ilimitada y cada uno de ellos va asociado a una frecuencia denominada frecuencia normal o frecuencia propia. La aparición de las ondas estacionarias dentro del recinto se puede apreciar más fácilmente en salas pequeñas y medianas con forma rectangular.

Todos los cuerpos físicos poseen naturalmente frecuencias de resonancia, que se manifiestan en los recintos en forma de ondas estacionarias, con la aparición de puntos máximos y mínimos de presión sonora dentro del recinto. Un cuerpo u objeto puede entrar en vibración cuando una fuente sonora emite un sonido de frecuencia igual o similar a su frecuencia de resonancia.

En los recintos de práctica musical, las ondas estacionarias se pueden apreciar sobre todo con los instrumentos que poseen registro sonoro en frecuencias graves. Seguramente en algún ensayo general, parece que la tuba o el trombón ejecutan ciertas notas graves con un volumen más alto que el propuesto en la obra musical, sin embargo, podría ser la acústica del recinto que entró en resonancia y está amplificando de manera natural ese sonido por encima de los demás. Para estas frecuencias de resonancia el tiempo de reverberación es considerablemente más largo, por lo que la nota también se prolongará más de lo exigido por la obra, sin ser la intención propia del instrumentista.

### 1.18 Eco flotante (flutter echo)

Este fenómeno se presenta cuando la fuente sonora se ubica entre dos superficies paralelas que son muy reflectantes: al generar sonido se crean múltiples repeticiones en un intervalo de tiempo mínimo, debido a las reflexiones que van y vuelven entre las dos superficies.

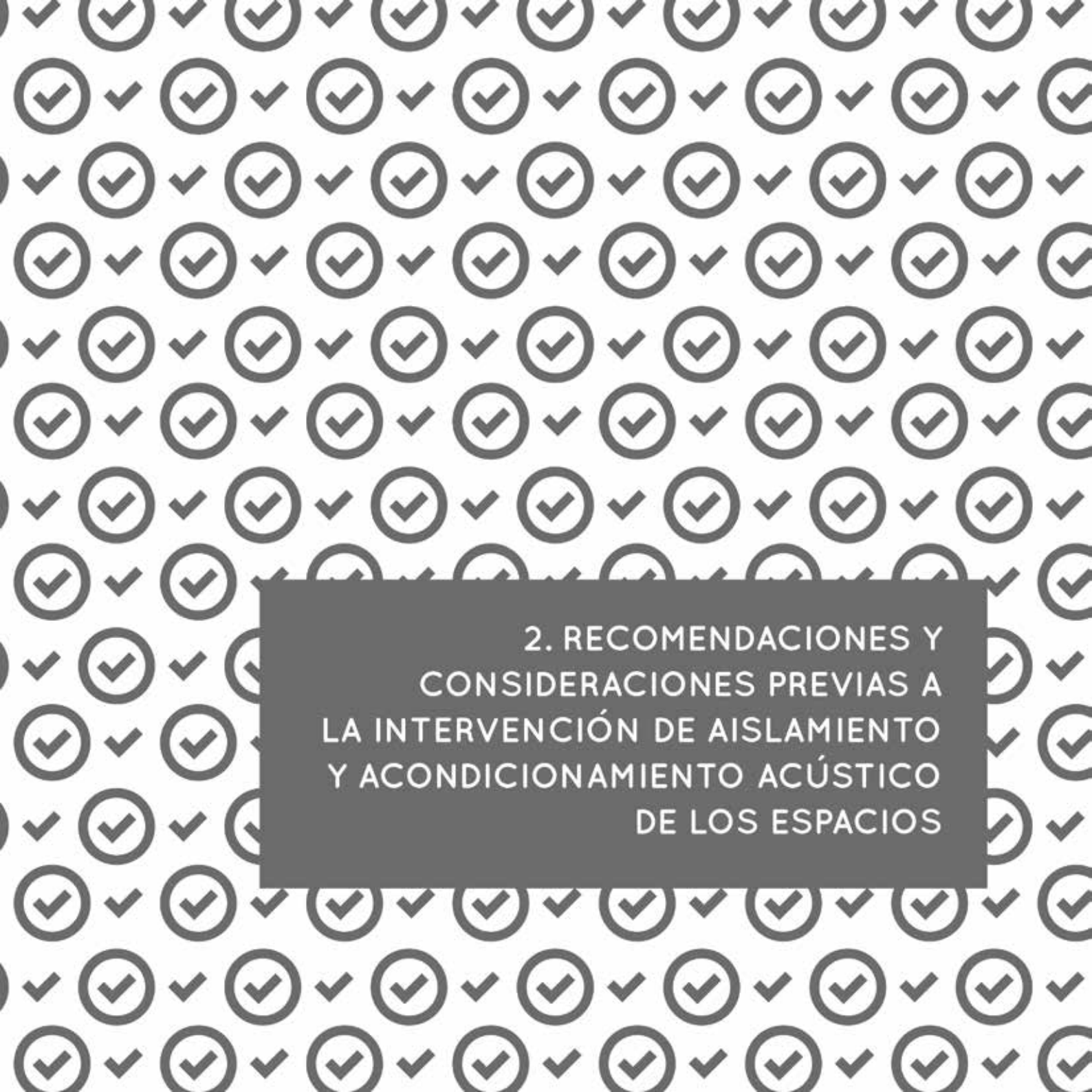


Uno de los ejemplos más claros y conocidos sucede cuando nos ubicamos en medio de dos paredes paralelas y aplaudimos, generando un sonido con un color “metálico”. Este fenómeno provoca la pérdida de claridad en los sonidos, además de fatiga auditiva, entre otros.





Fotografía FETB 2016



2. RECOMENDACIONES Y  
CONSIDERACIONES PREVIAS A  
LA INTERVENCIÓN DE AISLAMIENTO  
Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO  
DE LOS ESPACIOS

## 2. RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PREVIAS A LA INTERVENCIÓN DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS ESPACIOS

Se debe iniciar la intervención de los espacios que se quieren adecuar acústicamente ejecutando primero el diseño de aislamiento acústico de la sala. Una vez aislado acústicamente el espacio, se puede proceder a realizar el acondicionamiento acústico del mismo.

Es muy importante recordar que un espacio adecuado acústicamente puede requerir la instalación de un sistema de climatización artificial, por ejemplo aire acondicionado. Se recomienda que sea tipo split con sistema inverter para evitar vanos<sup>1</sup> de gran tamaño y contribuir al ahorro de energía; su instalación –a cargo de un profesional competente– debe realizarse junto al proceso de aislamiento acústico, antes de iniciar el acondicionamiento acústico. Los materiales que se proponen en esta guía son termo-acústicos, lo que ayudará a regular la temperatura al interior del recinto, manteniendo por más tiempo las condiciones que proporciona el sistema de climatización artificial.

Previo a la intervención de los diseños acústicos, se debe revisar el estado del salón o espacio a tratar, con el propósito de detectar anomalías –como fisuras, filtraciones de agua, plagas o deterioro en el espacio– que serán estudiadas por un profesional competente para elaborar un plan de manejo y realizar las mejoras antes de la adecuación.

1. Los vanos son aberturas que se ubican sobre superficies, interrumpiendo de esta forma estructuras sólidas como los muros. Un ejemplo es el espacio hueco de la puerta –vano de la puerta–, o el espacio hueco de la ventana –vano de la ventana–.

A continuación se presentan unas recomendaciones iniciales para este plan de manejo:

- Para techos es necesario iniciar con la revisión del estado de la cubierta, verificar que no existan filtraciones por humedad y que esta estructura es óptima para anclar el cielo raso. En caso de evidenciar daños en la estructura, estos deben ser tratados por un profesional competente.
- Posterior a la inspección del estado de la cubierta se debe efectuar una limpieza y preparación para la instalación del cielo raso y de los elementos de adecuación acústica, que consiste en dejar la superficie libre de imperfecciones o materiales no deseados –restos del cielo raso anterior o suciedad–, lo que permitirá una mejor instalación, así como un mejor acabado.
- Realizar la inspección del estado de los muros originales verificando que no existan filtraciones, fisuras o grietas. De encontrarse alguna anomalía, esta será estudiada por un profesional calificado –ingeniero civil, arquitecto, constructor o patólogo– para iniciar la reparación, garantizando que los muros cuenten con las condiciones óptimas para la adecuación acústica.
- Examinar el estado actual del piso original y supervisar que no existan filtraciones, fisuras o grietas que impidan su alistado y preparación. Cualquier irregularidad debe ser reparada por un profesional competente, previo a la implementación del tratamiento acústico.



Fotografía FETB 2016



### 3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

## 3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

En muchos casos, el aislamiento acústico –conocido también como insonorización– es confundido con el acondicionamiento acústico. Aunque los dos procesos son complementarios, el aislamiento acústico se refiere a las técnicas y acciones que permiten atenuar la transmisión de ruido y vibraciones generadas por fuentes externas y que viajan a través de las diferentes superficies de un recinto.

### ■ 3.1 Sobre las fuentes externas de ruido

Para el diseño de aislamiento acústico es necesario tener en cuenta que los factores de ruido varían considerablemente de una sala de música a otra, por lo que es importante realizar una clasificación de las fuentes de ruido que afectan con mayor frecuencia a las escuelas, como son:

- Salones adyacentes que se utilizan para otras actividades como danza, biblioteca, salón de informática, salón de reuniones, entre otros.
- Parque central del municipio.
- Institución educativa vecina o sede de la escuela de música.
- Vías aledañas con tráfico vehicular constante o pesado.
- Puertas y ventanas cuyos tamaños y características físico-acústicas faciliten y aumenten el paso de fuentes de ruido.

Teniendo en cuenta estas fuentes de ruido y de acuerdo con la experiencia de las visitas realizadas en años anteriores, se revisaron las fichas técnicas de las salas visitadas para escoger aquella que es afectada por la mayor cantidad de fuentes de ruido externo, tomando como referencia para el diseño de aislamiento acústico la escuela de música del municipio de Palermo, en el Departamento del Huila.



Fotografía FETB 2016

De acuerdo con la clasificación, las fuentes de ruido que afectan acústicamente las actividades de formación de la escuela de música del municipio de Palermo, en el Departamento del Huila, son:

- Salón de Danza
- Salones para cursos del SENA
- Biblioteca Pública
- Sala de Audiovisuales
- Oficinas
- Ubicación en una zona central y muy comercial, donde hay presencia de numerosos locales con intensa actividad
- Calles con tráfico vehicular constante alrededor del inmueble

Sobre estas características, el diseño de aislamiento acústico propone reforzar todas las superficies –pisos, muros, cielo raso, puertas y ventanas– con intervenciones que controlen las vibraciones provocadas por transmisión vía estructural y que logren atenuar las frecuencias medias y altas provenientes de las fuentes de ruido por transmisión vía aérea.



## 3.2 Diseño de aislamiento acústico

Para que el sistema de aislamiento sea eficaz en la atenuación de ruido y vibraciones, el diseño presenta un modelo con los siguientes componentes:

### 3.2.1 Piso flotante <sup>2</sup>

La función del piso flotante es evitar que las vibraciones –en su mayoría producidas por frecuencias bajas– provenientes de una fuente de ruido externa, afecten el interior del recinto.



Imagen 1 Esquema de aislamiento de pisos (Imagen FETB - 2016)

2. Los pisos flotantes son aquellos que se instalan sin adherir o clavar directamente sobre la base o piso pre-existente; van apoyados sobre una superficie firme, seca y lisa utilizando una serie de estructuras y capas internas que generan aislamiento.

Las bases en neopreno que soportan la estructura, cumplen la función de “amortiguar” dichas vibraciones –ver especificación B de la imagen I–.

Sobre estos discos de neopreno se ubican los listones de madera  $S=40\text{mm} \times 40\text{mm}$  que conforman el alistado del entepiso<sup>3</sup>, el cual crea una luz<sup>4</sup> de 600mm entre sus elementos. La luz del alistado genera una cámara de aire, donde se ubican paneles de aislamiento conformados por capas en sándwich; estos contienen una lámina de fibra de vidrio de alta densidad de 25mm, entre dos láminas de membrana acústica con un espesor de 3mm cada una. Estos paneles quedan suspendidos a 40mm del piso, dejando una cámara de aire sin relleno con esa altura –ver especificación D de la imagen I–.

La diferencia de densidades en las cuatro capas –incluyendo la cámara inferior de aire de 40mm–, hace que la energía sonora se disipe con mayor facilidad, atenuando el ruido y las vibraciones al paso por cada una de ellas. Luego de ese recorrido, la energía restante es atenuada por vía estructural con una súper placa (o aglomerado de madera) de 20mm de espesor –ver especificación E de la imagen I–, seguida de una lámina de membrana acústica de 3mm y otra súper placa (o aglomerado de madera) de 10mm, finalizando con un acabado tipo madera.

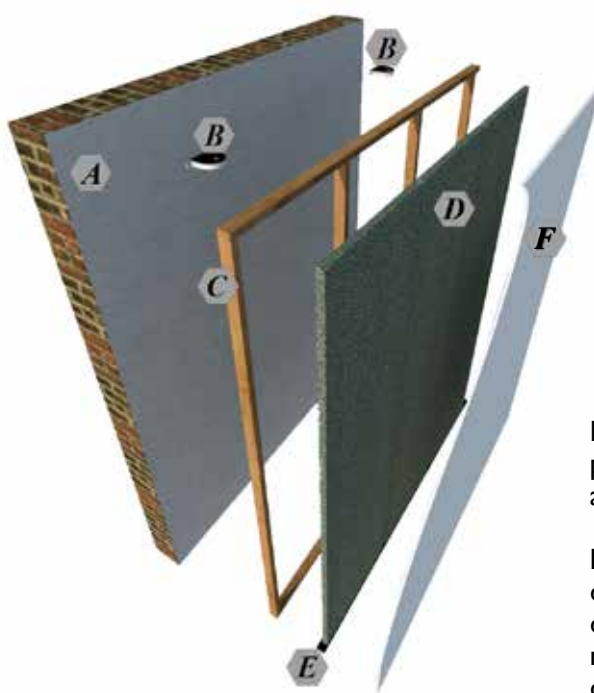
Los bordes del piso flotante no deben tocar las paredes pre-existentes y debe haber entre ellos una distancia de 30mm.

3. Preparación de una superficie en el suelo para la instalación de un material diferente al de la estructura del suelo original.

4. Distancia libre que hay entre dos elementos, en este caso los maderos de sección de 40mm x 40mm que se usan para el alistado.

### 3.2.2 Paredes aisladas

El diseño de aislamiento acústico de las paredes incluye la instalación de muros en sistema liviano<sup>5</sup>, que tienen la función de atenuar la mayor cantidad de ruido y vibraciones que lleguen al recinto por transmisión vía aérea y estructural.



