

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Master en Ingeniería Acústica



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música

TESIS DE MASTER

Autor:
Fco. Javier Mañó Frasquet

Director/es:
D. Jesús Alba Fernández
D Francisco Javier Redondo Pastor

GANDIA, 2010

Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música

Autor: Fco. Javier Mañó Frasquet

Director 1: Jesús Alba Fernández

Director 2: Fco. Javier Redondo Pastor

Resumen —

La Tesina trata sobre el aislamiento y acondicionamiento acústico de un auditorio destinado a la actuación de bandas de música en directo. A partir de los planos arquitectónicos del recinto se ha diseñado el aislamiento acústico necesario del auditorio, definiendo detalladamente cada solución acústica adoptada. Del mismo modo, atendiendo a los parámetros de calidad acústica deseados para el tipo de actuaciones que se van a realizar en el auditorio, se ha realizado el acondicionamiento acústico del mismo definiendo la forma geométrica de sus revestimientos, así como detallando el material de que están fabricados dichos revestimientos.

Abstract —

The dissertation deals with insulation and acoustic conditioning of an auditorium to the performance of live music. From architectural drawings of the site has been designed the required acoustic insulation of the Auditorium, defining in detail each acoustic solution adopted. Similarly, attending acoustic quality parameters for the type of actions to perform in the Auditorium, completed the acoustic conditioning by defining the geometric shape of its coatings, as well as detailing materials that are manufactured these coatings.

ÍNDICE

<i>I. OBJETO Y ANTECEDENTES</i>	3
<i>I.1. INTRODUCCIÓN</i>	3
<i>I.2. OBJETO</i>	3
<i>I.3. ESTRUCTURA DE LA TESINA</i>	4
<i>II. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y DEL LOCAL</i>	4
<i>II.1. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</i>	4
<i>II.2. DESCRIPCIÓN DEL LOCAL</i>	5
<i>III. AISLAMIENTO ACÚSTICO</i>	7
<i>III.1. LEGISLACIÓN</i>	7
<i>III.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO</i>	8
<i>III.3. DISEÑO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO</i>	10
<i>IV. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO</i>	16
<i>IV.1. PARAMETROS ACÚSTICOS</i>	16
<i>IV.2. CONSIDERACIONES PREVIAS PARA EL DISEÑO DE LA SALA</i>	21
<i>IV.3. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA SALA</i>	24
<i>IV.4. REVESTIMIENTOS PROYECTADOS</i>	33
<i>IV.5. SIMULACIÓN DEL AUDITORIO</i>	34
<i>V. CONCLUSIONES</i>	42
<i>V.1. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO</i>	44
<i>REFERENCIAS</i>	45
<i>ANEXO I.- PLIEGO DE CONDICIONES</i>	46
<i>ANEXO II.- COEFICIENTES DE REFLEXIÓN DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA</i>	50
<i>ANEXO III.- PLANOS</i>	57

I. OBJETO Y ANTECEDENTES

I.1. INTRODUCCIÓN

Una determinada población de la Comunidad Valenciana tiene proyectado la construcción de un Auditorio para actuaciones en directo de bandas de música. A parte de las exigencias de la construcción del mismo definidas por el arquitecto, en este caso cobra gran importancia parámetros acústicos como el aislamiento acústico y el acondicionamiento acústico.

En el caso del aislamiento acústico, si el auditorio no se aísla correctamente se pueden transmitir a las colindancias niveles de ruido superiores a los permitidos en la legislación vigente en materia de contaminación acústica. Simultáneamente, también es importante que los ruidos procedentes de la calle o de otras estancias o dependencias del auditorio no penetren en la sala de música puesto que podrían ser molestos para la audición que se estuviese efectuando.

Por otra parte, es de gran importancia realizar un acondicionamiento acústico de la sala idóneo para que el sonido se distribuya homogéneamente por toda la sala de música, para obtener los parámetros acústicos (tiempo de reverberación, claridad musical, sonoridad,...) apropiados para el tipo de uso que se tiene que hacer de la sala y para evitar que se produzcan ecos o focalizaciones no deseados.

I.2. OBJETO

El objeto de la presente tesina es el diseño de las condiciones acústicas del Auditorio, en particular de la sala de música y de las dos salas de ensayo.

Inicialmente, se dispone de los planos arquitectónicos del local, a partir de estos que se van a definir los sistemas de aislamiento acústico necesarios para que no se transmitan niveles de ruido superiores a los establecidos en la legislación vigente; así como se van a diseñar los elementos con los que se van a revestir el local (concha acústica, paredes laterales, etc.) y la forma geométrica de éstos con el objetivo de lograr unas condiciones acústicas óptimas en función del uso que se tiene que realizar de la sala.

En cuanto al aislamiento acústico, se va a cuantificar cuánto aislamiento acústico necesita la sala en función de la normativa vigente, y se va a especificar las soluciones constructivas necesarias para aislar la sala de música y las salas de ensayo definiendo las especificaciones de los materiales empleados. También se adjuntará en forma de anexo un pliego de condiciones de cómo debe de ejecutarse la obra de aislamiento, así como la secuenciación de la misma.

Para el acondicionamiento acústico de la sala se va a definir los parámetros acústicos más importantes que afectan al diseño de salas estableciendo los valores recomendados para el caso que se va a estudiar. Luego se va a definir el diseño de la geometría de la sala de música (concha acústica y paredes laterales) y de los revestimientos elegidos. Finalmente, se va a realiza una

simulación de la sala proyectada para comprobar si se han alcanzado los valores fijados inicialmente.

I.3. ESTRUCTURA DE LA TESINA

La tesina se va a estructurar en cuatro partes claramente diferenciadas.

En la primera parte, se va a describir la actividad que se va a desarrollar en el local y se va a detallar las características constructivas del local establecidas por el arquitecto.

En la segunda parte, se va a especificar las necesidades de aislamiento acústico siguiendo los criterios marcados por la normativa vigente en la Comunidad Valenciana de contaminación acústica, para luego establecer los sistemas de aislamiento acústico necesarios.

En la tercera parte, se va a definir los parámetros de acondicionamiento acústico idóneos para el diseño de la sala en función del uso para el que se va a construir. Posteriormente se va a establecer la forma geométrica y se va a detallar las especificaciones del material que se va a emplear en el revestimiento de la sala. Finalmente, se realizará una simulación de la sala para obtener los valores de los parámetros acústicos, comprobando si se acercan a los que inicialmente se había propuesto.

En la cuarta, se va a reflejar las conclusiones del estudio realizado y se va a proponer futuras líneas de trabajo.

A la presente tesina, la acompañan tres anexos. El primero de ellos es un pliego de condiciones técnicas de cómo se deben de ejecutar los trabajos de aislamiento acústico del auditorio. El segundo de ellos son las características de los materiales empleados en el acondicionamiento acústico del auditorio. Y el tercero son los planos del Auditorio.

II. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y DEL LOCAL

II.1. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

La actividad que se va a desarrollar es un Auditorio que funcionará tanto en horario diurno como en horario nocturno. Por lo tanto, los sistemas de aislamiento acústico que se va a proyectar en el presente estudio se realizarán en función del horario nocturno, ya que es durante este intervalo cuando las exigencias acústicas son más restrictivas.

Los niveles de ruido de emisión de la actividad, se estipularán en 104 dBA, tal y como indica el artículo 39 de la Ley 7/2002, de 3 de Diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.

II.2. DESCRIPCIÓN DEL LOCAL

El local donde se va a realizar la actividad es un edificio de dos plantas, planta baja y sótano, destinado al Auditorio con dos objetivos definidos para funcionamiento, por una parte sala de música (conciertos, audiciones) situada en la planta baja y por otra parte dos salas de ensayos para instrumentos musicales situada en la planta inferior a la sala de música (sótano). Está situado en una zona de uso terciario ocupada fundamentalmente por otras naves industriales. Las colindancias del la sala de música con otras actividades son:

DERECHA → Exterior

IZQUIERDA → Nave industrial

DETRÁS → Exterior

DELANTE → Exterior

ARRIBA → Exterior

DEBAJO → Camerinos, Baño, Pasillos, Despacho, Centro de transformación, Almacenes y Salas de ensayo

Las colindancias del la sala de ensayo 1 con otras actividades son:

DERECHA → Almacén general

IZQUIERDA → Pasillo

DETRÁS → Aseos

DELANTE → Sala de ensayo 2

ARRIBA → Sala de música y Foyer

Las colindancias del la sala de ensayo 2 con otras actividades son:

DERECHA → Almacén general

IZQUIERDA → Pasillo

DETRÁS → Sala de ensayo 1

DELANTE → Almacén general

ARRIBA → Sala de música

Las características constructivas del local son las siguientes.

ESTRUCTURA: La estructura del edificio está resuelta a partir de pórticos, realizados a base de soportes y cerchas compuestas de perfiles de acero laminado, atados a base de zunchos realizados de perfil de acero laminado.

CERRAMIENTOS:

Cerramiento con el exterior: Paneles de hormigón prefabricado de 20 cm de espesor.

Particiones interiores: Tabique realizado a base de 2 placas de yeso laminado de 13 mm por cada cara soportadas por una estructura autoportante de perfiles de acero galvanizado de 48 mm.

SUELO: El suelo está constituido por placas alveolares de hormigón prefabricado.

TECHO: Estructura resistente de tirantes y correas de acero laminado con cubierta tipo sándwich de chapa doble de aluminio con aislamiento intermedio.

SUPERFICIES**SUPERFICIE 1: SALA DE MÚSICA**

La sala de música cuenta con una superficie total de 351,8 m², cuya distribución se puede observar a continuación:

Zona	Superficie (m²)
Audiencia	351,8
Escenario	188,71
Total	540,51

La sala de música cuenta con una profundidad máxima de 23,3 m y con un ancho aproximado de 25,5 m. La sala de música cuenta con una altura máxima de 9m.

SUPERFICIE 2: SALAS DE ENSAYO

La actividad cuenta con dos salas de ensayo con una superficie total de 100,3 m², cuya distribución se puede observar a continuación:

Zona	Superficie (m²)
Sala de ensayos 1	47,55
Vestíbulo previo sala 1	3,97
Sala de ensayos 2	52,78
Vestíbulo previo sala 2	4,23
Total	100,33

Las salas de ensayos son de forma rectangular, con una profundidad de 8,24 m y con un ancho promedio de 6,47 m para la sala de ensayo 1 y de 7,04 m para la sala de ensayo 2. Las salas de ensayo cuentan con una altura máxima de 2,5 m.

III. AISLAMIENTO ACÚSTICO

III.1. LEGISLACIÓN

El local que estamos diseñando se encuentra en la Comunidad Valenciana, por lo tanto, la legislación en materia de acústica que tiene que cumplir el local es:

- *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.*
- *Decreto 266/2004, de 3 de Diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios*
- *Decreto 104/2006, de 14 de Julio, del Consell de la Generalitat, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.*

Dentro de la legislación anteriormente mencionada, los artículos que son de aplicación al caso que nos ocupa son los siguientes:

En la *Ley 7/2002 de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica*:

Artículo 12.1.- “Ninguna actividad o instalación transmitirá al ambiente exterior niveles sonoros de recepción superiores a los indicados en la tabla 1 del Anexo II en función del uso dominante de la zona...”

En el caso que nos ocupa y en el entorno en el que se encuentra ubicada, uso terciario, no se podrán superar los siguientes niveles sonoros:

Horario Diurno (8:00 a 22:00h) → 70 dBA

Horario Nocturno (22:00 a 8:00h) → 60 dBA

Artículo 35.- “1. Los titulares de las actividades o instalaciones industriales, comerciales o de servicios están obligados a adoptar las medidas necesarias de insonorización de sus fuentes sonoras y de aislamiento acústico para cumplir, en cada caso, las prescripciones establecidas en esta ley.

Por lo tanto, en el caso que nos ocupa funciona tanto en horario diurno como en horario nocturno y tiene un nivel de emisión igual o mayor a 70 dBA, el aislamiento acústico de los cerramientos $D_{nT,A}$ se proyectará como medida preventiva para proteger el Espai Jove Musical de la actividad industrial que se genera en el exterior de la misma.

Artículo 39-. “1. El aislamiento acústico exigible a los elementos constructivos delimitadores de los locales, que entre sus instalaciones cuenten con sistemas de amplificación sonora regulables a voluntad, se deducirá conforme a los siguientes niveles de emisión mínimos:

a) Salas de fiestas, discotecas, tablaos y otros locales autorizados para actuaciones en directo: 104 dB(A).

b) Locales y establecimientos con ambientación musical procedente exclusivamente de equipos de reproducción sonora: 90 dB(A).

c) Bingos, salones de juego y recreativos: 85 dB(A).

d) Bares, restaurantes y otros establecimientos hoteleros sin equipo de reproducción sonora: 80 dB(A).”

Por lo tanto, en el caso que nos ocupa, el aislamiento acústico exigible a los elementos constructivos se deducirá en base a un nivel de emisión de 104 dBA.

Los parámetros de diseño del sistema de aislamiento acústico del presente estudio se realizarán tomando como referencia las condiciones más restrictivas de las mencionadas en la legislación anterior que es de aplicación para el caso que nos ocupa.

III.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO

El ruido que se genera en una actividad como la que estamos evaluando puede tener distintas naturaleza. A continuación se van a describir las distintas fuentes de ruido que puede tener la actividad según la naturaleza de éste:

III.2.a) Ruido Aéreo

El ruido aéreo es aquel que se transmite a través del aire y se produce dentro de un local emisor debido a las fuentes de ruido que se encuentran dentro de él. El ruido aéreo son ondas sonoras que se propagan a través del aire, cuando éstas chocan con los cerramientos del local emisor, se pueden producir tres efectos distintos. Uno de ellos es que la onda que impacta con el cerramiento rebote y se produzca el efecto de reflexión (onda reverberada). Otro es que el cerramiento absorba la onda incidente, en este caso se transforma la energía acústica en forma de calor. Y el último efecto, que es el que nos interesa, es que se transmita la onda a través del cerramiento. En este último efecto, al incidir la onda sobre el cerramiento se produce unas fuerzas normales que provocan en los cerramientos movimientos vibratorios que hacen que la onda se transmita al recinto receptor.

Por lo tanto, a la hora de diseñar un sistema de aislamiento acústico se tendrá que tener en cuenta que éste sea capaz de absorber al máximo la energía acústica que incide sobre él, con el fin de que se transmita el mínimo de energía acústica.

Las principales fuentes de este tipo de ruido para el tipo de actividad sometida a estudio pueden ser:

- *Ruido de las personas.*- Ruido producido por la conversación y aplausos de las personas.
- *Maquinaria.*- Ruido producido por el funcionamiento normal de la maquinaria (elementos de extracción y/o ventilación del local, etc.).
- *Aire Acondicionado.*- Ruido producido por la unidad interior de aire acondicionado.
- *Música en directo.*- Sonido producido por las actuaciones o ensayos de los músicos

No obstante, cumpliendo con los condicionantes normativos anteriormente expuestos, se supondrá que el nivel de emisión de ruido aéreo de la actividad se supondrá en 104 dBA para el cálculo de los aislamientos.

III.2.b) Ruido de Impacto

El ruido de impacto se origina al producirse un impacto, un choque o una colisión sobre un cerramiento o un elemento estructural, que hace que el elemento en cuestión entre en vibración, y por lo tanto, se transmita el ruido al recinto receptor. Este tipo de ruidos son de muy corta duración y se transmiten con mucha facilidad por elementos constructivos adyacentes. Debido a la facilidad de propagación que tiene este tipo de ruido, cabe la posibilidad que pueda aparecer en locales a gran distancia de su origen.

Por lo tanto, a la hora de diseñar el sistema de aislamiento a ruido de impacto, se tendrá que tener en cuenta, que se tiene que disminuir al máximo la vibración del elemento constructivo y además desolidarizar lo máximo posible las uniones entre elementos constructivos.

Las principales fuentes de este tipo de ruido para el tipo de actividad sometida a estudio pueden ser los taconeos, la caída de objetos, el arrastre de sillas, la carga y descarga de elementos de grandes instrumentos, golpes,... Por lo tanto, el cerramiento más propenso a las transmisiones de ruido de impacto suele ser el suelo, por ello, se tratará de una forma especial.

III.2.c) Vibraciones

Las vibraciones se producen cuando un elemento vibratorio como puede ser cualquier maquinaria se encuentra en contacto directo con un cerramiento o un elemento estructural, ya que transmite la vibración al parámetro constructivo, y, en consecuencia, se trasmite ruido al recinto colindante.

Por lo tanto, a la hora de diseñar el sistema de aislamiento a ruido de vibraciones, simplemente se tendrá en cuenta que no se encuentre ningún tipo de maquinaria en contacto directo con los cerramientos o elementos estructurales, evitando así la transmisión estructural del sonido.

III.3. DISEÑO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

En el caso que nos ocupa los límites de aislamiento acústicos exigidos por la Ley 7/2002, de 3 de Diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica, vienen dados por los niveles sonoros máximos que se pueden transmitir a locales colindantes. Para el caso más restrictivo, se exigen unos niveles de ruido máximos de 60 dBA durante la noche.

Los niveles sonoros máximos que se pueden transmitir durante el desarrollo normal de la actividad a los locales colindantes y al exterior se resumen a continuación:

- Camerinos: 40 dBA (por analogías a despachos profesionales)
- Aseos: 40 dBA (por analogía a zonas comunes edificio)
- Pasillos: 40 dBA (por analogía a zonas comunes edificio)
- Despacho: 40 dBA
- Almacenes: 45 dBA (por analogía a bares y establecimientos comerciales)
- Foyer: 40 dBA (por analogía a zonas comunes edificio)
- Salas de ensayo: 40 dBA (por analogía a salas de concierto)
- Sala de música: 40 dBA
- Exterior: 55 dBA

Todos estos valores se han sacado según los condicionantes normativos que le son de aplicación a la actividad, siempre empleando los límites correspondientes al horario nocturno por ser el peor de los casos.

Para cumplir las exigencias de los niveles sonoros máximos que se pueden transmitir a locales colindantes, establecidas por la Ley 7/2002, de 3 de Diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica, se diseñan las siguientes soluciones constructivas.

III.3.a) Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo

Partiendo del estado inicial del local, la cual se ha descrito anteriormente se van a adoptar las siguientes medidas de mejora del aislamiento acústico:

SALA DE MÚSICA

a) Techo

El techo del local está compuesto por estructura resistente de tirantes y correas de acero laminado con cubierta tipo sándwich de chapa doble de aluminio con aislamiento intermedio, por debajo de las cuales se instalará el techo acústico. Para obtener el aislamiento necesario, se adoptan distintas técnicas de aislamiento que combinan cámaras de aire con fibras absorbentes, elastómeros

y cambios de impedancias. Dicho techo acústico está compuesto por dos partes: el primer techo que proporciona aislamiento acústico, y el segundo que acondiciona acústicamente la sala.

Primer techo:

1.- Sistema de perfilera galvanizada en H de 1 mm de espesor anclada al techo mediante varillas provistas de elementos antivibratorios de caucho (silentblocks) con frecuencias de resonancia entre 6 y 10 Hz y cargas de 6 a 60 Kg.

2.- Dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, que llevan intercalada una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6,5 kg/m² (Viscolam autoadhesiva) atornilladas al sistema de perfilera galvanizada.

3- Lana de roca de 40 mm y 70 Kg/m³ de densidad, dejada caer por la parte superior al sistema de dos placas de yeso laminado.

Este primer techo ha de tener un plénum de 138 cm con respecto a la cubierta de la sala.

Segundo techo:

El segundo techo será de madera barnizada de forma curvilínea (a modo de efecto concha) con cámara de aire de 50 mm, el hecho de colocar una cámara de aire es con el objetivo de crear un efecto resonador sobre la sala. En el anexo planos de la presente tesina se pueden observar los detalles constructivos de la concha.

Antes de la instalación del techo aislante acústico se deberán de sellar todas las salidas al exterior del aire acondicionado.

Todas las instalaciones deberán de discurrir entre el techo aislante acústico y el techo de acondicionamiento, no pudiendo atravesar el techo aislante bajo ningún concepto.

En el anexo planos de la tesina se pueden observar los detalles constructivos del techo del local.

b) Cerramientos

Se utilizará un sistema de aislamiento que combinando cámaras de aire con fibras absorbentes, aumento de la masa del cerramiento y cambios de impedancias, se obtendrá el aislamiento necesario. A continuación se detalla la solución constructiva de los cerramientos:

1.- Sobre el tabique existente de bloque de hormigón de 20 cm, se fijará la perfilera metálica de 48 mm de espesor a base de canales equiespaciados 600 mm. Entre la perfilera y el cerramiento existente se ha de colocar una banda elástica con el fin de desolidarizar ambos elementos constructivos.

2.- Dentro de la perfilera se extenderá lana de roca de 40 mm de espesor y 70 kg/m³ de densidad.

3.- Se atornillará a la perfilería dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, con una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m² (Viscolam autoadhesiva) atornilladas al sistema de perfilería galvanizada.

Las instalaciones eléctricas irán por en medio de la perfilería metálica. En el caso de la instalación de registros eléctricos, deberán ser especiales para aislamiento acústico.

Los cerramientos verticales de la zona del escenario se revestirán de madera barnizada. Deben estar colocados de forma estanca y sin ningún tipo de separación entre las láminas, ya que una mala ejecución o la existencia de un plénum entre el elemento base y los paneles podría provocar efectos no deseados en la acústica de la sala. Se colocarán difusores de sonido RPG difractal: 1200x600x230 mm en la zona del escenario. Se situarán en la pared lateral del primer escalón de la zona de escenario y a un metro del suelo, un total 16 difusores (8 en cada lado del escenario) cubriendo una superficie total de 6 m² en cada zona. Su ubicación se puede observar en el apartado planos.

Los cerramientos verticales de la zona de audiencia para que el sonido llegue a toda la zona de la audiencia con la mayor uniformidad posible y evitando reflexiones indeseadas, ha de tratarse el revestimiento de las superficies laterales de la sala. En este caso se ha tratado todo el cerramiento vertical con el mismo material, madera barnizada, a excepción de la pared trasera de la última parte de la audiencia donde se ha proyectado laminas de madera perforada absorbentes con la finalidad de evitar las reflexiones tardías.

En el anexo planos de la tesina se pueden observar los detalles constructivos de los cerramientos de la sala de música.

c) Suelo

El suelo del local se aislará a ruido aéreo para no transmitir ruido por vía estructural, dicho aislamiento también nos servirá para prevenir la transmisión de ruido de impacto del local a las salas colindantes. Por lo tanto, se instalará un suelo flotante formado de:

- 1.- Lámina de poliuretano compactado de alta densidad (150 kg/m³) o polietileno reticulado de 3 mm de espesor colocado encima del suelo de terrazo original.
- 2.- Tarima flotante laminada de madera.

Antes de la colocación de la lámina de polietileno, el suelo existente deberá de estar limpio y no deberá haber impurezas. Las láminas se montarán solapadas unos 20 cm entre láminas y subiéndolas entre 10 y 20 cm. en su encuentro con los cerramientos. La lámina quedará encastrada dentro de las cámaras de aire de los cerramientos. De este modo conseguimos evitar la unión directa entre la tarima flotante laminada y los cerramientos.

En el anexo planos de la tesina se puede observar los detalles constructivos del suelo.

SALAS DE ENSAYO

Para realizar el tratamiento acústico se va a trasdosar a los cerramientos primitivos con un sistema de aislamiento acústico totalmente desolarizado de los mismos.

a) Techo

El techo de las salas está formado por losas de hormigón, por debajo de las cuales se instalará el techo acústico. Para obtener el aislamiento necesario, se adoptan distintas técnicas de aislamiento que combinan cámaras de aire con fibras absorbentes, elastómeros y cambios de impedancias. Dicho techo acústico está compuesto por dos partes: el primer techo que proporciona aislamiento acústico, y el segundo que acondiciona acústicamente la sala.

Primer techo:

1.- Sistema de perfilera galvanizada en H de 1 mm de espesor anclada al techo mediante varillas provistas de elementos antivibratorios de caucho (silentblocks) con frecuencias de resonancia entre 6 y 10 Hz y cargas de 6 a 60 Kg.

2.- Dos placas de yeso laminado, una de 15 mm y otra de 13 mm, que llevan intercalada una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6,5 kg/m² (Viscolam autoadhesiva) atornilladas al sistema de perfilera galvanizada.

3.- Una placa de yeso laminado de 15 mm atornilladas al sistema de perfilera galvanizada con el sándwich acústico

4.- Lana de roca de 40 mm y 70 Kg/m³ de densidad, dejada caer por la parte superior al sistema de tres placas de yeso laminado.

Este primer techo ha de tener un plénum de 10 cm con respecto a la cubierta de la sala.

Segundo techo:

Por debajo del techo aislante se instalará un techo de acondicionamiento, que estará sujeto a las placas de yeso laminado mediante perfilera galvanizada. Estará formado por un techo desmontable de placas absorbentes de 60 x 60 cm de yeso laminado con perforaciones.

El segundo techo ha de tener un plénum de 30 cm con respecto al primer techo.

Antes de la instalación del techo aislante acústico se deberán de sellar todas las salidas al exterior del aire acondicionado.

Todas las instalaciones deberán de discurrir entre el techo aislante acústico y el techo de acondicionamiento, no pudiendo atravesar el techo aislante bajo ningún concepto.

En el anexo planos de la tesina se puede observar los detalles constructivos del techo de las salas de ensayo.

b) Cerramientos

Se utilizará un sistema de aislamiento que combinando cámaras de aire con fibras absorbentes, aumento de la masa del cerramiento y cambios de impedancias, se obtendrá el aislamiento necesario. A continuación se detalla la solución constructiva de los cerramientos:

1.- Sobre el tabique existente formado por doble placa de yeso laminado de 13 mm, lana de roca de 4cm de espesor y una densidad de 70 kg/m^3 , y doble placa de yeso laminado de 13 mm, se fijará la perfilería metálica de 48 mm de espesor a base de canales equiespaciados 600 mm. Entre la perfilería y el cerramiento existente se ha de colocar una banda elástica con el fin de desolidarizar ambos elementos constructivos.

