



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

PROYECTO FINAL DE  
GRADO  
ARQUITECTURA TÉCNICA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

# ESTUDIO ACÚSTICO DEL CONSERVATORIO DE PILES.



## TALLER 24. INSTRUMENTACIÓN.

DIRIGIDO POR:  
Vicente Gómez

ALUMNO:  
Sara Villa Morant.



# INDICE.

1. INTRODUCCIÓN.	
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	9
2. OBJETIVOS.	
2.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	13
3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.	
3.1. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN DEL EDIFICIO.....	17
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	18
3.3. DESCRIPCIÓN DEL LOCAL.....	18
3.4. ACTUACIONES ANTERIORES.....	19
3.5. MATERIALES.....	22
4. INSTRUMENTACIÓN.	
4.1. INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA MEDIR LA ABSORCIÓN.....	27
4.2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA MEDIR EL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.....	29
5. CONCEPTOS BÁSICOS DE ACÚSTICA PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO.	
5.1. DEFINICIONES Y FÓRMULAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO.....	35
6. ZONIFICACIÓN Y EXIGENCIAS.	
6.1. INTRODUCCIÓN.....	41
6.2. OBJETIVOS.....	41
6.3. DATOS PREVIOS.....	41
6.3.1. Determinación del $L_d$ .....	41
6.4. ZONIFICACIÓN Y EXIGENCIAS.....	42
6.4.1. Zonificación.....	43
6.4.2. Planos de zonificación.....	44
6.4.3. Exigencias.....	45
7. ESTUDIO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO.	
7.1. MEDICIÓN “IN SITU” DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO.....	49
7.1.1. Objetivos.....	49
7.1.2. Normativa de aplicación.....	49
7.1.3. Instrumentos utilizados para la prueba.....	49
7.2. ANÁLISIS DE LAS PARTICIONES DE LA SALA PRINCIPAL.....	50
7.2.1. Objetivos de la prueba.....	50

7.2.2. Descripción de la prueba. ....	50
7.2.3. Análisis de la partición de la sala principal. ....	51
7.2.3.1. Medición de L1, L2 y B2. ....	51
7.2.3.2. Datos obtenidos. ....	54
7.2.3.3. Conclusiones. ....	56
7.2.4. Análisis de la puerta del aula principal. ....	58
7.2.4.1. Medición de L1, L2 y B2. ....	58
7.2.4.2. Datos obtenidos. ....	59
7.3. ANÁLISIS DE LAS PARTICIONES DE LAS AULAS DE ENSAYO. ....	61
7.3.1. Objetivos de la prueba. ....	61
7.3.2. Descripción del ensayo. ....	62
7.3.3. Análisis de las particiones del aula 1.....	62
7.3.3.1. PARTICIÓN 1. ....	63
7.3.3.1.1. Medición de L1, L2 y B2. ....	63
7.3.3.1.2. Datos obtenidos. ....	64
7.3.3.2. PARTICIÓN 2. ....	66
7.3.3.2.1. Medición de L1, L2 y B2. ....	67
7.3.3.2.2. Datos obtenidos. ....	67
7.3.3.3. PARTICIÓN 3. ....	69
7.3.3.3.1. Medición de L1, L2 y B2. ....	70
7.3.3.3.2. Datos obtenidos. ....	71
7.3.4. Análisis de las particiones del aula 2. ....	73
7.3.4.1. PARTICIÓN 4. ....	73
7.3.4.1.1. Medición de L1, L2 y B2. ....	74
7.3.4.1.2. Datos obtenidos. ....	75
7.3.5. Análisis del forjado que separa la cafetería de la sala principal.....	76
7.3.5.1. Medición de L1, L2 y B2. ....	77
7.3.5.2. Datos obtenidos. ....	78
8. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.	
8.1. OBJETIVOS DE LA PRUEBA. ....	83
8.2. MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO. ....	83
8.3. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DE LA SALA PRINCIPAL.....	83
8.3.1. Descripción de la prueba. ....	83
8.3.2. Estudio de la zona destinada a espectadores. ....	85
8.3.2.1. Datos obtenidos. ....	86
8.3.2.2. Conclusiones. ....	88
8.3.3. Estudio de la zona destinada a los músicos. ....	89
8.3.3.1. Datos obtenidos. ....	90
8.3.3.2. Conclusiones. ....	91
8.4. ANÁLISIS DE PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA SALA PRINCIPAL.....	92

8.4.1. Claridad C80. ....	92
8.4.2. Claridad C50. ....	93
8.4.3. EDT. ....	94
8.4.4. STI (Speech Transmission Index) o RASTI (Rapid STI). ....	95
8.4.5. Intimidad. ....	98
8.5. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DEL VESTÍBULO.....	99
8.5.1. Datos obtenidos. ....	100
8.5.2. Conclusiones. ....	101
8.6. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DEL AULA 1.....	101
8.6.1. Datos obtenidos. ....	102
8.6.2. Conclusiones. ....	103
8.7. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DEL AULA 2. ....	104
8.7.1. Datos obtenidos. ....	105
8.7.2. Conclusiones. ....	106
<b>9. PROPUESTA DE ACTUACIÓN PARA LAS AULAS DE ENSAYO Y VESTÍBULO.</b>	
9.1. INTERVENCIÓN PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LAS AULAS. ....	109
9.1.1. Intervención en la Partición 1. ....	109
9.1.2. Intervención en la Partición 2. ....	114
9.1.3. Intervención en la Partición 4. ....	119
9.2. PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN LAS AULAS Y EN EL VESTÍBULO. ....	121
9.2.1. Intervención en el Aula 1. ....	121
9.2.2. Intervención en el Aula 2. ....	121
9.2.3. Intervención en el vestíbulo. ....	125
<b>10. PROPUESTA DE ACTUACIÓN PARA EL AULA PRINCIPAL.</b>	
10.1. INTERVENCIÓN PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA PRINCIPAL. ....	129
10.2. INTERVENCIÓN PARA LA MEJORA DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DE LA SALA PRINCIPAL. ....	130
<b>11. ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE ACTUACIÓN.</b>	
<b>12. SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE.</b>	
12.1. SIMULACIÓN DE LA SALA PRINCIPAL EN SU ESTADO INICIAL. ....	141
12.1.1. Datos obtenidos. ....	142
12.1.2. Conclusiones. ....	144
12.2. SIMULACIÓN DE LA SALA PRINCIPAL ACONDICIONADA. ....	145
12.2.1. Datos obtenidos. ....	146

12.2.2. Conclusiones. ....	149
13. CONCLUSIÓN PFG. ....	153
14. BIBLIOGRAFÍA. ....	156
15.ANEXO. ....	160
15.1. Catálogo de materiales.	
15.2. Renders.	
15.3. Tablas de datos.	

# 1. INTRODUCCIÓN.



### 1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

El motivo principal por el cual he escogido este taller es por la importancia que está adquiriendo el acondicionamiento acústico en los locales, adaptándolos cada vez más según sus necesidades y prestaciones para una mejora en la calidad de vida de las personas.

Con la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación el 29 de marzo del 2006 y con ella la nueva norma de aplicación de “Protección frente el ruido” provoca la necesidad de limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias que el ruido proveniente de otro recinto pueda producir a los usuarios, y para ello la norma establece unos criterios básicos que los edificios de nueva construcción deberán cumplir. De la misma forma en que le da importancia a limitar el ruido proveniente del exterior a nuestro recinto de estudio, y dependiendo del uso al que se va a destinar éste, también se tendrá en cuenta que el recinto de estudio no transmita al exterior o a edificios colindantes unos niveles de ruido superiores a los exigidos.

Como decía este campo va cobrando más importancia con la actual entrada del Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, el cual obliga a la realización de Certificados de Eficiencia Energética a los edificios en venta o ya existentes cuya finalidad es la información a los propietarios o arrendatarios del edificio de valores de referencia y calidad para evaluar la eficiencia energética de dicho edificio. Estos certificados analizarán tanto las condiciones de aislamiento térmico y acústico, entre otras, por ello destaco la importancia que se le está dando en la actualidad así como intentar disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Dirigiéndome a mi caso en concreto, se trata de un edificio multiusos, del cual hablaré en los siguientes apartados. Cabe destacar que se realizará un estudio general del edificio pero se pondrá mayor atención a una sala situada en el sótano del edificio destinada a actuaciones de bandas de música y música de cámara generalmente, aunque en ocasiones se utiliza para otros usos.

Uno de los motivos por el cual he elegido este edificio es porque se trata de una edificación vieja, no sujeta a la normativa vigente (Código Técnico de la Edificación) y por tanto no cumplirá con dichas exigencias, pero encuentro interesante estudiarlo e intentar mejorar la calidad de la sala e intentar y adaptarlo a las necesidades y peticiones de los músicos.



## 2. OBJETIVOS.



## 2. OBJETIVOS.

El objetivo de este proyecto es realizar un estudio acústico de los recintos del edificio “La casa de la Cultura” de manera global, así como de forma pormenorizada en los lugares que se requiera, como es la sala principal de música.

Así los objetivos de este proyecto son los siguientes:

- Análisis del proyecto identificando las generalidades y particularidades relacionadas con la acústica del edificio.
- Realizar mediciones para determinar el aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y entre recintos. Para ello se utilizarán instrumentos especiales destinados a los estudios acústicos. Con estos aparatos obtendremos valores de aislamiento y tiempos de reverberación necesarios para realizar los cálculos.
- El edificio “La Casa de la Cultura” al tratarse de una construcción antigua no tiene las consideraciones del Código Técnico referente a protección frente el ruido. Por tanto, se estudiarán aquellos elementos que no cumplan con la normativa HR, y se propondrán soluciones para alcanzar los valores exigidos por la normativa.
- Se realizará el estudio del acondicionamiento acústico de la sala principal, entendiéndose como acondicionamiento acústico la definición de formas y revestimientos de las superficies interiores del recinto a tratar, con la finalidad de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas para el tipo de actividad destinada.



## 3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.



### 3.1. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN DEL EDIFICIO.

La edificación a analizar se trata de un edificio multiusos situado en un pueblo pequeño perteneciente a la Comunidad Valenciana denominado Piles, de aproximadamente 2.900 habitantes. Se trata de un edificio con planta sótano, planta baja y dos alturas en el que se realizan distintos tipos de actividades de las que posteriormente mencionaré. El edificio es denominado por los habitantes del pueblo “Casa de la Cultura” y se edificó hace aproximadamente unos 30 años, con lo que corresponde al período de 1983, y se construyó con motivo de la ampliación del pueblo y de la necesidad de crear un espacio en el cual poder reunir a la gente para realizar festejos, teatros y conciertos de música.

Dicho edificio está situado en el interior del pueblo, en la calle Moreres. En la *figura 1* se muestra una pequeña vista general.

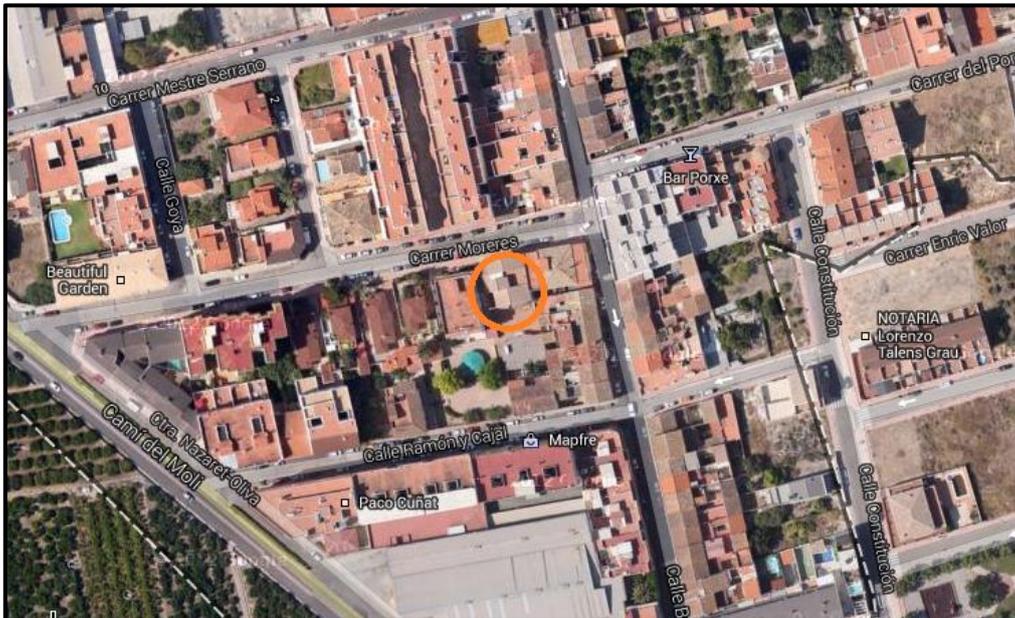


Figura 1. Plano emplazamiento.