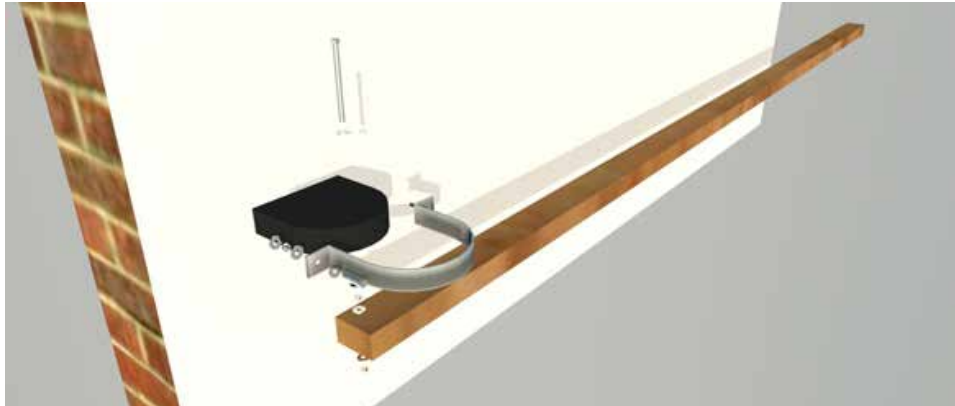
- A** Muro original
- B** Desacopladores
- C** Estructura en listones de madera de 30mm x 50mm
- D** Fibra de vidrio de alta densidad de 25mm
- E** Banda de NEOPRENO de 3mm para aislamiento de estructura de madera
- F** Lámina de SUPERBOARD o MDF chapillado de 10mm

La estructura de soporte para los muros está formada por listones –perfiles en madera de S=5cm x 3cm y un acabado en placas de superboard de 10mm de espesor.

Para evitar la transmisión de ruido y vibraciones a través de las paredes, es necesario utilizar un elemento llamado desacoplador acústico, compuesto por una goma de neopreno que ocupa el área de una abrazadera metálica de dos “orejas”.

**Imagen 2.** Esquema de paredes aisladas (Imagen FETB - 2016)

5. Este sistema consiste en la utilización de muros falsos con productos y materiales ligeros de espesores menores a una pulgada, no requiere la adición de mezclas de agua, arena y cemento; van soportados a una estructura –con perfiles– independiente del muro original.



**Imagen 3.** Esquema de anclaje al muro del sistema de desacoplador acústico (Imagen FETB - 2016)

La función de este elemento es evitar el contacto directo entre las paredes en sistema liviano y las paredes originales del recinto, sirviendo como puente entre ambos para sostener y darle equilibrio al nuevo muro. Los desacopladores se ubican a lo largo de todas las superficies de los muros a una distancia de 1.20m entre ellos –ver detalle en anexo 7.2.1. Detalles generales de aislamiento acústico en pisos, muros y cielo raso –. El paso de vibraciones entre estos elementos es interrumpido y atenuado por las gomas de neopreno.

Este nuevo sistema de muros va sobrepuesto en el piso flotante. Entre el listón inferior y el piso flotante hay una banda de neopreno de 5mm a 10mm de espesor, que evita el contacto directo entre ambas superficies y la transmisión de los posibles residuos de ruido que hayan pasado desde el exterior.

Al igual que con el piso, entre los muros originales y el nuevo sistema hay una cámara de aire de 50mm; el material que se utiliza entre las luces de la estructura corresponde a un panel de aislamiento tipo sándwich, conformado por una lámina en fibra de vidrio uniforme de 25mm, entre dos láminas de membrana acústica de 3mm de espesor.

Los cambios de densidad entre una capa y otra, hacen difícil el recorrido de ruido y vibraciones provenientes del exterior; tanto la cámara de aire como el relleno tipo sándwich, disipan la mayor cantidad de energía sonora posible y controlan el ruido de manera efectiva en un amplio rango de frecuencias.

### 3.2.3 Cielo raso

En los recintos que necesitan ser aislados acústicamente es necesario instalar un cielo raso –en sistema liviano de construcción– teniendo en cuenta que por la cubierta ingresa ruido por vía aérea.

Para esta propuesta el cielo raso se instala con un sistema de suspensión por medio del cual las vibraciones puedan ser atenuadas.

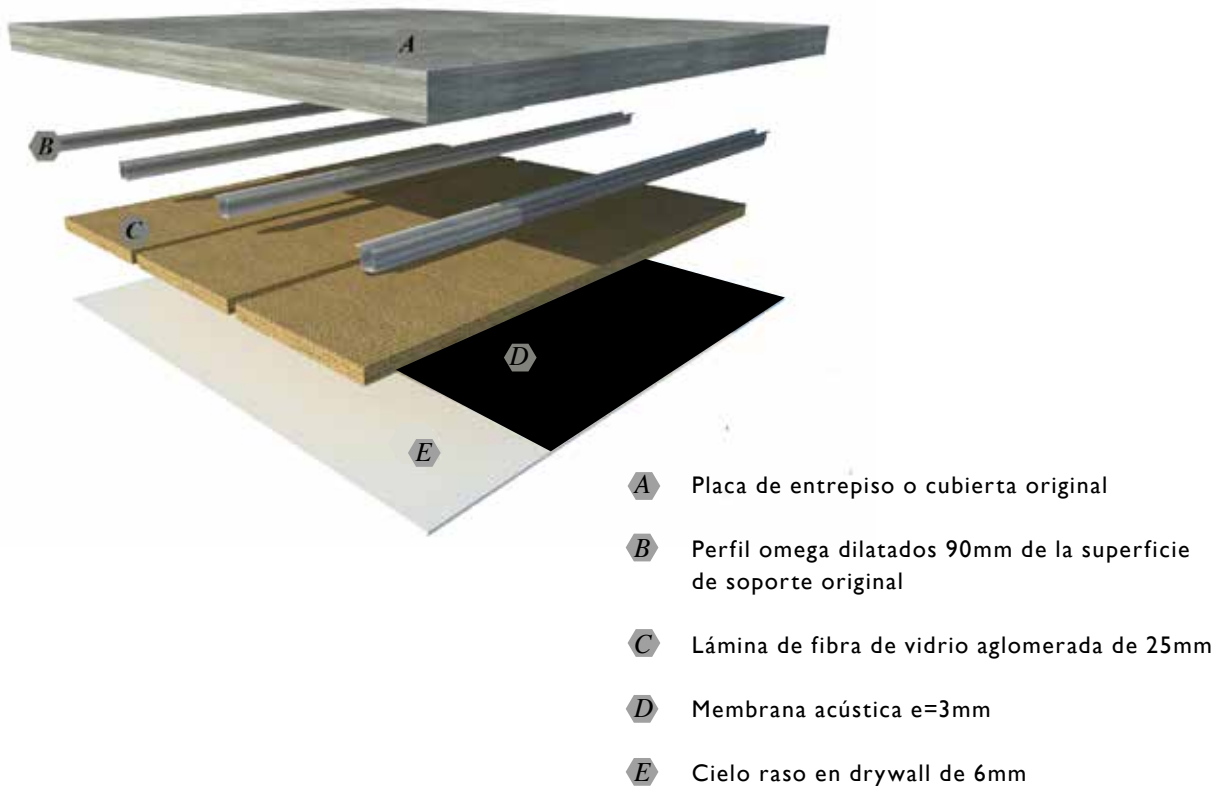



Imagen 4. Esquema de aislamiento de cielo raso (Imagen FETB - 2016)



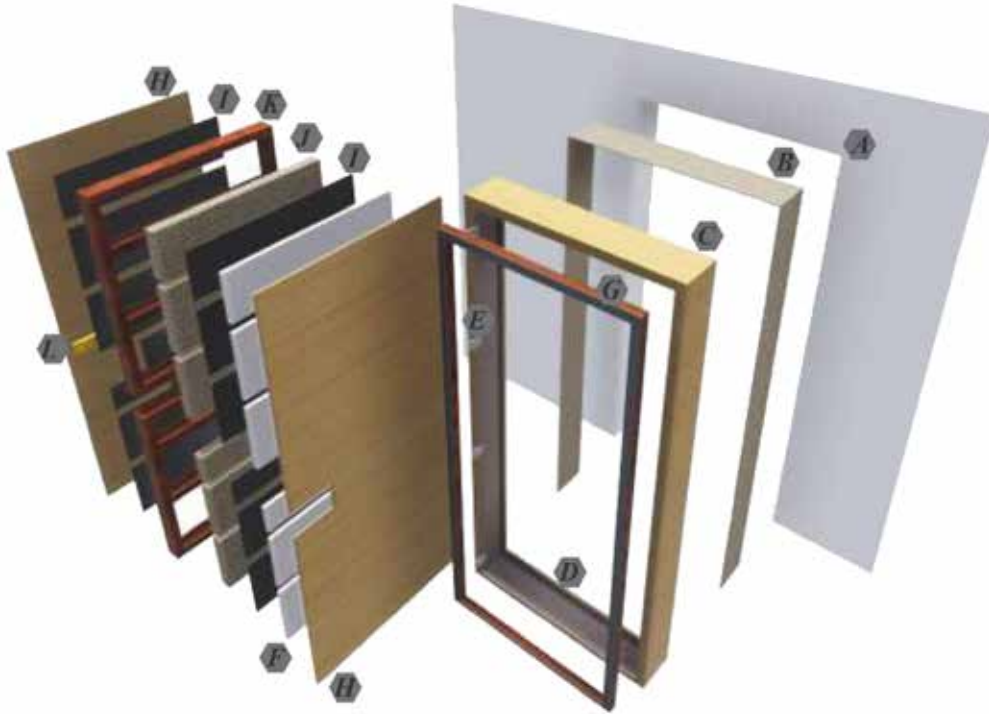
Las placas de superboard o drywall que hacen parte del sistema son de 6mm de espesor; el espacio entre la cubierta original o entrepiso y las placas del cielo raso es de un mínimo de 100mm –incluido el ancho de 90mm de los perfiles dilatados para la estructura–<sup>6</sup>, que genera una cámara de aire, al igual que en los sistemas de piso flotante y paredes aisladas. Este sistema estará anclado a la estructura de cubierta original del recinto o a la placa de entrepiso, si este se encuentra en una edificación que tenga plantas superiores sobre el espacio a tratar; para ambos casos el sistema de cielo raso es el mismo.

También es necesario el empleo de relleno entre las estructuras, que en este caso son láminas de fibra de vidrio aglomerada de 25mm, además de una lámina de membrana acústica de 3mm ubicada entre el sistema de cielo raso y la lámina de fibra de vidrio –ver en el anexo 7.2.I Detalles generales de aislamiento acústico en pisos, muros y cielo raso–.

El cambio de densidades entre los materiales que componen el cielo raso, sumados al sistema de suspensión de la estructura hacen que se disipe la mayor cantidad de energía sonora del ruido externo y se atenúen las vibraciones.


6. Este espacio puede variar según la altura de la sala, la forma de la cubierta y la necesidad en el proceso de acondicionamiento acústico; con mayor altura de cubierta se puede ampliar este espacio, conseguir un mayor volumen de aire y un mejor desempeño en el aislamiento acústico.

### 3.2.4 Puertas Acústicas



- A** Muro existente
- B** Poliuretano inyectado  $e=5\text{mm}$
- C** Pre-marco en madera, listones de  $40\text{mm} \times 150\text{mm}$
- D** Bandas en neopreno  $e=3\text{mm}$  para apoyo de marcos de puertas
- E** Bisagras en acero inoxidable
- F** Frescasa
- G** Marco en madera, listones de  $70\text{mm} \times 40\text{mm}$  con bandas de neopreno
- H** Contra-chapado en madera  $e=10\text{cm}$
- I** Membrana acústica  $e=3\text{mm}$  para alma de la puerta
- J** Fibra de vidrio de alta densidad  $e=38\text{mm}$
- K** Estructura en madera de  $40\text{mm} \times 70\text{mm}$  para puerta
- L** Cerradura para puerta según requerimientos del lugar

Imagen 5. Esquema de puerta acústica (Imagen FETB - 2016)



Las puertas son superficies por las cuales se filtra con mayor intensidad el ruido externo en los recintos; es por eso que la densidad y las características acústicas de los materiales que la componen juegan un papel muy importante dentro de este diseño. La instalación de las puertas se debe realizar con cuidado y precisión para evitar orificios y dilataciones por los cuales pueda entrar el ruido.

Aunque hay muchos diseños en el mercado, se recomienda que el alma<sup>7</sup> de las puertas –excepto las de vidrio– cuente con un sistema tipo sándwich, con relleno en el siguiente orden: membrana acústica de 3mm, lámina de fibra de vidrio de alta densidad de 38mm, membrana acústica de 3mm y frescasa.

Los marcos deben tener sistema de ajuste perfecto e ir sellados en su totalidad sobre los vanos, para evitar el paso de ruido<sup>8</sup>.

7. Material de la parte interior o núcleo de un elemento, en este caso el material acústico de relleno de la puerta.

8. Para sellar y terminar de fijar las puertas entre los vanos se recomienda utilizar espuma de poliuretano.



### 3.2.5 Ventanas Acústicas

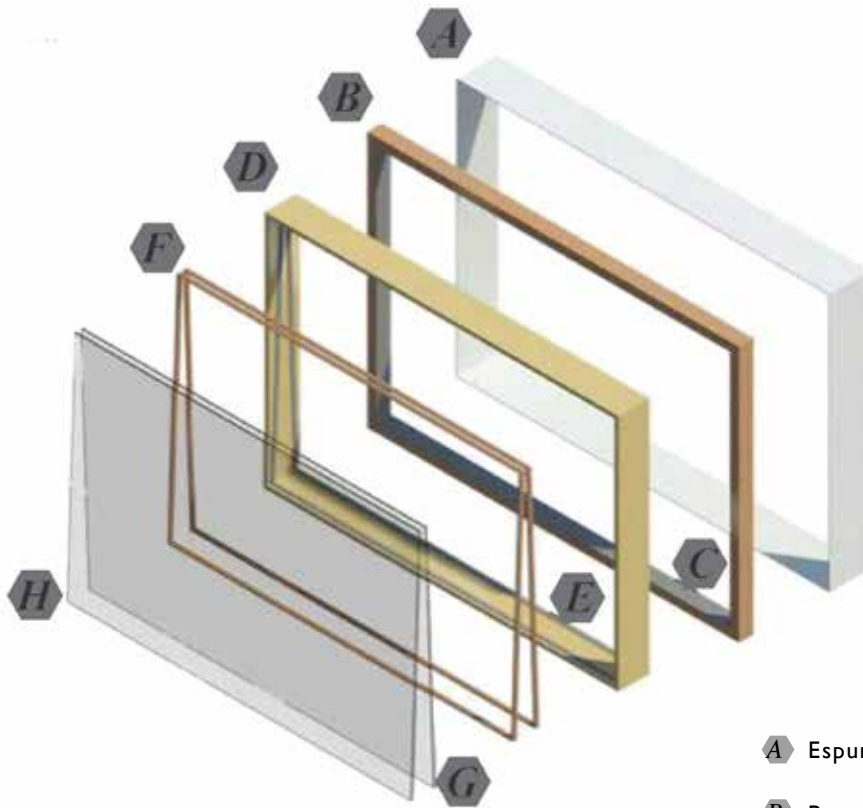
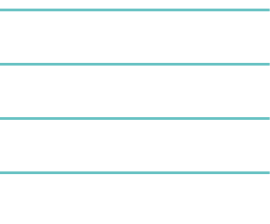


Imagen 6. Esquema de ventana acústica  
(Imagen FETB - 2016)

- A** Espuma de poliuretano
- B** Pre-marco en listones de madera de 70mm x 40mm
- C** Banda de NEOPRENO de 3mm
- D** Marco en listones de madera de 150mm x 20mm
- E** Bandas de NEOPRENO de 3mm para apoyo de marcos de ventanas
- F** Pisa vidrios en madera de 10mm x 10 mm
- G** Vidrio a 90 grados exterior de 6mm
- H** Vidrio inclinado interior de 4mm