2.- Dentro de la perfilería se extenderá lana de roca de 40 mm de espesor y 70 kg/m^3 de densidad.

3.- Se atornillará a la perfilería dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, con una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de $6,5 \text{ kg/m}^2$ (Viscolam autoadhesiva) atornilladas al sistema de perfilería galvanizada.

4.- Se atornillará a las placas de yeso laminado paneles de madera de 1 m de altura y 3 cm de espesor.

Las instalaciones eléctricas irán por en medio de la perfilería metálica. En el caso de la instalación de registros eléctricos, deberán ser especiales para aislamiento acústico.

Se revestirán dos cerramientos de cada una de las dos salas de ensayo para aumentar la absorción sonora en el interior de las salas, disminuyendo así su tiempo de reverberación. En ambas salas se revestirá el cerramiento trasero y el cerramiento más próximo a la puerta, a partir de una altura de 1 m y hasta el techo. Dicho revestimiento consistirá en la instalación de un material absorbente Illtec expandido semirígido de 2 cm de espesor.

El cerramiento de separación entre ambas salas se encontrará ligeramente inclinado (unos 5° aproximadamente) sobre el plano vertical, con el objetivo de reducir la influencia de los modos propios de la sala.

En el anexo planos de la tesina se puede observar los detalles constructivos de los cerramientos de las salas de ensayo.

c) Suelo

El suelo de las salas de ensayo se aislará a ruido aéreo para no transmitir ruido por vía estructural, dicho aislamiento también nos servirá para prevenir la transmisión de ruido de impacto del local a las salas colindantes. Por lo tanto, se instalará un suelo flotante formado por:

- 1.- Lámina de polietileno reticulado de 5 mm de espesor colocado encima del suelo existente.
- 2.- Tarima flotante laminada de madera.

Antes de la colocación de la lámina de polietileno, el suelo existente deberá de estar limpio y no deberá haber impurezas. Las láminas se montarán solapadas unos 20 cm entre láminas y subiéndolas entre 10 y 20 cm. en su encuentro con los cerramientos. La lámina quedará encastrada dentro de las cámaras de aire de los cerramientos. De este modo conseguimos evitar la unión directa entre la tarima flotante laminada y los cerramientos.

En el anexo planos de la tesina se puede observar los detalles constructivos del suelo de las Salas de Ensayo.

III.3.b) Aislamiento a Ruido de Impacto

El ruido de impacto, como anteriormente se ha comentado, se evita desolidarizando los cerramiento unos con otros, y con los elementos estructurales del edificio. Las medidas correctoras de aislamiento acústico a ruido aéreo han conseguido desolidarizar unos de otros todos los parámetros constructivos, por lo tanto, de este modo, estamos reduciendo el ruido de impacto.

III.3.c) Vibraciones

Anteriormente se ha comentado que las vibraciones se producen cuando un elemento vibratorio como puede ser cualquier maquinaria se encuentra en contacto directo con un cerramiento o un elemento estructural, ya que transmite la vibración al parámetro constructivo, y, en consecuencia, se trasmite ruido al recinto colindante. Por lo tanto, como medida correctora para que no se produzcan vibraciones toda la maquinaria susceptible a crear vibraciones irá prevista de anclajes amortiguados con elementos antivibratorios de caucho (silentblocks) acordes al peso y a la frecuencia de vibración de la maquinaria. Se deberá de tener especial atención en el mantenimiento de los elementos antivibratorios sustituyéndose cuando, por el paso de los años, dejen de funcionar acorde a los fines para las cuales se han instalado.

IV. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

El diseño de salas destinadas a la interpretación musical es, sin lugar a dudas, el más complejo desde el punto de vista acústico. Por una parte no existen fórmulas magistrales que puedan garantizar a priori la calidad acústica de una sala y por otra parte cada tipo de música requiere un recinto con unas características acústicas específicas y diferenciadas.

A lo largo de las últimas décadas se han hecho importantes esfuerzos encaminados a relacionar las valoraciones subjetivas sobre la calidad acústica de una sala con una serie de parámetros objetivos (físicamente medibles). Aunque en la actualidad todavía nos hallemos lejos de conseguir una perfecta correspondencia entre lo objetivo y lo subjetivo, el progreso en este sentido es notorio.

Por otra parte, el margen de valores recomendados para cada parámetro no se ha establecido como fruto de profundos estudios matemáticos, sino que se ha fijado siguiendo un proceso totalmente empírico. Tal proceso ha consistido en analizar un numeroso conjunto de salas de conciertos de todo el mundo y en determinar los valores de sus parámetros acústicos más representativos. Los valores correspondientes a aquellos recintos considerados unánimemente como excelentes desde un punto de vista acústico han sido los elegidos como patrón para el diseño de nuevas salas.

El éxito en el diseño no radica sólo en lograr que tales valores se hallen dentro del margen deseado, sino en que ello ocurra en todos los puntos de la sala, es decir, en que exista una uniformidad del sonido. Un oyente ubicado en un punto cualquiera de la sala recibe dos tipos de energía acústica. Estas dos contribuciones del sonido, se denominan sonido directo y sonido reverberado. Se define sonido directo a aquél que le llega al oyente directamente desde el foco sonoro sin ningún tipo de interferencia y el sonido indirecto o reflejado al originado como consecuencia de las diferentes reflexiones que sufre debido a las características geométricas de la sala.

Debido a las características de uso de la sala, definida como sala musical, se busca la mayor adaptación posible para condiciones musicales.

IV.1. PARAMETROS ACÚSTICOS

Para evaluar un recinto cerrado, hay que estudiar qué parámetros son fundamentales para una buena audición musical. A continuación se detallan algunos parámetros básicos a tener en cuenta para su diseño:

- Tiempo de Reverberación (T_r)
- Claridad musical (C_{80})
- Calidez acústica (BR)
- Sonoridad (G)

- Eficiencia lateral (LF/LFC)
- Intimidad
- Early decay time (EDT)

La existencia de primeras reflexiones en un punto cualquiera, produce un aumento de inteligibilidad (comprensión del mensaje oral) y sonoridad. Existen parámetros para medir la respuesta global de la sala, tales como la calidez y el brillo, el Early Time Decay (EDT) o factores dependientes de las dimensiones o geometría de la sala que pueden provocar efectos indeseados en la uniformidad del sonido, mediante ecos, focalizaciones o modos propios.

No obstante, los tres parámetros fundamentales para una buena audición musical son: claridad, reverberación e impresión espacial.

IV.1.a) Tiempo de Reverberación

El tiempo de reverberación (T_r) es indicativo del grado de reverberación o viveza de la sala. Si la energía acústica reflejada tarda mucho en extinguirse o en hacerse inaudible, las nuevas palabras o los nuevos sonidos se mezclan con los anteriores que aun no se extinguieron, lo cual genera una mala inteligibilidad y, por lo tanto, un deficiente confort acústico.

Se define Tiempo de Reverberación a una frecuencia determinada como el tiempo en segundos que transcurre desde el tiempo en el que la fuente cesa en su emisión hasta el momento en el que el nivel de presión sonora desciende 60dB respecto a su valor inicial. Considerado

$$T_r = \frac{0,162 V}{A_{tot}} \quad (1)$$

Donde V es el volumen del recinto en m^3 y A_{tot} la absorción total del recinto.

El grado de absorción del sonido de un material cualquiera se representa mediante el coeficiente de absorción α , definido como la energía absorbida por dicho material y la energía incidente sobre el mismo (entre 0 y 1), incluido para el cálculo de A_{tot} .

IV.1.b) Claridad

La claridad musical (C_{80}) indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical. En este caso, se tiene en cuenta la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 80ms. Este valor puede depender de una serie de factores puramente musicales y en función de la interpretación del oyente. Suele representarse en condiciones de sala vacía y disminuye a medida que el $T_{r \text{ mid}}$ aumenta. Algunos autores recomiendan que el valor para las frecuencias de 500 Hz, 1kHz y 2kHz se sitúe entre $-2 \leq C_{80} \leq 2$ dB.

$$C_t = 10 \log \frac{\int_0^t p^2(t) dt}{\int_t^\infty p^2(t) dt} \quad (2)$$

Siendo p^2 la presión sonora.

IV.1.c) Calidez Acústica y Brillo (BR)

Si la sala presenta una buena respuesta a frecuencias bajas, se dice que la sala tiene calidez acústica. Este concepto representa la riqueza en sonidos graves, melosidad y suavidad de la música en la sala.

Como medida objetiva de este parámetro, se utiliza el BR (Bass ratio) definido como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación a frecuencias bajas (125Hz y 250Hz) y la suma de los T_r correspondiente a frecuencias medias (500Hz y 1kHz):

$$BR = \frac{t_R(125Hz) + t_R(250Hz)}{t_R(500Hz) + t_R(1000Hz)}; 1,10 \leq BR \leq 1,45 \text{ (Si } T_r=1,8) \quad (3)$$

El término brillo (Br) indica que el sonido es claro y rico en armónicos, definido como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación a frecuencias altas (2kHz y 4kHz) y la suma de los T_r correspondiente a frecuencias medias (500Hz y 1kHz):

$$Br = \frac{t_R(2000Hz) + t_R(4000Hz)}{t_R(500Hz) + t_R(1000Hz)} \quad (4)$$

Algunos autores recomiendan que para salas totalmente ocupadas verifique:

$$Br \geq 0,87$$

Pero se recomienda que el brillo no sea en ningún caso mayor que 1.

IV.1.d) Sonoridad (G)

La sonoridad G se corresponde con el grado de amplificación producido por la sala. Depende de la distancia del oyente al escenario, de la energía asociada a las primeras reflexiones, de la superficie ocupada por el público y del nivel de campo reverberante.

La sonoridad G (“strength factor”) se define como la diferencia entre el nivel total de presión sonora L_p producido por una fuente omnidireccional en un determinado punto de una sala y el nivel de presión sonora producido por la misma fuente situada en campo libre y medido a una distancia de 10 m (denominado nivel de referencia). Ambos niveles se miden por bandas de frecuencias de octava (entre 125 Hz y 4 kHz) y aplicando la misma potencia a la fuente sonora. El nivel de referencia en cada banda de frecuencias es de 69 dB SPL.

Autores recomiendan que el valor de G para la sala vacía, obtenido como promedio de los correspondientes a las bandas de octava centradas en 500 Hz y 1 kHz, esté situado entre:

$$4 \leq G_{\text{mid}} \leq 5,5 \text{ dB}$$

IV.1.e) Eficiencia Lateral LF y LFC

Se define como la relación entre la energía que alcanza lateralmente al oyente dentro de los primeros 80 ms y la energía recibida en todas las direcciones en el mismo intervalo de tiempo. Se considera que el valor de este parámetro, promediado para las bandas entre 125 y 1000 Hz (LFC), debe ser superior a 0,19.

$$LFC = 100 \frac{\int_{5ms}^{80ms} h^2(t) |\cos(\theta)| dt}{\int_0^{80ms} h^2(t) dt} \quad (5)$$

Donde θ es el ángulo de reflexión relacionado con el eje de los oídos, situando el oyente hacia la fuente principal. LF tiene el mismo concepto pero con una mayor facilidad de cálculo matemático.

IV.1.f) Intimidad

La intimidad, también llamada impresión espacial, hace que la música se perciba como interpretada como en una sala pequeña y proporciona la impresión de estar rodeada por la música. Esta sensación tiene en cuenta la diferencia de tiempos entre el sonido directo, el primer sonido reflejado y las reflexiones laterales favoreciendo la impresión espacial.

Objetivamente se mide con el tiempo de retraso entre el sonido directo y la primera reflexión, debiendo ser menor de 20 ms en sala de concierto.

IV.1.g) Early Decay Time (EDT)

Se define como seis veces el tiempo que transcurre desde que el foco emisor deja de radiar hasta que el nivel de presión sonora cae 10 dB, y depende de la frecuencia. Es un indicador del grado de viveza subjetivo de la sala.

El decaimiento teórico de la energía sonora en una sala ideal sigue una evolución exponencial, se produciría solamente en el caso hipotético de existir una perfecta difusión del sonido producida por una geometría regular del mismo y por una distribución homogénea y uniforme de los materiales utilizados como revestimientos. En tal caso, el valor del EDT coincidiría con el de T_r .

Con objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala ocupada, el valor medio de los EDT para las bandas de 500Hz y 1 kHz debe ser del mismo orden que del T_r , lo que no garantiza uniformidad del sonido en todos los puntos, sino una mayor reverberación. Se aconseja un valor para el EDT inferior al T_r para evitar un exceso de reverberación.

IV.1.h) Ecos, Focalizaciones y Resonancias

Para que la percepción del sonido directo con todas aquellas reflexiones que llegan a un oyente estén integradas por el oído humano, han de llegar dentro de los primeros 50ms. En caso contrario, se percibe claramente un eco.

La combinación de ondas incidentes y reflejadas puede provocar la aparición de ondas estacionarias o modos propios en el recinto, que afectan a la distribución uniforme del sonido creando situaciones indeseadas para determinadas frecuencias. Cuando se trata de recintos de forma paralelepípeda con superficies totalmente reflectantes se pueden calcular según:

$$f_{k,m,n} = 172,5 \sqrt{\left(\frac{k}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_z}\right)^2} \quad (6)$$

Donde L_x , L_y , L_z representan las dimensiones de la sala en metros y k , m , n pueden tomar cualquier valor entero. La presencia de éstos provoca una concentración focalizada de la energía acústica en determinados puntos de la sala, rompiendo la distribución uniforme del recinto. Existen cálculos para estimar las dimensiones de la sala e intentar mejorar su distribución frecuencial. El diagrama de Bolt mostrado en la Fig. 1.- Diagrama de Bolt representa en la zona azul las dimensiones óptimas para obtener mejor distribución de los modos propios.

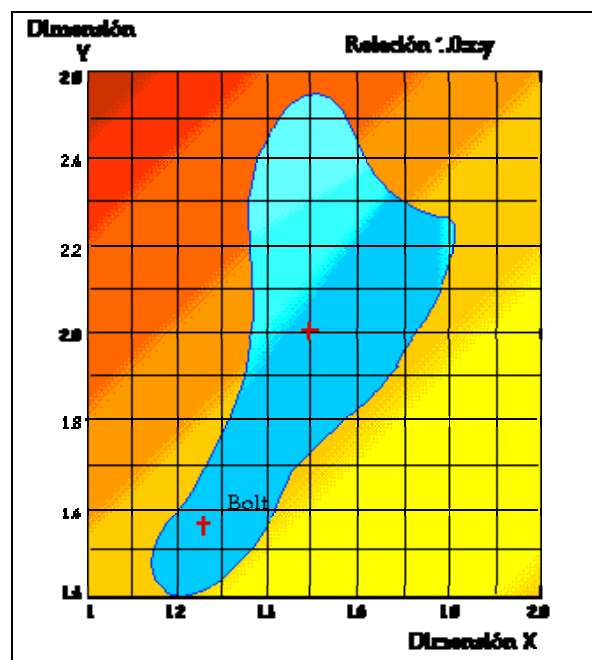


Fig. 1.- Diagrama de Bolt

IV.2. CONSIDERACIONES PREVIAS PARA EL DISEÑO DE LA SALA

Es importante tener en cuenta que todos los parámetros definidos en el apartado IV.1, a excepción del tiempo de reverberación, pueden presentar notables diferencias en función de la posición del espectador dentro de la misma sala.

La claridad, la reverberación, la sonoridad y la impresión espacial de una sala son parámetros subjetivos que tienen una baja correlación entre ellos cuando se miden en distintos asientos o en distintas salas, pero son referencias importantes para evaluar el comportamiento acústico de las mismas. En función de los valores y las consideraciones de su diseño acústico, se obtendrá una calidad musical propia adecuada para su uso específico.

La relación entre la energía directa y la energía reverberada es imprescindible a analizar, debiendo mantener una relación óptima entre ellas. Ha de tratarse de maximizar la utilización de la energía directa a la máxima superficie de audiencia y aprovechar las primeras reflexiones de las paredes laterales y el techo, así pues, la geometría escogida de la sala es clave para guiar el sonido eficientemente. Por otra parte, un exceso de reflexiones o un diseño geométrico inapropiado puede ocasionar problemas acústicos produciendo focalizaciones, ecos y en general un comportamiento inadecuado en la percepción del sonido.

Los parámetros geométricos más importantes en el diseño de un auditorio vienen determinados por la capa de asientos de la audiencia en planta (forma de la sala) y sección (líneas de visualización al escenario), el uso de balcones, la elección de la estructura de la pared, la altura de la sala, la forma del techo y la posición de reflectores.

La elección de la forma de la sala ha de llegar a un compromiso para posicionar al espectador bien entre una posición cerca de la fuente sonora y del resto de la audiencia o bien alejado pero manteniendo contacto entre la línea de visión al escenario y al sonido percibido. En el caso que aplica este proyecto, la zona de la audiencia está situada de forma que desde el escenario existe directividad visual y acústica hacia la audiencia. En la construcción de un auditorio, el uso eficiente disponible del suelo y la proximidad de la audiencia al escenario ha de guardar relación con la forma de la sala y su inclinación. La siguiente figura muestra la forma de la sala escogida después de haber realizado el análisis acústico de la misma, teniendo en cuenta el uso musical para la cual está destinada.

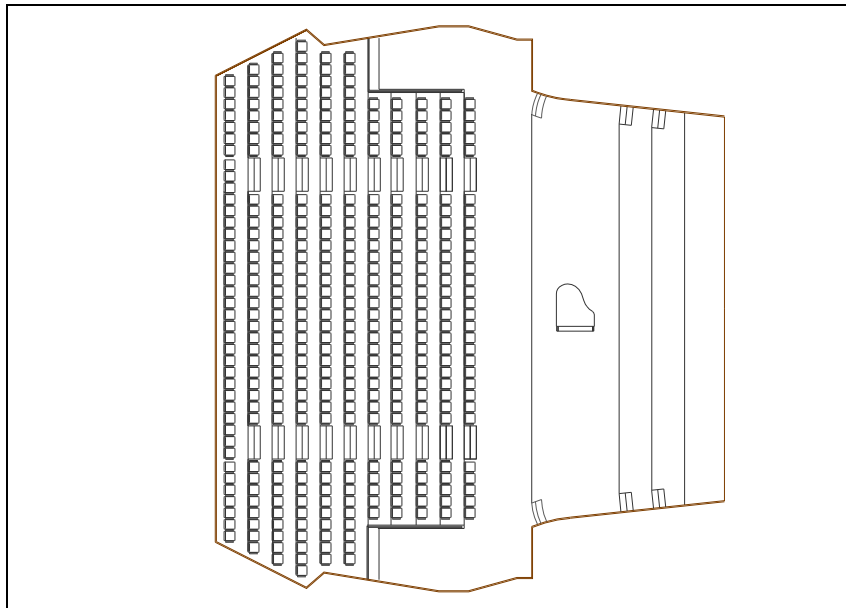


Fig. 2.- Dibujo en planta de la Sala de Música

La forma irregular de las paredes laterales diseñada, evita el paralelismo entre ellas, por lo que disminuye el riesgo de que se generen reflexiones fuertes, mejorando la eficiencia lateral (LEF) y la sonoridad en el recinto, evitando focalizaciones y ecos.

IV.2.a) Disposición de los asientos en sección

Cuando varias filas de asientos en la audiencia están situadas en una superficie plana, el sonido directo procedente de la fuente y las reflexiones que llegan a la superficie de la audiencia pueden llegar con ángulos que perjudiquen la percepción sonora y atenúen el sonido directo y las reflexiones tempranas sobre la horizontal. Esta disposición crea una reducción subjetiva de la claridad, intimidad y calidez en las en los receptores de las butacas.

Para evitar esta pérdida de calidad musical de la sala, los asientos necesitan tener una pendiente relativa a la dirección de la fuente. El ángulo vertical del piso de la audiencia puede diseñarse constante o gradual con la distancia. Es imprescindible que el sonido directo que llegue a cada espectador no sea obstruido por los espectadores situados delante, requerimiento que normalmente se cumple si existe una buena visibilidad hacia el escenario. Las líneas de visualización hacia el escenario son prioridad a la hora de percibir subjetivamente el sonido, no siendo un problema en el proyecto bajo estudio.

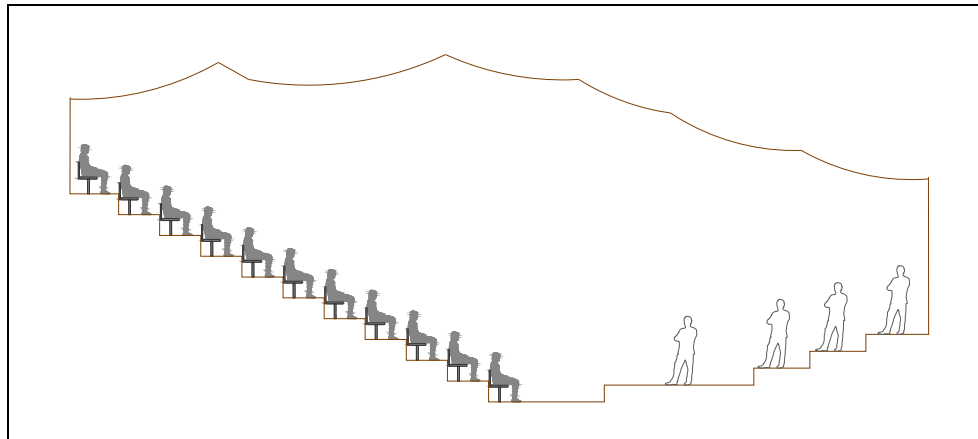


Fig. 3.- Dibujo en sección de la Sala de Música

IV.2.b) Volumen

La relación entre el volumen y el área de cobertura para la audiencia y los músicos es un factor primordial en el estudio acústico. Para ver si es posible alcanzar el tiempo de reverberación deseado, ha de relacionarse *a priori* la cantidad de personas estimadas y el volumen del mismo.

El presente proyecto cumple *a priori* con las expectativas iniciales, considerando una superficie de audiencia de 380 butacas y 100 músicos en el escenario, calculando un tiempo de reverberación deseado situado aproximadamente en un rango de 1,6 y 1,8 seg.

IV.2.c) Techo

El techo es una superficie reflectora en potencia así como las paredes laterales. Para reforzar la impresión espacial en un recinto musical, parte de las reflexiones del techo han de dirigirse a las paredes laterales, parte a la zona del público más alejada de la fuente y parte se difundirá para mejorar la percepción de la reverberación.

IV.2.d) Tratamiento de Superficies

En las salas destinadas a la música, las butacas suelen ser el único elemento de absorción acústica apreciable. Los materiales recomendados como acabados suelen ser acústicamente reflectantes con objeto de evitar una pérdida excesiva tanto de sonidos graves como de agudos. Así pues, para la construcción de las paredes se ha escogido utilizar material de madera.

IV.2.e) Escenario

El campo sonoro dentro de la orquesta es extremadamente complejo y, probablemente, imposible de describir con detalle por depender de una serie de factores relacionados entre sí, tales como la orquestación de cada pieza, la directividad y potencia sonora de cada instrumento, la disposición de la orquesta sobre el escenario, la posible utilización de tarimas, el comportamiento acústico de las superficies reflectantes que rodean a los músicos y, también la acústica de la sala.

En cuanto a la potencia sonora, el nivel de potencia radiada por los instrumentos de metal es, en general, 10 dB más elevado que el correspondiente a los instrumentos de viento y éste, a su vez, es del orden de 3 dB superior al asociado a los instrumentos de cuerda. El margen dinámico de la orquesta, o diferencia entre el nivel de presión sonora correspondiente al pasaje más fuerte y el asociado al pasaje más débil, es del orden de 60 dB.

Para satisfacer las necesidades de los músicos es preciso diseñar correctamente tanto el escenario como las superficies más próximas al mismo, ya que dichos elementos (que constituyen lo que se denomina “*sending end*” de la sala) tienen una máxima influencia sobre dos de las principales preocupaciones de los músicos: escucharse a sí mismos y al resto de miembros integrantes de la orquesta. Tales elementos son los encargados de producir un adecuado balance entre las diferentes secciones de la orquesta, así como una correcta fusión entre todos los instrumentos.

La elección de la superficie del escenario supone un compromiso entre las necesidades acústicas de los músicos y el grado de confort requerido. Por ello, se evitará que se sitúen los músicos sobre superficies grandes ya que supone incrementar la distancia entre ellos, y por consiguiente, reducir el grado de comunicación acústica.

Igualmente, el hecho de desplazarse hacia la zona de la audiencia resulta desaconsejable, puesto que ello supone desaprovechar las reflexiones útiles provenientes de la pared posterior y/o el techo del escenario. Se recomienda para una orquesta de 100 músicos, el área requerida debe ser del orden de 150 m². En cuanto a la altura del escenario sobre el patio de butacas, ésta debe ser mayor que 0,5 m sin superar los 1,2 m, ya que por encima de este valor aparecen problemas de falta de visibilidad de la orquesta, sobre todo para aquellos espectadores situados en las primeras filas. Por otro lado, la utilización de tarimas para las últimas filas de músicos es necesaria, a fin de conseguir una buena conjunción entre todos ellos, en especial cuando se trata de grandes orquestas.

IV.3. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA SALA

En esta sección se van a analizar las situaciones acústicas o limitaciones físicas que pueden ocasionar problemas en el acondicionamiento acústico de la sala, estudiadas para la proyección final del modelo.

Es importante tener en cuenta que todos los parámetros definidos anteriormente, a excepción del tiempo de reverberación, pueden presentar notables diferencias en función de la posición del espectador dentro de la misma sala.