Figura 2. Parte delantera.



Figura 3. Parte posterior.

Como se puede comprobar en las *figuras 2 y 3*, el edificio es colindante a otro ubicado en su parte izquierda. En la delantera se sitúa la calle Moreres, que aunque tiene dos vías de circulación, el tráfico no es denso. En el lateral derecho hay una especie de porche que ocupa toda la altura de la planta baja y tiene una altura menos que la total del edificio. Dicho espacio comunica con la calle y la parte trasera del edificio (*figura 3*), lo que se comprueba que el edificio está exento en todas sus caras excepto en el lateral izquierdo.

Como inconveniente debido al ruido externo, solo consideraríamos el de tráfico de la carretera, ya que en sus proximidades no hay ningún edificio el cual nos podría influir en nuestro edificio.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.

Como ya he mencionado anteriormente, el edificio a tratar tendría la función de multiusos. A continuación se indica el tipo de actividad y uso al que está destinada cada planta:

PLANTA SÓTANO: Sala principal para actuaciones de música y dos aulas de ensayo.

PLANTA BAJA: Cafetería.

PLANTA PRIMERA Y SEGUNDA: Oficinas.

La parte en la que voy a centrarme en este proyecto es en la planta sótano, en la cual diferenciamos tres espacios a tratar:

- La **sala principal**, con una superficie de 247,11 m<sup>2</sup>, destinada especialmente a actuaciones de bandas de música y música de cámara, en la que intervienen un reducido grupo de instrumentos.

Por otra parte, esta sala también está destinada a realizar pequeñas obras de teatro, monólogos, reuniones de entregas de premios, cine, etc.

Es bastante común que en los pueblos con escasa población se realice este tipo de salas tanto para la música como la palabra, y así evitar la solución de realizar dos salas para distintos usos. Por tanto, en el acondicionamiento de esta sala tendrá que considerarse estos dos tipos de uso.

- Las **aulas de ensayo**, de 28,31 y 23,41 m<sup>2</sup>, las cuales están separadas de la sala principal mediante un amplio vestíbulo. Están destinadas a la enseñanza de música.

### 3.3. DESCRIPCIÓN DEL LOCAL.

La sala de música a tratar es de planta simple rectangular y compuesta por un amplio escenario en el cual se sitúan los músicos para sus actuaciones y un espacio para la audiencia con capacidad aproximadamente para 200 personas. Ya que es de múltiples usos decidieron poner las butacas removibles para poder desplazarlas en cualquier momento dependiendo de su uso.

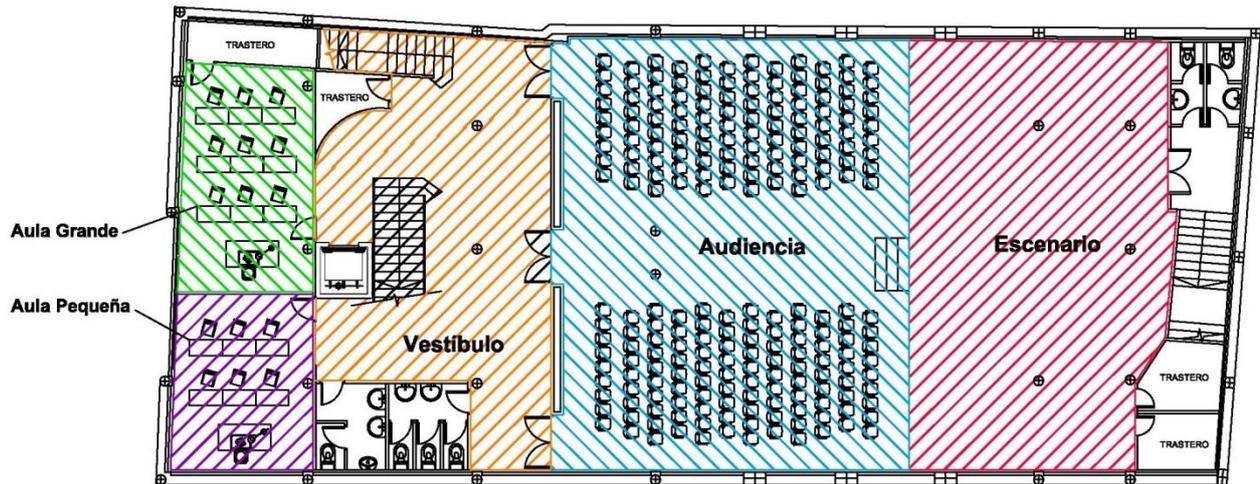


Figura 4. Planta general de la Planta Sótano.

Como se observa en la *figura 4*, tras el escenario se ubica una salida por la cual se va a por la escalera de la derecha. Se encuentran los trasteros para guardar instrumentos y zona de aseo para los músicos. Todo ello se mantiene oculto en las actuaciones mediante un telón.

En la parte trasera a la audiencia se encuentra el vestíbulo para acceder a dicha sala y a las aulas de ensayo. En el vestíbulo también se ubican aseos y dos salidas: una al exterior y otra a la Planta Baja.

### 3.4. ACTUACIONES ANTERIORES.

Hace 8 años se hicieron unas reformas en el edificio de estudio centradas en aplicar un itinerario accesible mediante rampas para cubrir el desnivel del acceso al edificio y ascensor comunicado a todos los pisos, y un acondicionamiento acústico en la sala de música.



Figura 5. Rampa de acceso.



Figura 6. Ascensor.

En cuanto a la sala de música, se hizo un proyecto de reforma para el acondicionamiento acústico de la sala que consistía en un cambio de materiales para conseguir bajar el tiempo de reverberación de la sala, ya que tiene un volumen considerable y está situada en el sótano, es comprensible que su tiempo de reverberación sea elevado. Se entendió que tanto para la palabra como para la música de banda debían disminuir el tiempo de reverberación alrededor de 1 s., ya que para las bandas de música debe de ser bajo si consideramos que donde se toca habitualmente es al aire libre, y no hay reverberación.

De esta forma se hizo la siguiente intervención:

- Colocación de material absorbente en el techo, colocado mediante guías metálicas cogidos al forjado y dejando una cámara de aire para el paso de instalaciones. Creando así un falso techo de placas registrables fonoabsorbentes, que se colocó de forma uniforme tanto en la zona de audiencia como en el escenario.
- Colocación de material absorbente en el fondo, en la parte opuesta al escenario, mediante el acople de unas placas de yeso perforadas sobre la partición antigua.
- Colocación de un telón en el fondo del escenario para ocultar el material y tener mejor presencia, lo cual es pésimo para las actuaciones de música.
- Colocación de placas de escayola de formas onduladas en los laterales de la sala para favorecer las reflexiones.
- Colocación de puertas acústicas para absorber el sonido y que no se transmita al vestíbulo.

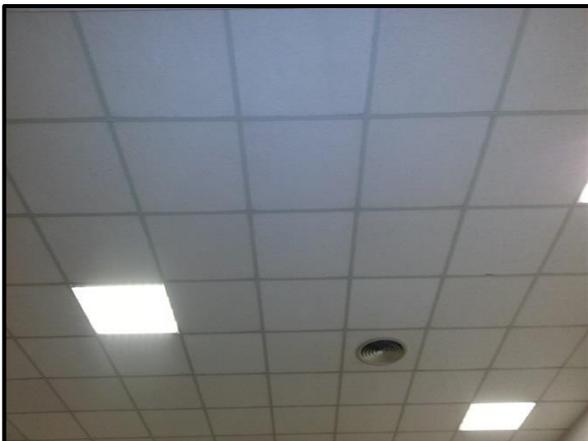


Figura 7. Falso techo absorbente.

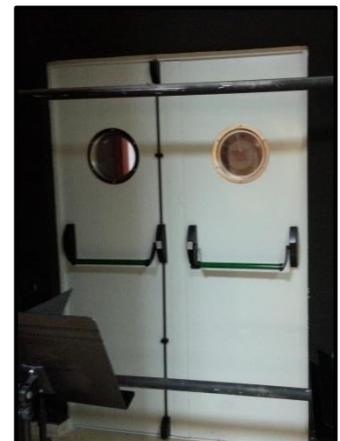


Figura 8. Puerta acústica.



Figura 9. Telón.



Figura 10. Placas de yeso perforadas en fondo.

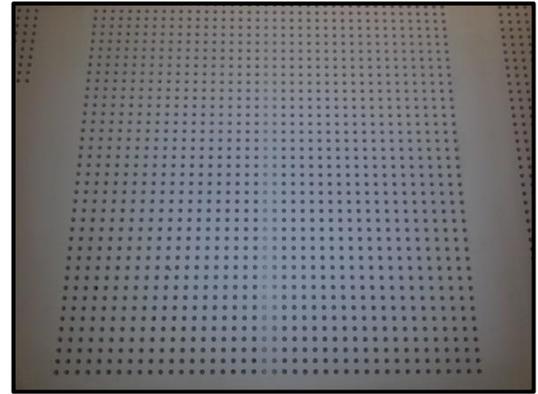


Figura 11. Placa de yeso perforada.



Figura 12. Placas escayola forma ondulada.



Figura 13. Placas escayola forma ondulada.

En las actuaciones previas a la iniciación del proyecto, en la fase de identificación del edificio, fui con la intención de hablar con los músicos ya que son los principales usuarios de dicha sala y saber su opinión al respecto. La conclusión que saqué después de la charla, es que los espectadores al igual que los músicos, se lamentan de la cantidad de material absorbente que hay en la sala y que limita la transmisión de la música a los espectadores e incluso la transmisión de primeras reflexiones a los mismos músicos.

Aunque está claro que para actuaciones de bandas de música no necesitan que haya mucha reverberación, por el hecho de que habitualmente tocan al aire libre, se comprueba que en dicha reforma pusieron demasiado aislamiento, como el absorbente del techo y el telón en la zona del escenario. Por ello uno de los objetivos de este proyecto será mejorar dichas condiciones y acondicionar la sala de forma que favorezca al público y los músicos.

### 3.5. MATERIALES.

A continuación se procederá a identificar los materiales que conforman los distintos elementos del edificio:

#### a) Estructura.

La estructura está realizada con hormigón armado, tanto pilares, vigas y zunchos. Los forjados son unidireccionales y formados por sistemas parcialmente prefabricados, es decir, con elementos prefabricados tales como: bovedillas de hormigón como elementos aligerantes y viguetas semirresistentes.

Para el sótano se ha realizado mediante un muro perimetral de hormigón armado para la contención de las tierras.

#### b) Cubierta.

La cubierta es inclinada realizada sobre forjado de hormigón armado plano. La pendiente se consigue mediante la técnica tradicional formada por tabiquillos conejeros. Este sistema es muy utilizado en zonas calurosas ya que consiste en crear una cámara de aire ventilada la cual acumula gran cantidad de calor, aumentando éste su volumen y saliendo por las ventilaciones, de forma que el calor no se transmite en el hábitat.

Apoyado sobre el forjado está colocado el aislamiento térmico entre tabiquillos, situando sobre ellos los bardos creando una superficie uniforme y finalmente acabada la cubierta con tejas.

#### c) Cerramientos.

El cerramiento, como se puede comprobar en las fotografías, es caravista y está realizado mediante ladrillos perforados de 24x11.5x5 cm recibidos con mortero de cemento M-40a (1:6) que deja una superficie vista y forma la hoja exterior del cerramiento, mientras que su parte interior está enfoscada con mortero hidrófugo. Posteriormente a una pequeña cámara de aire y aislamiento térmico-acústico, está situada la hoja interior realizada con ladrillo hueco de 7 cm de espesor (24x11.5x7 cm) y enlucida de yeso por su parte interior.

#### d) Particiones.

La partición que delimita el vestíbulo con la sala principal está realizada a partir de dos hojas de ladrillo hueco de 7 cm de espesor, cuyo interior hay una cámara donde se alojará el aislamiento térmico de aproximadamente 5 cm de espesor. Revestimiento exterior por las dos caras.

La partición que delimita la cafetería del vestíbulo está resuelta a partir de una hoja de ladrillo hueco de 9 cm de espesor revestido en las dos caras.

Las medianeras se resuelven mediante cítara de  $\frac{1}{2}$  pie de espesor realizada con ladrillos cerámicos perforados de 24x11.5x9 cm.

El resto de particiones están formadas a partir de una hoja de ladrillo hueco de 7 cm de espesor para separar los distintos recintos, revestida a dos caras.