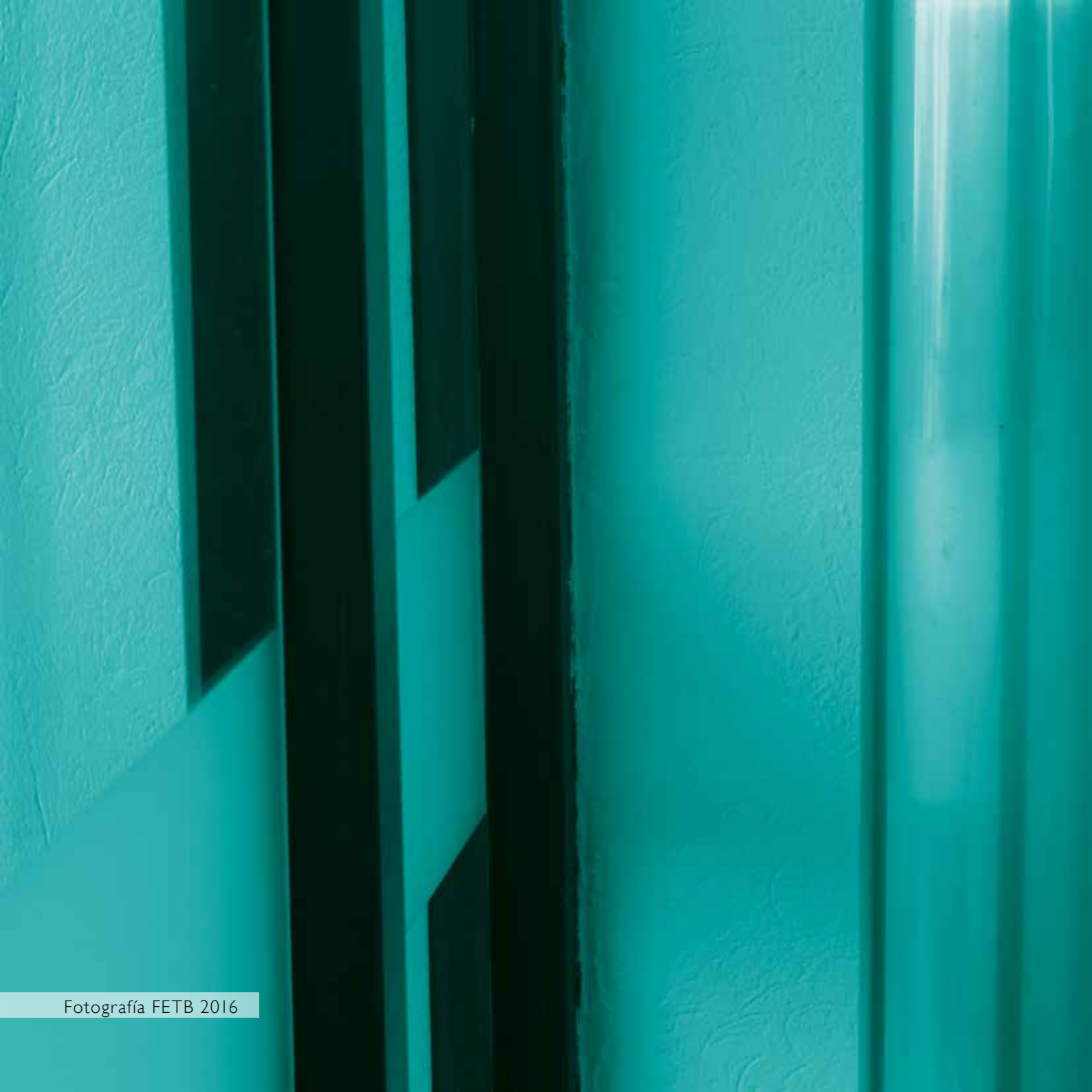


También las ventanas son elementos por donde el ruido externo encuentra caminos de fácil acceso hacia el recinto. Al igual que en las puertas, hay muchos diseños en el mercado; se recomienda que las ventanas sean de doble vidrio, cada uno de distinto espesor –preferiblemente de 6mm y 4mm–. Los vidrios no deben hacer contacto en ninguno de sus bordes y uno de los dos debe tener una ligera inclinación –ángulo limitado por las características del marco y altura de la ventana–, para evitar los efectos de resonancia que produciría el paralelismo entre las dos superficies.

Este sistema lleva un pre-marco que mejora la sujeción de la ventana al muro. Las caras internas del marco y pre-marco llevan bandas de neopreno de 3mm de espesor, las cuales evitan el contacto directo entre las superficies con el objetivo de soportar y disipar las vibraciones que se transmiten entre las estructuras del sistema de la ventana.

Los marcos, las bandas de neopreno y todos los elementos de la ventana deben ir bien sellados para evitar dilataciones y orificios entre la ventana y el muro<sup>9</sup>. Si las ventanas no son de sistema fijo, el ajuste debe ser perfecto quedando completamente selladas al cerrar.

9. Para las ventanas y las puertas se recomienda utilizar selladores acústicos, que por sus propiedades en densidad permiten un sellado menos rígido; cuando las dilataciones sean muy grandes, se recomienda utilizar espuma de poliuretano.



Fotografía FETB 2016



## 4. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

## 4. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

El acondicionamiento acústico es el tratamiento que se realiza sobre las características físicas interiores de un recinto, como el revestimiento, forma y acabado de todas las superficies, con el fin de proporcionarle a este espacio las condiciones acústicas necesarias e ideales para las actividades que en él se realizan: en el caso de las escuelas de música, para las actividades de formación e interpretación musical.

Otro de los objetivos de esta intervención es proporcionar condiciones de “comfort acústico” a quienes se encuentren dentro del recinto; esto representa una experiencia sonora agradable al desarrollar las diferentes tareas que allí se trabajan, como la práctica instrumental individual –que permita al músico escucharse correctamente durante su interpretación–, o bien un ensayo general de una agrupación –donde los estudiantes puedan escucharse bien entre ellos y el director musical pueda escuchar a todos y cada uno de los músicos, obteniendo una “imagen sonora” fiel del grupo, de los instrumentos, del formato que maneja y de los arreglos musicales que interpretan– y finalmente una experiencia sonora agradable para quienes asistan a este espacio como público.

Por último y no menos importante, cabe mencionar que un espacio acondicionado acústicamente brinda seguridad para la salud auditiva disminuyendo los riesgos de sufrir daños irreversibles en el oído.

A continuación se describe el proceso realizado para seleccionar los espacios y escuelas de música sobre los cuales se elaboraron las tres propuestas de diseño de acondicionamiento acústico que presenta este material.

## 4.1 Selección de las salas

Para los diseños de acondicionamiento acústico y como resultado de esta sistematización, se identificaron los materiales más utilizados para cada superficie –pisos, muros, cubierta y cielo raso– en las salas destinadas a la formación musical, de los cuales se seleccionaron para análisis los tres de mayor frecuencia estadística, a saber:

Pisos: cerámica, concreto pulido y madera.

Muros: mampostería en arcilla, adobe y bloque sin confinar.

Cubierta: fibrocemento, teja de barro y placa en concreto.

Cielo raso: no se identifican materiales porque en la mayoría de los casos no hay cielo raso.

Posteriormente se revisaron las áreas de los salones, para obtener los rangos de superficie con mayor frecuencia estadística entre las infraestructuras visitadas.

La tendencia de áreas con mayor frecuencia son las siguientes:

Sala Pequeña:  $60\text{m}^2$

Sala Mediana:  $80\text{m}^2$

Sala Grande:  $100\text{m}^2$

Como medida estándar de altura mínima se tomó una distancia no menor a 2,5 m.

Una vez seleccionadas las tendencias de características físicas con mayor frecuencia estadística en las salas diagnosticadas durante las visitas, se revisaron una a una las fichas técnicas para distinguir, en las salas existentes, aquellas que cumplen con las tendencias de características predominantes.

La selección de tres salas de música sirvió como referencia para la elaboración de los diseños de aislamiento y acondicionamiento acústico partiendo de casos reales, cuyas condiciones y características fueron examinadas, documentadas y dibujadas en planos para conocer sus dimensiones exactas, así como la distribución verídica de puertas, ventanas y alturas.

Chinavita (Boyacá), Palermo (Huila) y Saboyá (Boyacá) fueron las salas seleccionadas bajo los criterios técnicos establecidos como referencia para los diseños de acondicionamiento acústico.

SALA	ÁREA		ALTURA	MATERIALES		
	TAMAÑO	MEDIDA		PISOS	MUROS	CUBIERTA
Chinavita Boyacá	Pequeña	58 m <sup>2</sup>	2,7 m	Cerámica	Mampostería en arcilla	Fibro cemento
Palermo Huila	Mediana	84 m <sup>2</sup>	3 m	Concreto pulido	Bloque sin confinar	Placa de concreto
Saboyá Boyacá	Grande	106 m <sup>2</sup>	2,8 m-4,3 m	Madera	Adobe	Teja de barro

Para iniciar el proceso de diseño de los tres modelos de acondicionamiento acústico, se tomaron en cuenta algunos aspectos dentro de las salas: los materiales y características físicas de las superficies internas, la altura mínima y el área de los recintos.

En el acondicionamiento acústico resulta fundamental elegir correctamente los materiales y elementos que ofrecerán respuesta para atenuar las condiciones de sonido adversas y crear un ambiente sonoro ideal y agradable, especialmente en el revestimiento interno del recinto.

Así como en una orquesta cada instrumento tiene una característica y ubicación definida, en el diseño de acondicionamiento acústico cada material utilizado cumple también una tarea específica, creando en conjunto un balance de efectos sobre el comportamiento del sonido, para obtener como resultado un verdadero confort acústico.

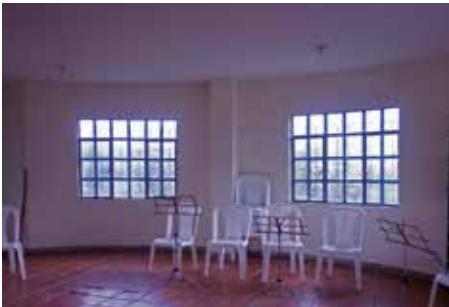
Dentro de los principales efectos sonoros que dichos materiales producen, se encuentran la absorción, la reflexión y la difusión de sonido. Para ajustar los tiempos de reverberación y obtener niveles óptimos es necesario llegar a la correcta combinación y ubicación de los materiales a utilizar, a través de un proceso de análisis y estudio de las condiciones del recinto y el objetivo del diseño.

## 4.2 Acondicionamiento acústico N° 1 sala pequeña

La Escuela de música tomada como referente para el primer diseño de acondicionamiento acústico para sala pequeña es la de Chinavita–Boyacá, que cuenta con las características de área, altura y materiales que se presentan a continuación:

SALA	ÁREA		ALTURA	MATERIALES		
	TAMAÑO	MEDIDA		PISOS	MUROS	CUBIERTA
Chinavita Boyacá	Pequeña	58 m <sup>2</sup>	2,7 m	Cerámica	Mampostería en arcilla	Fibrocemento

*Estado inicial, antes de la intervención:*



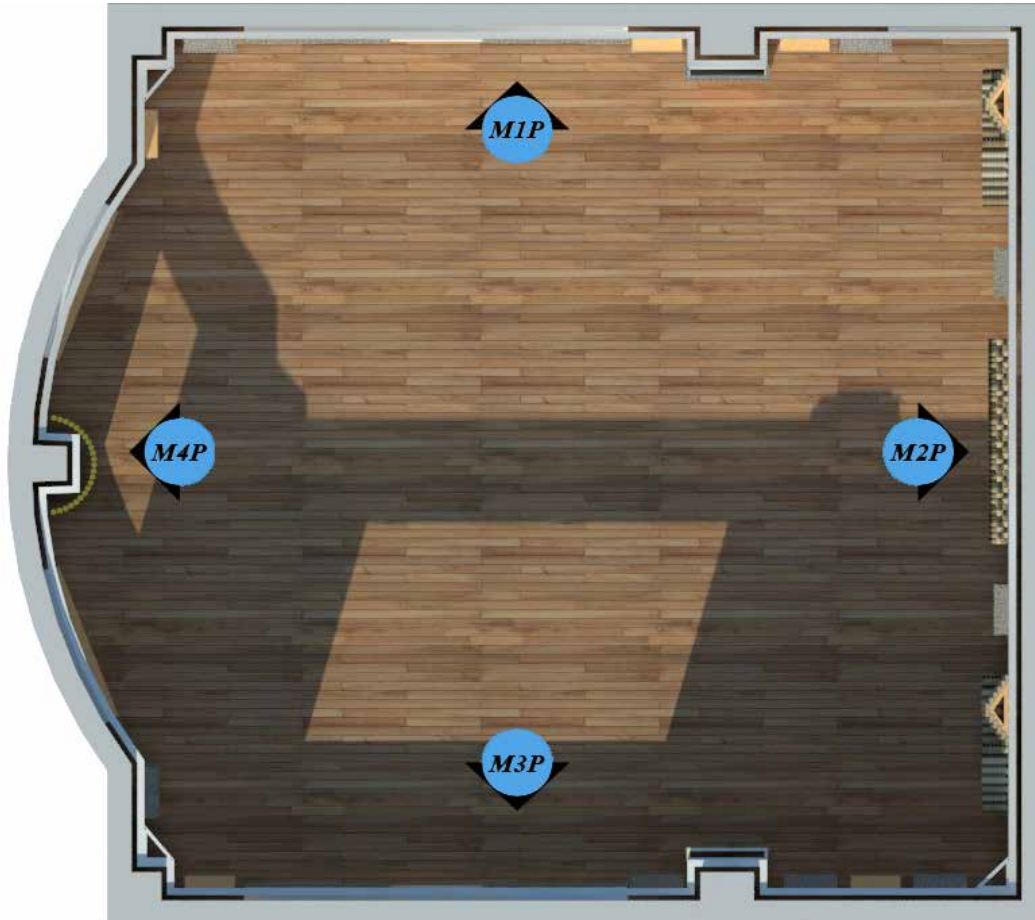
**Fotografías 1 a 3.** Estado inicial sala de música de Chinavita (Imagen FETB - 2013)

La sala de música no tiene ningún tratamiento acústico en sus muros, pisos o techo como se observa en las fotografías, además, en algunas zonas de sus muros está erosionado el material superficial y los vanos de aberturas (puertas y ventanas) no tienen ningún tratamiento acústico. Ver anexo 7.1.1. Ficha de levantamiento inicial sala de música de Chinavita, Boyacá