La claridad, la reverberación, la sonoridad y la impresión espacial de una sala son parámetros subjetivos que tienen una baja correlación entre ellos cuando se miden en distintos asientos o en distintas salas, pero son referencias importantes para evaluar el comportamiento acústico de las

mismas. En función de los valores y las consideraciones de su diseño acústico, se obtendrá una calidad musical propia adecuada para su uso específico.

La relación entre la energía directa y la energía reverberada es imprescindible a analizar, debiendo mantener una relación óptima entre ellas. Ha de tratarse de maximizar la utilización de la energía directa a la máxima superficie de audiencia y aprovechar las primeras reflexiones de las paredes laterales y el techo, así pues, la geometría escogida de la sala es clave para guiar el sonido eficientemente. Por otra parte, un exceso de reflexiones o un diseño geométrico inapropiado puede ocasionar problemas acústicos produciendo focalizaciones, ecos y en general un comportamiento inadecuado en la percepción del sonido.

IV.3.a) Características Generales de la Sala de Música

En la disposición geométrica de la sala de música del auditorio, *a priori* se puede desestimar la existencia de coloración, ya que para evitar dicho efecto se han diseñado las paredes laterales de la audiencia con forma irregular con la intención de que las primeras reflexiones lleguen a toda la zona de audiencia.

Las dimensiones en de la sala se muestran en el anexo planos. Debido al diseño de la concha acústica, las alturas varían dependiendo de la posición de la zona observada, tal y como se muestran en el escenario y en la zona de la audiencia, teniendo en la zona del escenario unas alturas variando a lo largo de la concha (Fig. 4).

El volumen de la sala es aproximadamente de 2768 m³. Se tienen 380 butacas para la superficie de la audiencia y una capacidad para 100 músicos en el escenario. La superficie de audiencia consta de 11 filas, a excepción de los laterales que tienen una distribución adecuada al diseño geométrico de las paredes de la zona, con una pendiente constante de inclinación de aproximadamente 30°.

El escenario se divide en 4 alturas como se muestra en los planos.

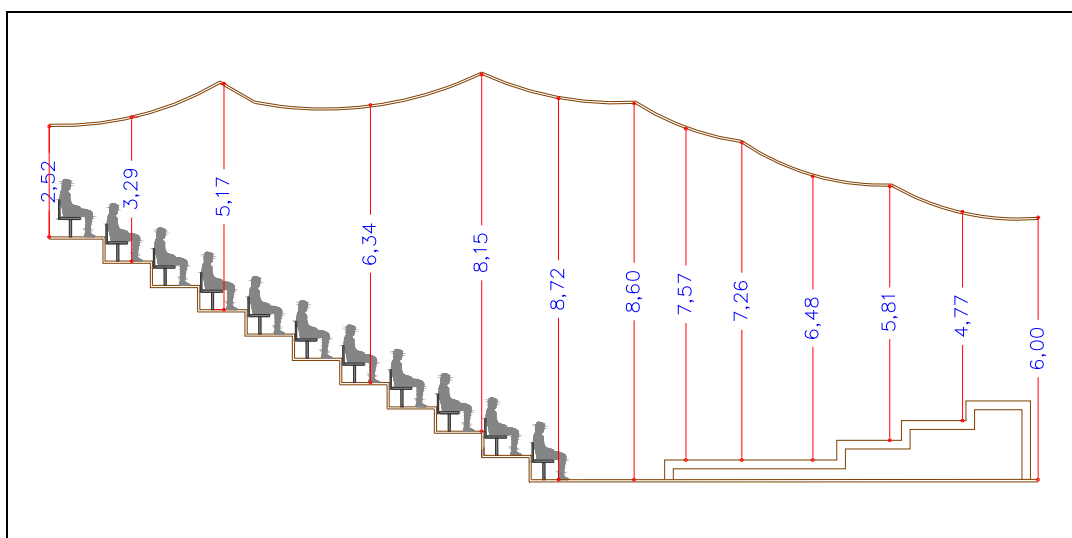


Fig. 5.- Altura de la Concha

La finalidad buscada en el estudio del acondicionamiento acústico se basa en conseguir resultados acústicos deseados para la su condición musical. Para conseguir esto, se han simulado las características de los materiales teniendo en cuenta la absorción y la disposición geométrica de los mismos.

IV.3.b) Tiempo de Reverberación

Se recomienda que el valor promediado de los T_r correspondientes a las bandas de 500Hz y 1kHz para una sala ocupada destinada a actividades para sala de conciertos aproximadamente entre 1,6 y 1,8seg.

IV.3.c) Ecos

Para el estudio del posible riesgo de ecos se han de analizar las superficies que son susceptibles de causarlo. Para ello, se determinarán los puntos del espacio del recinto en los que la 1ª reflexión llega con un retardo de 50 ms respecto del sonido directo mediante el trazado de curvas hiperbólicas, debido a que se toma este valor como límite no brusco para la prevención de ecos.

De este estudio se desprende que solo las paredes laterales del escenario pueden ocasionar eco, pero se ha diseñado de forma que la reflexión de la pared del fondo llegue primero que la reflejada de la pared lateral, creando sensación de coloración del sonido en vez de eco. Con la finalidad de difundir el sonido, se ha diseñado la incorporación de un difusor esta zona, situado a la altura de los músicos.

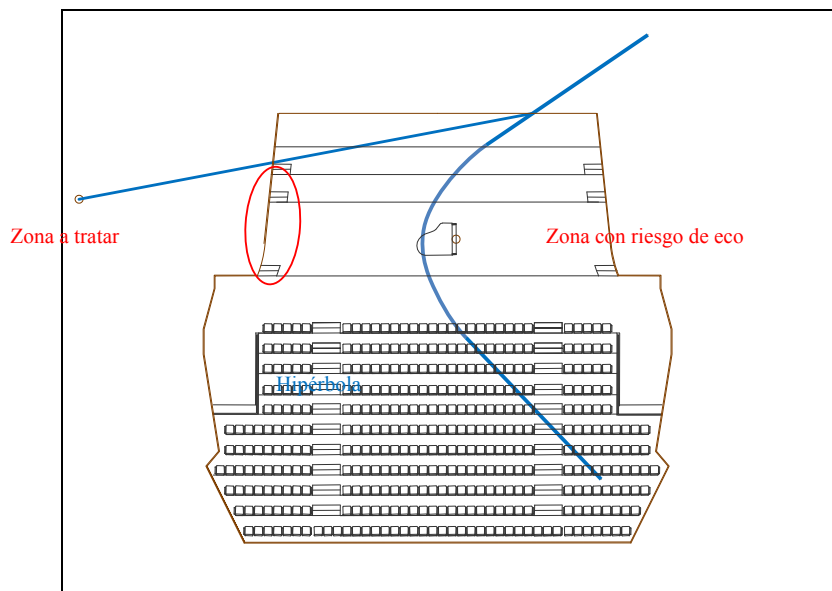


Fig. 6.- Zonas con riesgo de eco

IV.3.d) Focalizaciones

La focalización del sonido puede ocasionar graves defectos en la homogeneidad acústica de una sala. Las reflexiones sobre las superficies curvas se han construido considerando que las formas geométricas de la sala no produzcan excesos de energía en determinadas zonas. Se ha realizado el estudio por medio de rayos acústicos teniendo en cuenta la geometría de las paredes laterales, mostrando una correcta difusión en toda la sala sin la aparición de focalizaciones y una buena distribución del sonido.

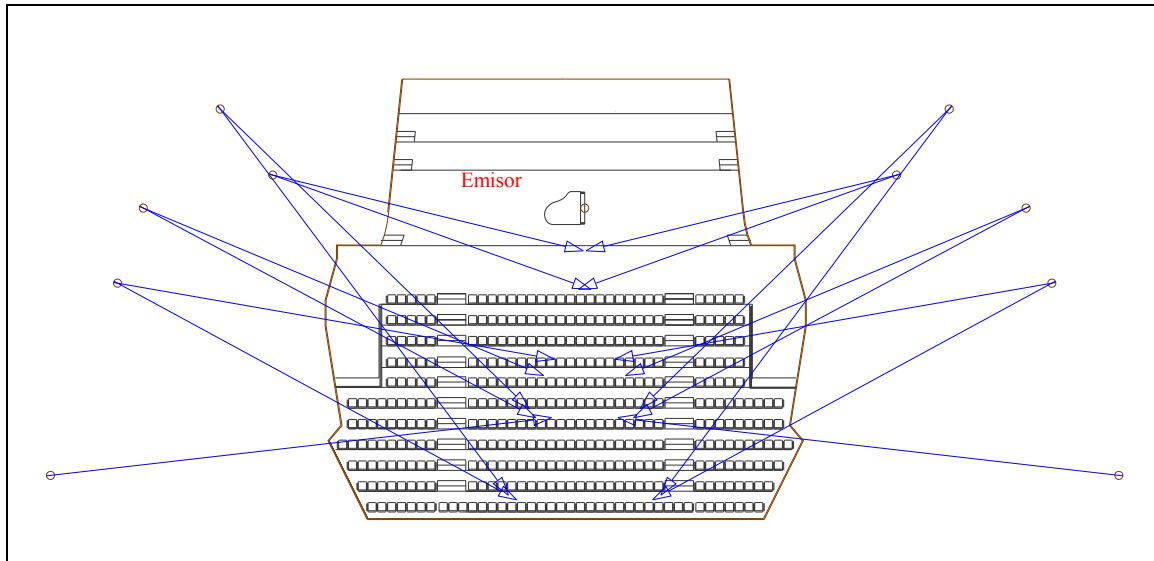


Fig. 7.- Focalizaciones de la Sala de Música

IV.3.e) Limitación Visual

Se denomina sonido directo al sonido que viaja desde la fuente sonora hasta el espectador sin sufrir ninguna reflexión. Por ello, el diseño del recinto en cuanto al sonido directo consiste en analizar los obstáculos que pueden interferir entre la visión directa del espectador y la fuente sonora.

En el presente proyecto, debido al nivel de pendiente de la superficie de audiencia (frontal) no existe el problema de la limitación visual. Se han analizado las visuales (oído-fuente sonora) existentes debido a la inclinación del piso (inclinación constante), de aproximadamente el $26,8^\circ$ de inclinación, lo que supone una elevación 5,5 m en la zona trasera respecto del nivel del suelo de la zona del escenario. Las posibles posiciones en el escenario a la zona de audiencia poseen una visión directa entre ellas.

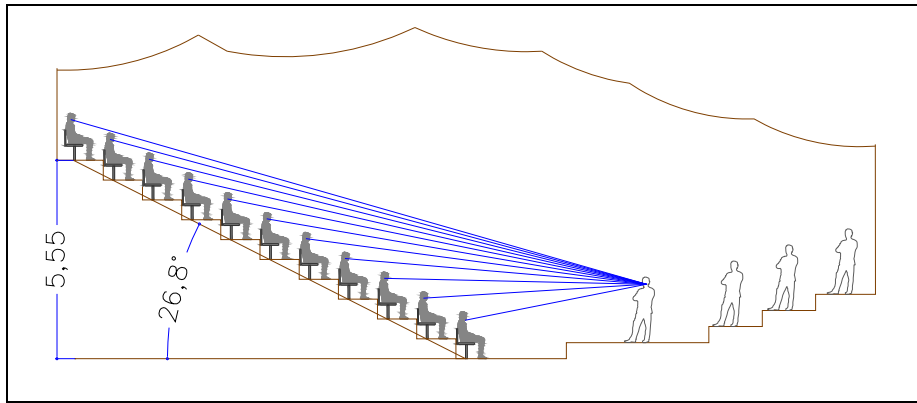


Fig. 8.- Limitación Visual de la Sala de Música

IV.3.f) Diseño de la Concha Acústica

Con el objetivo de crear una fuerte primera reflexión sonora se ha diseñado una superficie altamente reflectante que guíe el sonido homogéneamente hacia la zona de la audiencia. Se han utilizado superficies curvas diseñando una concha que produce reflexiones homogéneas distribuyendo el sonido sobre toda la superficie de la audiencia y evitando focalizaciones y ecos. Así, suponiendo que el material de este techo provoca una reflexión especular y sin tener en cuenta los efectos de difracción del frente de ondas reflectado se ha realizado el análisis mediante rayos sonoros:

La fuente sonora está colocada centrada en posición común, a 1,5 m del suelo del escenario y a 2 m del frontal del escenario. La 1ª reflexión producida en cada tramo de la concha se distribuye homogéneamente sobre la audiencia, distribuyendo el sonido homogéneamente en el recinto y alcanzando toda la zona de la audiencia y parte del escenario

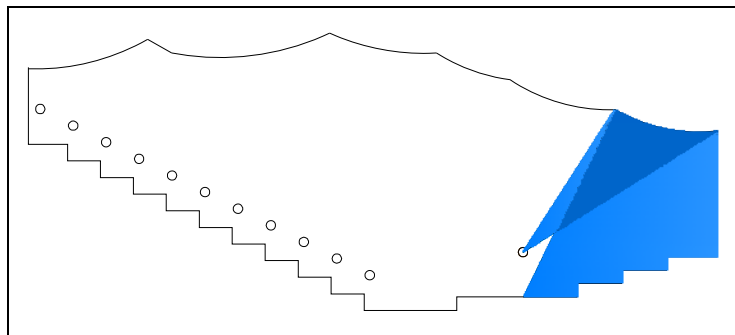


Fig. 9.- Reflexión del Sonido en la Concha I

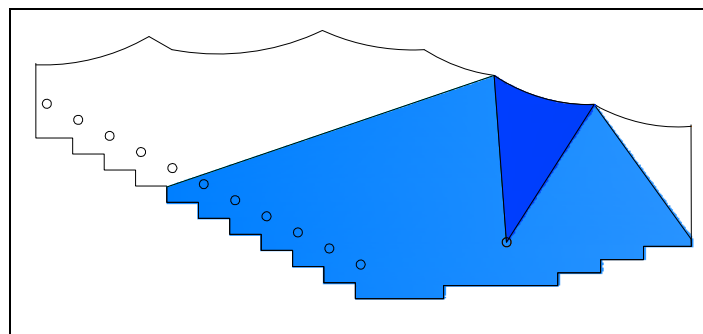


Fig. 10.- Reflexión del Sonido en la Concha II

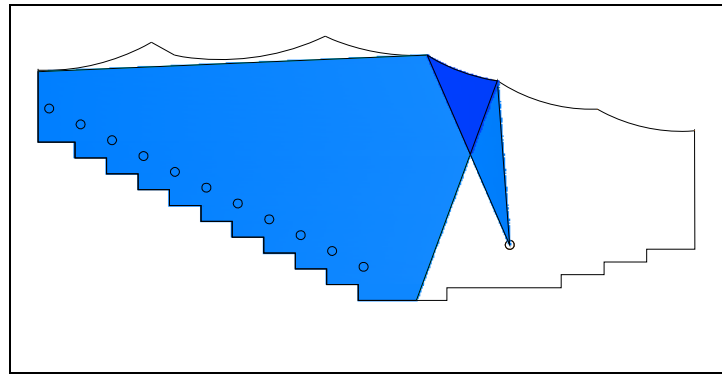


Fig. 11.- Reflexión del Sonido en la Concha III

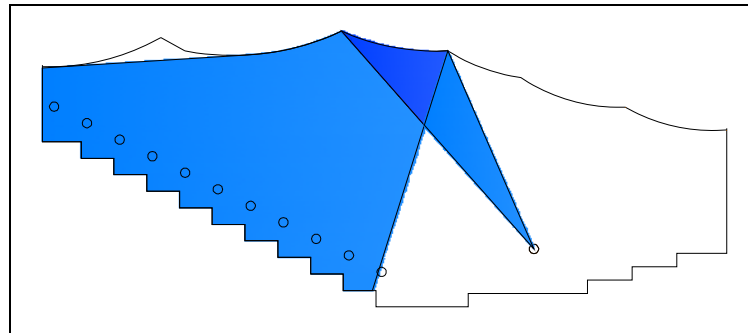


Fig. 12.- Reflexión del Sonido en la Concha IV

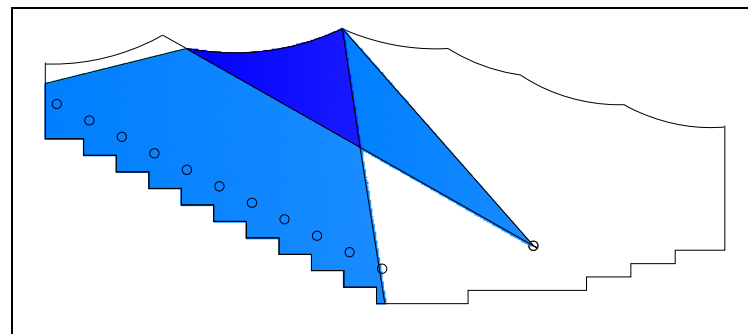


Fig. 13.- Reflexión del Sonido en la Concha V

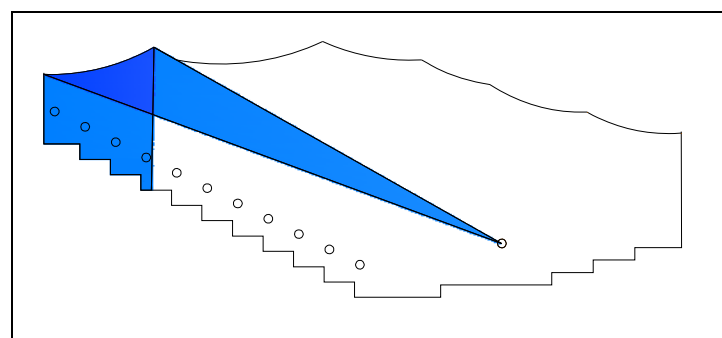


Fig. 14.- Reflexión del Sonido en la Concha VI

IV.3.g) Diseño de las Paredes Laterales

De la misma manera que se ha diseñado la concha del techo para que el sonido se distribuya homogéneamente y los parámetros de interés se correspondan con la finalidad del uso de la sala, la inclinación de las paredes es también fundamental para determinar su comportamiento acústico. El diseño de las paredes laterales se ha proyectado con material reflectante (panel de madera) y se ha incluido una zona de difusión mediante la utilización de difusores acústicos RPG-difractal, con la

finalidad de dispersar el sonido, evitar la posibilidad de ecos y focalizaciones y en general optimizar su calidad. De manera análoga al diseño de la concha del techo se han analizado las primeras reflexiones mediante rayos acústicos sin contemplar los efectos de difracción ni los de reflexión difusa, desde la posición central del escenario (aproximadamente 2 m desde el inicio de este), para cada pared lateral diseñada:

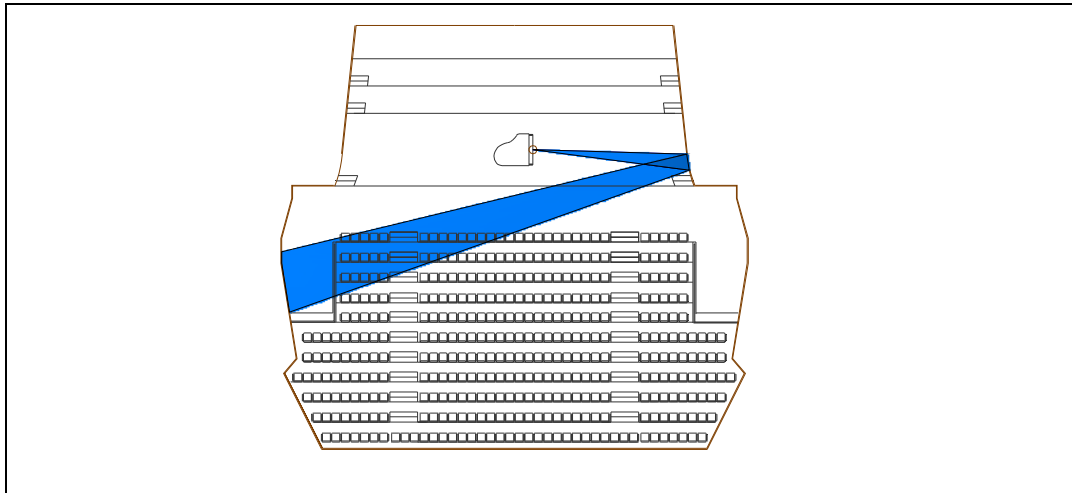


Fig. 15.- Reflexión del Sonido en las Paredes Laterales I

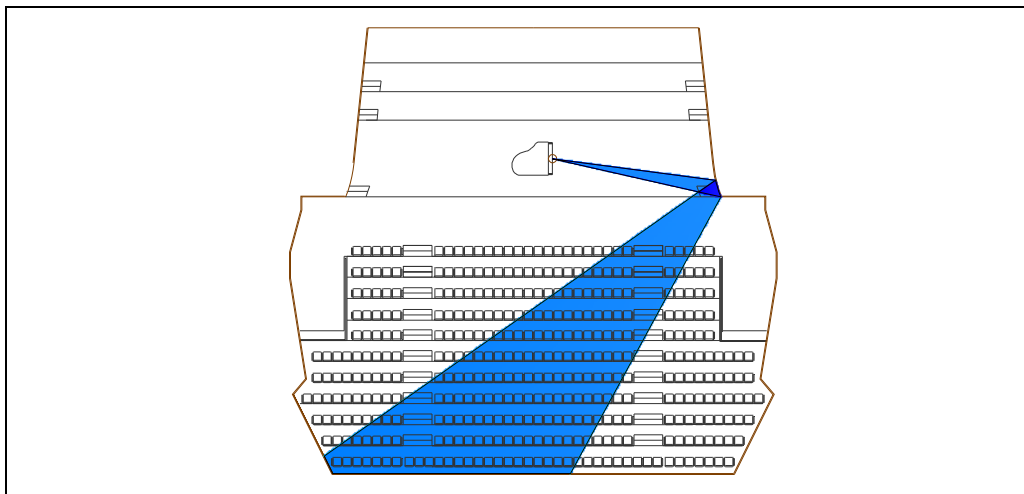


Fig. 16.- Reflexión del Sonido en las Paredes Laterales II

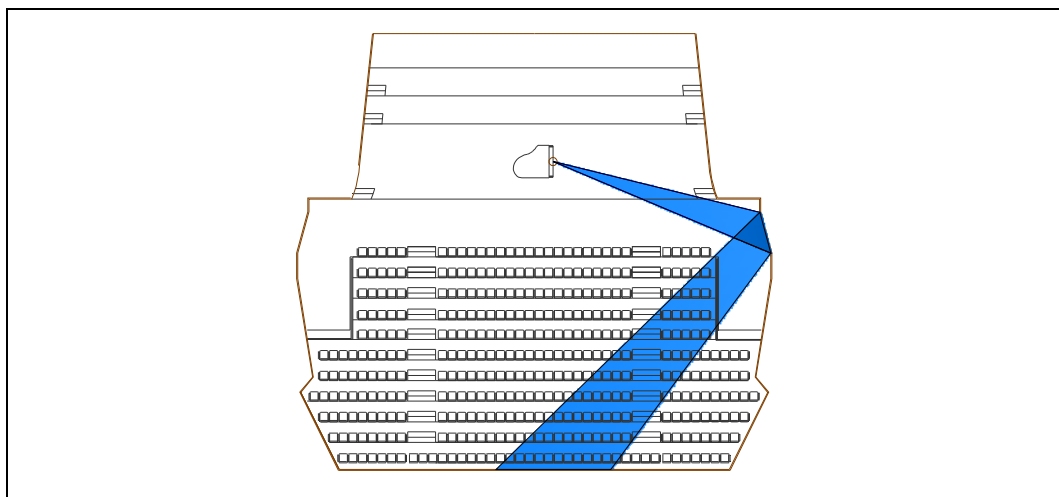


Fig. 17.- Reflexión del Sonido en las Paredes Laterales III

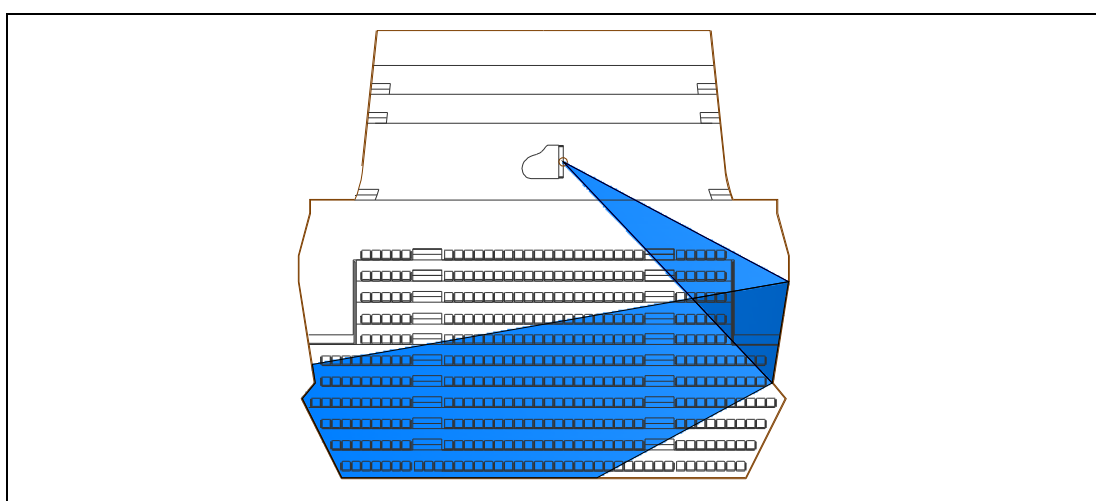


Fig. 18.- Reflexión del Sonido en las Paredes Laterales IV

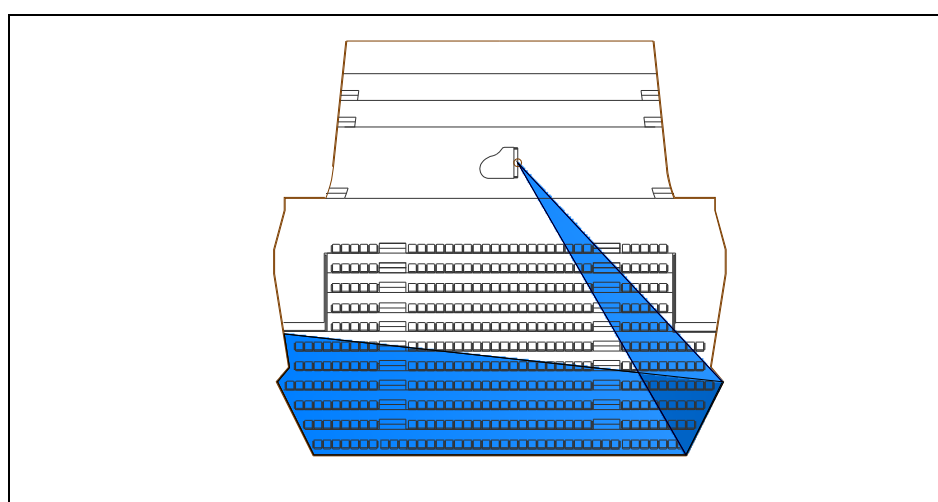


Fig. 19.- Reflexión del Sonido en las Paredes Laterales V

IV.3.h) Análisis Modal de la Sala de Música

Resulta de interés realizar un análisis modal de la sala para comprobar que no existe riesgo de resonancias que puedan colorear fuertemente el sonido. Así, se analizará en primer lugar que las proporciones entre el ancho, alto y largo del recinto sean las adecuadas, escogiendo como criterio las proporciones descritas por Bolt.