**e) Revestimientos y solados.**

Para zonas húmedas como la cocina de la cafetería y los baños, se reviste verticalmente mediante alicatado con azulejos cerámicos tomados con cemento cola y llana de dientes, previo maestreado de la superficie. El pavimento está acabado con baldosa de gres de 20x20 cm, de colores suaves, tomado con mortero cola convencional.

Los demás paramentos verticales están enlucidos con pasta de yeso, previo guarnecido y maestreado de la superficie. Cabe destacar que en la superficie interior de la sala principal del paramento que divide ésta del vestíbulo, se coloca encima del antiguo revestimiento una placa de yeso perforada de aproximadamente 13 cm de espesor.

Los revestimientos de techo en los que no haya paso de instalaciones como en las aulas de ensayo, estarán únicamente enlucidos de yeso. Mientras que el vestíbulo y la sala principal se coloca un falso techo registrable con elementos fono-absorbentes.

Los pavimentos en cuartos húmedos se realizarán con gres de 30x30 cm, colores suaves, tomado con mortero cola y rejuntado de lechada de cemento.

El pavimento del resto del edificio está realizado con baldosas de terrazo de 40x40, colocado sobre una capa de arena de 2 cm de espesor, tomando las piezas con mortero de cemento M-40 a (1:6), incluso rejuntado con lechada de cemento coloreada de la tonalidad de las baldosas. El revestimiento de la escalera está resuelto mediante peldaño de mármol crema tomados con mortero de cemento.

**f) Carpintería.**

Carpintería exterior de aluminio para ventanas y puertas. Mientras que la carpintería interior para el caso de puertas, es realizada con madera de haya y hoja de aglomerado macizo, canteada en su perímetro y tapajuntas.

Hay que destacar que las puertas que separan la sala principal con el vestíbulo y la salida posterior son puertas acústicas, especiales para este fin ya que contienen aislamiento acústico en su interior.



## 4. INSTRUMENTACIÓN.



Esta es una parte relevante a la hora de la realización del proyecto, ya que con estos instrumentos de alta delicadeza se consiguen saber los datos relevantes a aislamientos y tiempos de reverberación utilizados en la elaboración del proyecto. Por tanto constituyen una parte importante de éste ya que nos permiten realizar mediciones en campo real. A continuación se nombrarán aquellos aparatos utilizados en las mediciones y se especificarán tanto sus funciones como sus características.

#### 4.1. INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN DE LA ABSORCIÓN.

##### a) Sonómetro integrador B&K 2238 Mediator, con filtros de octava y 1/3 de octava.

Este es un sonómetro integrador de alta calidad, de Clase 1, lo cual nos dice que tiene una fiabilidad muy alta en cuanto a resultados, ya que éstos pueden variar entre  $\pm 0,1$  dB. Tiene capacidad para almacenar hasta 500 archivos de mediciones que pueden transferirse luego a un ordenador.

A continuación se detallarán sus características de funcionamiento:

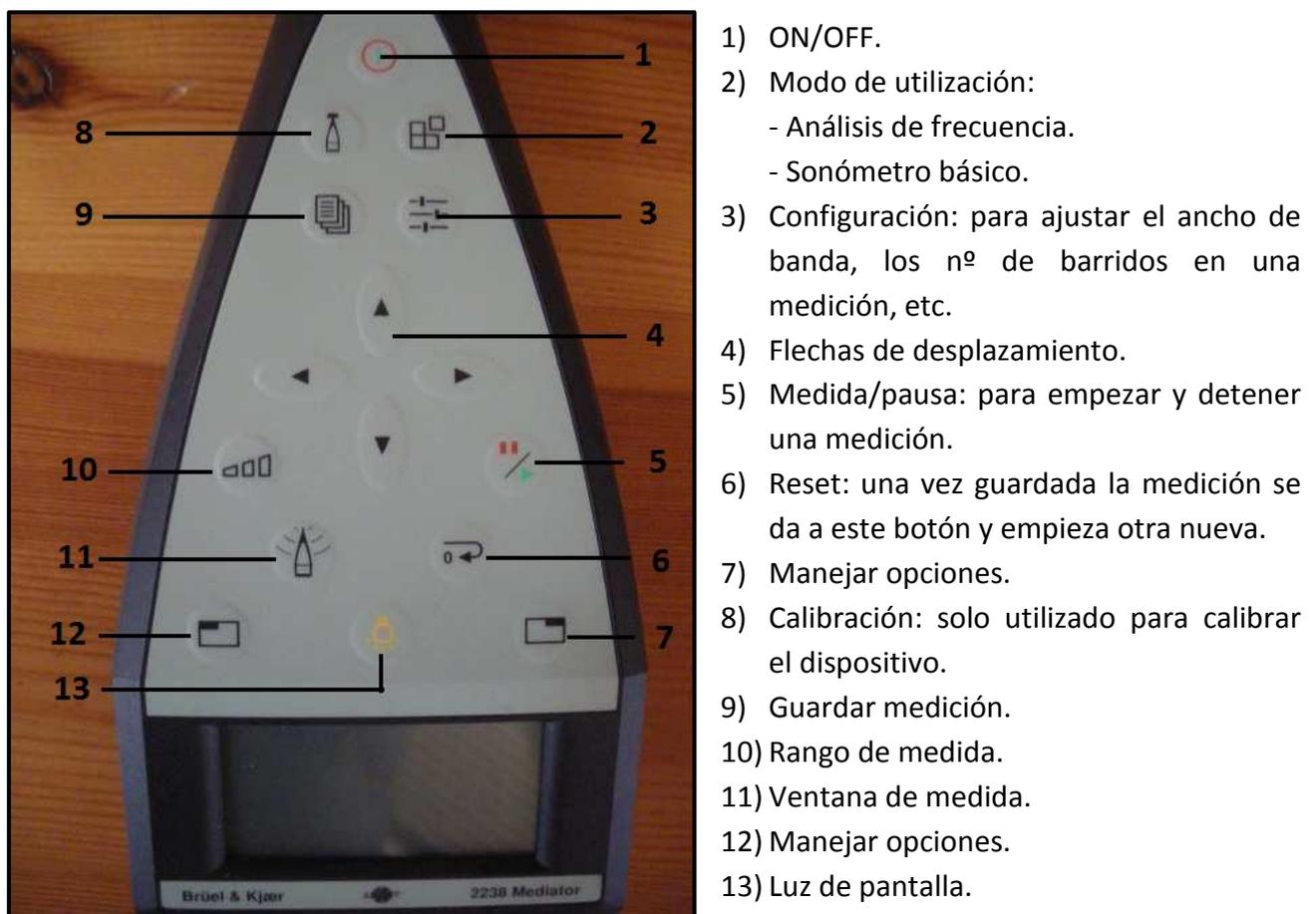
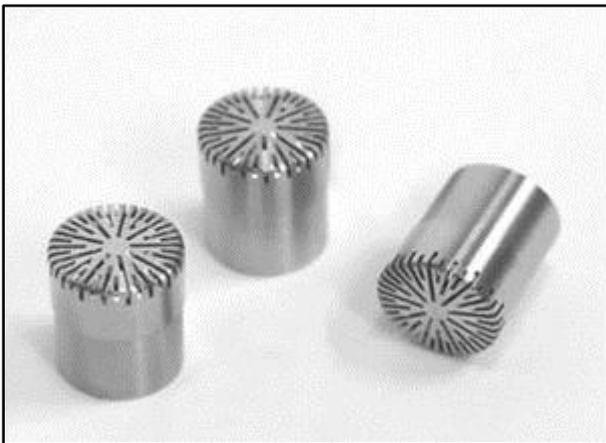


Figura 1. Sonómetro integrador.

Este sonómetro cuenta con dos modos de utilización: sonómetro básico y análisis de frecuencias. El rango de medida se utiliza al principio de la medición, para evitar que el punto más cercano a la fuente sature, y de esta forma se fijan los valores para dejar una holgura.

Dispone de un micrófono de medida en la parte superior. También puede disponer de un filtro para corregir el efecto del viento mediante una pantalla antiviento, que en nuestro caso como se ha medido en recintos interiores no se ha necesitado.



*Figura 2. Micrófonos electrostáticos.*



*Figura 3. Pantalla antiviento.*

Este micrófono se coloca en la parte superior del sonómetro y es el que recoge las mediciones. Es de alta sensibilidad y utiliza bandas de frecuencias desde los 8 Hz hasta los 16 Hz.

En nuestra medición, el sonómetro se programa para tercios de octava y se fijan dos barridos, de forma que en cada medición realizada “in situ” haga dos mediciones. De esta manera, al pasar las mediciones al ordenador nos da el valor de la media de estas dos mediciones realizadas.

Se irá anotando y acotando las posiciones de las mediciones, y los sucesos ocurridos que puedan dar lugar a una mala medición para después tenerla en cuenta en los cálculos.

#### **b) Amplificador de sonido “Sound Source Type 4224” de B&K.**

Este aparato es una fuente sonora capaz de producir altos niveles de ruido. Es utilizado para mediciones in situ junto con el sonómetro para medir el aislamiento acústico, aunque posteriormente veamos que también se utiliza como método para medición de la reverberación.

Para la medición del aislamiento, el aparato deberá situarse de tal forma que al sonómetro no le llegue el ruido directo proveniente de la fuente, y se le coloca un difusor en la parte frontal del aparato para crear así un campo difuso en el recinto del ensayo. Utilizamos el modo banda ancha, de tal forma que la fuente produce lo que se conoce como ruido rosa.

### c) Amplificador de sonido “Sound Source Type 4224” de B&K.

A continuación se explica cómo se ha puesto en funcionamiento el amplificador para la medición del aislamiento acústico mediante el sonómetro antes descrito.



Figura 4. Amplificador de sonido.

- 1) Colocación en “mains” para ponerlo en marcha.
- 2) Colocación en modo “Wide band” para que suene el ruido rosa.
- 3) Para escoger el nivel.
- 4) Para dar potencia o bajarla al nivel antes citado en menores rangos.
- 5) ON/OFF.



Figura 5. Amplificador de sonido.

## 4.2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.

### a) Portátil preparado con software “Dirac”.

Se trata de un ordenador portátil con software dedicado al campo de laboratorio de acústica Dirac 3.0 Type 7841 de B&K, el cual funciona enviando una señal acústica al amplificador antes



Figura 6. Portátil con software Dirac.

mencionado, mientras por otro lado, se conecta a él un micrófono de condensador prepolarizado de precisión. De esta forma se van tomando posiciones distintas en la sala, que luego al pasarlas al ordenador nos dan en cada punto un tiempo de reverberación según las frecuencias.

En este ensayo, se calibra el amplificador de modo que, para la posición más cercana a la fuente el micrófono no sature sino que deje una pequeña holgura.

**b) Micrófono de condensador de incidencia aleatoria.**

Como he dicho antes, este micrófono se conecta al ordenador a través de un alargador de 50 metros, y recibe la señal emitida por el amplificador. Una vez recogida la información la envía de vuelta al ordenador para después poder extraer los datos de la misma.

A diferencia del micrófono que se utiliza en el sonómetro, éste tiene mayor libertad de captación de sonidos ya que puede recibirlos en cualquier dirección.



Figura 7. Micrófono de condensador.



F

Figura 8. Ensayo de medición de tiempo de reverberación.

En esta fase se deberá tener especial cuidado en que el micrófono no sature. Como se ve en la *figura 8*, se deberá comprobar primero el punto más cercano a la fuente para evitar que luego pueda saturar, y se regulará a partir del amplificador.

En esta parte de la prueba es necesario la ayuda de una persona, ya que habrá que controlar y guardar las mediciones realizadas y por otra parte cambiar las posiciones del micrófono.

**c) Amplificador de sonido “Sound Source Type 4224” de B&K.**

Como ya he comentado, en este apartado se volverá a utilizar el amplificador de señal, pero esta vez no introduciremos ruido rosa en él, sino que el sonido se lo inducirá el propio ordenador. Por otra parte, no se colocará el difusor en la parte frontal del aparato como se hacía para medir el aislamiento.

El amplificador habrá que programarlo de forma diferente a la anterior, ya que el ruido le viene desde el exterior, por tanto en la *figura 9* se muestra cómo se ha programado:

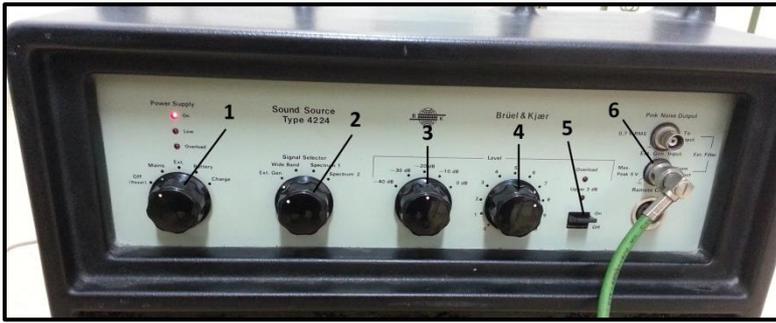


Figura 9. Comandos del amplificador.