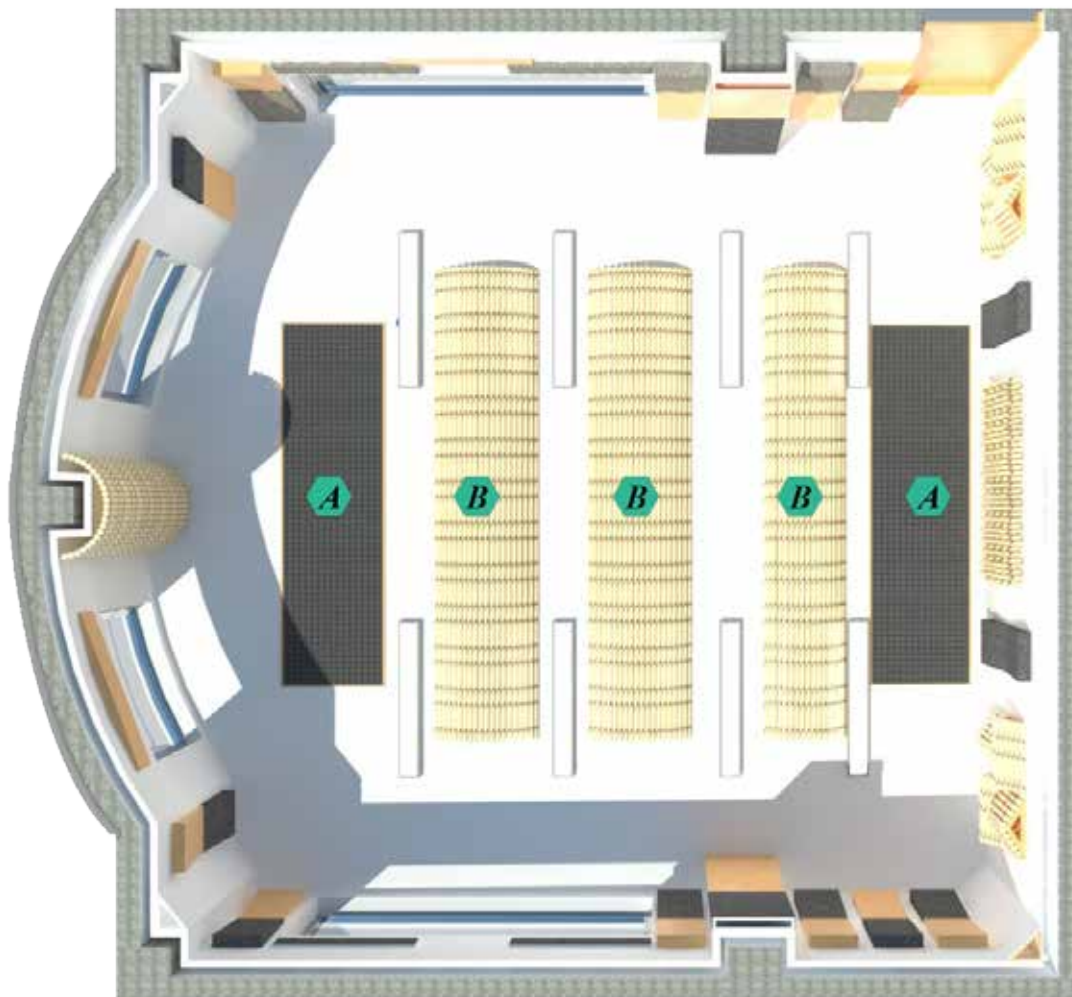


*Después de la intervención:*

Para seguir paso a paso este primer diseño de acondicionamiento acústico, a continuación se presenta la imagen en planta de la sala de música pequeña que indica la asignación de las vistas de los muros (M1P: Muro 1 sala pequeña; M2P: Muro 2 sala pequeña; M3P: Muro 3 sala pequeña; M4P: Muro 4 sala pequeña):



**Imagen 7.** PLANTA de la sala de música pequeña, asignación de muros después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



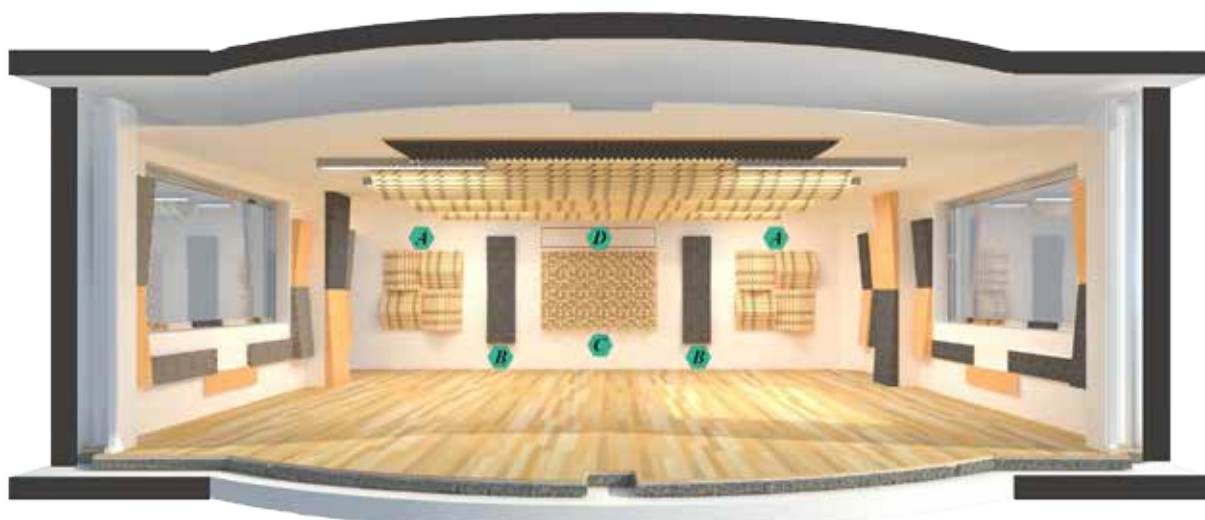
**A** *Paneles fono absorbentes* **B** *Difusor poli-cilindrico G2*

Imagen 8. CIELO RASO de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica, vista desde el piso (Imagen FETB - 2016)



**A** Panel A-R   **B** Panel R   **C** Panel A   **D** Trampa de bajo

**Imagen 9.** MURO I (MIP) de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** Difusor piramidal G   **B** Panel A-A   **C** Difusor PRD-G   **D** Espacio para instalación de Aire acondicionado

**Imagen 10.** MURO 2 (M2P) de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** Panel A-R   **B** Panel A   **C** Panel R   **D** Trampa de bajo

**Imagen 11.** MURO 3 (M3P) de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** Trampa de bajo   **B** Panel A-R   **C** Panel R   **D** Difusor Poli cilindrico G

**Imagen 12.** MURO 4 (M4P) de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

Para el diseño de acondicionamiento acústico de esta sala se utilizaron los siguientes elementos:

### 4.2.1 Trampas de bajo

Estos son paneles que se ubican sobre las esquinas del recinto, evitando un ángulo recto. La función principal es la de atenuar el exceso de energía sonora en frecuencias graves y evitar la aparición de algunos efectos provocados por “modos normales de vibración”.

Están compuestas por una cara principal que contiene una lámina de material absorbente con una composición de multicapas en sándwich, formadas por fibra de vidrio de alta densidad de 51mm y membrana acústica de 3mm. La cara que queda a la vista está cubierta con una tela acústicamente transparente<sup>10</sup>, con el fin de dar un mejor acabado estético y proteger el panel del exterior. La cavidad interior de estos elementos está rellena con fresca sin papel, para aumentar la densidad y el nivel de absorción de la trampa. Ver anexos 7.2.3 Acondicionamiento acústico sobre muros 1 y 2 (Chinavita) y 7.2.4 Acondicionamiento acústico sobre muros 3 y 4 (Chinavita)

Las dimensiones de las trampas de bajo se calculan según la necesidad que presente el recinto y el diseño se condiciona a las cualidades y la capacidad acústica de cada material.

### 4.2.2 Paneles A-R

Estos paneles tienen un frente rectangular, con una división en la mitad obteniendo así dos caras y por ende dos rectángulos de igual área. Ambas caras tienen una inclinación opuesta, con ángulos de igual magnitud.

Una de las caras está compuesta por una lámina absorbente, en este caso fibra de vidrio de alta densidad de 25mm de espesor. Esta cara está cubierta por una tela acústicamente transparente, que además de darle un mejor acabado estético, también la protege de la polución del lugar y de los insectos.

10. Con características acústicas considerablemente mínimas, casi neutras. Telas que no alteren el funcionamiento del panel.

La otra cara del panel está compuesta de una lámina en MDF de 10mm de espesor, enchapada por la superficie que queda a la vista. Esta cara se encarga de provocar reflexiones de algunas bandas de frecuencia, mediante la incidencia del sonido a través de su superficie.

Este panel tiene tapas por todos los lados y en su interior lleva un relleno de otro material absorbente, en este caso fresaca sin papel, con el fin de evitar efectos de resonancia producidas por el espacio en la cavidad restante.

La combinación de los materiales de las dos caras, proporcionan dos de los efectos necesarios para poder controlar el sonido, la absorción y la reflexión.

La cara absorbente brinda la posibilidad de atenuar los tiempos de reverberación en algunas bandas de frecuencia, es decir, en algunos rangos de sonido, mientras que la cara reflectante brinda la posibilidad de direccionar el sonido en algunas bandas de frecuencia. Ver detalles en anexo 7.2.6. Detalles de panel A-R para columnas, panel A-R, panel A-A, difusor poli-cilíndrico G-I y paneles fono absorbentes (Chinavita).

Las bandas de frecuencia que manejan las caras de los paneles están condicionadas a las características y cualidades acústicas de los materiales que las componen, así como también al área superficial que manejan y a la intención y necesidad dentro del diseño.

La angulación de las caras y la inversión de estas al colocarlas sobre las paredes contrarias y opuestas, evitan tener superficies paralelas que provoquen efectos de sonido no deseados, como los “ecos flotantes” y la aparición de “modos normales de vibración”, entre otros.

### 4.2.3 Paneles A-A

Estos paneles son similares en forma y dimensiones a los paneles A-R, la diferencia está en que ambas caras tienen material absorbente en las mismas condiciones: fibra de vidrio de alta densidad de 25mm, cubierta por tela acústicamente transparente.

La función de estos paneles es absorber con mayor eficiencia ciertas bandas de frecuencia. Se ubican en una zona estratégica, generalmente crítica, donde se presenta exceso de energía en algunas bandas de

frecuencia que pueden llegar a distorsionar la percepción sonora. Por ejemplo, para esta sala sería detrás de la posición recomendada para el director musical, por lo que es necesario aumentar la atenuación en estas bandas de frecuencia, para lograr un mejor balance de sonidos dentro del recinto y en esta zona en particular. Ver detalles en anexo 7.2.6. Detalles de panel A-R para columnas, panel A-R, panel A-A, difusor poli-cilíndrico G-I y paneles fono absorbentes (Chinavita).

#### 4.2.4 Paneles A1

Estos paneles rectangulares tienen una superficie plana, sin ninguna inclinación o ángulo, están compuestos por material absorbente en fibra de vidrio de alta densidad de 25mm de espesor, cubierta por una tela acústicamente transparente para un mejor acabado y protección del elemento. Tienen un marco y una base en madera de mínimo espesor (de 4mm a 6mm), sin cavidad interna –sin espacio de aire o relleno–.

Una de las funciones principales de este panel es absorber algunas bandas de frecuencia específica, controlando así el desplazamiento de algunos sonidos en el interior del recinto; la otra función principal es absorber la incidencia del sonido proveniente de la superficie paralela –muro paralelo opuesto–, para evitar la formación de “ecos flotantes” y otros efectos sonoros indeseables. Ver detalles en anexo 7.2.5. Detalles de difusor perimetral G, difusor PRD-G, panel A-I, panel R-I y panel R-2 (Chinavita).

#### 4.2.5 Paneles R

Estos paneles rectangulares están compuestos por una placa en MDF de 10mm de espesor, laminado por la superficie que queda a la vista.

Las funciones principales de este panel son contrarias a las de los paneles A1; se encargan de reflejar y direccionar el sonido a bandas de frecuencia específicas; al tener dimensiones similares a las de los paneles A1, las bandas de frecuencia que trabajan también son similares. Ver detalles en anexo 7.2.5. Detalles de difusor perimetral G, difusor PRD-G, panel A-I, panel R-I y panel R-2 (Chinavita).

## 4.2.6 Difusor policilíndrico G1

Este difusor consiste en una superficie convexa, formada por guadas<sup>11</sup> de alrededor 5cm de diámetro. El difusor tiene un relleno en frescasa sin papel y en su contorno interior lleva una lámina de membrana acústica de 3mm de espesor, que cubre y protege el interior de este elemento. Van sobrepuestas en las columnas, cubriéndolas de piso a techo. Ver detalles en anexo 7.2.6. Detalles de panel A-R para columnas, panel A-R, panel A-A, difusor poli-cilíndrico G-I y paneles fono absorbentes (Chinavita).

La función principal de este difusor es ayudar a la dispersión y distribución uniforme del sonido en todo el recinto. De esta forma las bandas de frecuencia que trabaja el difusor serán aprovechadas y percibidas de mejor forma por los receptores, es decir, por los alumnos, el director y todas las personas que se encuentren dentro del recinto.

## 4.2.7 Difusor piramidal G

Este difusor también formado por guadas de alrededor 5cm de diámetro tiene una forma piramidal, con una cavidad rellena en frescasa sin papel para evitar posibles efectos de resonancia no deseados y cubierta por membrana acústica de 3mm para proteger los elementos internos de la polución y otras condiciones del exterior.

A diferencia del difusor policilíndrico G, este es un difusor bidimensional, las pirámides y la dirección de las guadas que la conforman invierten su sentido a 90 grados, es decir, algunos segmentos van en forma vertical y otros en forma horizontal, con el fin de trabajar la dispersión de sonido en ambas direcciones. Ver detalles en anexo 7.2.5. Detalles de difusor perimetral G, difusor PRD-G, panel A-I, panel R-I y panel R-2 (Chinavita).

11. Las guadas que se utilicen para los elementos de los diseños acústicos deben ser curadas e inmunizadas, con el fin de evitar deformaciones futuras en sus estructuras y posibles ataques de hongos e insectos.





#### 4.2.8 Difusor PRD-G

Este es un difusor tipo PRD formado por guadas. A diferencia de los difusores anteriores, la selección de la guada para este tipo de difusor tiene que ser mucho más exacta, pues el rango de frecuencia que trabaja este elemento está condicionado a las características físicas de cada componente a escala de milímetros; el diámetro de estos elementos tiene que acercarse en lo posible a 43mm para este diseño.

Al igual que el difusor piramidal, este difusor no solo trabaja la dispersión de sonido en una sola dirección, sino que optimiza la difusión de los rangos de frecuencia para los cuales está diseñado, llegando a crear la sensación de una imagen sonora más grande de la fuente incidente –por ejemplo, de la banda sinfónica–. Un elemento de gran ayuda para los directores musicales: ubicándolos detrás de la posición del director se podrá obtener una percepción más amplia y fiel de lo que está llegando a sus oídos. Ver detalles en anexo 7.2.6 Detalles de panel A-R para columnas, panel A-R, panel A-A, difusor poli-cilíndrico G-I y paneles fono absorbentes (Chinavita).

#### 4.2.9 Paneles fonoabsorbentes P

Estos paneles que van sobre el cielo raso en franjas rectangulares, están compuestos por láminas flexibles de poliuretano auto-extinguible y tienen acabado en forma de pirámide.

Las características de estos elementos permiten obtener una difusión controlada a ciertos rangos de frecuencia, absorber algunos sonidos y controlar las reflexiones que viajan entre esta superficie y el piso, evitando efectos no deseados de eco y posible formación de modos normales de vibración.

La ubicación estratégica de estos elementos dentro del espacio es vital a la hora de controlar bandas de frecuencia provenientes de algunas fuentes de sonido específicas, en especial instrumentos como la tuba, el bombardino y la percusión. Ver detalles en anexo 7.2.6. Detalles de panel A-R para columnas, panel A-R, panel A-A, difusor poli-cilíndrico G-I y paneles fono absorbentes (Chinavita).

## 4.2.10 Difusor policilíndrico G2

Este difusor es similar en la forma y materiales al difusor policilíndrico G1, que va en las paredes cubriendo las columnas. Pero a diferencia de los primeros, los difusores policilíndricos G2 se ubican en el cielo raso y el diámetro de sus guadas es de aproximadamente 120mm, un tamaño mayor a las del G1. Ver detalles en anexo 7.2.6. Detalles de panel A-R para columnas, panel A-R, panel A-A, difusor poli-cilíndrico G-1 y paneles fono absorbentes (Chinavita).