En la siguiente gráfica se muestra como los puntos pertenecientes al interior del contorno guardan una relación de proporción entre sus lados que crea una distribución homogénea de los sus modos propios. El recinto bajo estudio está muy lejos de ajustarse a cualquiera de estas proporciones, por lo que se ha realizado un análisis para comprobar si ello representa un problema real:

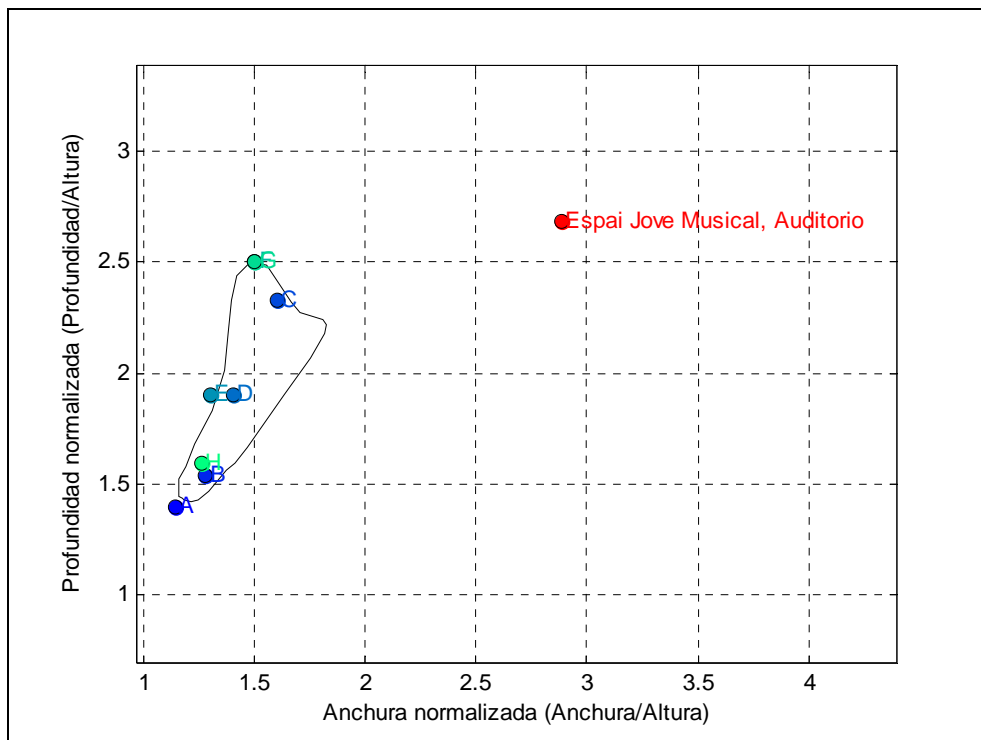


Fig. 20.- Situación de la Sala de Música en el Diagrama de Bolt

Para ello han calculado los modos propios desde 0 hasta la frecuencia de 250 Hz. Se han dividido según la naturaleza de la onda estacionaria entre modos axiales en el eje OX y en el eje OY [puntos azules], los modos tangenciales en el plano de la audiencia OXY [puntos verdes] y el global de modos en todo el espacio del recinto.

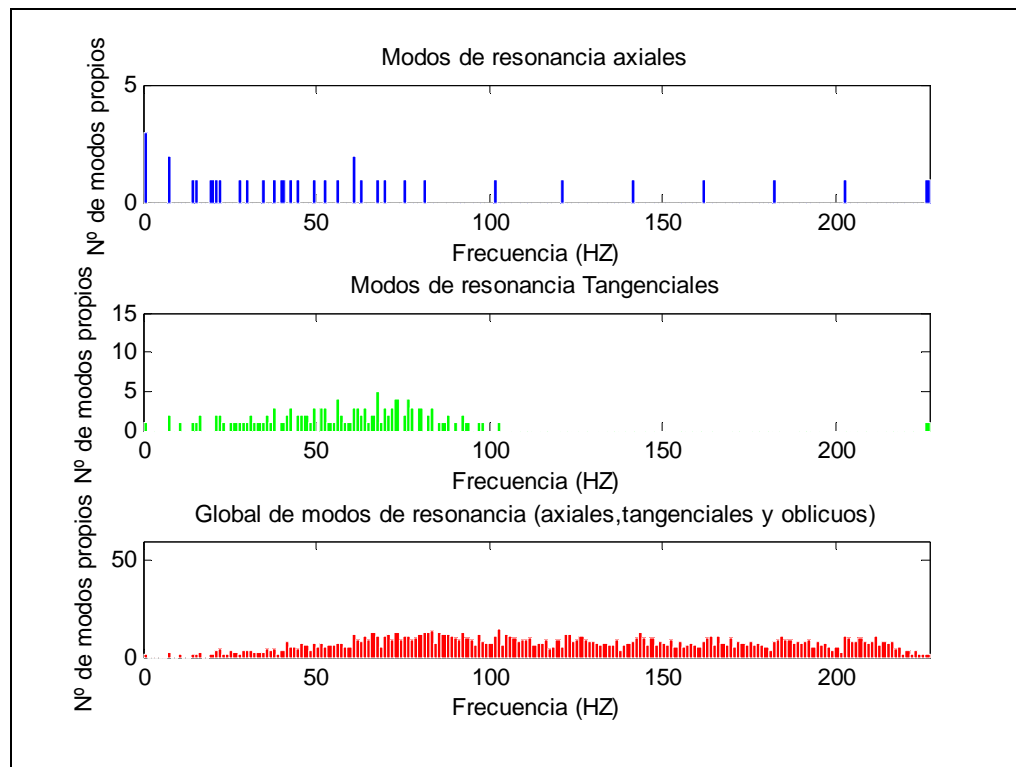


Fig. 21.- Modos Propios de la Sala de Música

Del estudio se desprende que existe una distribución heterogénea de los primeros modos propios de la sala. Aún así, quedan muy por debajo de las frecuencias del rango auditivo, no siendo en principio un problema en cuanto a la coloración del sonido. La frecuencia a la que la densidad de modos propios es lo suficientemente alta se corresponde con 30,2 Hz, es decir, a partir de esta frecuencia no se perciben variaciones en el nivel sonoro que afecten a la sensación auditiva.

IV.4. REVESTIMIENTOS PROYECTADOS

El éxito en el diseño acústico de cualquier tipo de recinto, una vez fijado su volumen y definidas sus formas, radica en primer lugar en la elección de los materiales más adecuados para utilizar como revestimientos del mismo con objeto de obtener unos tiempos de reverberación óptimos. Cuanto mayor sea la distancia recorrida y más absorbentes sean los materiales empleados, menor será la energía asociada tanto al sonido directo como a las sucesivas reflexiones. Además, según el tipo de uso, resulta necesario potenciar la aparición de primeras reflexiones y/o conseguir una buena difusión del sonido. La absorción que sufren las ondas sonoras cuando inciden sobre distintos materiales absorbentes utilizados como revestimientos de las superficies límite del recinto, así como su dependencia en función de la frecuencia, varían considerablemente de un material a otro.

Los materiales absorbentes se utilizan generalmente para conseguir la obtención de los tiempos de reverberación más adecuados según la funcionalidad de la sala, prevenir ecos indeseados y reducir el nivel de campo reverberante en espacios ruidosos. Esto se determina mediante el

coeficiente de absorción de los materiales. Si lo que se necesita es crear el efecto contrario, es decir, superficies reflectoras se tiene que escoger la colocación de elementos difusores, que distribuyan el sonido uniformemente en todas las direcciones de reflexión. Es por ello, que en el caso de materiales absorbentes la energía reflejada es mínima, mientras que los elementos reflectores, la energía reflejada es mucho mayor y está concentrada alrededor de la dirección especular.

En el Anexo de la tesina se muestran los coeficientes de absorción de los materiales utilizados en los revestimientos de la sala de música y de las salas de ensayo 1 y 2.

IV.5. SIMULACIÓN DEL AUDITORIO

El objetivo principal es la predicción de las condiciones acústicas descritas como parámetros acústicos. La simulación computacional tiene en cuenta la geometría y la distribución de los materiales absorbentes en la sala así como las posiciones actuales de la fuente sonora y el receptor. Los resultados proporcionan valores de los parámetros relevantes para análisis mediante el juicio subjetivo del ingeniero acústico.

En simulaciones computacionales la geometría de la sala se representa en el espacio tridimensional. La propagación del sonido se estudia mediante trazado de rayos, desde la posición de la fuente y mediante reflexiones, hasta que la energía se ve reducida por debajo del rango dinámico de interés.

IV.5.a) Sala de Música

A continuación se detalla un resumen de las superficies correspondientes a cada material utilizado para su acondicionamiento acústica:

Zonas	Descripción	Superficie
Escenario	Suelo: Tarima laminada de madera	182,4 m ²
	Techo: Concha acústica de madera	168,8 m ²
	Revestimientos de madera verticales	167,3 m ²
	Difusores	12 m ²
Audiencia	Butacas: Tapizadas	369,2 m ²
	Suelo: Tarima laminada de madera	212,8 m ²
	Revestimientos de madera verticales lisos	224,3 m ²
	Revestimientos de madera verticales perforados	53,4 m ²
	Techo : Concha acústica de madera	362,0 m ²
	Puertas: Acero galvanizado	21,0 m ²

El volumen de la sala de música simulado es de 2768 m³.

Los resultados de los parámetros de calidad acústica obtenidos en la simulación (simulación realizada por teoría de rayos) realizada son:

SALA	Parámetro	Objetivo ¹	Calculado	Valoración Subjetiva
Ocupada	Claridad musical (C_{80}) ²	$(-2 \geq C_{80} \geq 2)$ dB	2,6	Aceptable
	LF (E_4) ³	-	24,6	No aplica ⁴
	Brillo (Br)	$Br > 0,87$	0,87	Bueno
	Calidez (Bass-Ratio, BR)	$(1,10 \geq BR \geq 1,45)$	1,21	Muy Bueno
	Sonoridad media (G_{mid})	-	12,8	No aplica
Vacía	Claridad musical (C_{80})	$(-4 \geq C_{80} \geq 0)$ dB	0,9	Aceptable
	LF (E_4)	$> 19\%$	26,7	Bueno
	Brillo	-	0,83	No aplica ⁵
	Calidez (Bass Ratio)	-	1,03	No aplica
	Sonoridad (G_{mid})	> 0 dB	12,0	Buena

A continuación se muestra el dibujo de la sala simulada:

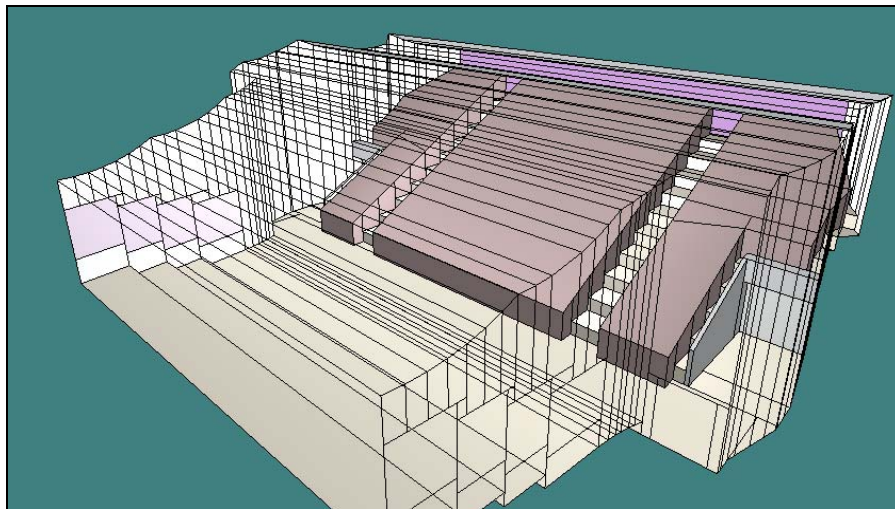


Fig. 22.- Imagen de la Sala simulada

Para realizar la simulación se han ubicado tantos los puntos emisores como los puntos receptores que se han ensayado distribuidos pseudoaleatoriamente por toda la superficie del escenario y de la audiencia, respectivamente. En las siguientes figuras se muestran dichos puntos. Cabe destacar que los puntos emisores se han definido como fuentes omnidireccionales.

¹ Valores recomendados para los parámetros de calidad según Antoni Carrión Isbert.

² Promedio de la claridad musical para las frecuencias de 500 Hz, 1kHz y 2 KHz.

³ Promedio de la eficiencia lateral para las frecuencias de 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz y 1kHz.

⁴ Objetivo de calidad acústica no aplicable en salas ocupadas.

⁵ Objetivo de calidad acústica no aplicable en salas vacías.

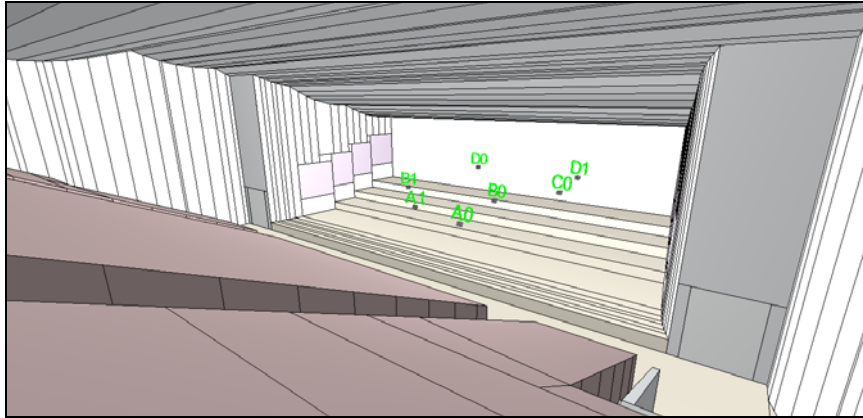


Fig. 23.- Ubicación de los puntos emisores simulados

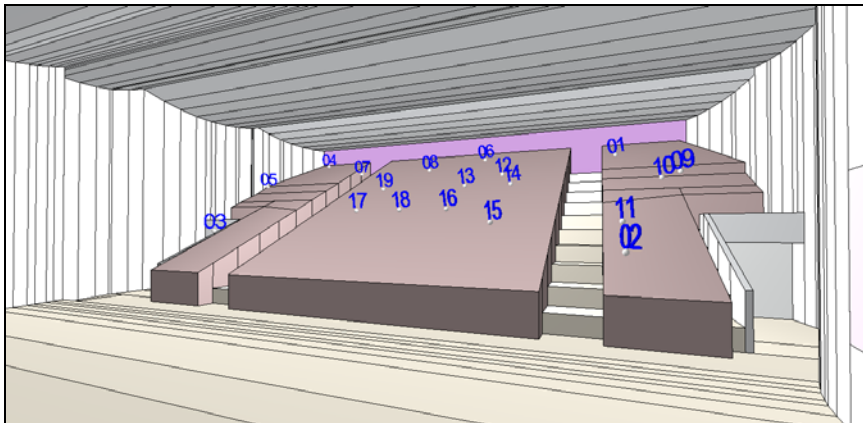


Fig. 24.- Ubicación de los puntos receptores simulados

A continuación se muestra el promedio del tiempo de reverberación de todos los receptores para sala con el 100% de audiencia:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
EDT (segundos)	1,8	1,6	1,3	1,3	1,3	1,0
T15 (segundos)	2,0	1,8	1,6	1,6	1,5	1,2
T30 (segundos)	2,0	1,8	1,6	1,6	1,5	1,3

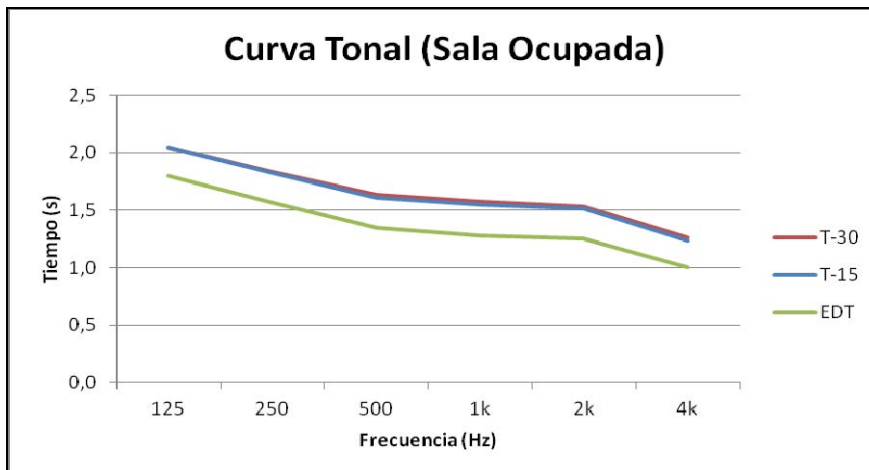


Fig. 25.- Gráfica con el tiempo de reverberación promedio de todos los receptores con la sala llena

A continuación se muestra el promedio del tiempo de reverberación de todos los receptores para la sala vacía:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
EDT (segundos)	1,9	1,7	1,8	1,7	1,7	1,1
T15 (segundos)	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,4
T30 (segundos)	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,4

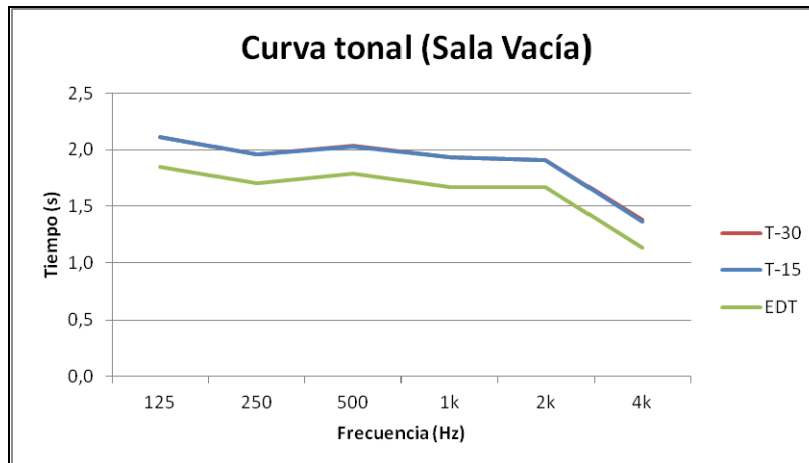


Fig. 26.-Gráfica con el tiempo de reverberación promedio de todos los receptores con la sala vacía

Se ha obtenido el mapeado para toda la audiencia del parámetro objetivo de la **claridad musical** (C_{80}).

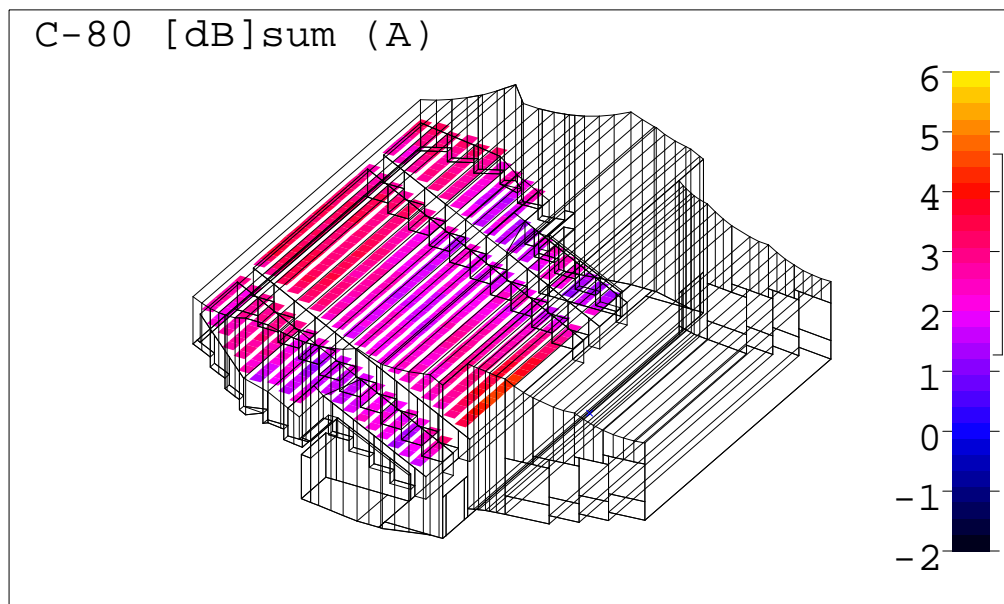


Fig. 27.- Claridad de la Sala (C_{80}) obtenida en la simulación con la sala llena

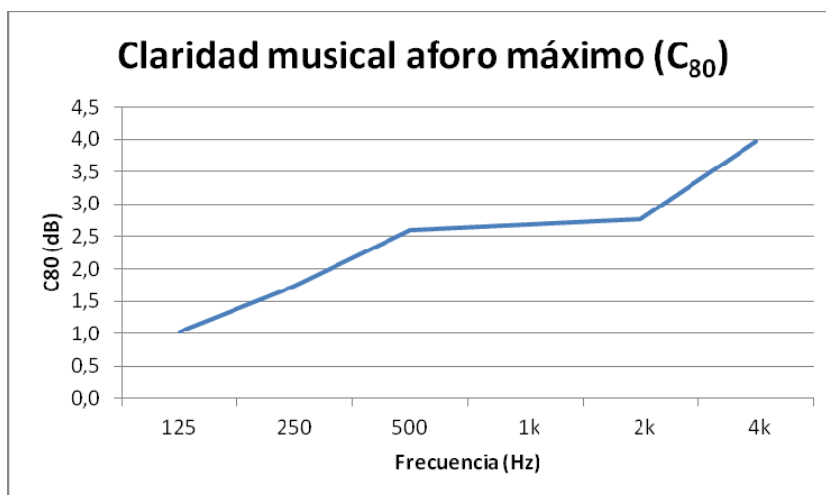


Fig. 28.- Gráfica de la Calidad musical de la sala obtenida e la simulación con la sala llena

La **eficiencia lateral LF** (energía que alcanza lateralmente al oyente) de la sala que se ha obtenido en la simulación se puede observar en las siguientes figuras:

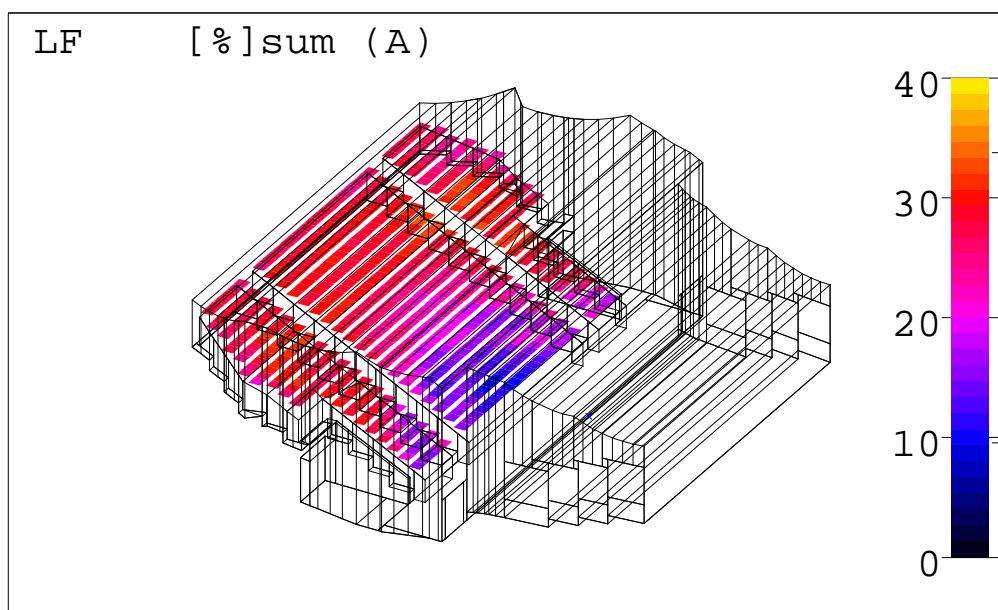


Fig. 29.- Eficiencia lateral LF de la sala llena obtenida en la simulación

La **sonoridad** de la sala (grado de amplificación producido por la sala) que se ha obtenido en la simulación es la siguiente:

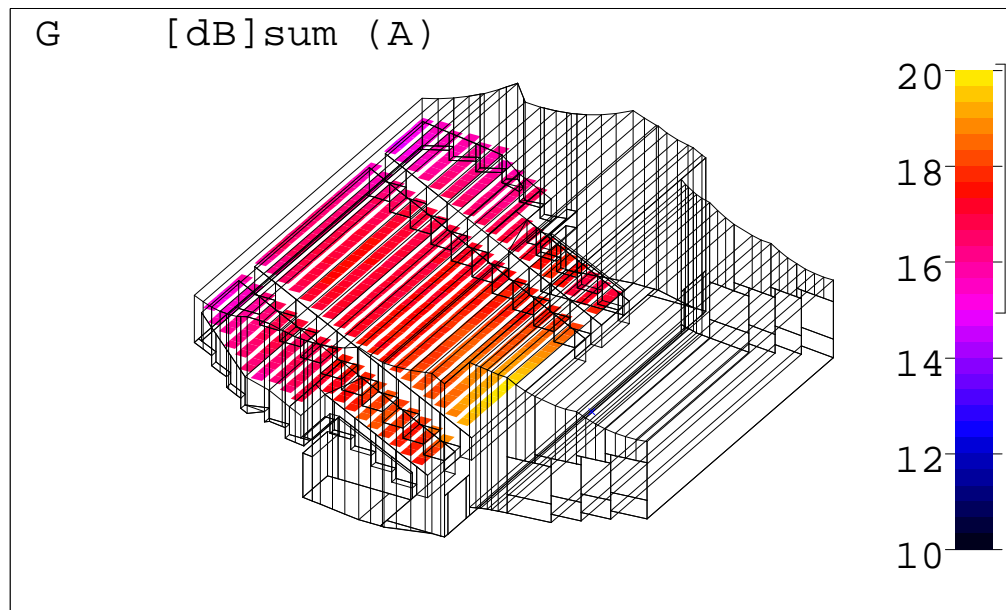


Fig. 30.- Sonoridad de la sala llena obtenida en la simulación

IV.5.b) Salas de Ensayo

A continuación se detalla un resumen de las superficies correspondientes a cada material utilizado para su acondicionamiento acústica:

Sala	Descripción	Superficie
Sala de ensayo 1	Suelo: Parquet	47,55 m ²
	Techo acondicionamiento	47,55 m ²
	Cerramientos verticales absorbentes	15,37 m ²
	Cerramientos verticales reflectantes	29,20 m ²
	Paneles de madera	29,52 m ²
	Puertas	2,49 m ²
Sala de ensayo 2	Suelo: Parquet	52,78 m ²
	Techo acondicionamiento	52,78 m ²
	Cerramientos verticales absorbentes	16,03 m ²
	Cerramientos verticales reflectantes	29,55 m ²
	Paneles de madera	30,07 m ²
	Puertas	2,41 m ²

El volumen de la sala de ensayo 1 es de 118.9 m³ y el de la sala de ensayo 2 es de 131,0 m³

En este caso sólo se presentan los valores del tiempo de reverberación, como principal parámetro de calidad acústica de las salas de ensayo, obtenidos a partir de las simulaciones.