- 1) Colocación en “mains” para ponerlo en marcha.
- 2) Colocación en modo “Ext. Gen.”, ya que el sonido no lo va a producir él sino que le llegará del exterior.
- 3) Para escoger el nivel.
- 4) Para dar potencia o bajarla al nivel antes citado en menores rangos.
- 5) ON/OFF.
- 6) Cable que irá desde el amplificador al portátil y por el cual le enviará la señal.



Figura 10. Amplificador.



## **5. CONCEPTOS BÁSICOS DE ACÚSTICA PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO.**



### 5.1. FÓRMULAS Y DEFINICIONES UTILIZADAS EN EL PROYECTO.

- **Aislamiento acústico.**

Se refiere al conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio.

Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio o que salga de él. Por ello, para aislar, se usan tanto materiales absorbentes, como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo, una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y otra se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida.

- **Acondicionamiento acústico.**

El objetivo del acondicionamiento acústico de un local es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo. Con ello se pretende mejorar las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del local.

Un buen acondicionamiento acústico exige que la energía reflejada sea mínima, con lo cual, la calidad de un tratamiento acústico de un local vendrá determinada por la capacidad de absorción de los materiales que recubren sus superficies límites. Son de uso general materiales altamente porosos, de estructura granular o fibrosa.

- **Absorción (Sabine).**

En un recinto cualquiera, la reducción de la energía asociada a las ondas sonoras, tanto en su propagación a través del aire como cuando inciden sobre sus superficies límite, es determinante en la calidad acústica final del mismo, debido a la absorción de los materiales que componen el recinto donde se propague.

- **LD (Campo directo).**

También llamado campo de sonido directo, comprende el sonido procedente directamente de la fuente sin tener en Cuenta ninguno de los que viene reflejado por paredes u objetos, de manera que se asemeja a las condiciones del campo libre o aire libre. Atiende a la fórmula siguiente:

$$LD = Lw - 11 - 20 \log rc$$

- **LR (Campo reverberante).**

También llamado campo reflejado, comprende los sonidos procedentes de la fuente pero que han sido reflejados por paredes u objetos, de manera que se asemeja a las condiciones del campo difuso. Estos sonidos llegan después que los del campo de sonido directo. Atiende a la fórmula siguiente:

$$LR = Lw + 6 - 10 \log A$$

- **Tiempo de reverberación.**

Tiempo necesario para que la presión sonora disminuya a la milésima parte de su valor inicial o, lo que es lo mismo, que el nivel de presión sonora disminuya 60 decibelios por debajo del valor inicial del sonido. Puede calcularse mediante la fórmula:

$$Tr = 0,16V/A$$

Donde V es el volumen de la sala en m<sup>3</sup>, y A es la absorción de la sala en m<sup>2</sup>.

- **BR (Calidez acústica).**

Se dice que una sala tiene calidez acústica (o timbre, según Wilkens) si presenta una buena respuesta a frecuencias bajas. La palabra calidez representa, pues, la riqueza de graves, la suavidad y la melosidad de la música en la sala. Como medida objetiva de la calidez se suele utilizar el parámetro BR ("Bass Ratio").

Se define como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias bajas (125 Hz y 250 Hz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1 kHz).

- **Br (Brillo).**

Se le adjudica el término brillante como indicativo de que el sonido en la sala es claro y rico en armónicos. Por definición, el brillo Br de una sala es la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias altas (2 kHz y 4 kHz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1 kHz). Beranek recomienda que el valor de Br para salas totalmente ocupadas verifique:

$$Br \geq 0,87$$

- **Claridad musical C80.**

La claridad musical C80 indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical. Según Cremer, el C80 se define como la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 80 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los primeros 80 ms, calculada en cada banda de frecuencias entre 125 Hz y 4 kHz. El C80 se expresa en escala logarítmica (dB):

$$C_{80} = \frac{\text{Energía hasta 80 ms}}{\text{Energía a partir de 80 ms}} \quad (\text{en dB})$$

- **Definición D50**

La definición D50 o claridad C50, tiene cierta similitud con la claridad C80, ya que su definición es prácticamente la misma, solo que esta tiene en cuenta la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los primeros 50 ms.

$$C_{50} = \frac{\text{Energía hasta 50 ms}}{\text{Energía a partir de 50 ms}} \quad (\text{en dB})$$

- **Intimidad.**

La intimidad o también llamado tiempo de retardo inicial del sonido es el parámetro que indica si en una sala se tiene sensación de recogimiento a la hora de hablar o de producir algún sonido. Si se produce una diferencia mayor de 20 ms entre el nivel directo y la primera reflexión.

- **Eco.**

El eco es un fenómeno acústico producido cuando una onda se refleja y regresa hacia su emisor. Puede referirse tanto a ondas sonoras como a electromagnéticas.

- **Ruido de fondo. Corrección.**

Se considera ruido de fondo todo aquel ruido que se percibe en una sala cuando en la misma no se realiza ninguna actividad. Dicho ruido puede ser debido al sistema de climatización, a las demás instalaciones eléctricas y/o hidráulicas, e incluso puede provenir del exterior del recinto (por ejemplo, el ruido de tráfico).

- **Índice de reducción sonora.**

Siendo  $D = L1 - L2$ ; donde  $L1$  = Nivel de presión sonora en el local emisor,  $L2$  = Nivel de presión sonora en el local receptor.  $S$  = superficie del paramento separador entre recintos y  $A$  = la absorción del recinto emisor.

$$R = D + 10 \log (S/A)$$

- **Diferencia de niveles entre dos locales.**

Se define como la diferencia de niveles de presión sonora entre el local emisor y el receptor.  $D = L1 - L2$ ; donde:  $L1$  = Nivel de presión sonora en el local emisor,  $L2$  = Nivel de presión sonora en el local receptor.  $A2$  = absorción en el recinto receptor.

$$Dn = D - 10 \log (A2/10)$$

- **Diferencia de niveles estandarizada entre dos locales.**

Se define como la diferencia de niveles de presión sonora entre el local emisor y el receptor a un valor del tiempo de reverberación del local receptor.

$$DnT= D + 10 \log (T2/T0)$$

Donde T es el tiempo de reverberación en el local receptor, T0 es el tiempo de reverberación de referencia (0,5 s).

- **Índice de ruido día, Ld.**

Índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y definido como el nivel sonoro medio a largo plazo, ponderado A, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año. Se expresa en dB(A).

## 6. ZONIFICACIÓN Y EXIGENCIAS.



## 6.1. INTRODUCCIÓN.

Como bien dice el DB, el objetivo del requisito básico “Protección frente al ruido” consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencias de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

## 6.2. OBJETIVOS.

Para dar una adecuada respuesta a la exigencia básica de protección frente al ruido, en la elaboración del DB HR se han perseguido, entre otros, los siguientes objetivos:

- Elevar los niveles de aislamiento acústico reglamentarios en la edificación en respuesta a una demanda social generalizada, adecuándolos a la meda europea.
- Contemplar adecuadamente los mecanismos de transmisión acústica entre recintos, incluida la transmisión de ruido por flancos, superando así las deficiencias de la NBECA en la predicción de la transmisión del ruido entre recintos.
- Limitar el ruido reverberante en aquellas estancias, como aulas y salas de conferencia, donde es necesario conseguir adecuados niveles de inteligibilidad, o comedores y restaurantes, donde debe limitarse convenientemente el ruido de fondo.

La redacción del BD HR se ha coordinado con la redacción de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y con sus desarrollos reglamentarios (véase apartado 1.3.3), en lo referente procedente del exterior y de las instalaciones.

## 6.3. DATOS PREVIOS.

### 6.3.1. Determinación del Ld.

Las exigencias de aislamiento acústico a ruido exterior se fijan en el DB HR en función del ruido de la zona donde se ubica el edificio, es decir, en función del ruido de día, Ld, que es el índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y definido como el nivel sonoro medio a largo plazo, ponderado A, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año.

El valor del índice de ruido día, Ld, puede obtenerse mediante consulta en las administraciones competentes, que son las que han elaborado los mapas estratégicos de ruido. Sin embargo, en Piles, el municipio del edificio de estudio no se ha elaborado ningún mapa de ruido y por tanto realizaremos una estimación de éste.

L <sub>d</sub> dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
L <sub>d</sub> ≤ 60	30	30	30	30
60 < L <sub>d</sub> ≤ 65	32	30	32	30
65 < L <sub>d</sub> ≤ 70	37	32	37	32
70 < L <sub>d</sub> ≤ 75	42	37	42	37
L <sub>d</sub> > 75	47	42	47	42

Figura 1. Tabla de valores de aislamiento acústico entre recinto protegido y el exterior, CTE.

Esta tabla del Código Técnico explica los diferentes valores de aislamiento acústico según el nivel exterior. Ya que no tenemos un mapa acústico del edificio, el CTE recomienda en esta situación coger un nivel L<sub>d</sub> de 60dBA. Teniendo en cuenta que la calle que da a la fachada de nuestro edificio es poco transitada y que el pueblo cuenta con 2.300 habitantes, es decir, no se trata de una ciudad en la cual haya mucha contaminación acústica, elegiremos el L<sub>d</sub> de 60dBA, y por lo tanto escogeremos un valor de aislamiento acústico para nuestra fachada de 30 dBA.

#### 6.4. ZONIFICACIÓN Y EXIGENCIAS.

Las exigencias de aislamiento frente a ruido interior se establecen:

- Entre una unidad de uso y cualquier recinto del edificio que no pertenezca a dicha unidad de uso.
- Entre recintos protegidos o habitables y:

Recintos de instalaciones

Recintos de actividad o ruidosos

Para determinar los valores de aislamiento acústico a ruido interior, (ruido aéreo y de impactos entre recintos) exigidos en el DB HR, previamente debe zonificarse el edificio e identificarse las diferentes unidades de uso. Después deberían identificarse aquellos recintos que no son una unidad de uso, como: Recinto de instalaciones, de actividad, ruidosos, y otros recintos que no forman parte de ninguna unidad de uso, ya sean recintos habitables o protegidos.

El DB-HR calificaría la Sala Principal de música como recinto de **actividad ruidosa** según queda reflejado en el siguiente párrafo:

*“En el DB HR se ha establecido que los recintos de actividad son aquellos en los que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, es mayor que 70 dBA y no mayor de 80 dBA, ya que a partir de este valor se consideraría al recinto como ruidoso.*

*Ejemplos de recintos ruidosos son: Recintos de uso industrial, locales con equipos de reproducción sonora o audiovisuales, locales donde se realicen actuaciones en directo, talleres mecánicos, etc.”*

#### 6.4.1. Zonificación.

Los tipos de recintos de estudio existentes en el edificio, y de acuerdo con el DB HR , son:

- Las aulas de enseñanza musical (Aula 1 y Aula 2) se consideran recintos protegidos por necesitar un tratamiento acústico especial, ya que no deberá dejar salir un determinado nivel de ruido de los recintos adosados a éste y viceversa.
- El ascensor se considera recinto de instalaciones ya que como especifica este código, se clasifican en este apartado los ascensores en caso de carecer de cuarto de máquinas y que la maquinaria esté incorporada en el recinto del ascensor.
- Los baños, pasillos y escaleras se consideran recintos habitables.
- Los almacenes y trasteros se consideran recintos no habitables, ya que no están destinados al uso permanente de personas y su ocupación es ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, por lo tanto sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. No se establecen condiciones acústicas específicas para este tipo de recintos.
- La sala principal, objeto de nuestro estudio, se considera recinto protegido, por las condiciones descritas anteriormente, y por tanto no será de aplicación el DB HR.