La configuración convexa de este elemento es menor en comparación con el difusor policilíndrico G1 y la función principal, además de dispersar de forma uniforme el sonido, es direccionarlo específicamente a la ubicación del director musical.

## 4.2.11 Elemento adicional (opcional)

En esta sala se pueden disponer tapetes móviles para atenuar de forma opcional el tiempo de reverberación. Se pueden utilizar ocasionalmente, como en ensayos de instrumentos de la familia de percusión, donde la presión sonora aumenta considerablemente o en ensayos individuales para disminuir algunas reflexiones de los instrumentos que están siendo ejecutados alrededor. El tapete es un elemento que puede variar favorablemente la acústica del lugar. Se recomienda que los tapetes cubran un área comprendida entre el 20% y 30% del área total del recinto.

Esta solución requiere la instalación del piso flotante, según las indicaciones del numeral 3.2.1. de este documento.

La imagen hace referencia al resultado final del acondicionamiento acústico una vez aplicado el modelo de diseño para la sala pequeña. Ver detalles en anexos 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4, 7.2.5 y 7.2.6.



**Imagen 13.** Sala de música pequeña después de la adecuación acústica  
(Imagen FETB - 2016)

### 4.3 Acondicionamiento acústico N° 2 sala mediana

La Escuela de música tomada como referente para el segundo diseño de acondicionamiento acústico para sala mediana es la de Palermo - Huila, que cuenta con las características de área, altura y materiales que se presentan a continuación:

SALA	ÁREA		ALTURA	MATERIALES		
	TAMAÑO	MEDIDA		PISOS	MUROS	CUBIERTA
Palermo Huila	Mediana	84 m <sup>2</sup>	3 m	Concreto pulido	Bloque sin confinar	Placa de concreto

*Estado inicial, antes de la intervención:*



**Fotografías 4 a 6.** Estado inicial sala de música de Palermo (Imagen FETB - 2014)

La sala de música no tiene ningún tratamiento acústico en sus muros, pisos o techo como se observa en las fotografías, su cielo raso es en icopor y los vanos de aberturas (puertas y ventanas) tampoco tienen tratamiento acústico. Ver en anexo 7.1.2. Ficha de levantamiento inicial sala de música de Palermo, Huila.

*Después de la intervención:*

Para seguir paso a paso este segundo diseño de acondicionamiento acústico, a continuación se presenta la imagen en planta de la sala de música mediana que indica la asignación de las vistas de los muros (M1M: Muro 1 sala mediana; M2M: Muro 2 sala mediana; M3M: Muro 3 sala mediana; M4M: Muro 4 sala mediana):

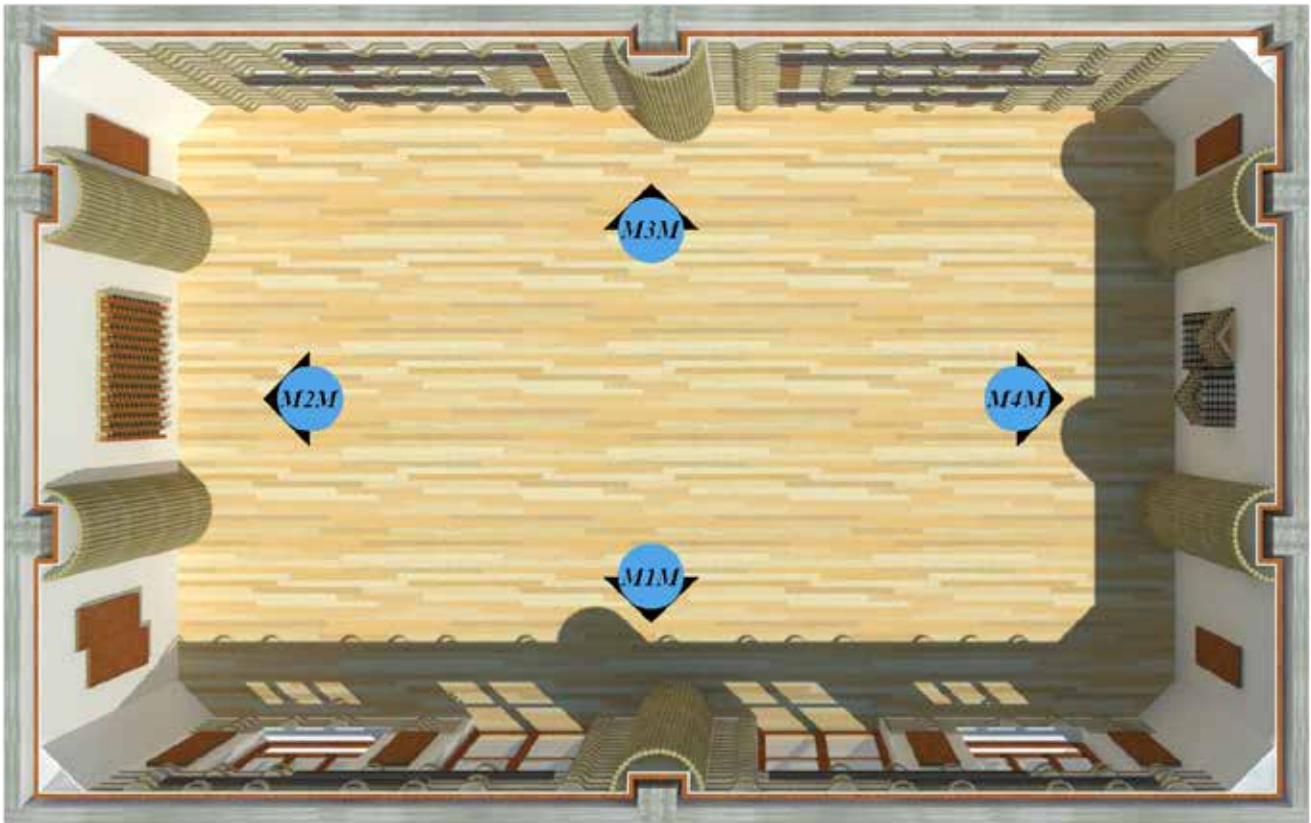
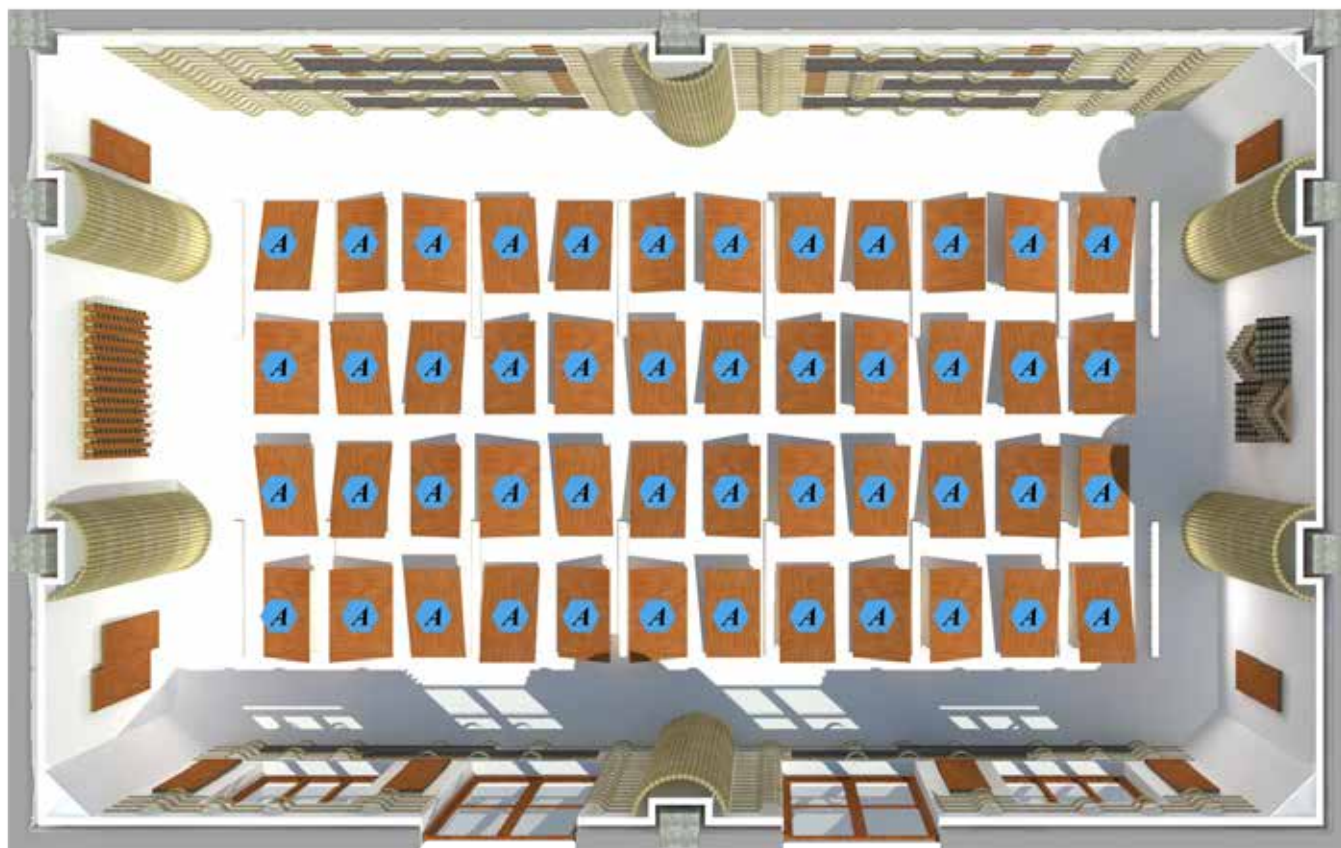


Imagen 14 PLANTA de la sala de música mediana, asignación de muros después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** *Difusor cielo raso M*

Imagen 15 CIELO RASO de la sala de música mediana después de la adecuación acústica, vista desde el piso (Imagen FETB - 2016)



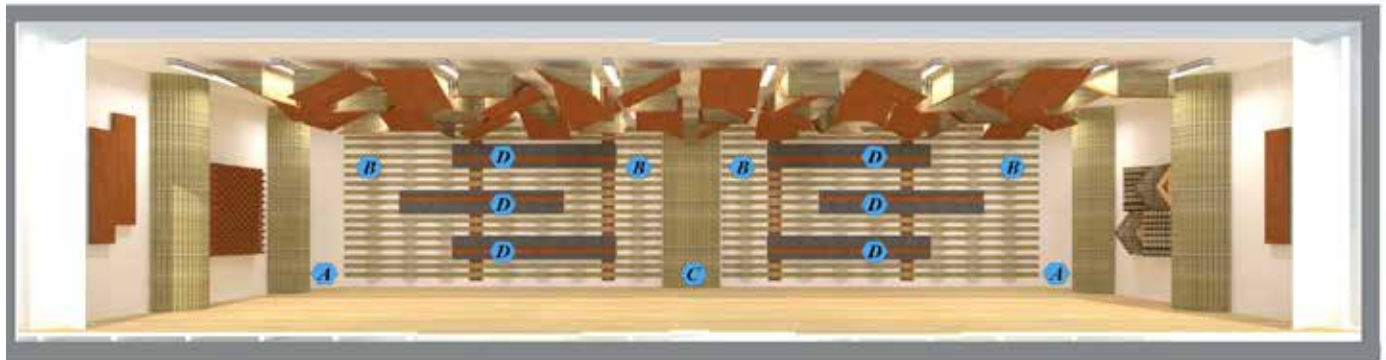
**A** Trampa de bajo **B** Panel perforado **C** Panel A2 **D** Laminas curvas reflectantes

Imagen 16. MURO I (M1M) de la sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** Trampa de bajo **B** Panel perforado **C** Difusor poli-cilíndrico G **D** Difusor PRD-M

Imagen 17. MURO 2 (M2M) de la sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** Trampa de bajo **B** Laminas curvas reflectantes **C** Difusor poli-cilíndrico G **D** Panel A2

Imagen 18. MURO 3 (M3M) de la sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** Trampa de bajo **B** Panel perforado **C** Difusor poli-cilíndrico G **D** Difusor piramidal G

Imagen 19. MURO 4 (M4M) de la sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



Para el diseño de acondicionamiento acústico de esta sala se utilizaron los siguientes elementos:

### 4.3.1 Trampas de bajo

Al igual que en la sala pequeña, en esta también se utiliza este tipo de panel ubicado sobre las esquinas, evitando así los ángulos rectos.

Generalmente a medida que aumenta el área y el volumen de un recinto, los problemas con frecuencias graves también lo hacen, incrementando el exceso de tiempo de reverberación en algunas bandas de frecuencias bajas.

Por lo anterior, las medidas de las trampas de bajo también podrían cambiar aumentando de área, tomando como referencia el caso de la sala pequeña. Ver detalles en anexo 7.2.8. Acondicionamiento acústico sobre muros 1 y 2 (Palermo) y 7.2.9. Acondicionamiento acústico sobre muros 3 y 4 (Palermo).

### 4.3.2 Paneles A2

Estos paneles rectangulares están compuestos de material absorbente en fibra de vidrio de alta densidad de 25mm de espesor, tienen un marco y una base en madera de espesor mínimo –de 4mm a 6mm–, y está cubierto por tela acústicamente transparente. A diferencia del panel A1, este lleva dentro de su superficie una banda reflectora en MDF de 6mm de espesor, enchapado por la cara que queda a la vista.

La banda en MDF enchapada ayuda a maximizar las reflexiones de sonido en algunas bandas de frecuencias medias-altas y altas, por medio de las características físicas en su acabado. Esta banda reflectora equivale al 25% de la superficie total del panel. Ver detalles en anexo 7.2.10. Detalles de difusor perimetral G, panel perforado, panel A2-1 y panel A2-2 (Palermo).

Las medidas y la ubicación de estos paneles son de suma importancia dentro del diseño. Los paneles A2 principales –los de mayor área–, están ubicados en la pared opuesta y paralela de las puertas y las ventanas, cuyo control acústico se dificulta debido a la naturaleza de sus materiales, a las características físicas y a la ubicación de los mismos dentro del recinto. Ver detalles en anexos 7.2.8., 7.2.9. y 7.2.10.

La función principal de los paneles A2 es absorber la mayoría de las reflexiones provenientes de las puertas y las ventanas, para evitar la formación de “ecos flotantes” y “modos normales de vibración”, entre otros efectos de sonido no deseados.

### 4.3.3 Difusor policilíndrico G1

Este difusor es similar al que se mostró en la sala pequeña, pero utiliza en este caso una guadua de mayor diámetro, que debe ser de aproximadamente 120mm. El diámetro total del difusor, así como la pronunciación de la superficie convexa varían según la necesidad acústica que presente el espacio y las condiciones y características físicas de las superficies que cubren. En este diseño tienen un diámetro mayor, debido al rango de frecuencia sobre el cual trabajan y a las características de las columnas sobre las cuales van a ir ubicados. Ver anexo 7.2.11. Detalles de láminas curvas reflectantes, difusor de cielo raso M, difusor PRD-M y difusor poli-cilíndrico G-I (Palermo)

La función que cumple es la distribución uniforme de energía sonora dentro del recinto. Sin embargo, los cambios de medida que presenta influyen en las bandas de frecuencia que trabaja, es decir, los sonidos sobre los cuales interviene este difusor son distintos de los que trabaja el Difusor policilíndrico G1 de la sala pequeña.

### 4.3.4 Paneles perforados

Cuando el recinto presenta problemas acústicos muy notables sobre bandas de frecuencias específicas y muy selectivas, es necesario incluir en el diseño una solución con características similares. Es el caso de esta sala, por ello dentro de este diseño se incluye esta clase de panel.