Para realizar la simulación en ambas salas se han ubicado un punto emisor (A0) y varios puntos receptores (01, 02, 03, 04, 05, 06 y 07) distribuidos pseudoaleatoriamente por la superficie de las

salas. En las siguientes figuras se muestran dichos puntos. Cabe destacar que los puntos emisores se han definido como fuentes omnidireccionales.

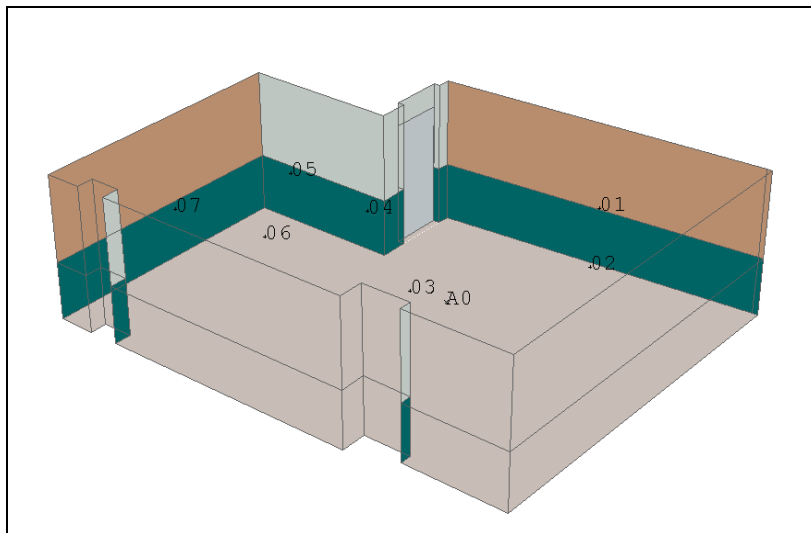


Fig. 31.- Ubicación de los puntos ensayos en la Sala de Ensayo 1

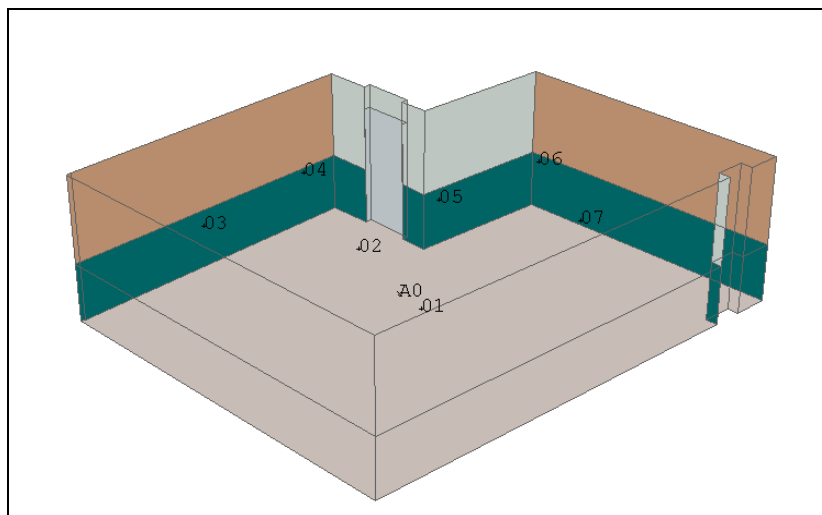


Fig. 32.- Ubicación de los puntos ensayos en la Sala de Ensayo 2

El tiempo de reverberación promediado de todos los receptores obtenido en la simulación se muestra en las siguientes figuras:

SALA DE ENSAYO 1

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
EDT (segundos)	0,54	0,48	0,50	0,50	0,50	0,44
T15 (segundos)	0,62	0,57	0,61	0,59	0,56	0,48
T30 (segundos)	0,68	0,65	0,75	0,69	0,66	0,56

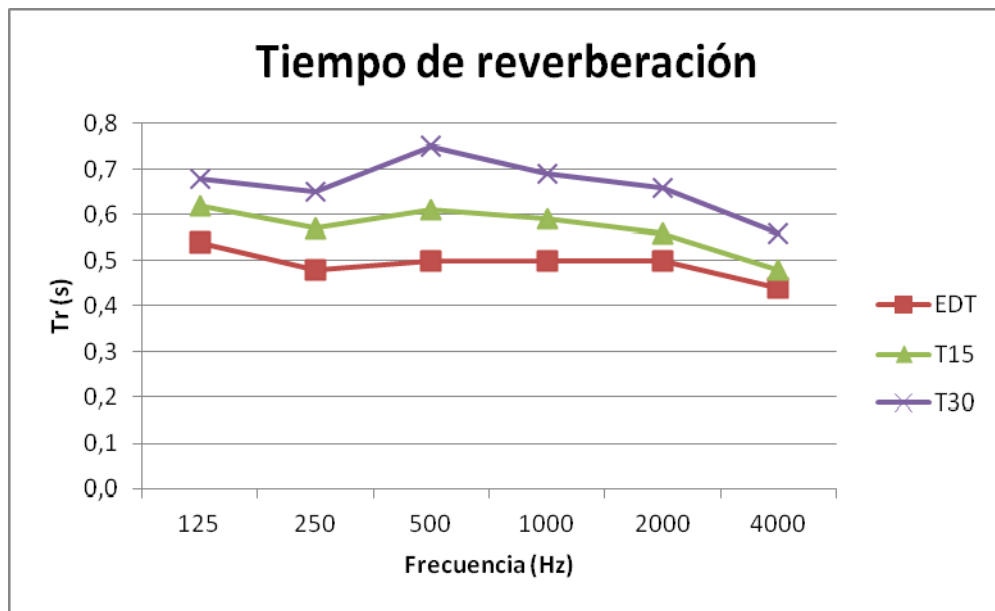


Fig. 33.- Gráfica con el tiempo de reverberación promedio de todos los receptores de la Sala de Ensayo 1

SALA DE ENSAYO 2

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
EDT (segundos)	0,56	0,51	0,52	0,51	0,52	0,45
T15 (segundos)	0,65	0,61	0,62	0,63	0,59	0,50
T30 (segundos)	0,73	0,68	0,72	0,76	0,70	0,60

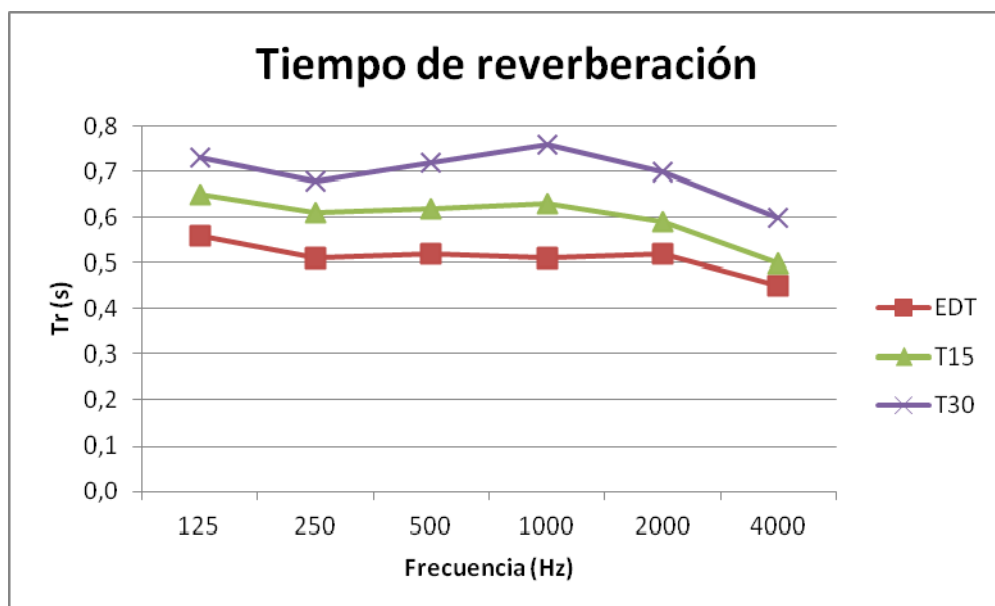


Fig. 34.- Gráfica con el tiempo de reverberación promedio de todos los receptores de la Sala de Ensayo 2

V. CONCLUSIONES

La presente tesina, para realizar el estudio acústico del auditorio, se ha dividido en dos partes claramente diferenciadas. La primera de ellas trata sobre el aislamiento acústico del auditorio y la segunda sobre el acondicionamiento acústico. En ambos casos se ha estudiado la sala de música y la sala de ensayos del mismo.

El aislamiento acústico necesario se ha definido de modo que no se transmitan niveles de ruido superiores a los permitidos en la legislación vigente en materia de calidad acústica, la *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica*. El auditorio se encuentra en una zona de uso terciario, por ello, el aislamiento acústico proyectado de los cerramientos $D_{nT,A}$, además de para no transmitir niveles de ruido no deseados, se ha tomado como medida preventiva para proteger el auditorio de la actividad industrial que se genera en el exterior de la misma.

El acondicionamiento acústico de la sala se ha determinado en base al uso al cual está destinada, que para la sala de música son conciertos de música de banda en directo; y para las salas de ensayo son ensayos de instrumentos. En el presente estudio se han definido las necesidades de las salas y las formas y revestimientos de las superficies interiores, con el objeto de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas. Se han propuesto soluciones de acondicionamiento acústico que cumplen con los criterios estipulados que se marcaron inicialmente.

Los objetivos de calidad acústica que se han propuesto en la tesina para la sala son los valores recomendados por Antonio Carrión Isbert [10] y otros autores, los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla en la simulación de la sala:

SALA	Parámetro	Objetivo	Calculado	Valoración Subjetiva
Ocupada	Claridad musical (C_{80})	$(-2 \geq C_{80} \geq 2)$ dB	2,6	Aceptable
	LF (E_4)	-	24,6	No aplica
	Brillo (Br)	$Br > 0,87$	0,87	Bueno
	Calidez (Bass-Ratio, BR)	$(1,10 \geq BR \geq 1,45)$	1,21	Muy Bueno
	Sonoridad media (G_{mid})	-	12,8	No aplica
Vacía	Claridad musical (C_{80})	$(-4 \geq C_{80} \geq 0)$ dB	0,9	Aceptable
	LF (E_4)	$> 19\%$	26,7	Bueno
	Brillo	-	0,83	No aplica
	Calidez (Bass Ratio)	-	1,03	No aplica
	Sonoridad (G_{mid})	> 0 dB	12,0	Buena

El primer parámetro simulado, la claridad musical (C_{80}), en el caso de la sala ocupada no se encuentra dentro de los márgenes establecidos, no obstante sólo sobrepasa en 0,6 dB el margen superior del intervalo establecido; por lo tanto se puede considerar aceptable. En el caso de la sala vacía, el valor obtenido también sobrepasa el margen superior establecido, en este caso 0,9 dB. Como no es mucho también se ha considerado como aceptable en la valoración subjetiva realizada.

La eficiencia lateral ($LF(E_4)$) obtenida se encuentra por encima del límite propuesto por lo tanto, con esto se va a conseguir el grado de espacialidad del sonido deseado y se puede considerar como bueno este parámetro de calidad acústica.

El tercer parámetro calculado es el Brillo (Br) y el valor obtenido es 0,87, lo que nos indica la sala simulada tiene una buena respuesta a altas frecuencias. Por lo tanto, el sonido de la sala será claro y rico en armónicos, lo cual beneficia a las actuaciones en directo de bandas de música. Cabe destacar también que el brillo se encuentra por debajo de 1, tal y como recomiendan algunos autores.

La calidez acústica obtenida en la simulación ha sido de 1,21, valor que se encuentra casi en medio del intervalo deseado, con lo que se puede considerar un resultado muy bueno. Este parámetro indica que la sala tendrá riqueza de sonidos graves y suavidad en la música, y por lo tanto, que la respuesta de la sala a frecuencias bajas es buena.

El quinto parámetro obtenido en la simulación, la sonoridad de la sala indica el grado de amplificación de la misma, en nuestro caso el valor obtenido es un poco elevado, lo que indica que la sala amplificará bastante el sonido. En la valoración subjetiva que se ha realizado se ha considerado como bueno este parámetro, ya que aunque es elevado no lo es demasiado.

El tiempo de reverberación obtenido con la sala llena en la simulación de la sala es el que se puede observar en la siguiente tabla:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T15 (segundos)	2,0	1,8	1,6	1,6	1,5	1,2
T30 (segundos)	2,0	1,8	1,6	1,6	1,5	1,3

El valor objetivo del tiempo de reverberación que se había propuesto era de entre 1,6 y 1,8 segundos promediado para las frecuencias de 500 Hz y 1kHz. Por lo tanto, tal y como se puede observar en la tabla, el tiempo de reverberación obtenido es bueno en función de las exigencias de calidad que se habían propuesto.

Los tiempos de reverberación calculados en la simulación de las salas de ensayos son los que aparecen en las siguientes tablas:

Sala	Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Sala 1	T15 (segundos)	0,62	0,57	0,61	0,59	0,56	0,48
Sala 1	T30 (segundos)	0,68	0,65	0,75	0,69	0,66	0,56
Sala 2	T15 (segundos)	0,65	0,61	0,62	0,63	0,59	0,50
Sala 2	T30 (segundos)	0,73	0,68	0,72	0,76	0,70	0,60

Tal y como se puede observar en la tabla los tiempo de reverberación superan 0,5 segundos pero no alcanzan 1 segundo, valores idóneos para salas de ensayos de instrumentos

Según los resultados obtenidos de las simulaciones, se puede afirmar que la sala proyectada se haya dentro de los márgenes deseados de los parámetros acústicos objetivos estipulados en el proyecto.

Por lo tanto, se puede concluir que la sala, que ha sido objeto de este estudio cumple con las condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico para las que ha sido diseñada.

V.1. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Una vez construido el auditorio, se pueden seguir los protocolos de medida necesarios de los parámetros acústicos para obtener un diagnóstico final. En caso que las medidas muestren alguna anomalía significativa en la acústica final de la sala, se podrían medidas correctores sobre la misma.

REFERENCIAS

- [1] *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.*
- [2] *Decreto 266/2004, de 3 de Diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.*
- [3] *Decreto 104/2006, de 14 de Julio, del Consell de la Generalitat, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.*
- [4] *Código Técnico de la Edificación.*
- [5] *Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación.*
- [6] M. Recuero, *Acústica Arquitectónica*, 1992
- [7] M. Recuero, *Acústica Arquitectónica: Soluciones Prácticas*, Paraninfo 1992
- [8] D. Egan, *Architectural Acoustic*, McGraw-Hill 1998
- [9] M. Recuero, *Acondicionamiento Acústico*, Paraninfo 2001
- [10] A. Carrión Isbert, *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*, Edicions UPC 1998
- [11] M. Barrón, *Auditorium acoustics and architectural design*, E & FN Spon 1993
- [12] V. Úbeda Ibáñez, *Curso audiovisual de acústica de salas*, Universidad Politécnica de Valencia 2003
- [13] L.L. Beranek, *Concert and opera halls: how they sound*, Acoustical Society of America 1996

ANEXO I.- PLIEGO DE CONDICIONES

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD PREVENTIVAS PARA LA EJECUCIÓN LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Para una ejecución segura de la instalación de aislamiento acústico, se deberán observar además de las medidas de seguridad obligatorias en la obra o centro de trabajo, las siguientes normas básicas:

- Todos los operarios deberán haber recibido formación e información relativas a su puesto de trabajo, productos y maquinaria utilizada.
- Se cumplirán las normas de seguridad indicadas por el fabricante de la maquinaria así como en herramientas manuales y eléctricas utilizadas.
- Se deberá de ejecutar y planificar el trabajo de forma ordenada, los acopios de materiales se harán en lugares previamente establecidos. Los productos combustibles ó fácilmente inflamables se almacenarán alejados de fuentes de calor.
- Para evitar el riesgo de incendio se prohíbe fumar durante el proceso de instalación así como en los lugares de almacenamiento.
- Antes de utilizar cualquier producto (lanas de roca o vidrio, espumas aglomeradas, colas, pegamentos, disolventes,...) se deberá leer la ficha de seguridad del mismo, donde se advierte de los riesgos de su utilización y de los equipos de protección individual exigidos durante su uso.
- Se deberá observar una profunda higiene personal (manos y cara), antes de realizar cualquier tipo de ingesta o fumar tras la manipulación de los materiales.
- En general se deberá de evitar el contacto con los productos nocivos con la piel, ojos y vías respiratorias:
 - En caso de inhalación, conducir al afectado al aire libre
 - En caso de salpicaduras y proyecciones accidentales a ojos, lavarlos con abundante agua, y requerir la atención médica si procede.
 - En caso de contacto con zonas de la piel no protegidas, lavar con abundante agua y jabón. En caso de alergia acudir al médico. No se deben utilizar disolventes para la limpieza de manos, sino productos limpiadores como la parafina aplicando después lanolina para suavizar la piel.
- Los equipos de protección obligatorios son:
 - Ropa de trabajo que cubra totalmente el cuerpo y extremidades permitiendo la transpiración corporal.
 - Guantes de protección adecuados a los productos a emplear.
 - Gafas protectoras para evitar proyecciones y salpicaduras a los ojos.
 - Adaptadores faciales, filtros y mascarillas autofiltrantes que se utilizarán en función del producto utilizado y de la ventilación de la zona de trabajo.
 - Botas de seguridad.

- Las plataformas de trabajo utilizadas deberán ser resistentes, estables, horizontales, de anchura superior a 60 cm, y protegidas con barandilla, barra intermedia y rodapié cuando superen los 2 m de altura.
- Se deberá verificar y mantener con regularidad las instalaciones eléctricas presentes en la obra (cuadros eléctricos, mangueras, conexiones, tomas de tierra, diferenciales,...) cumpliendo el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

NORMAS ESPECÍFICAS PARA LA EJECUCIÓN LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

Antes de empezar la instalación de los sistemas de aislamiento acústico, el local sobre el que se va a ejecutar la instalación deberá de quedar totalmente limpio y se quitarán todos los elementos u objetos que puedan entorpecer el proceso de instalación. El suelo deberá quedar totalmente limpio y completamente horizontal para facilitar el montaje de andamios o plataformas elevadoras.

Una vez el local se encuentre limpio se procederá al tapado o sellado de todos los huecos, agujeros o juntas que hayan tanto en los cerramientos verticales como en los horizontales. Dicho tapado o sellado se deberá de realizar con yeso o mortero de cemento, asegurando la total estanqueidad de local.

EJECUCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS

El orden de ejecución de los sistemas de aislamiento acústico deberá de ser el siguiente:

- 1.- Primero se realizará el tratamiento acústico de los cerramientos laterales.
- 2- A continuación se realizará el tratamiento acústico del techo.
- 3.- Finalmente se instalará la tarima flotante de madera.

EJECUCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS

Antes de la instalación de los cerramientos, se deberá de asegurar de que no hay ningún hueco, agujeros o junta en el cerramiento primitivo del local que no se encuentre debidamente tapada o sellada.

Se montará la perfilera metálica de 48 mm situando una banda elástica entre ésta y el cerramiento existente. La modulación de la perfilera se realizará cada 600 mm.

Se colocará la lana de roca dentro de la perfilera, asegurándose que en la instalación de ésta cubra totalmente la superficie del cerramiento primitivo, quedando una superficie homogénea.

Y por último, se atornillará el sándwich acústico formado por dos placas de yeso laminado, una de 15 mm y otra de 13 mm que llevan en medio una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6,5 kg/m³, a la perfilera metálica.

EJECUCIÓN DEL TECHO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Antes de la instalación del techo acústico, se deberá de asegurar de que no hay ningún hueco, agujeros o junta en el forjado que no se encuentre debidamente tapada o sellada.

Por las paredes del local se marcarán los niveles a los cuales quedarán los techos acústicos previstos en el presente estudio. Se respetarán las alturas marcadas en el apartado Planos.

Se replanteará en el techo mediante el marcado con lienzas u otro tipo de marcado, los lugares donde irán fijadas las varillas.

Se procederá a la instalación de las varillas y del sistema de perfilería. Se comprobará que los antivibratorios de caucho (silentblocks) estén correctamente instalados y que el techo acústico se encuentra totalmente desolidarizado del forjado.

Luego se atornillará el sándwich acústico a la perfilería dejando caer sobre éste la lana de roca, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Se deberá de asegurar que la lana de roca se encuentra totalmente extendida y solapada entre sí, no dejando ningún hueco libre.

Bajo ningún concepto ningún tipo de instalación atravesará el techo aislante acústico.

El remate del techo aislante acústico se realizará sobre el trasdosado acústico anteriormente instalado en los cerramientos, asegurándose que no quedan ningún hueco o junta entre ambos parámetros.

EJECUCIÓN DEL SUELO

Antes de la instalación del suelo flotante, se deberá de asegurar de que no hay ningún hueco, agujeros o juntas en el suelo primitivo del local que no se encuentre debidamente tapada o sellada. También se limpiará y se despejará toda la superficie sobre la que se vaya a ejecutar la instalación del suelo flotante.

Se procederá al extendido de la lámina de polietileno reticulado solapándolas entre sí 20 cm y subiéndolas entre 10 y 20 cm en su encuentro con los cerramientos verticales del local.

Se rematará con la tarima flotante de madera decorativa.

INSTALACIONES

En el proceso de instalación de las instalaciones no se deberá bajo ningún concepto manipular el aislamiento acústico.

FONTANERÍA

Las acometidas de desagüe deberán de estar colocadas antes de la ejecución del suelo flotante. Todas las posibles tuberías que vayan por el suelo se ejecutarán mediante regatas en el suelo primitivo antes de la realización del suelo flotante.

Las tuberías o desagües que vayan por los cerramientos verticales del local se ejecutarán mediante rozas si el trasdosado es en el caso de que se utilice tabiquería seca o entre las cámaras en el caso de

que se utilice un entramado autoportante. En el caso de que el trasdosado acústico se realice con tabiquería seca las rozas sólo podrán ocupar un canutillo del ladrillo, el operario encargado de la realización de las rozas deberá de tener especial cuidado al realizarlas.

Bajo ningún concepto deberá de agujerarse el techo acústico para el paso de instalaciones de fontanería.

ELECTRICIDAD

Los tubos o canaletas deberán de ir por debajo del techo acústico, para su agarre se utilizarán tornillos autotaladrantes que se anclarán al perfil.

Los tubos o canaletas que vayan por los cerramiento verticales del local se ejecutarán mediante rozas si el trasdosados en el caso de que se utilice tabiquería seca o entre las cámaras en el caso de que se utilice un entramado autoportante. En el caso de que el trasdosado acústico se realice con tabiquería seca las rozas sólo podrán ocupar un canutillo del ladrillo, el operario encargado de la realización de las rozas deberá de tener especial cuidado al realizarlas.

Bajo ningún concepto deberá de agujerarse el techo aislante acústico para el paso de instalaciones de electricidad.

VENTILACIÓN Y/O AIRE ACONDICIONADO

Los conductos de ventilación y/o aire acondicionado deberán de discurrir por debajo del techo aislante acústico, para su agarre se utilizarán tornillos autotaladrantes que se anclarán al perfil.