## 6.4.2. Planos de zonificación.

-  RECINTO PROTEGIDO
-  RECINTO HABITABLE
-  RECINTO NO HABITABLE
-  RECINTO RUIDOSO
-  RECINTO DE INSTALACIONES

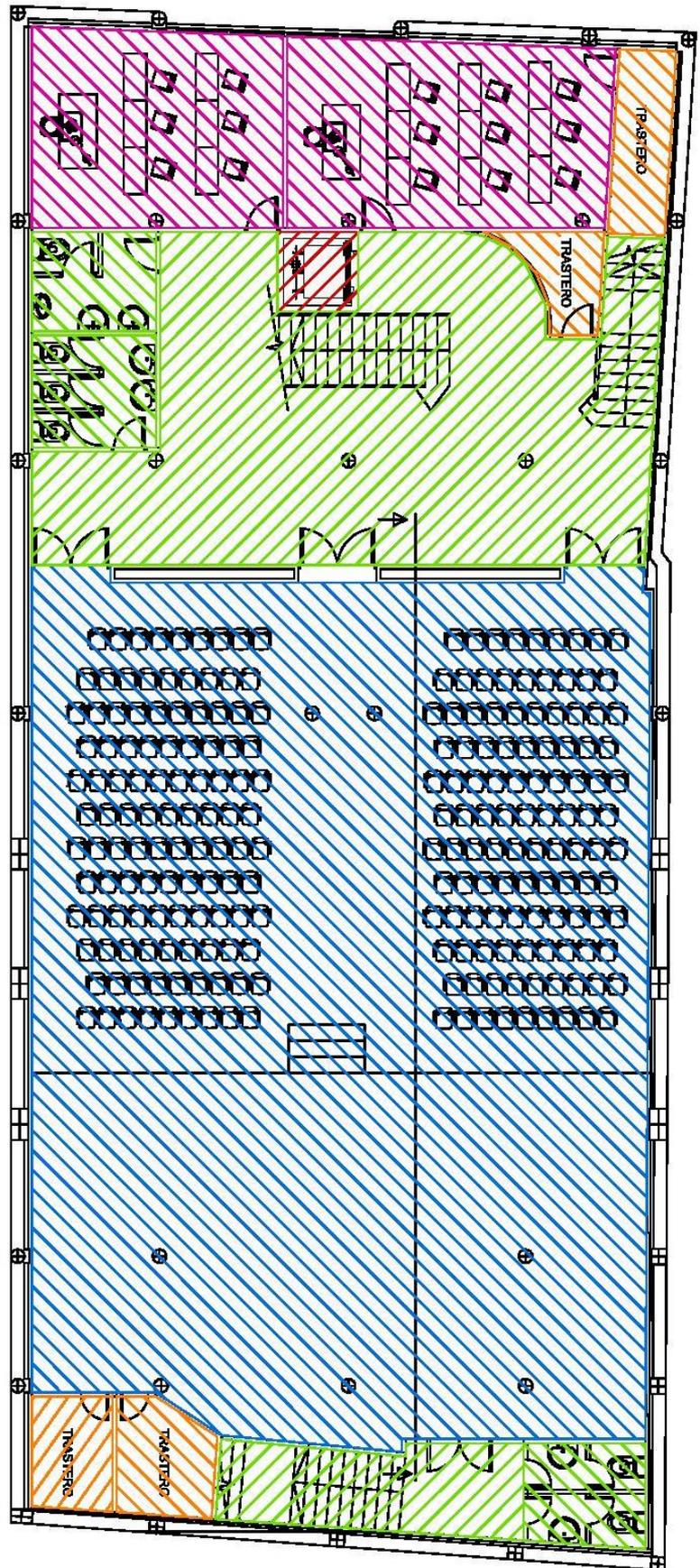


Figura 2. Zonificación.

## 6.4.3. Exigencias de aislamiento acústico.

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTOS		
RECINTO RECEPTOR	RECINTO EMISOR	REQUISITOS CTE DB HR
<b>RECINTO PROTEGIDO</b>	recinto de la misma unidad de uso	RA $\geq$ 33dBA
	recinto no perteneciente a la misma unidad de uso, sin puertas ni ventanas	DnT,A $\geq$ 50dBA
	recinto no perteneciente a la misma unidad de uso, con puertas o ventanas	RA Muro $\geq$ 50dBA RA Puerta $\geq$ 30dBA
	recinto de instalaciones o recinto de actividad	RA $\geq$ 55dBA
	exterior	D2m,nT,Atr $\geq$ 30 para un valor de L de 60 dBA en exterior
<b>RECINTO HABITABLE</b>	recinto de la misma unidad de uso	RA $\geq$ 33dBA
	recinto no perteneciente a la misma unidad de uso, sin puertas ni ventanas	DnT,A $\geq$ 45dBA
	recinto no perteneciente a la misma unidad de uso, con puertas o ventanas	RA Muro $\geq$ 50dBA RA Puerta $\geq$ 20 dBA
	recinto de instalaciones o recinto de actividad, sin puertas ni ventanas	DnT,A $\geq$ 45dBA
	recinto de instalaciones o recinto de actividad, con puertas o ventanas	RA Muro $\geq$ 50dBA RA Puerta $\geq$ 30dBA

Figura 3. Tabla exigencias CTE DB HR para aislamiento acústico.

Mediante esta tabla y dependiendo de los recintos de que se trate, le corresponderá a cada elemento un determinado valor de aislamiento acústico. A continuación se estudiará uno por uno cada elemento que cierra estos recintos y se comprobará si satisface la norma. En caso de obtener valores insuficientes, al final de este proyecto se redactará una serie de propuestas para intentar mejorar las condiciones acústicas y adaptándolo así a la norma.



## 7. ESTUDIO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO.



## **7.1. MEDICIÓN “IN SITU” DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO.**

### **7.1.1. Objetivos.**

Los objetivos de esta prueba es la medición de los distintos paramentos que consideremos relevantes para el cálculo del aislamiento acústico del recinto. Para ello utilizaremos instrumentos necesarios para obtener dichas mediciones. Una vez obtenidos los parámetros de aislamiento acústico, se comprobará su cumplimiento con el Código Técnico de la Edificación. En esta parte estudiaremos el aislamiento de los cerramientos y particiones que forman parte de la sala principal y las aulas de ensayo.

### **7.1.2. Normativa de aplicación.**

La norma de aplicación en este caso, para mediciones “in situ” es la ISO 140, de la cual consultaremos las siguientes partes:

- Norma UNE-EN ISO 140-4. “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales.”
- Norma UNE-EN ISO 140-5. “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones “in situ” del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.

Mientras que para evaluar los datos obtenidos con las mediciones “in situ” , aplicaremos la norma ISO 717, de la cual consultaremos la siguiente parte:

- Norma UNE-EN ISO 717-1 1997 “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo”.

### **7.1.3. Instrumentos utilizados en la prueba.**

Como ya hemos hecho referencia anteriormente, haremos uso del amplificador de sonidos “Souns Source Type 4224” y el sonómetro integrador 2238 mediator en su aplicación de “análisis de frecuencias”. Además para la prueba colocaremos el difusor de solido en el amplificador para crear un campo difuso.

## 7.2. ANÁLISIS DE LAS PARTICIONES DE LA SALA PRINCIPAL (SALA MÚSICA).

### 7.2.1. Objetivos de la prueba.

Esta parte de la prueba es la más importante, ya que vamos a estudiar el recinto de mayor importancia del edificio en aspectos acústicos.

Ya que el cerramiento de la sala se compone de dos elementos, particiones y puertas, vamos a estudiar estos dos elementos por separado y a analizar el aislamiento acústico de los dos elementos. La *figura 1* explica la situación de estos elementos en el plano.

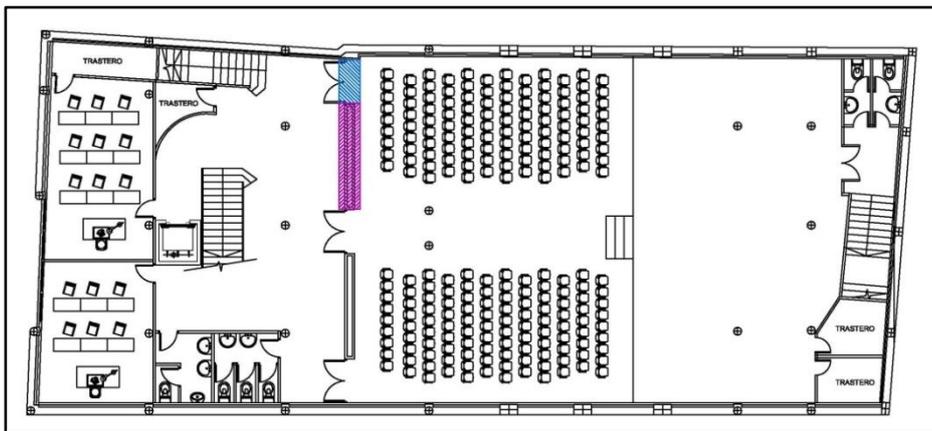


Figura 1. Señalización de los elementos a estudiar.

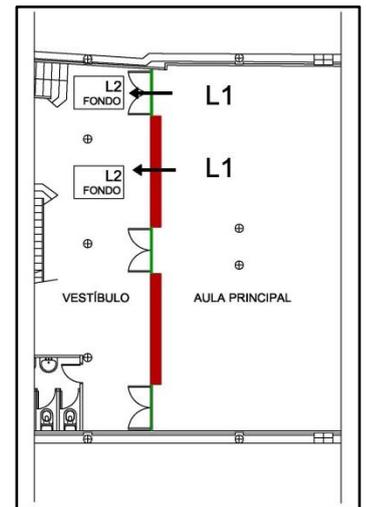


Figura 2. transmisiones.

### 7.2.2. Descripción de la prueba.

Dependiendo de la zona donde se realice la prueba utilizaremos una normativa u otra.

En este caso, para la medición entre la partición/puerta y el vestíbulo se utiliza la norma UNE-EN ISO 140-4. "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales."

Para ello, de las dos particiones y de las tres puertas que se observa en la figura analizaremos una de cada una de ellas, ya que son iguales y responderán del mismo modo a la transmisión del sonido, por lo tanto simplificaremos la operación.

En esta prueba analizaremos tres casos:

- L1 (emisor):

En la cual colocaremos el altavoz en la zona de recinto emisor, es decir, en el interior de la sala principal. Lo colocaremos de manera que se cree un campo sonoro tan difuso como sea posible y a una distancia tal del elemento separador y de los elementos laterales que puedan influenciar la transmisión, de manera que la radiación directa sobre ellos no sea la dominante.

Una vez situado el altavoz, realizaremos las mediciones con el sonómetro integrador enfocado a la partición que se desea analizar. Se deben realizar como mínimo cinco posiciones fijas distribuidas uniformemente a lo largo del espacio útil del recinto.



*Figura 3. Imagen de la prueba.*

En esta figura se comprueba que las mediciones realizadas con el sonómetro se ajustan a la normativa. Y como se ha dicho anteriormente, el sonómetro está enfocado a la partición que se desea medir.

De esta manera habremos analizado el nivel transmitido en el recinto emisor.

- L2 (receptor):

Una vez realizada la medición del recinto emisor, pasaremos a analizar el sonido transmitido desde la sala principal al receptor, que sería el vestíbulo.

De esta forma, dejamos la fuente en la misma posición que en la prueba anterior, mientras que las mediciones con el sonómetro las mediremos en la misma posición pero desde el lado opuesto, es decir desde el vestíbulo.

De esta forma conseguimos medir el sonido que se transmite de la sala de música donde está la fuente al vestíbulo.

- B2 (ruido de fondo):

Una vez obtenidas las mediciones de L1 y L2, necesitaremos hacer la corrección con el ruido de fondo. Aunque se haga la diferencia entre el L1 y L2 para saber el ruido transmitido al vestíbulo, siempre se debe tener en cuenta el ruido de fondo de la medición L2 para sacar el verdadero sonido transmitido, ya que dependiendo del tipo del fondo, podrá hacer que el nivel L2 se incremente.

Las mediciones realizadas para el ruido de fondo se realizarán en las mismas posiciones que en la medición del L2.

### 7.2.3. Análisis de la partición de la sala principal.

Esta partición tiene una importancia relevante en comparación con el resto del edificio, ya que se producirá una actividad más ruidosa y deberá estar correctamente aislada tanto del ruido proveniente del exterior, como la certeza de que no sobrepasará los límites de transmisión acústica en los recintos exteriores a ella.

Como ya hemos aportado en los datos anteriores, esta partición está compuesta por dos hojas de ladrillo hueco de 7 cm de espesor, cuyo interior hay una cámara donde se alojará el aislamiento térmico de aproximadamente 5 cm de espesor. Se ha aplicado un revestimiento por las dos caras de enlucido de yeso, teniendo un espesor de aproximadamente 22 cm. Posteriormente a la reforma, se le ha adosado a la parte interior de la partición una placa de yeso perforada de unos 15 cm, lo cual aumenta su espesor en 37 cm.

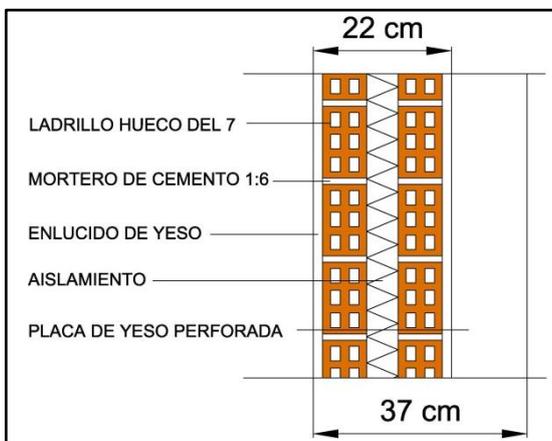


Figura 4. Detalle constructivo.