El panel perforado es un tipo de resonador de múltiple cavidad de Helmholtz, que se utiliza para absorber bandas de frecuencia específicas; es más eficiente sobre frecuencias bajas y generalmente se calcula y diseña con frecuencia central de banda desde los 500hz hacia abajo –rango donde es más eficiente–.

En este diseño los paneles perforados están compuestos por una placa rígida de MDF de 12mm de espesor, enchapados por la cara principal. Tienen alma en fibra de vidrio de alta densidad de 51mm de diámetro,

para maximizar el efecto de absorción sobre las bandas de frecuencia para las cuales están diseñados.

Pueden ir con un marco y una base de madera de mínimo espesor – de 4mm a 6mm– para poder tener opción de mayor fijación sobre la superficie de ubicación. El material absorbente del alma debe ir cubierto por una tela acústicamente transparente, para proteger la cavidad del ambiente exterior sin obstruir la tarea del panel perforado. Ver anexo 7.2.10. Detalle de difusor perimetral G, panel perforado, panel A2-1 y panel A2-2 (Palermo).

### 4.3.5 Difusor piramidal G

Este difusor es igual en dimensiones y materiales al utilizado en el diseño de la sala pequeña; en esta sala está ubicado en el centro de uno de los muros, equidistante a los difusores policilíndricos G1 en dicha superficie. Está diseñado para dispersar de forma uniforme las ondas sonoras que incidan sobre su superficie, distribuyendo con éxito el sonido en muchas direcciones y por todo el espacio del recinto gracias a su diseño bidimensional. Ver anexo 7.2.10 Detalle de difusor perimetral G, panel perforado, panel A2-1 y panel A2-2 (Palermo).

### 4.3.6 Difusor PRD-M

Este difusor tiene características similares al difusor PRD-G; la diferencia radica en el material de su diseño, en este caso, formado por cubos de madera –listones–.

Como se había mencionado anteriormente, es muy importante que las dimensiones de los componentes de este difusor sean muy exactas y en este caso particular todos los lados de los listones deben ser iguales –lo más cercano a 43mm–; las alturas varían según el diseño, pues dependiendo de estas características y la exactitud de las mismas –a escala de milímetros–, se verá afectado el comportamiento acústico del difusor.

Este difusor está ubicado en el muro opuesto al del difusor piramidal G, son paralelos y tienen los mismos centros. Ambos son complementarios y además de enriquecer la distribución uniforme del sonido dentro del recinto, también son los principales responsables de evitar efectos de sonido no deseados, como los “ecos flotantes” y la formación de

“modos normales de vibración” entre las superficies sobre las cuales están ubicados. Ver anexo 7.2.II Detalles de láminas curvas reflectantes, difusor de cielo raso M, difusor PRD-M y difusor poli-cilíndrico G-I (Palermo).

### 4.3.7 Láminas curvas reflectantes

Sobre las superficies de las paredes que quedan “en blanco” o libres de elementos grandes de diseño como los difusores y los demás paneles, se ubican bandas curvas en MDF de 6mm de espesor enchapadas por la cara principal.

Estas bandas se instalan en sentido horizontal, formando “ondas” cuyos picos y valles se pronuncian de forma paralela a la superficie de las paredes. El ancho de cada banda es de 8cm y para la ubicación respetan un espacio vertical equidistante entre cada una de ellas. La pronunciación de cada pico puede ser aleatoria y no debe superar los 12cm de alto –distancia o valor de “amplitud” pico a pico–. La longitud de los ciclos también puede ser aleatoria y la distancia puede variar entre los 0.40m y 0.80m. Ver anexo 7.2.II Detalles de láminas curvas reflectantes, difusor de cielo raso M, difusor PRD-M y difusor poli-cilíndrico G-I (Palermo)

Estos elementos curvos funcionan como pequeños difusores que trabajan sobre todo bandas de frecuencia altas. La principal función es la de evitar las superficies paralelas planas causantes de muchos efectos de sonido no deseados, además de controlar y enriquecer el “color sonoro” de la sala, sobre todo realzar los “brillos” –sin llegar al exceso–, obteniendo un recinto más vivo.

### 4.3.8 Difusor de cielo raso M

Estos difusores están formados por una lámina de MDF enchapada de 8mm de espesor y tienen un soporte o estructura en forma de cajón con relleno en fresca. Estos elementos están ubicados sobre el cielo raso, formando una cuadrícula con espacios equidistantes entre cada uno de ellos; la cuadrícula inicia y termina a 100cm de las paredes.

El enchapado de la lámina en MDF es la cara principal y va mirando hacia el piso. Cada lámina tiene una inclinación con un ángulo no mayor a 30 grados y cada módulo adyacente no puede coincidir ni repetir el

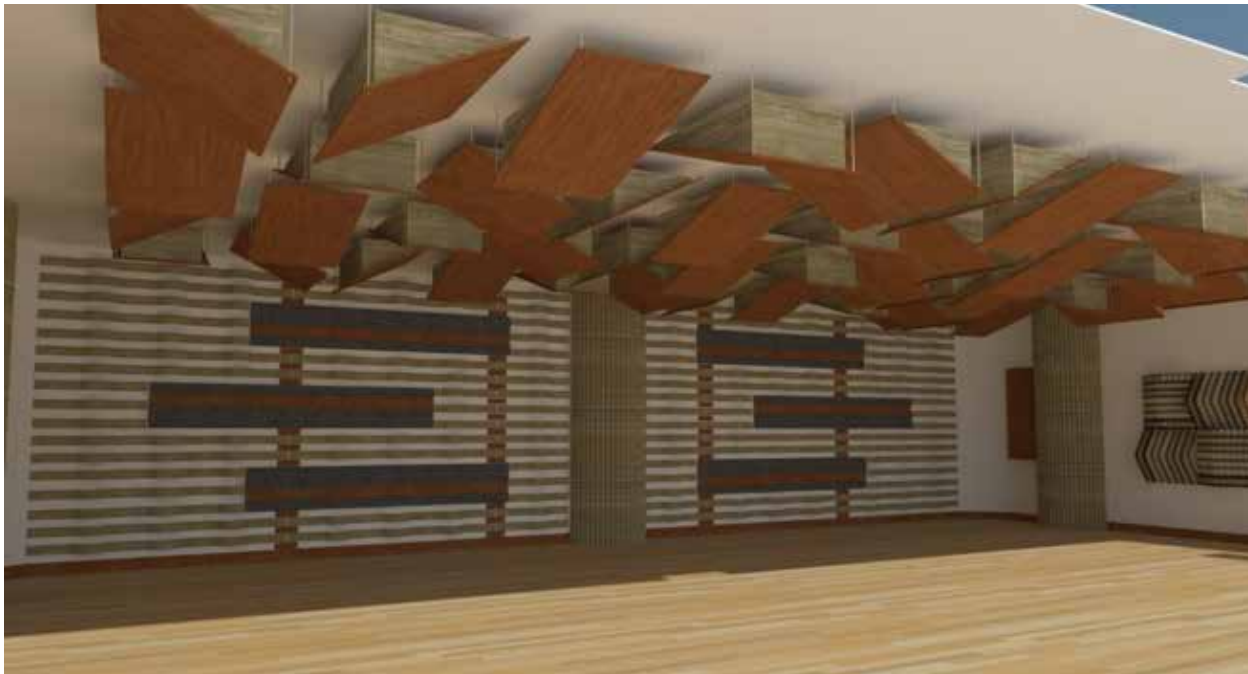


sentido de la inclinación. Es necesario que la inclinación y el sentido de la misma sean aleatorios. Ver anexo 7.2.II Detalles de láminas curvas reflectantes, difusor de cielo raso M, difusor PRD-M y difusor poli-cilíndrico G-I (Palermo).

Los difusores están diseñados con el fin de controlar y evitar la formación de “modos normales de vibración”, además de controlar algunos otros efectos de sonido no deseados. Como los demás difusores, ayudan en la distribución uniforme de la energía sonora dentro del recinto, que sirve de gran ayuda para que tanto instrumentistas como director musical puedan obtener una percepción homogénea de lo que se está interpretando.

La siguiente imagen hace referencia al resultado final del acondicionamiento acústico una vez aplicado el modelo de diseño para la sala mediana

Esta solución requiere la instalación del piso flotante, según las indicaciones del numeral 3.2.1 de este documento.



**Imagen 20** Sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

## 4.4 Acondicionamiento acústico N° 3 sala grande

La Escuela de música tomada como referente para el tercer diseño de acondicionamiento acústico para sala grande, es la de Saboyá - Boyacá, que cuenta con las características de área, altura y materiales que se presentan a continuación:

SALA	ÁREA		ALTURA	MATERIALES		
	TAMAÑO	MEDIDA		PISOS	MUROS	CUBIERTA
Saboyá Boyacá	Grande	106 m <sup>2</sup>	2,8 m-4,3 m	Madera	Adobe	Teja de barro

*Estado inicial, antes de la intervención:*

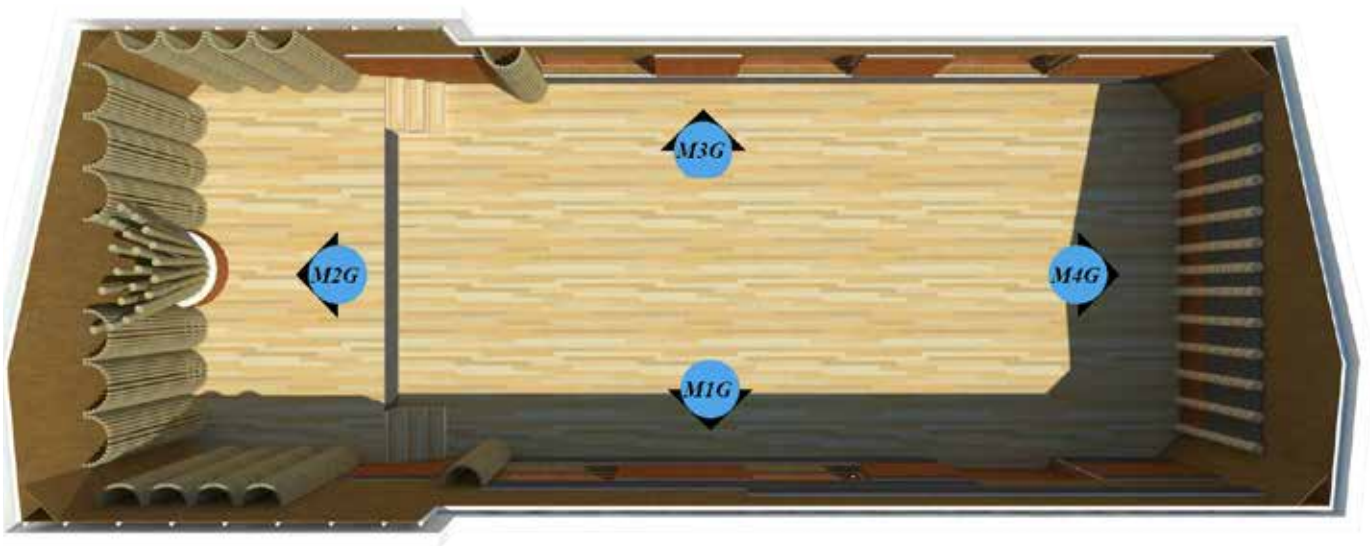


**Fotografías 7 a 9.** Estado inicial sala de música de Saboyá (Imagen FETB - 2014)

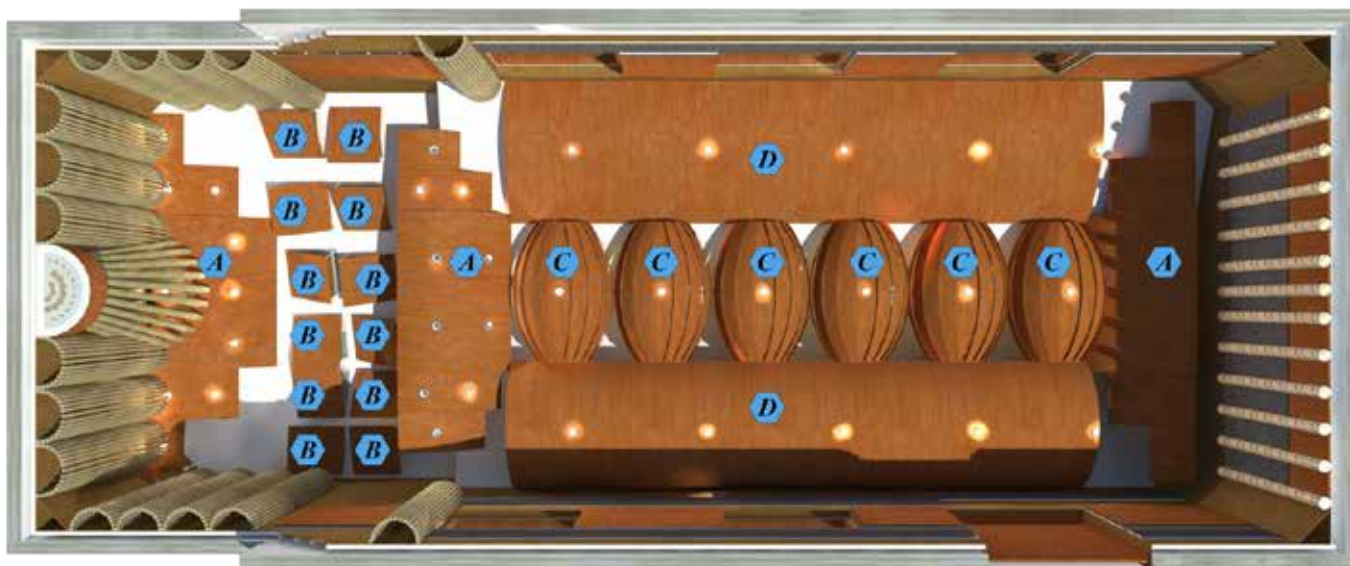
Esta sala tiene una cubierta a dos aguas, con el alistado de teja en madera, cuenta con una tarima y en este espacio se presenta un cambio de altura en la cubierta, su cielo raso es en madera y los vanos de aberturas (puertas y ventanas) no tienen ningún tratamiento acústico. Ver anexo 7.1.3. Ficha de levantamiento inicial sala de música de Saboyá, Boyacá

*Después de la intervención:*

Para seguir paso a paso este tercer diseño de acondicionamiento acústico, a continuación se presenta la imagen en planta de la sala de música grande que indica la asignación de las vistas de los muros (M1G: Muro 1 sala grande; M2G: Muro 2 sala grande; M3G: Muro 3 sala grande; M4G: Muro 4 sala grande):



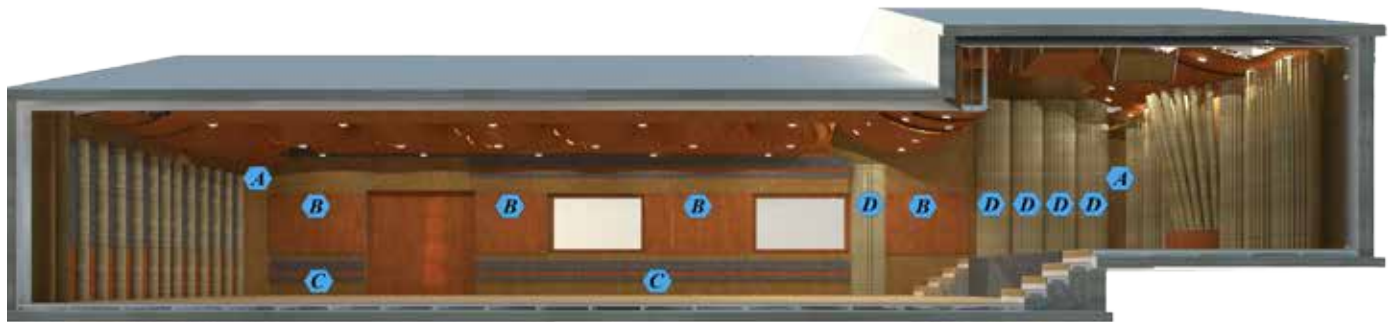
**Imagen 21.** PLANTA de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