La máquina de aire acondicionado y/o los motores de extracción de aire de ventilación deberán de ir instalados por debajo del techo aislante acústico, para su agarre se utilizarán tornillos autotaladrantes que se anclarán al perfil. Irán provistos de anclajes amortiguados con elementos antivibratorios de caucho (silentblocks) acordes al peso y a la frecuencia de vibración de la maquinaria. Se deberá de tener especial atención en el mantenimiento de los elementos antivibratorios sustituyéndose cuando, por el paso de los años, dejen de funcionar acorde a los fines para las cuales se han instalado.

Bajo ningún concepto deberá de agujerarse el techo aislante acústico para el paso de instalaciones de ventilación y/o aire acondicionado.

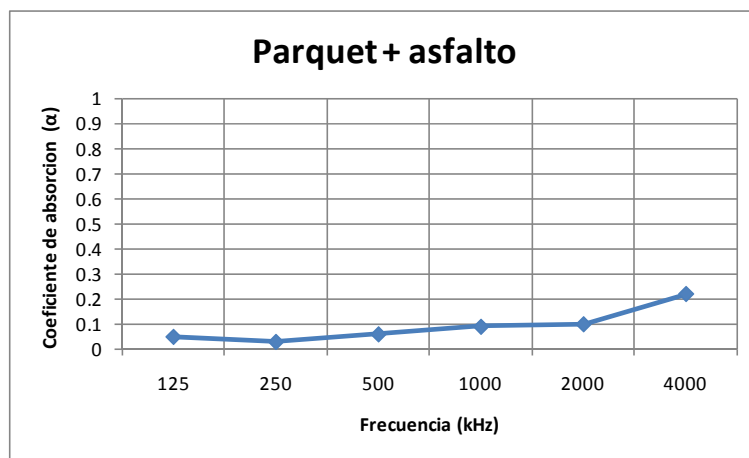
ANEXO II.- COEFICIENTES DE REFLEXIÓN DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA

SALA DE MÚSICA

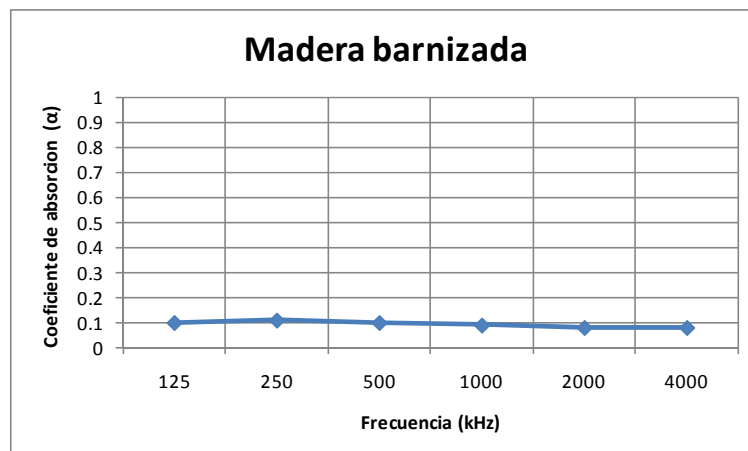
Zona escenario

El **pavimento** de la zona del escenario se recubrirá de tarima de madera montada sobre cemento en toda la superficie. Se recomienda utilizar para su construcción un material reflectante, tipo parquet o similar de poco grosor (de 20 a 25 mm). El total de la superficie a cubrir es de aproximadamente **194,3m²**.

A continuación se muestra el coeficiente de absorción (α) utilizado para el material de la zona de escenario, la solución probada ha sido de madera (parquet) con asfalto.



Los **cerramientos verticales** de la zona de audiencia se revestirán de madera barnizada. Deben estar colocados de forma estanca y sin ningún tipo de separación entre las láminas, ya que una mala ejecución o la existencia de un *plénium* entre el elemento base y los paneles podría provocar efectos no deseados en la acústica de la sala. El coeficiente de absorción del material se muestra a continuación:



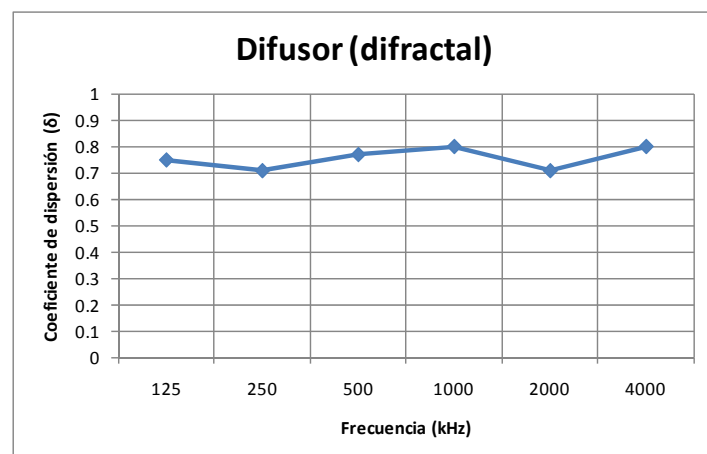
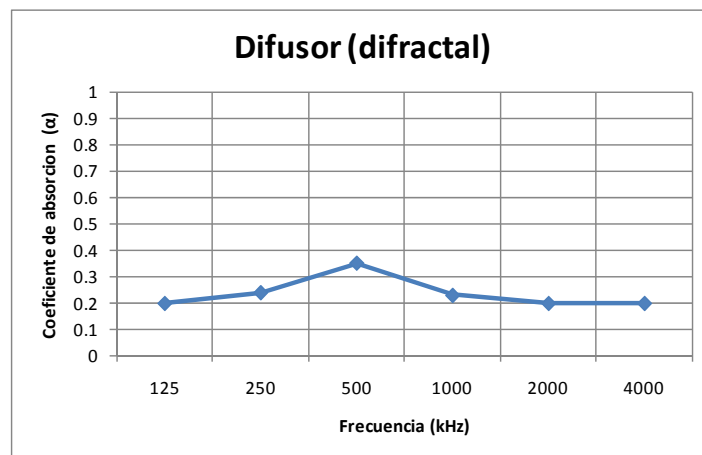
Colocación de difusores: La difusión del sonido en una sala se consigue mediante la colocación de elementos expresamente diseñados para dispersar de forma uniforme y en todas las direcciones la energía que incide sobre los mismos. En este caso, para evitar que en la zona de escenario aparezcan ecos o focalizaciones indeseadas. Por ello, se propone como medida correctiva la colocación de difusores con la finalidad de proteger las zonas susceptibles de sufrir este tipo de efecto.

Se situaran en la pared lateral del primer escalón de la zona de escenario y a un metro del suelo, un total 16 difusores (8 en cada lado del escenario) cubriendo una superficie total de **6 m²** en cada zona.

Las dimensiones de los difusores RPG difractal: 1200x600x230 mm.

El detalle de la ubicación se muestra en el anexo planos.

A continuación se muestra el coeficiente de absorción y el coeficiente de dispersión de los difusores utilizados:



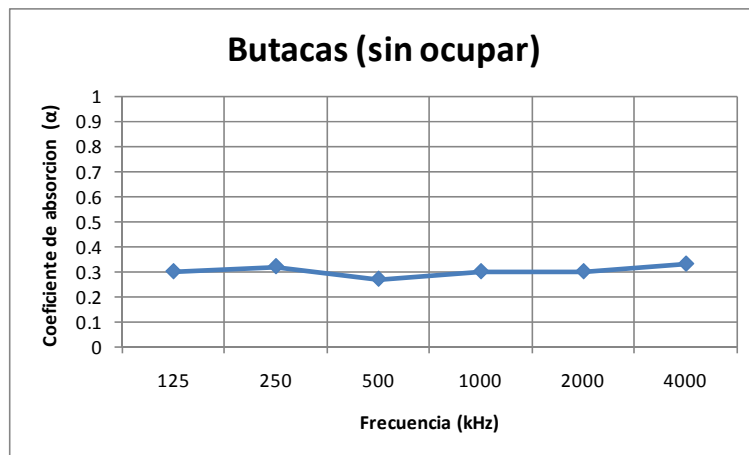
Zona de audiencia

En la zona de audiencia se recubrirá todo el pavimento con el mismo material especificado en el apartado anterior con el mismo coeficiente de absorción. La zona de audiencia está dividida en tres sectores separados entre ellos por dos pasillos de acceso. A continuación se muestra el coeficiente de absorción de las butacas (sin ocupantes).

Pavimento: Se recubre el pavimento con tarima de madera con el coeficiente de absorción mostrado. El total de la superficie a recubrir será de **212,85 m² + 234,32 m²** (bajo las butacas).

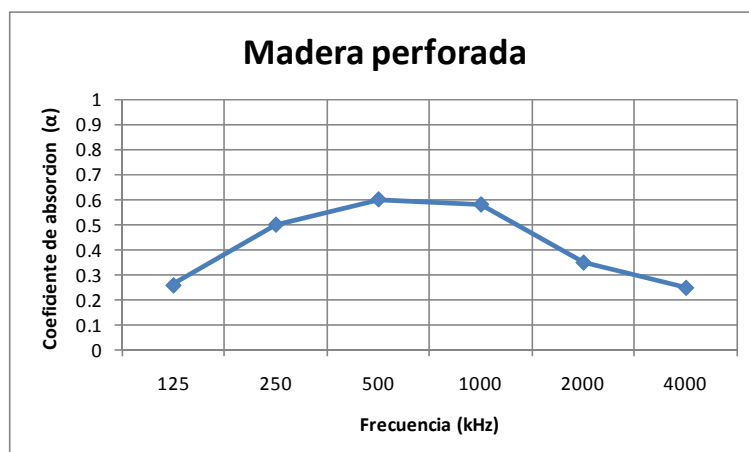
Butacas: Se colocaran butacas tapizadas en asiento y respaldo. La superficie total será de **234,32 m²**.

El coeficiente de absorción (α) utilizado para el material de las butacas es:

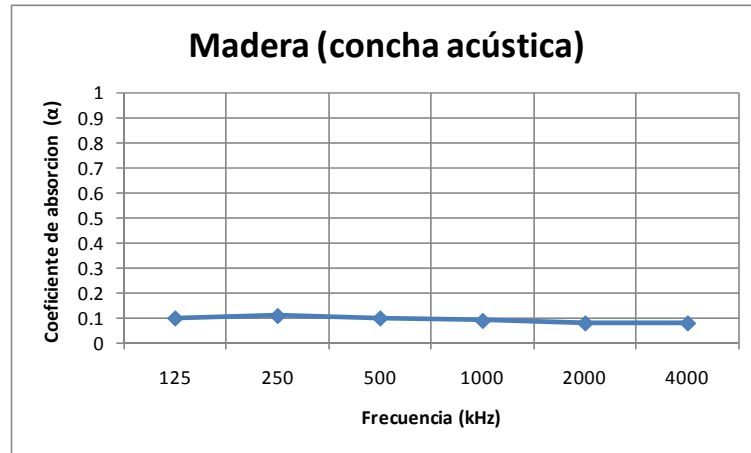


Cerramientos verticales: Para que el sonido llegue a toda la zona de la audiencia con la mayor uniformidad posible y evitando reflexiones indeseadas, ha de tratarse el revestimiento de las superficies laterales de la sala. En este caso se ha tratado todo el cerramiento vertical con el mismo material, madera barnizada, a excepción de la pared trasera de la última parte de la audiencia donde se ha proyectado láminas de madera perforada absorbentes con la finalidad de evitar las reflexiones tardías. El coeficiente de absorción de la madera barnizada se ha mostrado anteriormente.

Se muestra el coeficiente de absorción de la madera perforada absorbente de la pared trasera de la audiencia:



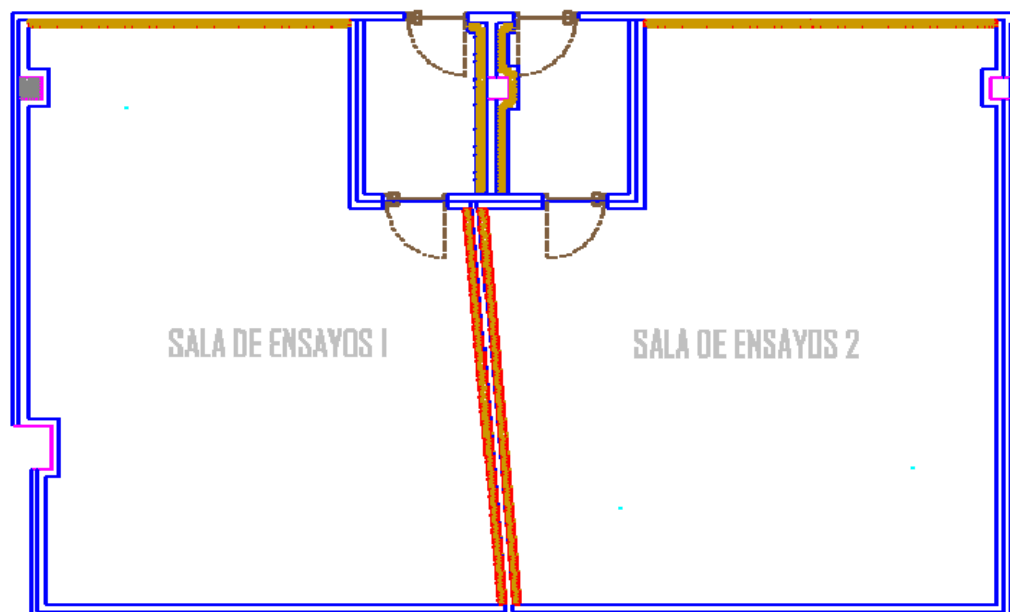
Techo de acondicionamiento acústico: El techo de toda la sala estará compuesto por el mismo material, tanto en la zona de audiencia como en la zona de escenario. Se propone colocar madera barnizada de forma curvilínea (a modo de efecto concha) con cámara de aire de 50 mm, el hecho de colocar una cámara de aire es con el objetivo de crear un efecto resonador sobre la sala.



En el anexo planos de la tesina se pueden observar los detalles constructivos de todos los revestimientos proyectados.

SALAS DE ENSAYO 1 Y 2

La siguiente figura muestra los detalles de los revestimientos utilizados en ambas salas. En color amarillo se muestran las zonas tratadas con materiales absorbentes y en color azul las zonas reflectantes.



Pavimento

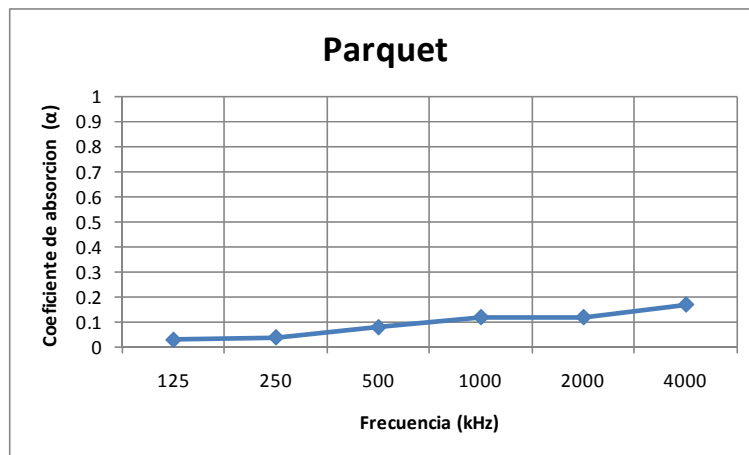
El pavimento de la zona de la sala de ensayo 1 y 2 se recubrirán de tarima de madera montada sobre una cavidad de aire con el fin de suministrar un sonido más “cálido” para la música (debido a la vibración estructural). Se recomienda utilizar para su construcción un material reflectante, tipo parquet o similar de poco grosor (de 20 a 25 mm).

El total de la superficie a revestir es aproximadamente:

Sala de ensayo 1: **47,55 m²**.

Sala de ensayo 2: **52,78 m²**.

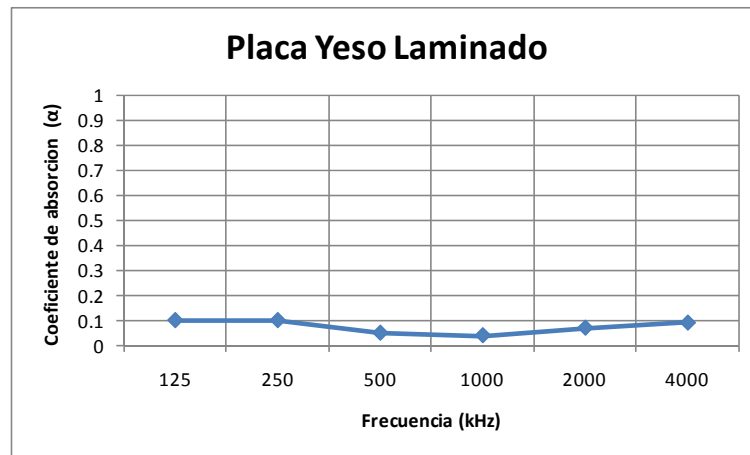
A continuación se muestra el coeficiente de absorción (α) utilizado para el material del pavimento de la sala de ensayo 1 y 2.



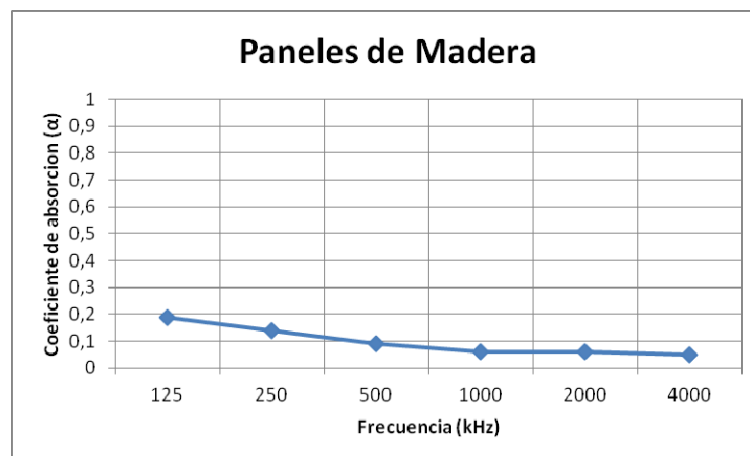
Cerramientos verticales

Para que el sonido llegue a toda la sala con la mayor uniformidad posible y evitando reflexiones indeseadas, ha de tratarse el revestimiento de las superficies laterales de la sala. Para las salas de ensayos se han tratado dos tipos diferentes de cerramientos: reflectante (para difundir el sonido) y absorbente (para evitar reflexiones indeseadas). Ambas configuraciones llevan en el primer metro paneles de madera para evitar el efecto de sala “seca” debida a la presencia de materiales absorbentes.

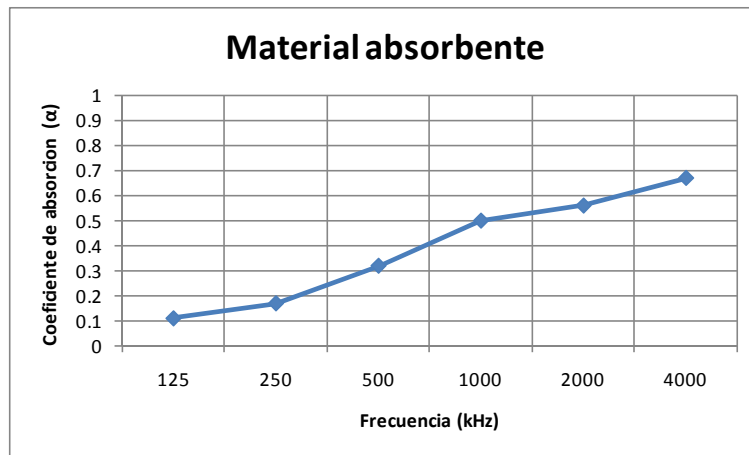
Cerramiento vertical liso: Cerramiento vertical continuo de acondicionamiento acústico con placa de yeso laminado. Este cerramiento estará ubicado en la pared frontal a la entrada y en la pared de la zona izquierda, con el fin de crear paredes reflectantes que direccionen el sonido. La superficie total aproximada es de **29,20 m²** para la sala 1 y **29,55 m²** para la sala 2. A continuación se muestran los valores del coeficiente de absorción del material utilizado para dicho cerramiento:



Paneles de madera: A su vez se propone ubicar en todas las paredes de la sala paneles de madera adheridos y alineados correctamente a la superficies verticales desde el suelo con un metro de longitud, la superficie total es de aproximadamente **29,52 m²** para la sala 1 y de **30,07 m²** para la sala 2. A continuación se muestra su coeficiente de absorción:



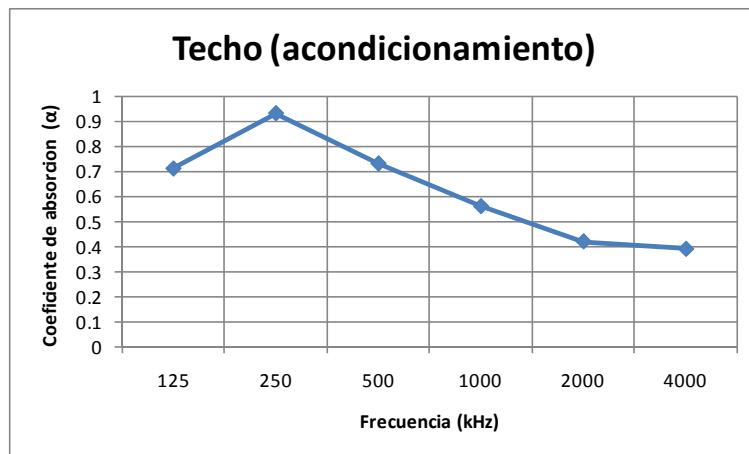
Cerramiento vertical absorbente: Cerramiento vertical de material absorbente para reducir el tiempo de reverberación de la sala. Este cerramiento estará ubicado en la pared más cercana a la entrada y en la pared lateral derecha. La superficie total aproximada es de **15,37 m²** para la sala 1 y **16,03 m²** para la sala 2. A continuación se muestran los valores del coeficiente de absorción del material utilizado para dicho cerramiento



Techo de acondicionamiento acústico

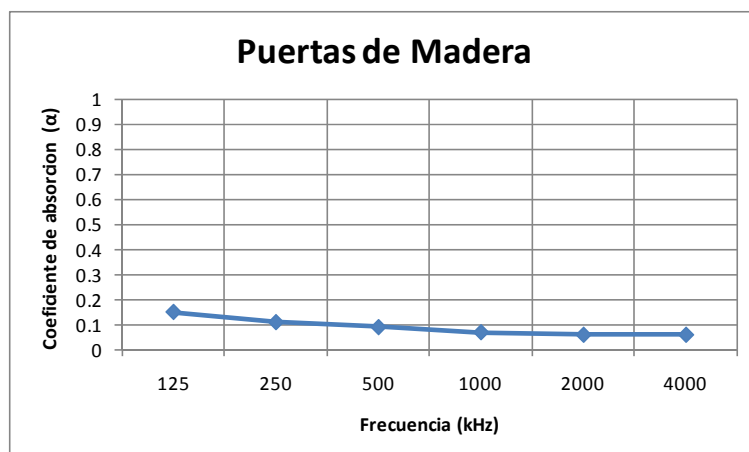
Se trata de un techo desmontable de placas absorbentes de yeso laminado con perforaciones Pladur Fon 6/18. La superficie total será de 47,55 m² para la sala 1 y de 52,78 m² para la sala 2.