Hay que destacar que no se sabe con certeza los materiales utilizados pero hacemos esa deducción según la muestra y el espesor de la partición.



Figura 5. Foto partición a ensayar.

#### 7.2.3.1. Medición de L1 , L2 y B2.

Para la realización de este ensayo, se deberá programar el amplificador de manera que en toda la medición de la partición tenga siempre la misma potencia. Por lo contrario, se podrá cambiar el rango de medida a partir del sonómetro según los dB que se transmitan.

El sonido generado en el recinto emisor debe ser estacionario y debe tener un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado. La potencia sonora debería ser lo suficientemente alta como para que el nivel de presión sonora en el recinto receptor sea, al menos, 10 dB mayor que el nivel de ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia. Si no se cumpliera esto, se debería aplicar las correcciones que aparecen en el apartado 6.6 de esta misma normativa.

Los valores de las distancias mínimas que establece la norma para la separación de los elementos de medición son:

- 0,7 entre posiciones de micrófono.
- 0,5 entre cualquier posición de micrófono y las superficies de los paramentos.
- 1 m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.

A continuación se disponen de forma esquemática la situación de las mediciones, tanto para L1, L2 y B2. Éstas últimas comparten las mismas posiciones para mayor comodidad en el momento del ensayo.

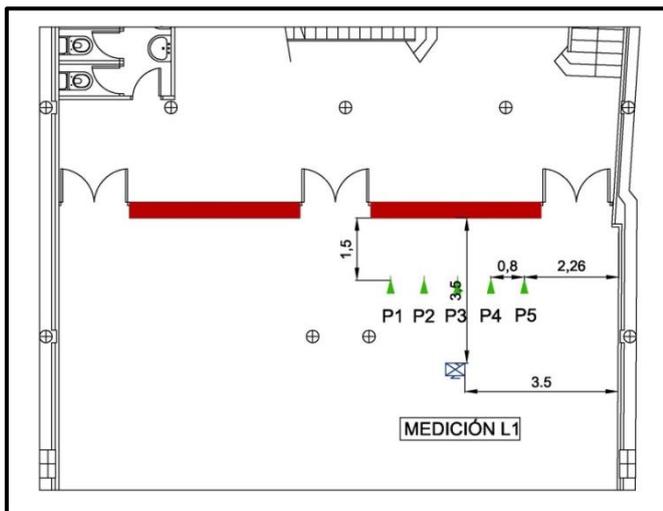


Figura 6. Posiciones L1.

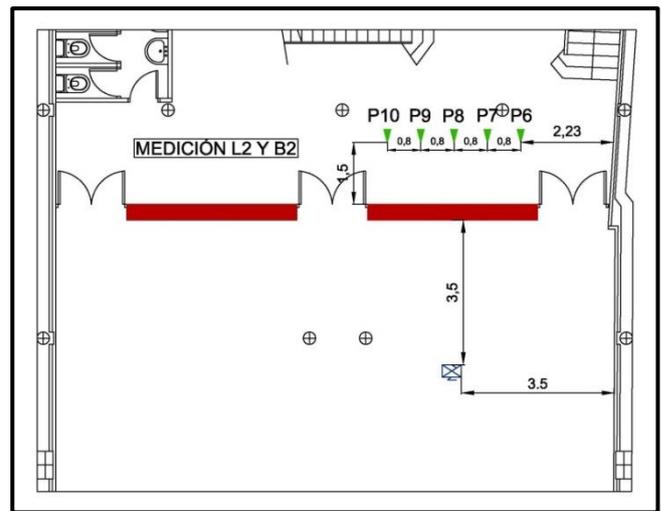


Figura 7. Posiciones L2 Y B2.

Cabe destacar que en cada medición, recinto emisor y recinto receptor, se ha cambiado los rangos de medida del sonómetro según la intensidad del sonido recibido:

- Para la medición L1 (emisor): de 30 a 110 dB.
- Para la medición L2 (receptor): de 20 a 100 dB.
- Para la medición B2 (fondo): de 10 a 90 dB.

Como se observa en las *figuras 6 y 7* se cumplen las distancias mínimas entre micrófonos, paramento y fuente.

7.2.3.2. Datos obtenidos.

A continuación se presentan los gráficos para los niveles obtenidos en el ensayo.

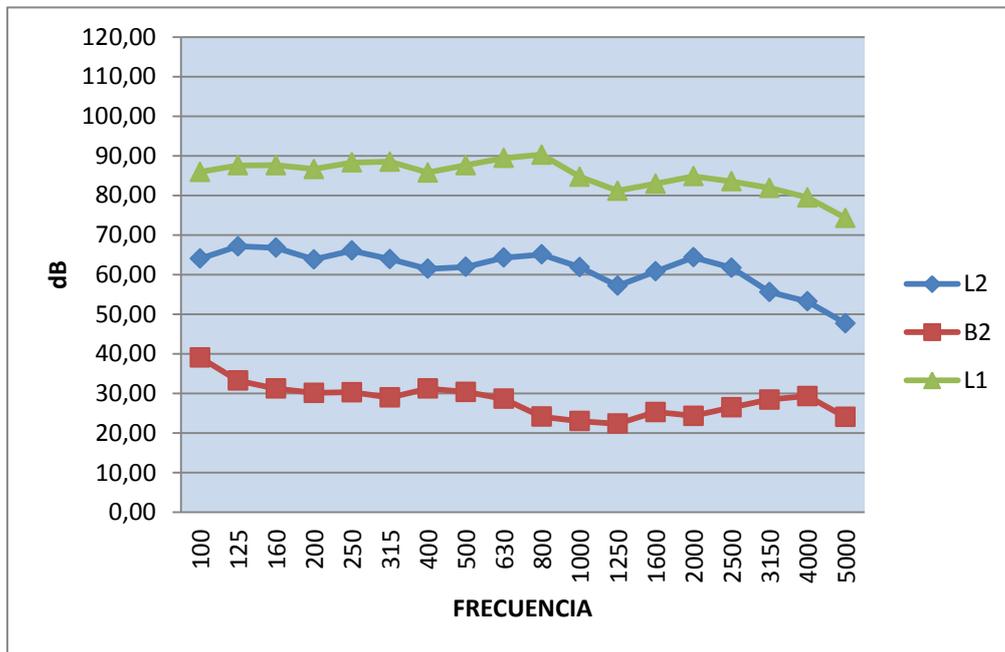


Figura 8. Gráfico de niveles de presión sonora L1, L2 Y B2.

En el gráfico anterior observamos una curva L1 bastante uniforme, a excepción de una pequeña caída en agudos, lo cual significará que los materiales para el revestimiento de la sala absorben más a esas frecuencias. La curva L2 es prácticamente idéntica a la primera, pero claramente a una intensidad menor.

Por otra parte se deberá estudiar si L2 precisa o no corrección de fondo. Tal y como indica la norma, se deberá hacer la corrección cuando la diferencia entre L2 y B2 sea inferior a 10 dB. Tal y como se indica en la siguiente tabla:

Corrección de ruido de fondo	Si al realizar L2-B2 el resultado es $\geq$ a 10dB, no se realiza ninguna corrección. Si al realizar L2-B2 el resultado es $<$ a 10dB pero $>$ a 6dB, hay que realizar la formula $10 \cdot \log((10^{L2/10}) - (10^{B2/10}))$ Si al realizar L2-B2 el resultado es $\leq$ a 6dB, se realiza esta operación L2-1,3.
------------------------------	---

L2-B2																		
FRECUCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2-B2	64,03	67,16	66,78	63,84	66,06	63,94	61,48	61,94	64,28	65,10	61,90	57,18	60,84	64,36	61,74	55,61	53,24	47,72

Puede verse que la medición L2 no precisa de corrección, debido a que la diferencia de L1 y B2 es mayor a 10 dB.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE SALA PRINCIPAL Y VESTÍBULO (PARTICIÓN)											
f (Hz)	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	Absorción vestíbulo	R' = (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	85,94	64,04	39,10	1,89	64,04	21,90	27,67	29,84	18,93	33	12
125	87,60	67,16	33,27	1,90	67,16	20,44	26,23	29,70	17,49	36	15
160	87,64	66,78	31,23	2,12	66,78	20,86	27,13	26,64	18,38	39	18
200	86,66	63,84	30,17	2,11	63,84	22,82	29,08	26,70	20,33	42	21
250	88,32	66,06	30,30	2,39	66,06	22,26	29,05	23,59	20,31	45	24
315	88,50	63,94	29,00	2,52	63,94	24,56	31,59	22,36	22,84	48	27
400	85,78	61,48	31,23	2,53	61,48	24,30	31,35	22,24	22,61	51	30
500	87,62	61,94	30,40	2,67	61,94	25,68	32,96	21,10	24,22	52	31
630	89,44	64,28	28,67	2,63	64,28	25,16	32,38	21,40	23,63	53	32
800	90,30	65,10	24,17	2,74	65,10	25,20	32,59	20,57	23,84	54	33
1000	84,74	61,90	23,03	2,78	61,90	22,84	30,29	20,29	21,55	55	34
1250	81,16	57,18	22,37	2,70	57,18	23,98	31,30	20,90	22,56	56	35
1600	82,96	60,84	25,33	2,54	60,84	22,12	29,19	22,15	20,44	56	35
2000	84,86	64,36	24,37	2,44	64,36	20,50	27,39	23,08	18,65	56	35
2500	83,56	61,74	26,50	2,34	61,74	21,82	28,53	24,05	19,79	56	35
3150	81,90	55,62	28,47	2,18	55,62	26,28	32,67	25,85	23,93	56	35
4000	79,50	53,26	29,33	2,03	53,26	26,24	32,32	27,82	23,57		
5000	74,34	47,74	24,07	1,83	47,74	26,60	32,23	30,81	23,49		
										<b>DnT,w</b>	<b>31</b>

Figura 9. Tabla de valores obtenidos en el ensayo.

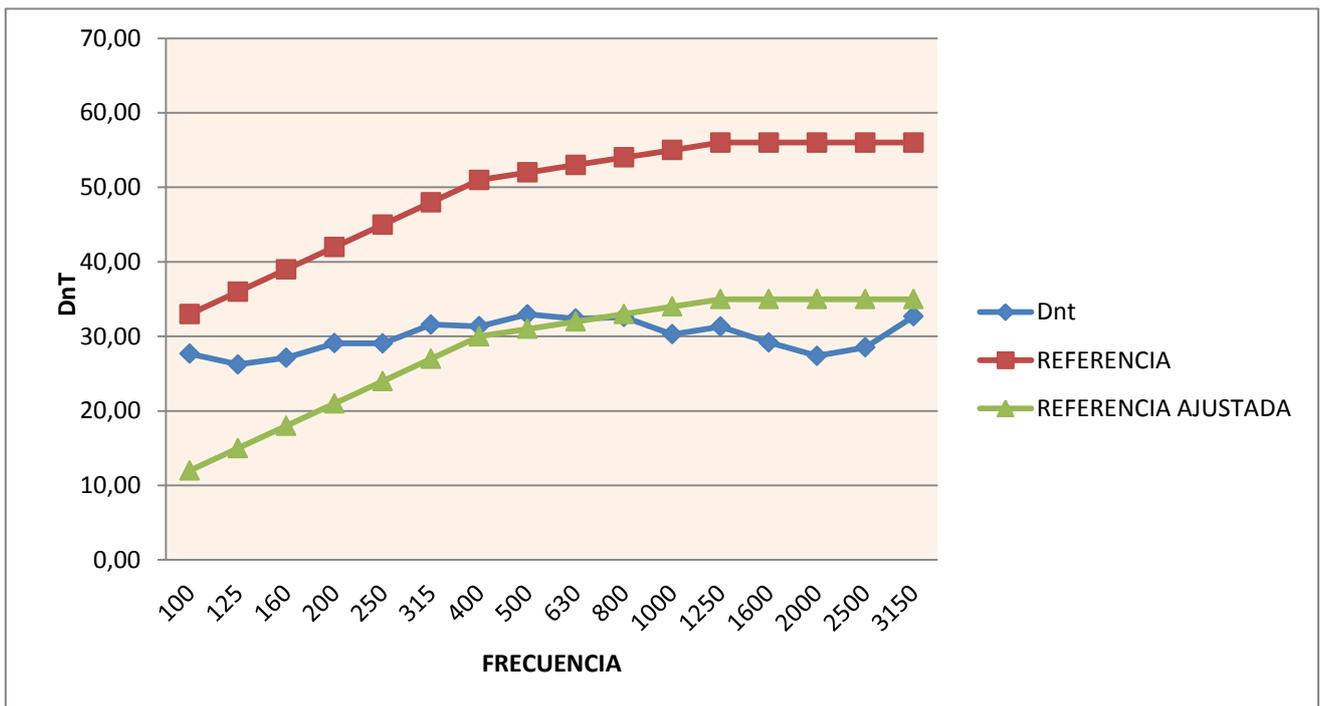


Figura 10. Gráficos resultados DnT.