A *Nubes acústicas A*
B *Difusor cielo raso M*
C *Nubes acústicas B*
D *Nubes acústicas C*

**Imagen 22** CIELO RASO de la sala de música grande después de la adecuación acústica, vista desde el piso (Imagen FETB - 2016)





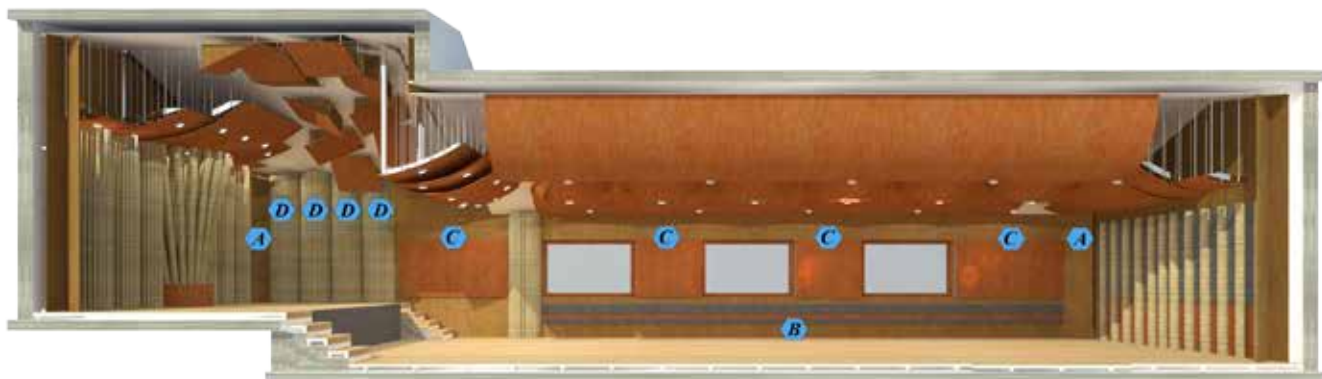
**A** Trampa de bajo **B** Panel perforado **C** Panel A2 **D** Difusor poli-cilindrico G

Imagen 23. MURO I (MIG) de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



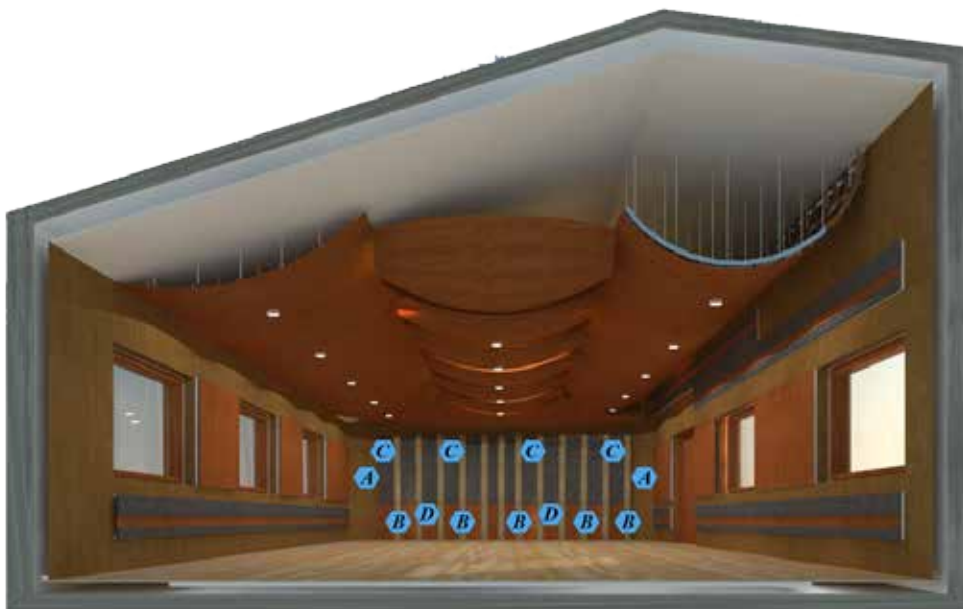
**A** Trampa de bajo **B** Difusor poli-cilindrico G **C** Difusor central G **D** Nubes acústicas A

Imagen 24. MURO 2 (M2G) de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** Trampa de bajo   **B** Panel perforado   **C** Panel A2   **D** Difusor poli-cilíndrico G

Imagen 25. MURO 3 (M3G) de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)



**A** Trampa de bajo   **B** Celosía G   **C** Panel A   **D** Panel R

Imagen 26. MURO 4 (M4G) de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

Para el diseño de acondicionamiento acústico de esta sala se utilizaron los siguientes elementos:

#### 4.4.1 Trampas de bajo

Igual que en los recintos anteriores, el diseño de esta sala también cuenta con trampas de bajo, elementos muy importantes y necesarios cuando la sala tiene zonas rectangulares. Las trampas de bajo para este recinto son de características iguales a las del diseño de la sala mediana. Ver anexos 7.2.13. Acondicionamiento acústico sobre muros 1 y 3 (Saboyá) y 7.2.14. Acondicionamiento acústico sobre muros 2 y 4 (Saboyá).

#### 4.4.2 Paneles A1

Estos paneles absorbentes también se utilizaron en el diseño de la sala pequeña y cubren dos superficies importantes en esta sala.

La primera es la cara vertical que muestra la altura de la tarima. En este caso, el panel se encarga de absorber al máximo las reflexiones que lleguen a esta área y evita que se dirijan al público, ya que pueden provocar algunas cancelaciones de sonido y otros efectos sonoros no deseados que impiden apreciar lo que el grupo o ensamble de músicos quiere transmitir.

La segunda es la superficie correspondiente a la pared posterior al público –pared opuesta y paralela a la tarima–. En esta superficie, el panel cubre áreas rectangulares superiores a una altura de 0.80m del suelo, hasta cubrir la superficie visible del muro. El objetivo es atenuar al máximo las reflexiones que provoquen efectos no deseados sobre los oyentes y finalizar el trayecto de sonido que inicia en la tarima, actuando sobre las bandas de frecuencia para las cuales está diseñado. Ver en anexo 7.2.15 Detalles de nubes acústicas B, panel A2, difusor poli-cilíndrico G-I y difusor de cielo raso M (Saboyá).

### 4.4.3 Paneles A2

Estos paneles también se utilizaron, con menor tamaño, en el diseño de la sala mediana. Las dimensiones de los paneles A2 para la sala grande responden a la necesidad acústica del recinto y su relación directa con el espacio, geometría y volumen del mismo.

Los paneles van ubicados en las paredes laterales, encima y debajo de las ventanas, con el fin de absorber algunas reflexiones específicas en las bandas de frecuencia del diseño. Ver en anexo 7.2.15 Detalles de nubes acústicas B, panel A2, difusor poli-cilíndrico G-I y difusor de cielo raso M (Saboyá).

Las características absorbentes de este panel, la ubicación estratégica de los mismos y el área que manejan, contribuyen al ajuste del tiempo de reverberación que se necesita para optimizar las condiciones acústicas que requiere el recinto.

### 4.4.4 Paneles R

Este panel cubre el área inferior de la segunda superficie donde están ubicados los paneles A1, es decir, la pared paralela y opuesta a la tarima, y cubre desde el piso hasta 80cm de altura. Ver en anexo 7.2.15 Detalles de nubes acústicas B, panel A2, difusor poli-cilíndrico G-I y difusor de cielo raso M (Saboyá). La cara en MDF laminado, como se había comentado en el diseño de la sala pequeña, tiene por objetivo reflejar algunas bandas de sonido en particular.

Los paneles R van a ser de gran utilidad cuando el recinto se utilice para la práctica instrumental, ya sea individual o grupal. Los instrumentistas se pueden ubicar a una distancia mínima de 1,20m de estas superficies, para recibir las reflexiones de sonido de su propio instrumento.

#### 4.4.5 Paneles perforados

Al igual que en el diseño de la sala mediana, en este caso también se utilizan estos paneles con el fin de atenuar y corregir el exceso de tiempo de reverberación sobre alguna banda de frecuencia específica.

Los paneles se ubican en un área que cubre el promedio de altura del oído humano, estando sentado y de pie, e inclusive se extiende un poco para cubrir un área más amplia y asegurar un mismo efecto sobre todos los oyentes. Ver en anexo 7.2.16 Detalles de nube acústica C y panel perforado (Saboyá). La ubicación de los paneles en esa área tiene por objeto corregir algunas “reflexiones tempranas” que llegan directamente a los oídos del oyente ubicado en el área del público.

#### 4.4.6 Difusor policilíndrico G1

Este difusor que se ha utilizado también en los diseños de las salas pequeña y mediana, además de cubrir las columnas, cubre también las paredes del área de la tarima. Ver en anexo 7.2.15 Detalles de nubes acústicas B, panel A2, difusor poli-cilíndrico G-1 y difusor de cielo raso M (Saboyá).

La tarea principal es “realzar” el sonido de la música interpretada por el ensamble que esté ubicado sobre la tarima. De esta forma, el sonido que se transmite al público es más amplio y agradable.

Como se había mencionado anteriormente, estos módulos se encargan de distribuir uniformemente el sonido que incide sobre su superficie, en este caso, el que llega directamente de los instrumentos del ensamble de músicos; también cumplen con la función de corregir algunos efectos de sonido para que los músicos puedan interpretar de forma cómoda sus instrumentos y obras.

#### 4.4.7 Difusor central G

Este difusor está compuesto por guaduas de diámetro igual o mayor a 100mm; se ubica en el centro de la pared de la tarima, formando una especie de “ramos de guadua” con una base común de concreto en varios

niveles, para mayor sostenibilidad y fijación. Las guadas que lo componen tienen un sentido. Ver en anexo 7.2.17 Detalles de nube acústica A y difusor central G (Saboyá).

Su particular forma hace que el funcionamiento del mismo cree difusión en sentido aleatorio, con el fin de “engrandecer” la fuente sonora que se ubica en la tarima proporcionando una “imagen sonora” más amplia en beneficio del director musical.

#### 4.4.8 Celosía G

La estructura de la “celosía acústica” está compuesta de barras en guada de 150mm de diámetro en promedio.

Esta celosía cubre un área que va desde el piso hasta la altura mínima definida por las dos aguas del cielo raso y está ubicada en la pared opuesta y paralela a la tarima. Ver detalles en anexo 7.2.14 Acondicionamiento acústico sobre muros 2 y 4 (Saboyá). El objetivo principal de este elemento es el de producir reflexiones en cantidades pequeñas y en bandas de frecuencia altas y específicas, con el fin de reforzar la tarea de algunos difusores y darle ganancia al “brillo acústico del lugar”.

#### 4.4.9 Difusor de cielo raso M

En el cielo raso que cubre el área de la tarima se ubican estos difusores, que son de gran ayuda para mejorar la escucha de los instrumentistas.

En conjunto con los difusores policilíndricos G1, estos elementos ayudan a obtener una “riqueza sonora” que opera desde la parte superior del área que ocupan los músicos –área por encima de la tarima–. Este efecto favorece y beneficia en la interpretación del grupo musical y en la percepción sonora para el director del ensamble.

Estos difusores van ubicados en una cuadrícula de 2 filas, con el fin de distribuir su efecto sobre el área que ocupan. Ver en anexo 7.2.15. Detalles de nubes acústicas B, panel A2, difusor poli-cilíndrico G-1 y difusor de cielo raso M (Saboyá).



#### 4.4.10 Nubes acústicas A

Las nubes acústicas son elementos que se ubican en el área del cielo raso en la mayoría de los casos, o están formados por módulos que inician en la parte superior de las paredes.

Están calculados y diseñados para la necesidad específica de cada tipo de recinto y las formas que utilizan varían según el objetivo de los mismos. Las nubes acústicas pueden tener como material y acabado principal elementos absorbentes, reflectantes, de difusión, o combinados.

En este caso, las nubes acústicas están diseñadas con el fin de crear difusión a través de curvas que guíen el sonido y lo distribuyan uniformemente hacia áreas específicas o que eviten la formación de “modos normales de vibración” u otros efectos sonoros no deseados, que afecten de forma negativa el proceso de formación musical y todas las actividades que se realizan dentro del recinto.

Este diseño está compuesto por capas de MDF laminado, de espesor mínimo –que puede variar entre 4mm y 6mm–, con estructuras internas para darle las curvas necesarias; tienen como borde inicial y final una altura mínima y una altura máxima que varía según el diseño y la necesidad. Ver en anexo 7.2.17. Detalles de nube acústica A y difusor central G (Saboyá).

En primer lugar se localiza en la pared de la tarima, inicia en la parte superior del difusor central G y su curva se orienta hacia arriba, hacia los difusores de cielo raso M. Ver detalles en anexo 7.2.12 Planta única y cielos rasos – Adecuación acústica (Saboyá).

Estos elementos trabajan en conjunto con los difusores de cielo raso M, conducen el sonido directo proveniente de los instrumentos en tarima hacia la zona de esos difusores, con el fin de crear confort acústico en el espacio que ocupan los músicos, brindando una buena

referencia sobre lo que están interpretando y mejorando las condiciones para transmitir al público el sonido esperado.

Las segundas nubes acústicas A están ubicadas en el sector que separa la tarima del área del público, en el cambio de altura del cielo raso. Ver detalles en anexo 7.2.12 Planta única y cielos rasos – Adecuación acústica (Saboyá). Su objetivo es conducir parte del sonido producido en el escenario hacia el área del público, a través de las demás nubes que se encuentran en dicha área.

Las terceras nubes acústicas A están ubicadas en la pared opuesta y paralela al escenario, en la parte posterior del área del público, superior a la “celosía G”. Ver detalles en anexo 7.2.12 Planta única y cielos rasos – Adecuación acústica (Saboyá). Estas nubes sirven como refuerzo sonoro y tienen por objeto recibir el sonido proveniente de las nubes ubicadas sobre el sector del público y guiar parte de éste hacia la misma zona; así el público también recibirá sonido en la parte posterior de la sala.

#### 4.4.11 Nubes acústicas B

En estas nubes acústicas las láminas curvas en MDF forman una especie de “nuez”, una semiesfera. Se ubican alineadas en el centro del recinto, sobre el área del público y perpendicular a la tarima. Ver en anexo 7.2.15 Detalles de nubes acústicas B, panel A2, difusor poli-cilíndrico G-I y difusor de cielo raso M (Saboyá). El objetivo principal de estas nubes es guiar el sonido que reciben desde la tarima y las nubes acústicas A, para distribuirlo en forma uniforme hacia el área del público, ayudando a que todos los oyentes sin importar su posición, escuchen lo que el grupo de música quiere transmitir.



#### 4.4.12 Nubes acústicas C

Las nubes acústicas C están compuestas por una cara en MDF laminado como en las nubes anteriores y una estructura interna que permite darle al elemento un cuerpo semicilíndrico con una longitud que cubre el largo del área del público. Su ubicación es perpendicular a la tarima y paralelo al trayecto de las nubes acústicas B; son dos estructuras de este tipo que van en ambos costados del recinto. Ver en anexo 7.2.16 Detalles de nube acústica C y panel perforado (Saboyá).