A continuación se muestra el coeficiente de absorción de dicho material:



Puertas

Las puertas proyectadas para las salas de ensayo están compuestas por madera con una superficie total de 2,49 m² para la sala 1 y de 2,41 m² para la sala 2. A continuación se muestra el coeficiente de absorción del material:



ANEXO III.- PLANOS

PLANO N° 1: DISTRIBUCIÓN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS DEL AUDITORIO I

PLANO N° 2: DISTRIBUCIÓN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS DEL AUDITORIO II

PLANO N° 3: DISTRIBUCIÓN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS SECCIÓN

*PLANO N° 4: ACOTACIÓN DEL TECHO DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO
ACÚSTICO*

*PLANO N° 5: ACOTACIÓN DE LAS PAREDES DE AISLAMIENTO Y
ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA*

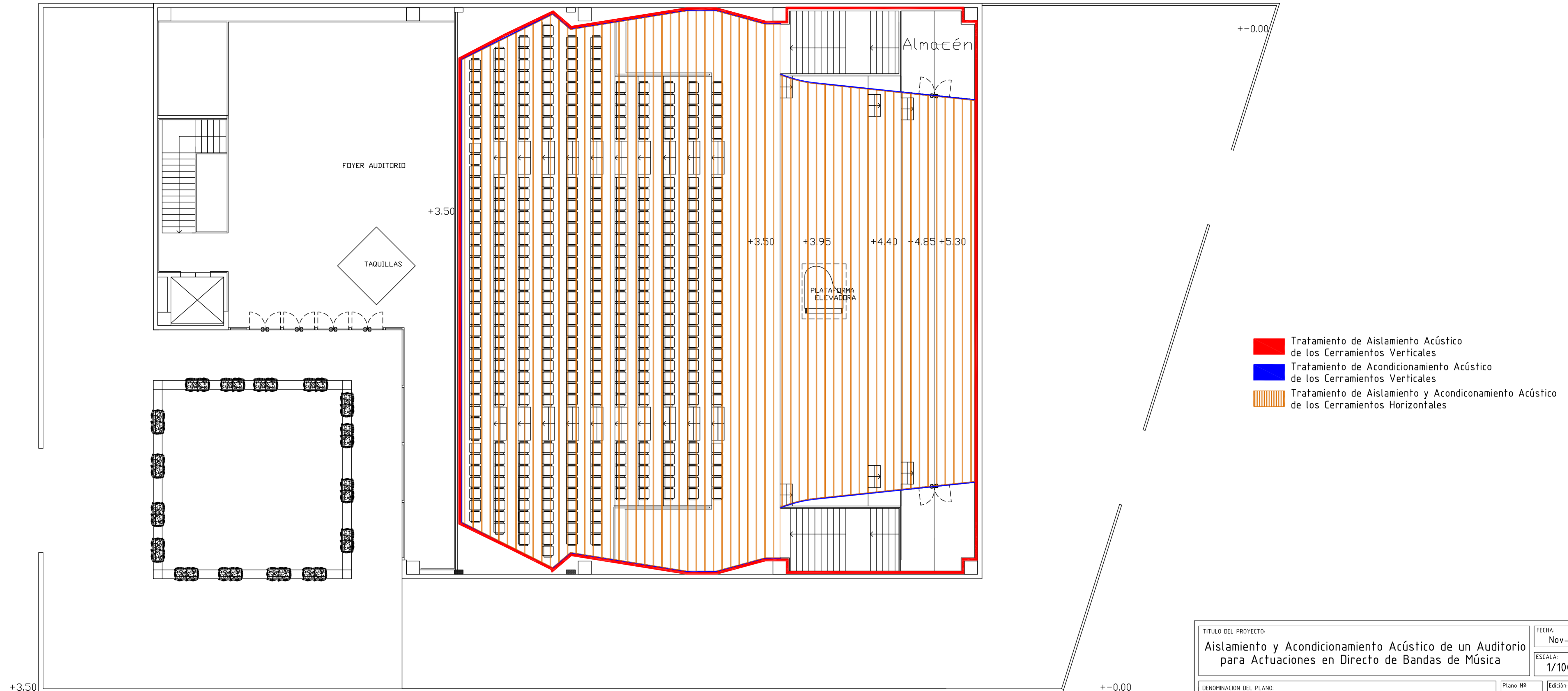
PLANO N° 6: DETALLES DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS I

PLANO N° 7: DETALLES DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS II

PLANO N° 8: DETALLES DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS III

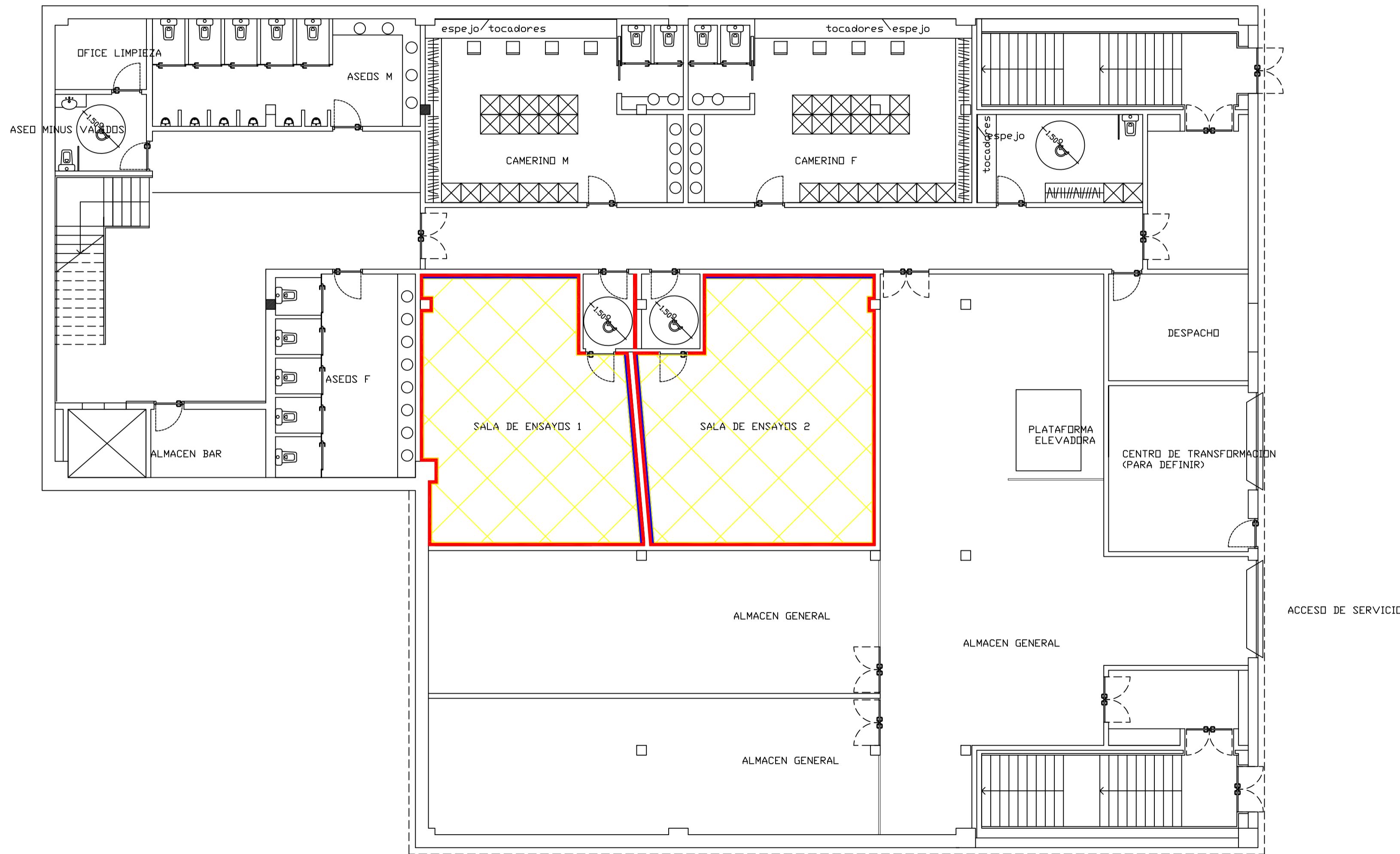
PLANO N° 9: RESUMEN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS DE LA SALA DE MÚSICA

*PLANO N° 10: RESUMEN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS DE LAS SALAS DE
ENSAYO*



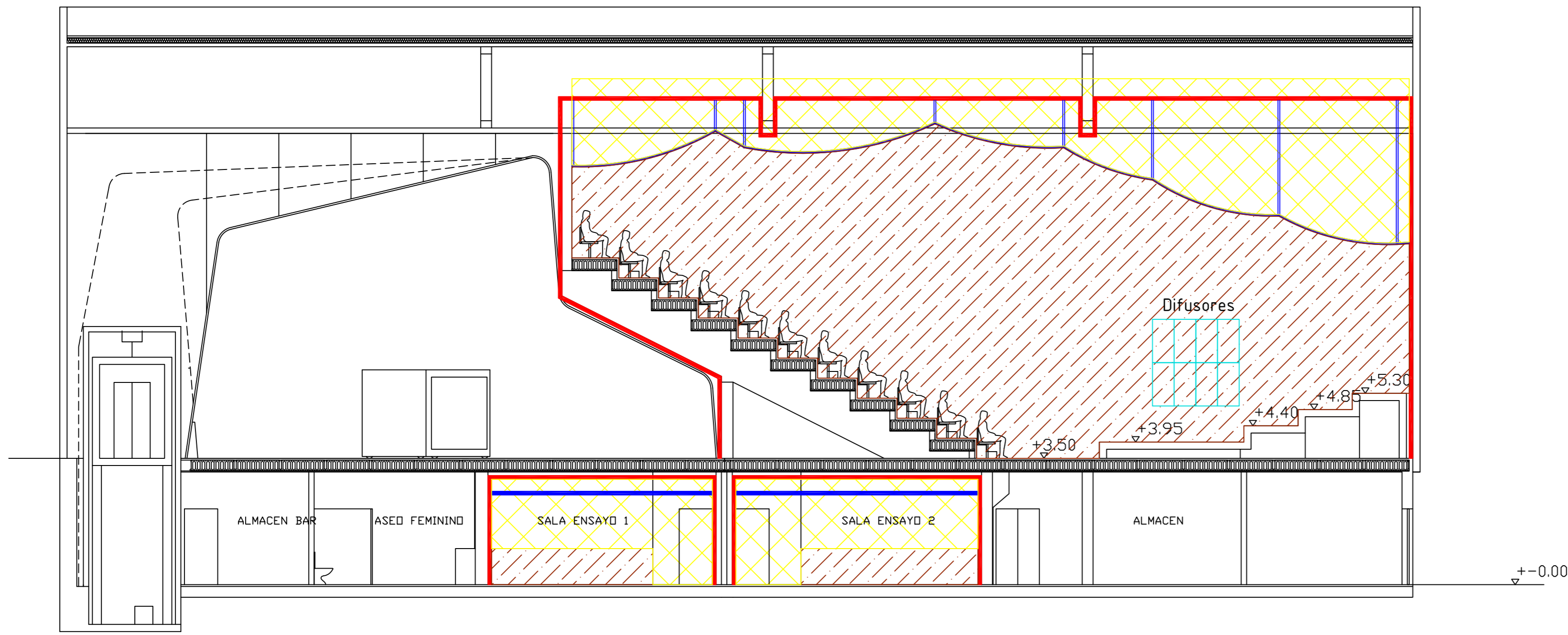
- █ Tratamiento de Aislamiento Acústico de los Cerramientos Verticales
- █ Tratamiento de Acondicionamiento Acústico de los Cerramientos Verticales
- ▨ Tratamiento de Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de los Cerramientos Horizontales

TÍTULO DEL PROYECTO:		FECHA:	
Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música		Nov-10	
DENOMINACIÓN DEL PLANO:		ESCALA:	
DISTRIBUCIÓN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS DEL AUDITORIO I		1/100	
Plano N.º:		Edición:	
01		0	



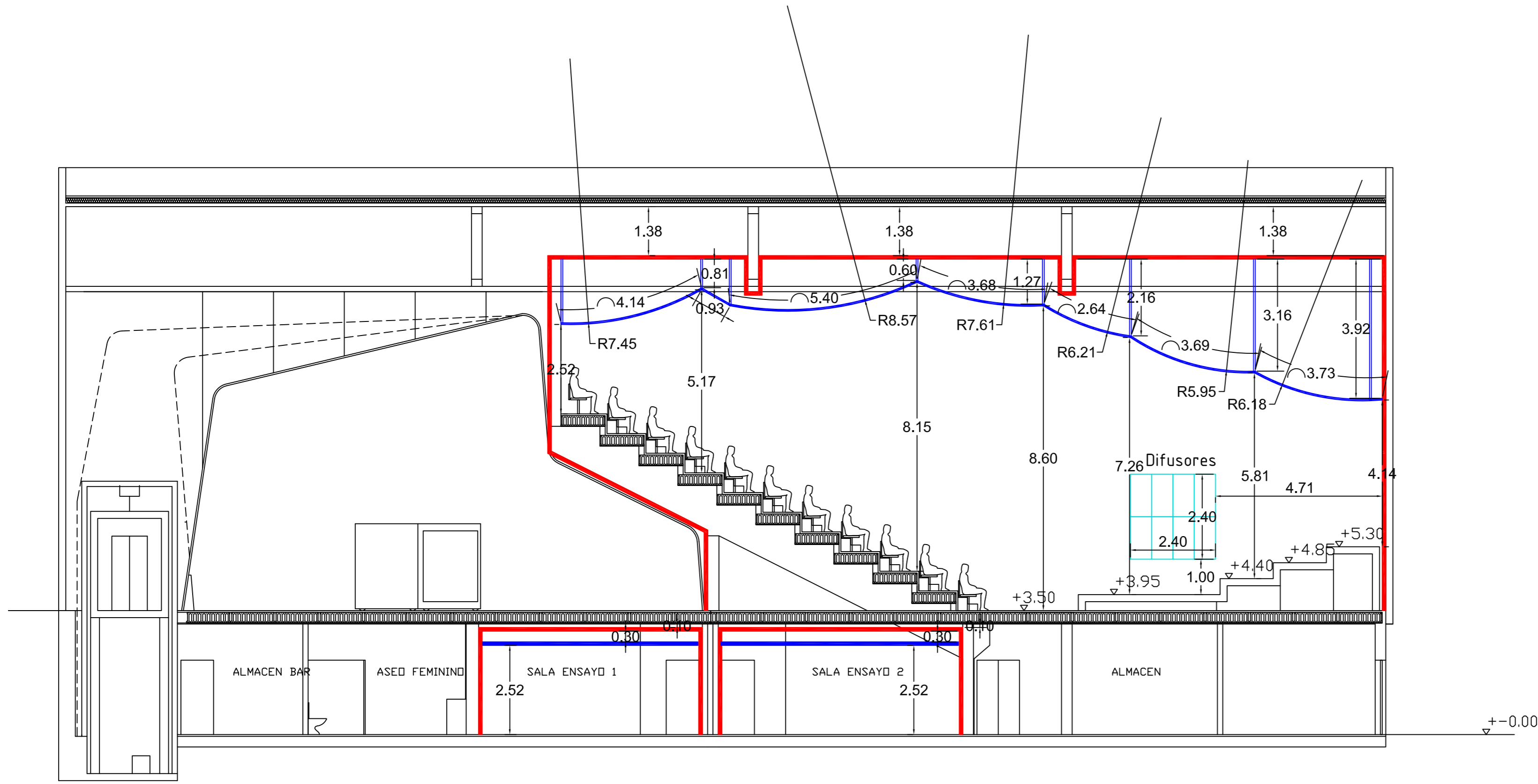
- Tratamiento de Aislamiento Acústico de los Cerramientos Verticales
- Tratamiento de Acondicionamiento Acústico de los Cerramientos Verticales
- Tratamiento de Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de los Cerramientos Horizontales

TITULO DEL PROYECTO: Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música	FECHA: Nov-10
DENOMINACION DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS DEL AUDITORIO II	ESCALA: 1/100
Plano Nº: 02	Edición: 0

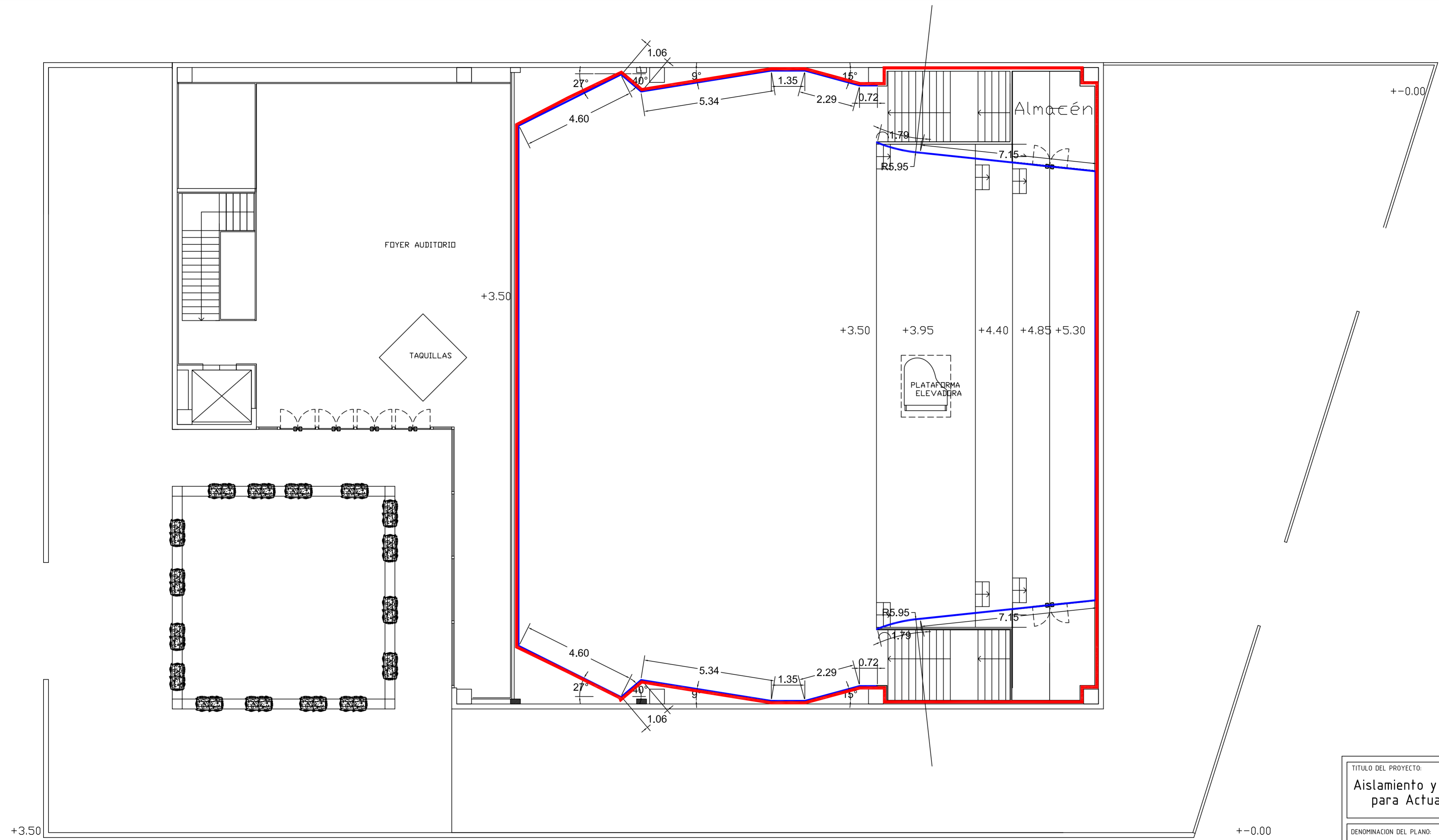


- Tratamiento de Aislamiento Acústico de los Cerramientos Verticales
- Tratamiento de Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de los Cerramientos Verticales
- Tratamiento de Acondicionamiento Acústico de los Cerramientos Horizontales y Verticales
- Tratamiento de Acondicionamiento Acústico de los Cerramientos Horizontales

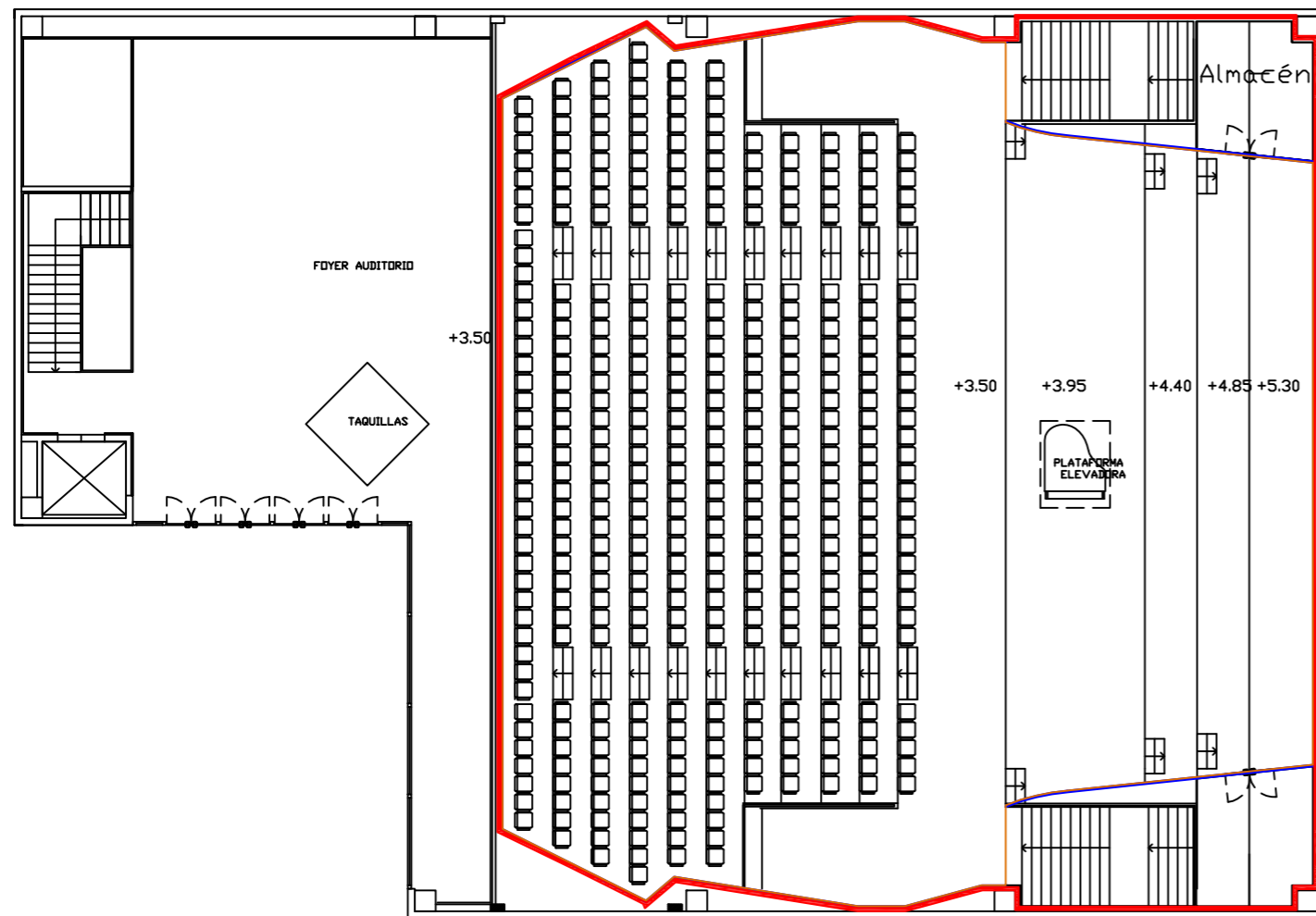
TITULO DEL PROYECTO: Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música		FECHA: Nov-10
DENOMINACION DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS SECCIÓN		ESCALA: 1/100
Plano Nº: 03		Edición: 0



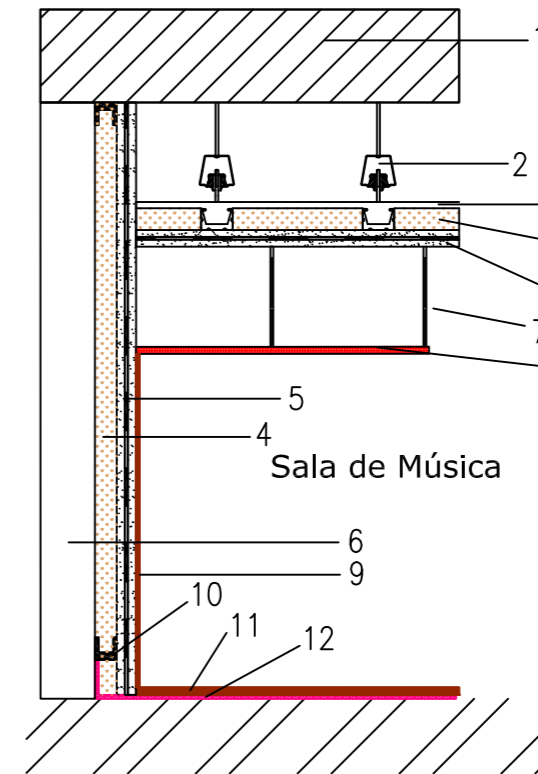
TITULO DEL PROYECTO: Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música		FECHA: Nov-10
DENOMINACION DEL PLANO: ACOTACIÓN DEL TECHO DE AISLAMIENTO ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO		ESCALA: 1/100
Plano Nº: 04	Edición: 0	



TITULO DEL PROYECTO:		FECHA:
Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música		Nov-10
DENOMINACION DEL PLANO:		ESCALA:
ACOTACIÓN DE LAS PAREDES DE AISLAMIENTO ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA		1/100
Plano N.º:	Edición:	
05	0	



Exterior



- 1.- Forjado existente
- 2.- Elementos antivibratorios de caucho (silentblocks)
- 3.- Perfilera galvanizada de tipo "H"
- 4.- Lana de roca de 4 cm. y 70 Kg/m³ densidad
- 5.- Doble placa de yeso laminado una de 15 mm. y una de 13 mm. que lleva intercalada una lámina lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m²
- 6.- Cerramiento Existente de Placas prefabricadas de hormigón de 20 cm.
- 7.- Perfilera de Soporte de la concha acústica
- 8.- Concha de acústica de madera barnizada de forma curvilínea
- 9.- Revestimiento de madera
- 10.- Perfilera metálica de 48 mm.
- 11.- Tarima Flotante Laminada de Madera
- 12.- Lámina de polietileno reticulada de 5 mm.