Utilizamos el método de comparación, según la norma UNE-EN ISO 717-1, para valorar los resultados en bandas de tercios de octava. Los valores obtenidos se comparan con los valores de referencia a las frecuencias de medición en el rango de 100 Hz a 3150 Hz para bandas de tercio de octava.

Este proceso se realiza desplazando la curva de referencia en saltos de 1 dB hacia la curva medida, hasta que la suma de las desviaciones sea lo mayor posible pero no mayor a 32 dB.

Sabemos que se produce una desviación desfavorable en una determinada frecuencia cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia. De acuerdo con este procedimiento, una vez finalizado el desplazamiento, el valor en decibelios de la curva de referencia a 500 Hz, es el del  $D_{nT,w}$ , el cual es igual a 31 dB.

Según el CTE HR para el aislamiento entre un recinto protegido y un recinto habitable, establece un  $D_{nT,A}$  no menor que 50 dBA. En la medición realizada "in situ" obtenemos un  $D_{nT}$  de 31 dBA, por tanto la partición **NO CUMPLE** con los requisitos mínimos de la norma.

### 7.2.3.3. Conclusiones.

Como comprobaremos más adelante, hay una diferencia notable entre esta partición y la que hay entre aulas. Es decir, la separación entre dos aulas sin puertas ni ventanas tiene un  $D_{nT}$  de 40 dB y tiene 9 cm de espesor, sin embargo, la partición que hemos analizado del aula principal tiene un  $D_{nT}$  de 31 dB, siendo su espesor de 37 dB. Esto nos lleva a una cantidad de espesor notablemente más alta, y además con el añadido de la placa de yeso perforada para la absorción del sonido.

Llegados a este punto, se puede comprobar que no es lógico que una partición con más del doble de espesor con aislamiento incluido y una placa de yeso para favorecer la absorción, absorba menos que otra partición considerablemente menor. Por tanto, llego a la conclusión que durante la medición del L2, todo el ruido producido por la fuente en el interior de la sala principal, sale por las holguras de la puerta.

La puerta, como podemos observar tiene una holgura bastante grande por debajo, y eso evita la retención del sonido en el interior.

Para asegurarme de esto, tipo de partición que tenemos en la sala, sin contar con la placa de yeso perforada colocada a posteriori, lo comparo con la partición de la misma índole en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

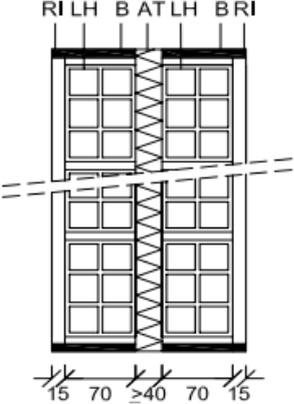
Código	Sección	Hojas de fábrica		HE	HR <sup>(3)</sup>	
		HF <sub>1</sub>	HF <sub>2</sub>	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>A</sub> (dBA)	m (kg/m <sup>2</sup> )
P3.1		LH PF		$1/(0,63+R_{AT})$	53 [55]	148 [170]
		LH GF		$1/(0,97+R_{AT})$	53 [55]	110 [130]

Figura 11. Partición recogida en catálogo de elementos constructivos.

Como se puede comprobar, el resultado varía mucho, y eso sin contar que se le ha adosado la placa de yeso perforada, nos da un RA de 53 dBA. Por lo tanto, podemos considerar que la partición aísla lo suficiente y que la medición realizada no sería válida.

#### 7.2.4. Análisis de la puerta del aula principal.

Como se ha dicho anteriormente, las puertas que separan la sala principal con el vestíbulo y la salida posterior son puertas acústicas, especiales para este fin.

Estas puertas se caracterizan por haber sido diseñadas para minimizar la transmisión de la energía acústica a través de ellas. Son diseñadas bien para permitir insonorizar los recintos que delimitan o bien para evitar que los sonidos provenientes de determinados recintos puedan ser captados en su exterior

##### 7.2.4.1. Medición del L1, L2 y B2.

Para la medición de estos parámetros se realizará el ensayo con la puerta cerrada, ya que es de la forma que nos interesa tener información. Se realiza de forma separada al de la partición ya que son elementos diferentes y no están compuestos por los mismos materiales. Por tanto, si se debe aplicar una reforma, puede que sea necesario aplicarla a uno de estos dos elementos.

Como se ve en las siguientes figuras, para la medición de la puerta se han realizado dos posiciones.

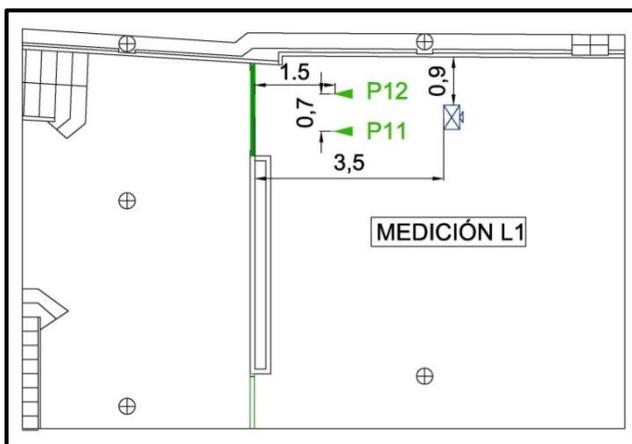


Figura 12. Posición L1.

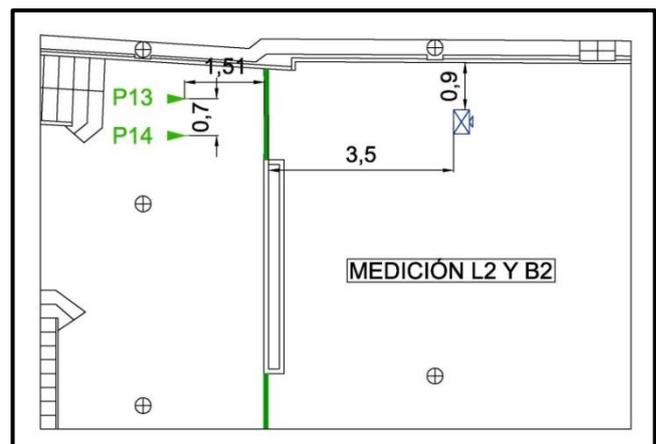


Figura 13. Posición L2 y L3.

Como se observa en las figuras 12 y 13 se cumplen las distancias mínimas entre micrófonos, paramento y fuente.

Cabe destacar que en cada medición, recinto emisor y recinto receptor, se ha cambiado los rangos de medida del sonómetro según la intensidad del sonido recibido:

- Para la medición L1 (emisor): de 40 a 120 dB.
- Para la medición L2 (receptor): de 20 a 100 dB.
- Para la medición B2 (fondo): de 10 a 90 dB.

### 7.2.4.2. Datos obtenidos.

A continuación se representan los gráficos con los niveles de las mediciones “in situ”.

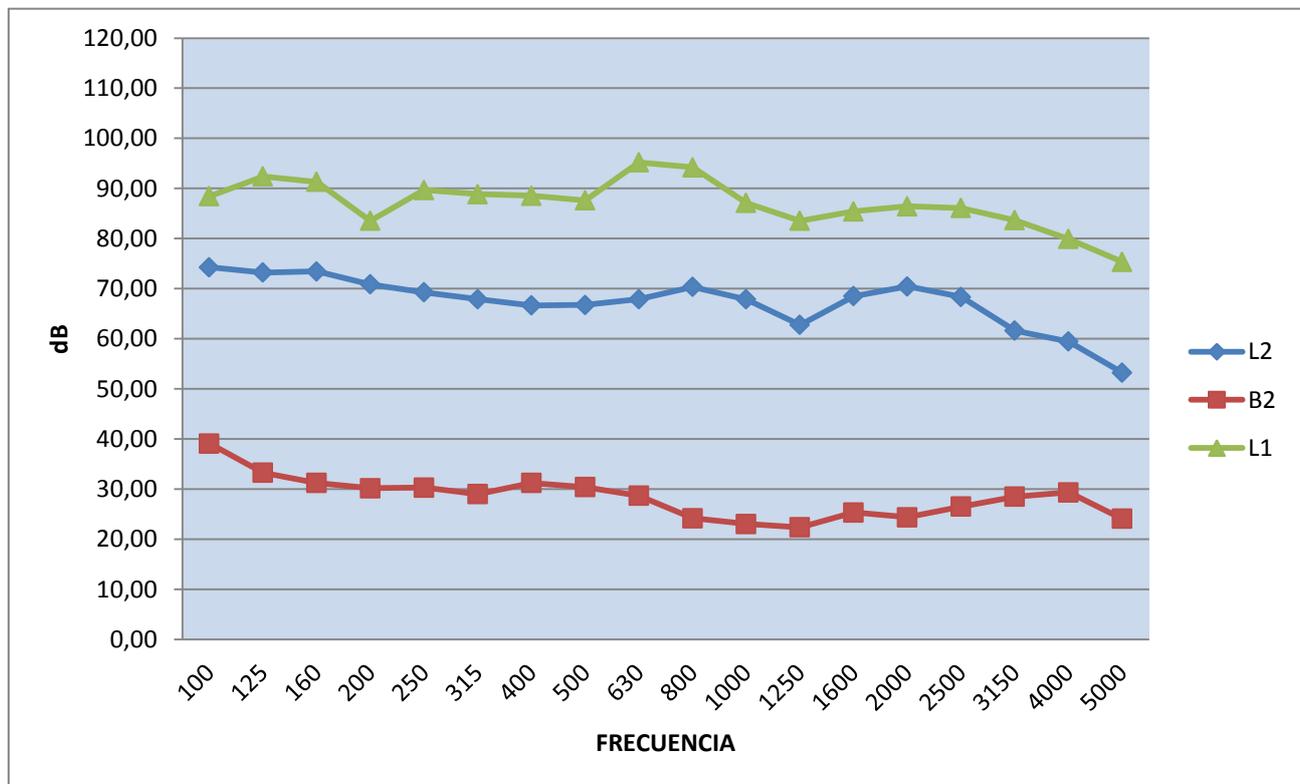


Figura 14. Gráfico de niveles de presión sonora L1, L2 y B2.

La curva L1 es débilmente más alta que en la anterior en la partición, excepto unos picos donde sube la intensidad del sonido a frecuencias entre 600 y 900 Hz.

La curva L2 resulta unos niveles muy parecidos en todas las frecuencias excepto una caída en frecuencias más agudas.

Por otra parte la curva de ruido de fondo supera los 10 dB establecidos por la norma, en su diferencia con el ruido del recinto receptor L2, por tanto no se necesitará hacer ninguna corrección.

A continuación se representa la tabla de valores obtenidos para las distintas frecuencias según su posición en la medición.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA ORQUESTA Y VESTÍBULO (PUERTA)											
f(Hz)	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	Absorción vestíbulo	R (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	88,45	74,25	39,10	1,89	74,25	14,20	19,97	29,84	4,93	33	8
125	92,40	73,20	33,27	1,90	73,20	19,20	24,99	29,70	9,95	36	11
160	91,30	73,45	31,23	2,12	73,45	17,85	24,12	26,64	9,07	39	14
200	83,55	70,85	30,17	2,11	70,85	12,70	18,96	26,70	3,91	42	17
250	89,70	69,25	30,30	2,39	69,25	20,45	27,24	23,59	12,20	45	20
315	88,85	67,90	29,00	2,52	67,90	20,95	27,98	22,36	12,93	48	23
400	88,55	66,65	31,23	2,53	66,65	21,90	28,95	22,24	13,91	51	26
500	87,60	66,75	30,40	2,67	66,75	20,85	28,13	21,10	13,09	52	27
630	95,20	67,90	28,67	2,63	67,90	27,30	34,52	21,40	19,47	53	28
800	94,20	70,35	24,17	2,74	70,35	23,85	31,24	20,57	16,19	54	29
1000	87,10	67,85	23,03	2,78	67,85	19,25	26,70	20,29	11,65	55	30
1250	83,55	62,75	22,37	2,70	62,75	20,80	28,12	20,90	13,08	56	31
1600	85,40	68,50	25,33	2,54	68,50	16,90	23,97	22,15	8,92	56	31
2000	86,45	70,45	24,37	2,44	70,45	16,00	22,89	23,08	7,85	56	31
2500	86,10	68,35	26,50	2,34	68,35	17,75	24,46	24,05	9,42	56	31
3150	83,65	61,60	28,47	2,18	61,60	22,05	28,44	25,85	13,40	56	31
4000	79,90	59,45	29,33	2,03	59,45	20,45	26,53	27,82	11,48		
5000	75,35	53,25	24,07	1,83	53,25	22,10	27,73	30,81	12,69		
										DnT,w	27

Figura 15. Tabla de datos obtenidos en el ensayo.