Estas nubes acústicas son de refuerzo sonoro, se encargan de recibir tanto el sonido proveniente de la tarima, como el que viene desde las nubes acústicas B, para realizar una distribución más fiel y uniforme del sonido proveniente de la fuente sonora sobre el área del público. Así, el público puede recibir más cantidad de sonido de una forma controlada y mejorar la experiencia sonora como oyentes durante los conciertos por parte del grupo de música.

En el caso de los ensayos y las prácticas individuales y grupales de músicos, las nubes ayudan a tener una mejor experiencia a la hora de interpretar los instrumentos; el confort acústico que se genera mejora la confianza y relación músico-instrumento, al igual que para los directores musicales mejora la apreciación sonora de los instrumentos y el resultado musical de los arreglos de las obras que se trabajen.

Esta solución requiere la instalación del piso flotante, según las indicaciones del numeral 3.2.1 de este documento.

La siguiente imagen hace referencia al resultado final del acondicionamiento acústico una vez aplicado el modelo de diseño para la sala grande.


Los espacios de las paredes que quedan en blanco –donde no hay paneles y otros elementos acústicos– también juegan un papel importante; estos se encargan de pronunciar algunas reflexiones de sonido, ayudando a obtener una sala más “viva”, controlando el tiempo de reverberación en ciertas bandas de frecuencia, pensados y diseñados para que trabajen en conjunto con los demás elementos acústicos. Esta función se cumple para las 3 propuestas de diseño acústico.



**Imagen 27.** Sala de música de Saboyá después de la adecuación acústica  
(Imagen FETB - 2016)



Fotografía FETB 2016



5. RECOMENDACIONES DE  
MANTENIMIENTO Y USO DE LOS  
ELEMENTOS DE AISLAMIENTO Y  
ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

## 5. RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y USO DE LOS ELEMENTOS DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

- Se recomienda hacer revisiones periódicas del estado de todos los espacios para detectar anomalías o desperfectos como rayados, desprendimiento de soportes o fisuras en pisos, muros y techos.
- Es importante limpiar habitualmente los elementos de aislamiento y acondicionamiento acústico y hacerlo con escobas de cerda suave y trapos o limpiones semi-secos para evitar la acumulación de polvo.

### ■ 5.1. Mantenimiento y uso de cielo raso

- Se recomienda hacer revisiones periódicas del estado de los elementos que integran el sistema de cielo raso.
- Si se observa alguna anomalía en los techos, esta debe ser estudiada por un profesional competente, para evitar daños en el cielo raso.
- No someter los elementos del cielo raso a cargas adicionales y a la humedad que puedan recibir sus materiales.
- Para la limpieza del cielo raso utilizar un paño ligeramente humedecido y una aspiradora apta para tapicería. De ser necesaria una limpieza más profunda, el paño puede humedecerse con un poco de jabón suave de cocina que retire la mancha y posteriormente se pasa nuevamente un paño distinto, humedecido ligeramente con agua. Esta última indicación sólo debe realizarse en caso que el cielo raso en drywall se haya percutido con exceso de polvo o grafito, ya que un exceso de humedad

puede deteriorar los elementos. Es necesario recordar que para esta actividad se utilizan andamios cuando la altura supere los 2.5m, que no deben apoyarse en la estructura de la cubierta.

- Es importante recordar que la limpieza con agua puede causar daños graves en las láminas del cielo raso.
- Los módulos en madera se limpian con productos especiales para este material o laminado, que se aplican sobre un paño húmedo. En caso que las superficies tengan manchas de grasa o similar, puede utilizarse una mezcla de agua y jabón suave de cocina que se retira posteriormente con un paño distinto, ligeramente humedecido con agua limpia. Adicionalmente, y una vez removida la suciedad superficial, se puede emplear silicona para madera que permite sellar la superficie mejorando la protección y durabilidad del material.

## ■ 5.2. Mantenimiento y uso de pisos

- Se recomienda hacer revisiones periódicas del estado de los elementos que integran el sistema de piso.
- Si se observa alguna anomalía con respecto a la estructura del piso, esta debe ser estudiada por un profesional competente.
- La limpieza de pisos laminados en madera deberá hacerse únicamente con productos especiales para el mantenimiento de este material. Inicia con el uso de una escoba suave para remover los cúmulos de basura o partículas grandes, que se complementa con la utilización de un trapero ligeramente humedecido con poca agua. Finalmente se aplica el producto para el piso que protege la capa superficial de madera y prolonga la vida útil del piso.
- No someter el piso a la humedad, a cargas considerables con elementos pesados, a ralladuras con herramientas ni a golpes por impactos.

### 5.3 Mantenimiento y uso de muros

- Se recomienda hacer revisiones periódicas del estado de los elementos que integran el sistema de muros.
- Las paredes de aislamiento acústico no soportan cargas adicionales a las del diseño y son muros falsos con terminado a la vista en láminas de superboard o MDF. Por lo tanto se deben evitar golpes de impacto y ralladuras en los muros; en caso de evidenciar anomalías, estas deben ser estudiadas por un profesional competente.
- Para hacer limpieza y mantenimiento a las paredes de aislamiento acústico se recomienda utilizar paños secos, ya que el contacto con el agua puede causar daños graves en los muros.
- Para los otros elementos que integran los muros como la carpintería en madera de módulos, ventanas y puertas, la limpieza debe hacerse con productos especiales para estos elementos, evitando el uso de productos químicos fuertes como jabones industriales o ácidos, que erosionan la superficie y deterioran los materiales.
- Para limpiar los módulos con relleno o acabado en fibras acústicas, se debe utilizar un paño seco y sacudirlo sobre la superficie del elemento. El uso de la aspiradora se debe hacer solo si es necesario, con el accesorio para limpiar tapicería y en modo suave. En caso de percudidos y manchas se podrá utilizar un paño ligeramente humedecido, de lo contrario se debe evitar la humedad en los módulos, ya que puede dañar las fibras y afectar negativamente sus propiedades acústicas y funcionamiento.

## 5.4 Recomendaciones generales

- Durante el proceso de ejecución de este tipo de proyectos –aislamiento y acondicionamiento acústico de las salas– es indispensable contar con la asesoría y acompañamiento de un ingeniero de sonido, un arquitecto o un ingeniero civil con experiencia en adecuaciones acústicas. Asegúrese de tener en su equipo de trabajo un profesional competente para dirigir y supervisar la obra, con el fin de realizar el diseño acústico más conveniente al recinto a intervenir y que permita optimizar el uso de los recursos utilizados para dicha tarea.
- Contar con mano de obra especializada para realizar una correcta instalación de los elementos del tratamiento acústico.
- Solicitar la ficha técnica de cada uno de los materiales que contempla el diseño, para garantizar el resultado deseado en la ejecución del proyecto.
- Respetar y seguir las recomendaciones de mantenimiento y uso, para garantizar un amplio período de vida útil de las superficies, materiales y módulos que hacen parte del diseño de adecuación acústica.
- Aunque la adecuación acústica mejora indiscutiblemente las condiciones dentro del recinto, no está demás adoptar algunas medidas preventivas, como son: usar protectores auditivos –por parte de estudiantes, profesores y directores musicales– e incluir tiempos de descanso en ensayos generales extensos y durante la práctica instrumental individual.
- Por último, una vez se haya realizado el diseño acústico y el recinto esté completamente adecuado ¡disfrute y saque el máximo provecho del mismo! Ya no será necesario restringir los horarios de práctica y procesos de formación por temor a interrumpir o ser interrumpidos por actividades en espacios adyacentes a la escuela de música, pues este será un problema solucionado.

Siéntase a gusto de interpretar cada uno de los instrumentos musicales y realizar ensayos generales dentro de un espacio acústicamente confortable, donde podrá disfrutar de la música como ¡una experiencia única!



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Barron, M. (2009). *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. Londres: Spon Press.
- Benade, A. H. (1990). *Fundamentals of Musical Acoustics*. Nueva York: Dover Publications.
- Beranek, L. L. (1986). *Acoustics*. Nueva York: American Institute of Physics.
- Beranek, L. L. (2003). *Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture*. Nueva York: Springer.
- Carrión, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Edicions UPC.
- Everest, F. A. (2009). *Master Handbook of Acoustics*. New York: McGraw-Hill Education T.
- León, A. L., Sendra, J. J., Navarro, J., & Zamarreño, T. (2007). *Acústica y rehabilitación en Teatros de Andalucía*. Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Mejía, D. (2012). *Adecuación acústica de infraestructuras musicales. Guía Básica*. Bogotá: Ministerio de Cultura de Colombia.
- Ministerio de Cultura, PNMC. (2008). *Guía para alcaldes y gobernadores de Colombia*. Recuperado de <http://www.mincultura.gov.co/proyectoeditorial/Pages/Gu%C3%ADa-para-alcaldes-y-gobernadores-de-Colombia-.aspx>
- UNE-EN ISO 3382-2. (2008). *Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos*. España: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)

## 7. ANEXOS

- 7.1. Fichas de estado inicial de las salas
  - 7.1.1. Ficha de levantamiento inicial sala de música de Chinavita, Boyacá
  - 7.1.2. Ficha de levantamiento inicial sala de música de Palermo, Huila
  - 7.1.3. Ficha de levantamiento inicial sala de música de Saboyá, Boyacá
- 7.2. Planos con detalles de los diseños acústicos
  - 7.2.1. Detalles generales de aislamiento acústico en pisos, muros y cielo raso.
  - 7.2.2. Planta única y cielos rasos – Adecuación acústica (Chinavita)
  - 7.2.3. Acondicionamiento acústico sobre muros 1 y 2 (Chinavita)
  - 7.2.4. Acondicionamiento acústico sobre muros 3 y 4 (Chinavita)
  - 7.2.5. Detalles de difusor perimetral G, difusor PRD-G, panel A-1, panel R-1 y panel R-2 (Chinavita)
  - 7.2.6. Detalles de panel A-R para columnas, panel A-R, panel A-A, difusor poli-cilíndrico G-1 y paneles fono absorbentes (Chinavita)
  - 7.2.7. Planta única y cielos rasos – Adecuación acústica (Palermo)
  - 7.2.8. Acondicionamiento acústico sobre muros 1 y 2 (Palermo)
  - 7.2.9. Acondicionamiento acústico sobre muros 3 y 4 (Palermo)
  - 7.2.10. Detalles de difusor perimetral G, panel perforado, panel A2-1 y panel A2-2 (Palermo)
  - 7.2.11. Detalles de láminas curvas reflectantes, difusor de cielo raso M, difusor PRD-M y difusor poli-cilíndrico G-1 (Palermo)

- 7.2.12. Planta única y cielos rasos – Adecuación acústica (Saboyá)
- 7.2.13. Acondicionamiento acústico sobre muros 1 y 3 (Saboyá)
- 7.2.14. Acondicionamiento acústico sobre muros 2 y 4 (Saboyá)
- 7.2.15. Detalles de nubes acústicas B, panel A2, difusor poli-cilíndrico G-I y difusor de cielo raso M (Saboyá)
- 7.2.16. Detalles de nube acústica C y panel perforado (Saboyá)
- 7.2.17. Detalles de nube acústica A y difusor central G (Saboyá)
- 7.3. Formatos Excel para elaboración del presupuesto, análisis de precios unitarios (APU) y cuadrillas
  - 7.3.1. Formatos Excel - Chinavita
  - 7.3.2. Formatos Excel - Palermo
  - 7.3.3. Formatos Excel - Saboyá
  - 7.3.4. Formatos Excel - Tipo
- 7.4. Archivos PDF ejercicio presupuestal año 2016
  - 7.4.1. Cuadrillas de mano de obra tipo 2016
  - 7.4.2. Ejercicio presupuestal año 2016 – Chinavita
  - 7.4.3. Análisis de precios Unitarios (APU) – Chinavita
  - 7.4.4. Ejercicio presupuestal año 2016 – Palermo

7.4.5. Análisis de precios Unitarios (APU) - Palermo

7.4.6. Ejercicio presupuestal año 2016 – Saboyá

7.4.7. Análisis de precios Unitarios (APU) - Saboyá

## 8. LISTADO DE IMÁGENES

**Imagen 1.** Esquema de aislamiento de pisos (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 2.** Esquema de paredes aisladas (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 3.** Esquema de anclaje al muro del sistema de desacoplador acústico (Imagen FETB - 2016).

**Imagen 4.** Esquema de aislamiento de cielo raso (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 5.** Esquema de puerta acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 6.** Esquema de ventana acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 7.** PLANTA de la sala de música pequeña, asignación de muros después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 8.** CIELO RASO de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica, vista desde el piso (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 9.** MURO 1 (M1P) de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 10.** MURO 2 (M2P) de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 11.** MURO 3 (M3P) de la sala de música pequeña después de la adecuación acústica- (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 12.** MURO 4 (M4P) de la sala de música pequeña -después de la adecuación acústica- (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 13.** Sala de música pequeña después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 14.** PLANTA de la sala de música mediana, asignación de muros después de la adecuación acústica- (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 15.** CIELO RASO de la sala de música mediana después de la adecuación acústica, vista desde el piso (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 16.** MURO 1 (M1M) de la sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 17.** MURO 2 (M2M) de la sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 18.** MURO 3 (M3M) de la sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 19.** MURO 4 (M4M) de la sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 20.** Sala de música mediana después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 21.** PLANTA de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 22.** CIELO RASO de la sala de música grande después de la adecuación acústica, vista desde el piso (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 23.** MURO 1 (M1G) de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 24.** MURO 2 (M2G) de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 25.** MURO 3 (M3G) de la sala de música grande después de la adecuación acústica– (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 26.** MURO 4 (M4G) de la sala de música grande después de la adecuación acústica (Imagen FETB - 2016)

**Imagen 27.** Sala de música de Saboyá después de la adecuación (Imagen FETB - 2016)

## 9. LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

**Fotografías 1 a 3.** Estado inicial sala de música de Chinavita (Imagen FETB - 2013)

**Fotografías 4 a 6.** Estado inicial de sala de música de Palermo (Imagen FETB – 2014)

**Fotografías 7 a 9.** Estado inicial sala de música de Saboyá (Imagen FETB – 2014)

Partiendo del reconocimiento de la diversidad de expresiones culturales y con el objetivo de garantizar a la población el derecho a conocer, practicar y disfrutar la creación musical, el Ministerio de Cultura puso en marcha desde el año 2003 el Plan Nacional de Música para la Convivencia –PNMC–.

Para cumplir su propósito, el PNMC implementa dos líneas de política que promueven el desarrollo musical del territorio: la musicalización de la ciudadanía y la estructuración del campo profesional de la música.

A partir del año 2011 el Ministerio de Cultura aborda la tarea de orientar a los municipios para que cuenten con salones apropiados y adecuados acústicamente. En este sentido, lleva a cabo visitas de diagnóstico y asesoría sobre el tema, a partir de las cuales se generan materiales como esta publicación, realizada en el marco del convenio con la Fundación Escuela Taller de Bogotá –FETB–, que busca ser una guía para la adecuación acústica de recintos destinados a la formación y práctica musical, a partir de la propuesta de cuatro diseños: uno de aislamiento acústico y tres de acondicionamiento acústico de los espacios.

Lograr la adecuación acústica de estos espacios permitirá un mejor resultado sonoro de las agrupaciones, mayor cuidado auditivo de los músicos que ocupan dichos recintos y mejores resultados en los procesos de formación musical del país.