TITULO DEL PROYECTO:

Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música

FECHA:

Nov-10

ESCALA:

1/100

DENOMINACION DEL PLANO:

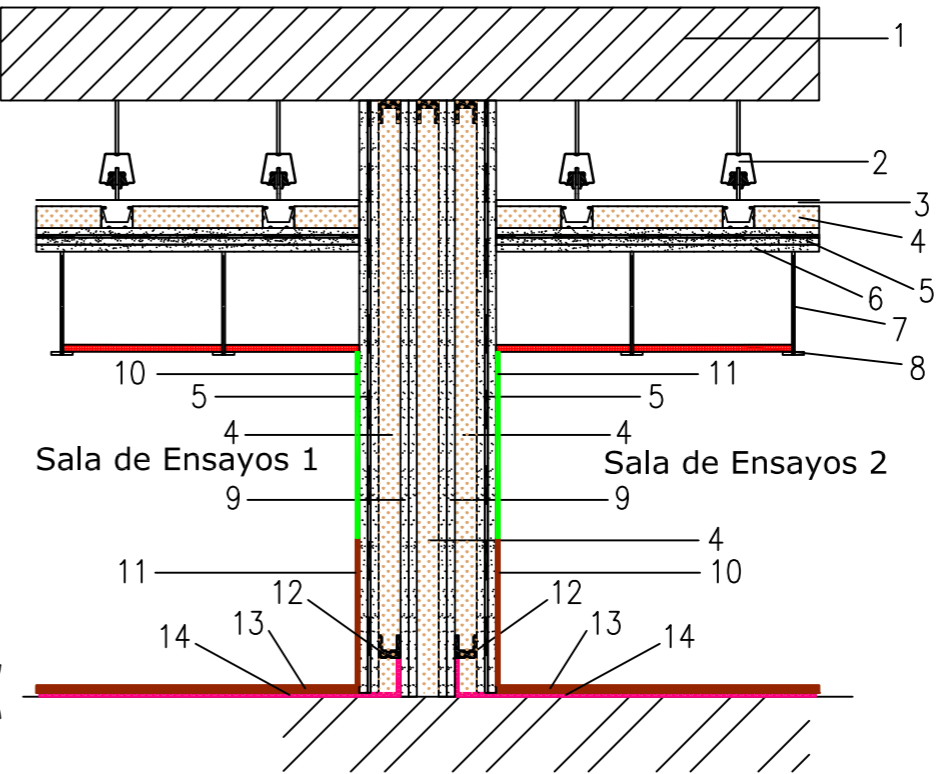
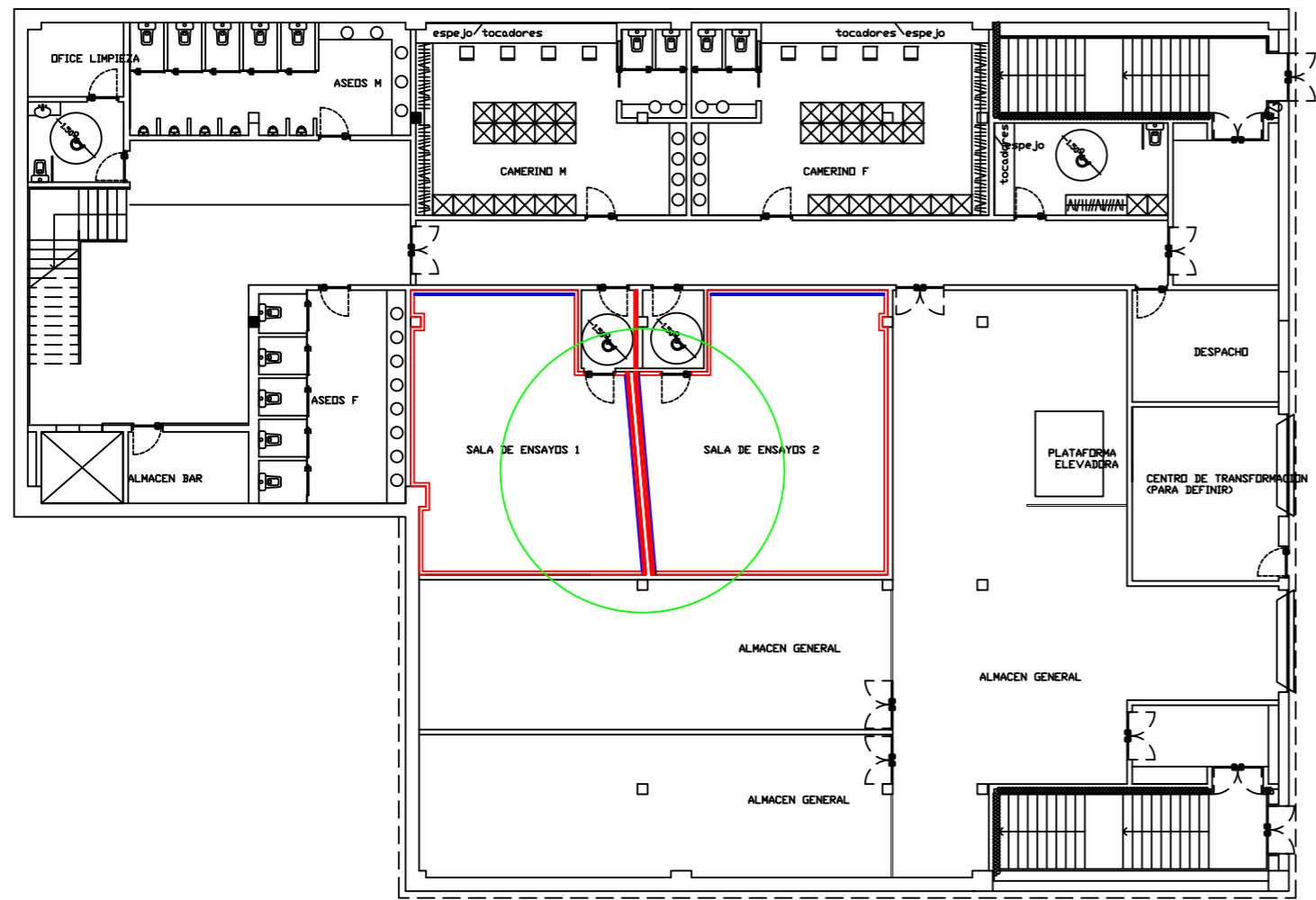
DETALLES DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS I

Plano Nº:

06

Edición:

0



- 1.- Forjado existente
- 2.- Elementos antivibratorios de caucho (silentblocks)
- 3.- Perfilera galvanizada de tipo "H"
- 4.- Lana de roca de 4 cm. y 70 Kg/m³ densidad
- 5.-Doble placa de yeso laminado una de 15 mm. y una de 13 mm. que lleva intercalada una lámina lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m²
- 6.-Placa de yeso laminado de 15 mm.
- 7.- Perfilera galvanizada
- 8.- Techo registrable acústico de placas absorbentes de yeso laminado con perforaciones Pladur Fon R6/18
- 9.- Doble placa de yeso laminado de 13 mm. cada una
- 10.- Revestimiento de madera barnizada desde el suelo hasta 1 metro de altura
- 11.- Revestimiento de material absorbente Ilitec expandido semirígido de 2 cm de espesor desde 1 metro de altura hasta el techo
- 12.- Perfilera metálica de 48 mm.
- 13.-Tarima Flotante Laminada de Madera
- 14.- Lámina de polietileno reticulada de 5 mm.

TITULO DEL PROYECTO:
Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música

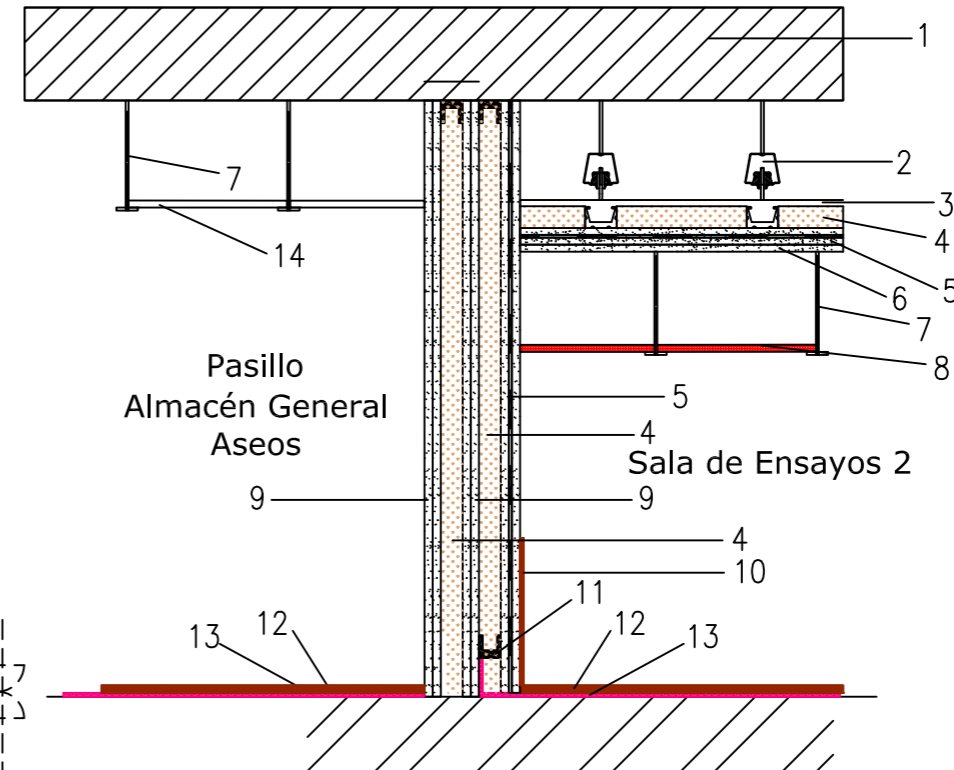
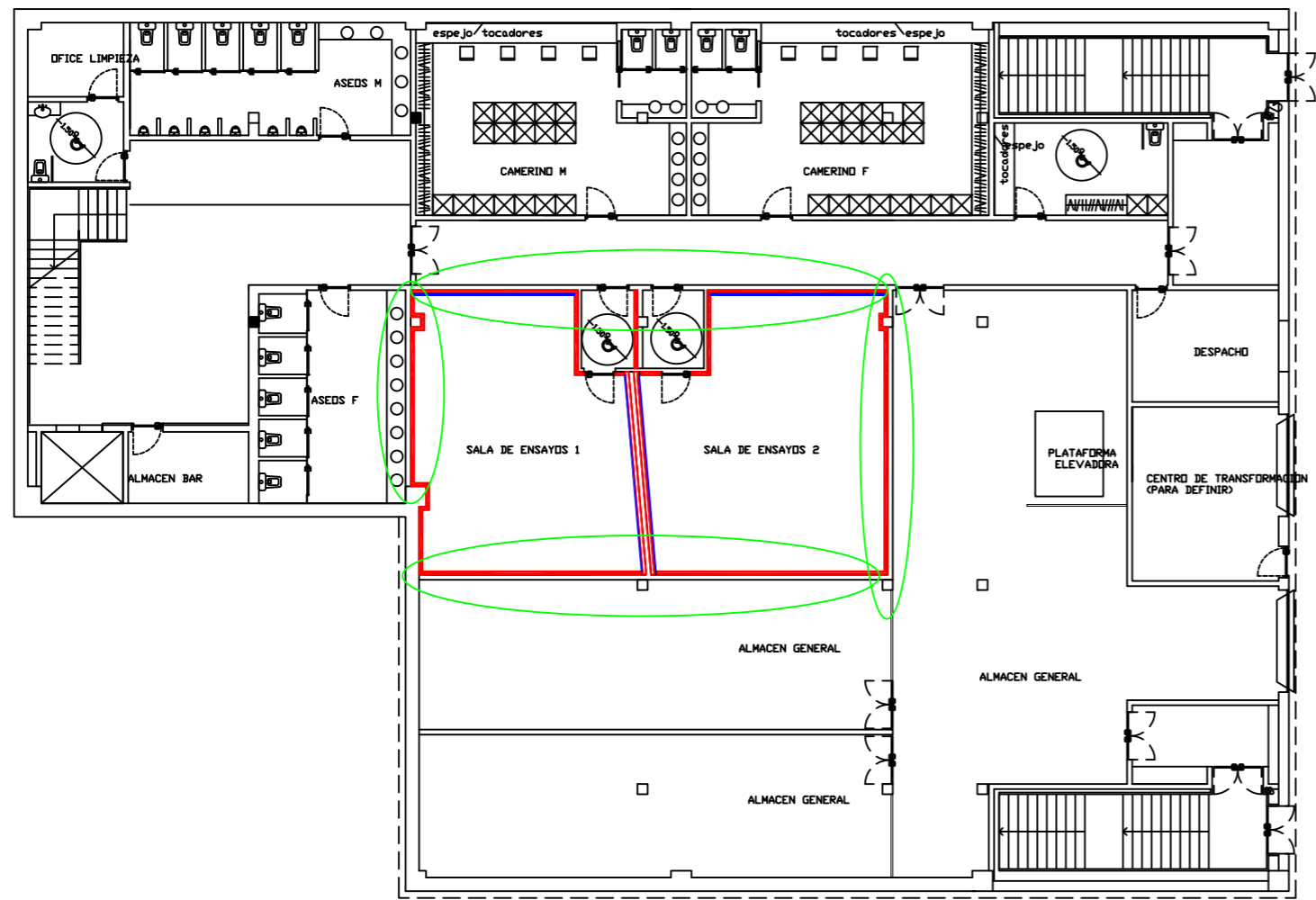
FECHA:
 Nov-10

ESCALA:
 1/100

DENOMINACION DEL PLANO:
DETALLES DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS II

Plano Nº:
07

Edición:
0



- 1.- Forjado existente
- 2.- Elementos antivibratorios de caucho (silentblocks)
- 3.- Perfilera galvanizada de tipo "H"
- 4.- Lana de roca de 4 cm. y 70 Kg/m³ densidad
- 5.- Doble placa de yeso laminado una de 15 mm. y una de 13 mm. que lleva intercalada una lámina lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m²
- 6.- Placa de yeso laminado de 15 mm.
- 7.- Perfilera galvanizada
- 8.- Techo registrable acústico de placas absorbentes de yeso laminado con perforaciones Pladur Fon R6/18
- 9.- Doble placa de yeso laminado de 13 mm. cada una
- 10.- Revestimiento de madera barnizada desde el suelo hasta 1 metro de altura
- 11.- Perfilera metálica de 48 mm.
- 12.- Tarima Flotante Laminada de Madera
- 13.- Lámina de polietileno reticulada de 5 mm.
- 14.- Techo desmontable

TITULO DEL PROYECTO: Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio para Actuaciones en Directo de Bandas de Música		FECHA: Nov-10
DENOMINACION DEL PLANO: DETALLES DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS III		ESCALA: 1/100
Plano Nº: 08		Edición: 0

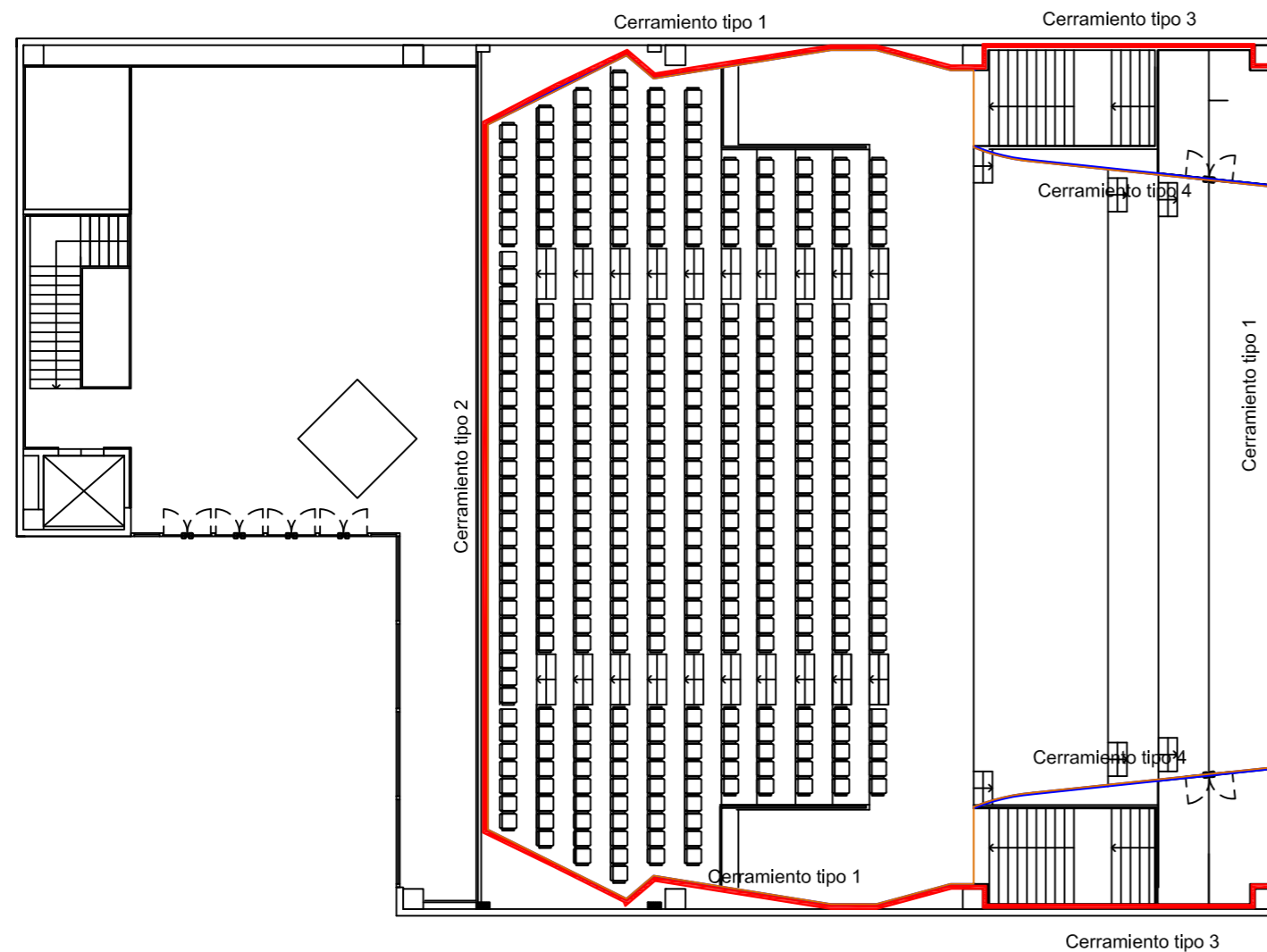
CERRAMIENTO TIPO 1.- Sobre el tabique existente de bloque de hormigón de 20 cm se fijará una perfilería metálica de 48 mm con lana de roca de 40 mm de espesor y 70 kg/m³ de densidad en su interior, a la que se le atornillará a la perfilería dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, con una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m². El conjunto anterior se revestirá con madera barnizada.

CERRAMIENTO TIPO 2.- Sobre el tabique existente de bloque de hormigón de 20 cm se fijará una perfilería metálica de 48 mm con lana de roca de 40 mm de espesor y 70 kg/m³ de densidad en su interior, a la que se le atornillará a la perfilería dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, con una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m². El conjunto anterior se revestirá con láminas de madera barnizada perforadas absorbentes.

CERRAMIENTO TIPO 3.- Sobre el tabique existente de bloque de hormigón de 20 cm se fijará una perfilería metálica de 48 mm con lana de roca de 40 mm de espesor y 70 kg/m³ de densidad en su interior, a la que se le atornillará a la perfilería dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, con una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m².

CERRAMIENTO TIPO 4.- Tabique de madera barnizada con 8 difusores RPG difractal 1200x600x230 mm.

TECHO DE LA SALA DE MÚSICA.- Primer techo: Sistema de perfilería galvanizada en H de 1 mm de espesor anclada al techo mediante varillas provistas de elementos antivibratorios de caucho (silentblocks), dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, que llevan intercalada una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m² atornilladas al sistema de perfilería galvanizada, lana de roca de 40 mm y 70 Kg/m³ de densidad dejada caer por la parte superior al sistema de dos placas de yeso laminado. **Segundo techo:** El segundo techo será de madera barnizada de forma curvilínea (a modo de efecto concha)



TITULO DEL PROYECTO:
Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio
para Actuaciones en Directo de Bandas de Música

FECHA:
Nov-10

ESCALA:
1/100

DENOMINACION DEL PLANO:
RESUMEN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS
DE LA SALA DE MÚSICA

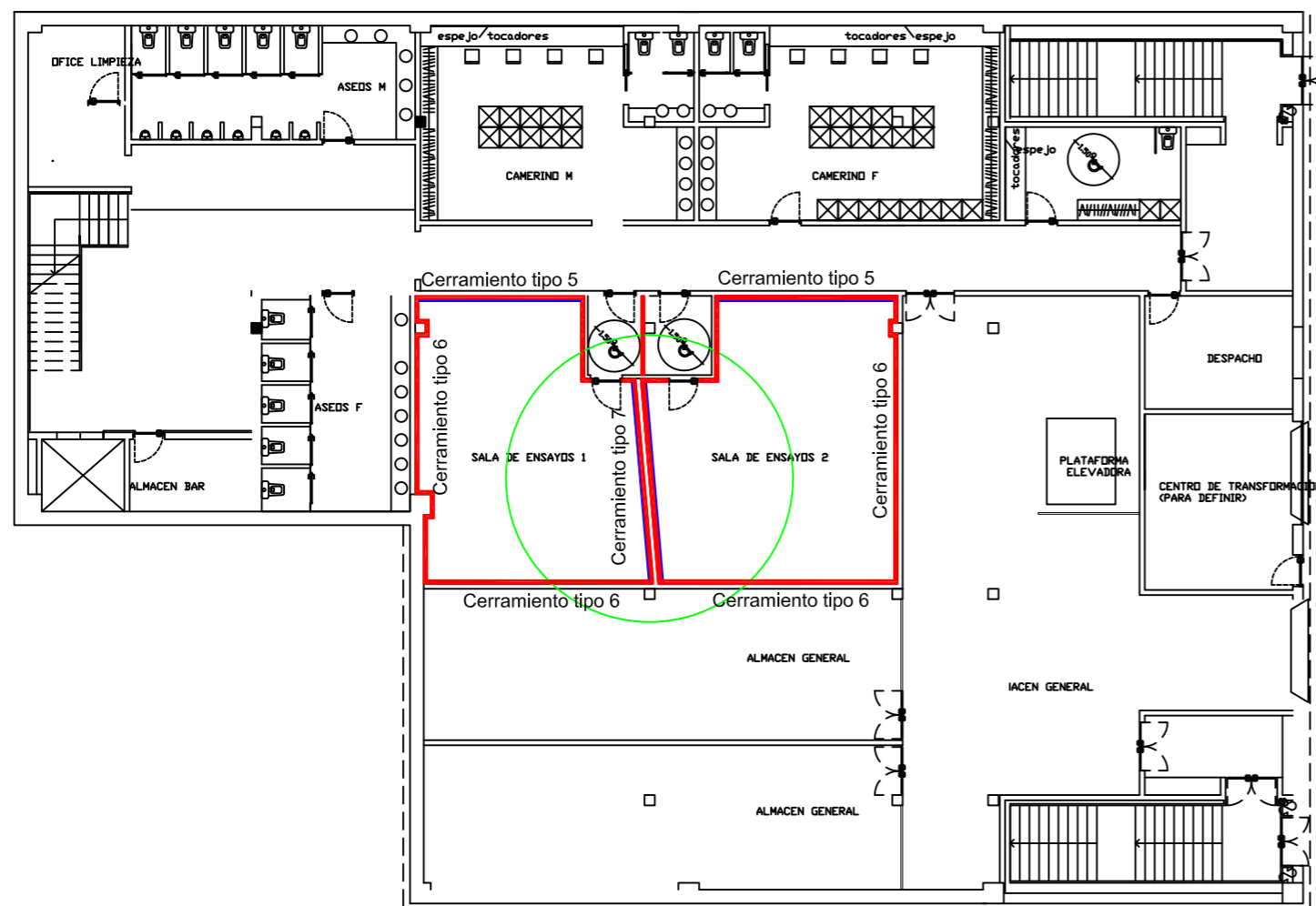
Plano N°:
09
Edición:
0

CERRAMIENTO TIPO 5.- Sobre el tabique existente formado por doble placa de yeso laminado de 13 mm, lana de roca de 4cm de espesor y una densidad de 70 kg/m³, y doble placa de yeso laminado de 13 mm, se fijará la perfilería metálica de 48 mm. Entre la perfilería y el cerramiento existente se ha de colocar una banda elástica con el fin de desolidarizar ambos elementos constructivos. Dentro de la perfilería se extenderá lana de roca de 40 mm de espesor y 70 kg/m³ de densidad. Se atornillará a la perfilería dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, con una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m² atornilladas al sistema de perfilería galvanizada. Se revestirá con paneles de madera barnizada desde el suelo hasta un metro de altura, y desde 1 metro de altura hasta el techo se revestirá con la instalación de un material absorbente Ilitec expandido semirígido de 2 cm de espesor.

CERRAMIENTO TIPO 6.- Sobre el tabique existente formado por doble placa de yeso laminado de 13 mm, lana de roca de 4cm de espesor y una densidad de 70 kg/m³, y doble placa de yeso laminado de 13 mm, se fijará la perfilería metálica de 48 mm. Entre la perfilería y el cerramiento existente se ha de colocar una banda elástica con el fin de desolidarizar ambos elementos constructivos. Dentro de la perfilería se extenderá lana de roca de 40 mm de espesor y 70 kg/m³ de densidad. Se atornillará a la perfilería dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, con una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m² atornilladas al sistema de perfilería galvanizada. Se revestirá con paneles de madera barnizada desde el suelo hasta un metro de altura

CERRAMIENTO TIPO 7.- Sobre el tabique existente formado por doble placa de yeso laminado de 13 mm, lana de roca de 4cm de espesor y una densidad de 70 kg/m³, y doble placa de yeso laminado de 13 mm, se fijará la perfilería metálica de 48 mm. por AMBAS CARAS. Entre la perfilería y el cerramiento existente se ha de colocar una banda elástica con el fin de desolidarizar ambos elementos constructivos. Dentro de la perfilería se extenderá lana de roca de 40 mm de espesor y 70 kg/m³ de densidad. Se atornillará a la perfilería dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, con una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5 kg/m² atornilladas al sistema de perfilería galvanizada por AMBAS CARAS. e revestirá con paneles de madera barnizada desde el suelo hasta un metro de altura, y desde 1 metro de altura hasta el techo se revestirá con la instalación de un material absorbente Ilitec expandido semirígido de 2 cm de espesor.

TECHO DE LA SALA DE ENSAYOS.- Primer techo: Sistema de perfilería galvanizada en H de 1 mm de espesor anclada al techo mediante varillas provistas de elementos antivibratorios de caucho (silentblocks), dos placas de yeso laminado, una de 13 mm y otra de 15 mm, que llevan intercalada una lámina viscoelástica de alta densidad autoadhesiva de 6.5



TITULO DEL PROYECTO:
**Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un Auditorio
 para Actuaciones en Directo de Bandas de Música**

FECHA:
 Nov-10

ESCALA:
 1/100

DENOMINACION DEL PLANO:
**RESUMEN DE LAS SOLUCIONES ACÚSTICAS
 DE LAS SALAS DE ENSAYO**

Plano Nº:

10

Edición:

0