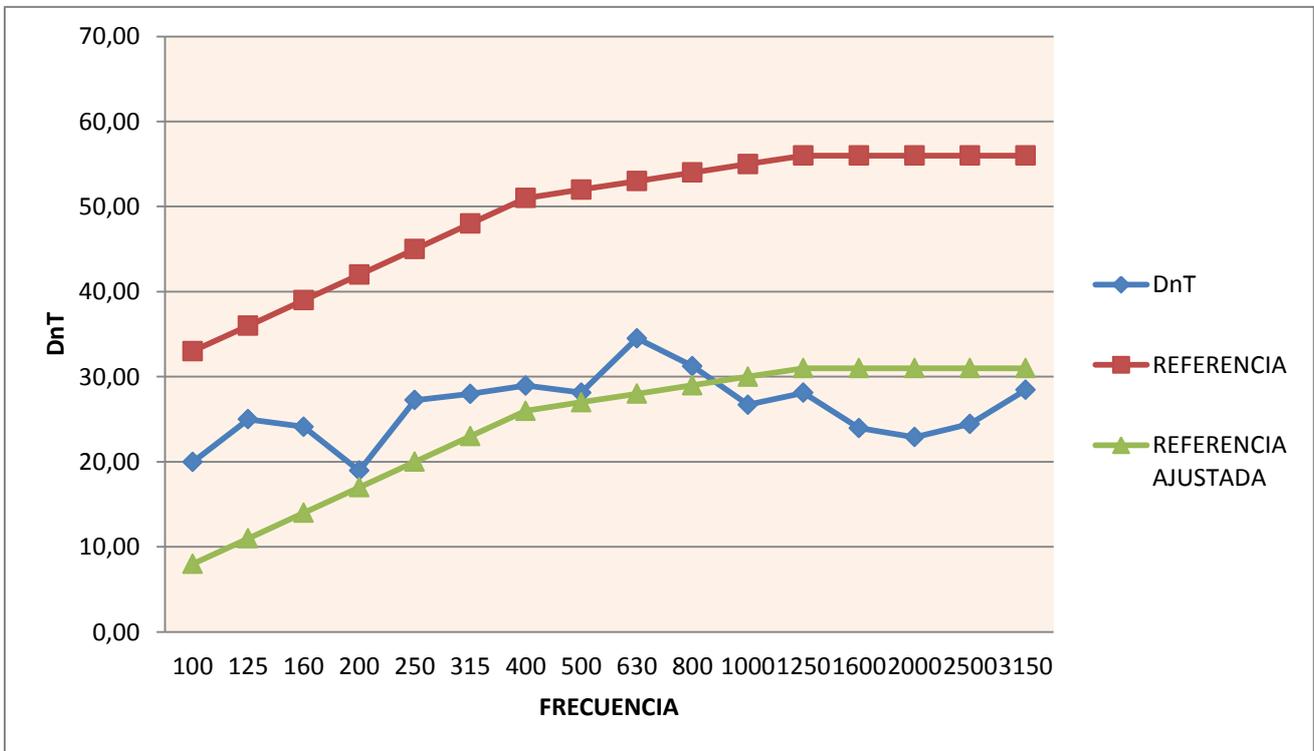


Figura 16. Gráfico resultados DnT.

Tras haber analizado el aislamiento de la puerta, y realizado el método de comprobación de la norma UNE-EN ISO 717-1, se obtiene un valor de DnT de 27 dB.

Conforme a la norma, ya que se trata de un elemento separador entre dos recintos distintos, protegido y habitable, y de distinta unidad de uso, nos exige un DnT de 30 dB para puertas. Por tanto, esta puerta no estaría cumpliendo las exigencias pero la variación es muy pequeña.

### 7.3. ANÁLISIS DE LAS PARTICIONES DE LAS AULAS DE ENSAYO.

#### 7.3.1. Objetivos de la prueba.

En este apartado se van a estudiar las particiones de las aulas de ensayo, tanto el elemento que las separa como los restantes elementos separadores a fachada y al vestíbulo. A continuación se muestra en el esquema las particiones, las que están sombreadas, que se van a estudiar para conocer el aislamiento acústico de las aulas de ensayo.

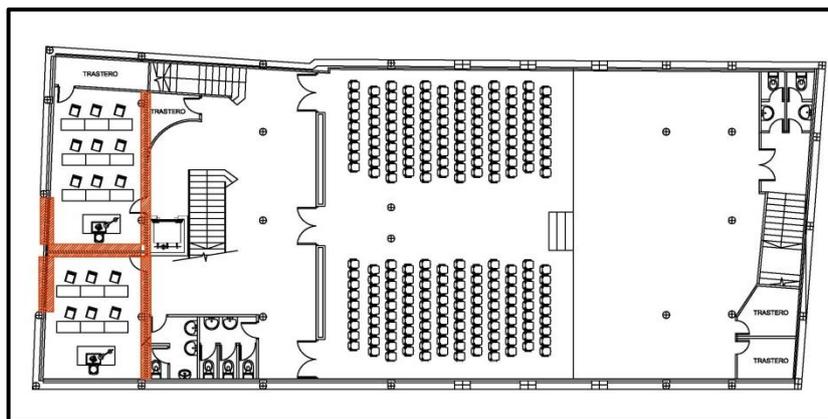


Figura 17. Señalización de los elementos a estudiar.

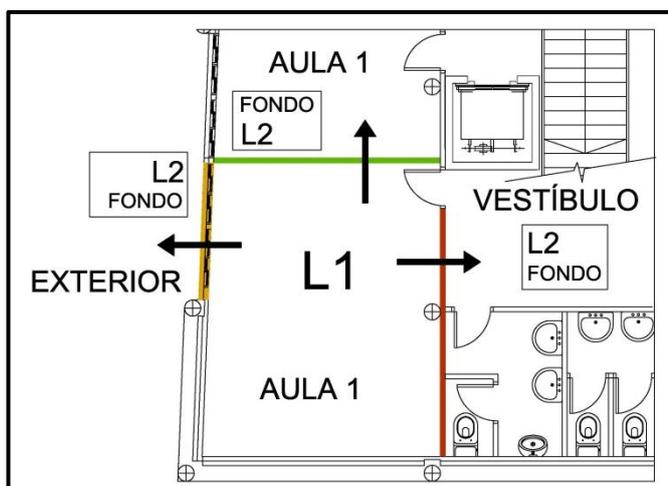


Figura 18. Transmisiones en Aula 1.

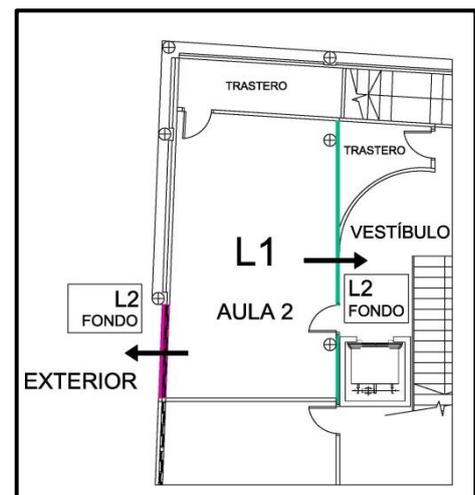


Figura 19. Transmisiones en Aula 2.

Las *figuras 18 y 19* indican las transmisiones que se estudiarán a continuación.

### **7.3.2. Descripción del ensayo.**

Dependiendo de la zona donde se realice la prueba utilizaremos una normativa u otra.

En el caso del estudio de las particiones interiores se utiliza la norma UNE-EN ISO 140-4. "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales."

Para el estudio de los cerramientos que separan las aulas del exterior se utiliza la norma UNE-EN ISO 140-5. "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones "in situ" del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.

El ensayo se realizará en las dos aulas de la siguiente forma:

La figura 40 explica el análisis de las particiones que conforman el Aula 1, y para ello se han realizado las siguientes mediciones:

- Medición L1 en AULA 1.
- Medición L2 y B2 en AULA 2.
- Medición L2 y B2 en VESTÍBULO.
- Medición L2 y B2 en EXTERIOR.

La figura 41, se refiere al Aula 2, en la que se realizan estas mediciones:

- Medición L1 en AULA 2.
- Medición L2 y B2 en VESTÍBULO.
- Medición L2 y B2 en EXTERIOR.

En el caso del aula 2, no será necesario estudiar el ruido transmitido en el aula contigua ya que se ha analizado anteriormente.

### **7.3.3. Análisis de las particiones del aula 1.**

En el aula 1 se analizan 3 particiones, de las cuales una de ellas la separa del exterior, por tanto se deberá aplicar la norma UNE-EN ISO 140-5 para su realización.

Estas aulas son dedicadas a ensayo y enseñanza musical, que deberán estar aisladas. Pero en este proyecto nos basaremos sobre todo en la sala principal que es donde tenemos los problemas. En estas salas haremos las mediciones y las comprobaciones con la normativa CTE HR, aunque debido a que es un edificio antiguo, éste ya no tiene por qué cumplirlas.

Ya que sobre esta Aula estudiaremos tres particiones, se realizará el proceso por partes:

### 7.3.3.1. PARTICIÓN 1.

Denominaremos Partición 1 al elemento que divide el Aula 1 y el vestíbulo. A continuación en las figuras 42 y 43 se observa una fotografía y se explica su situación.

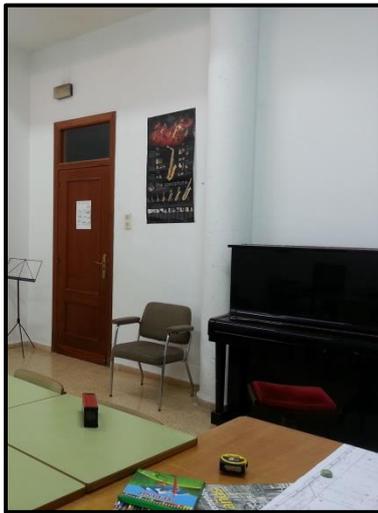


Figura 2.0 Foto partición 1.

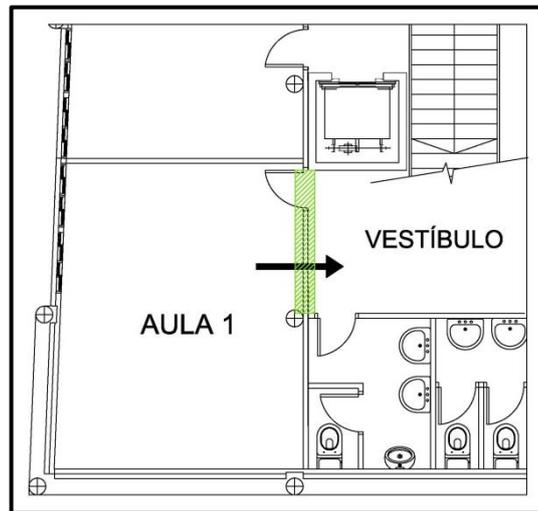


Figura 21. Esquema señalización partición 1.



Figura 22. Detalle.

Como ya se ha hecho referencia anteriormente, para saber los materiales de los elementos divisorios se hará un supuesto mediante observación "in situ" y cálculo del espesor.

Esta partición está formada por una hoja de ladrillo hueco de 7 cm de espesor (24x11,5x7 cm), revestida por su dos caras de enlucido de yeso, quedando un espesor final de aproximadamente 9 cm, al igual que la figura explicativa.

#### 7.3.3.1.1. Medición de L1, L2 y B2.

Se realizará el mismo procedimiento citado para los apartados anteriores, teniendo en cuenta también las distancias mínimas para la separación de los elementos de medición que establece la norma.

Para la medición del L1, la fuente y el sonómetro se situarán dentro del recinto, en los puntos indicados a continuación. Para la medición del L2 y B2, la fuente quedará dentro del recinto, mientras las mediciones con el sonómetro se realizan en la parte del vestíbulo, en los puntos que se indican en las figuras.

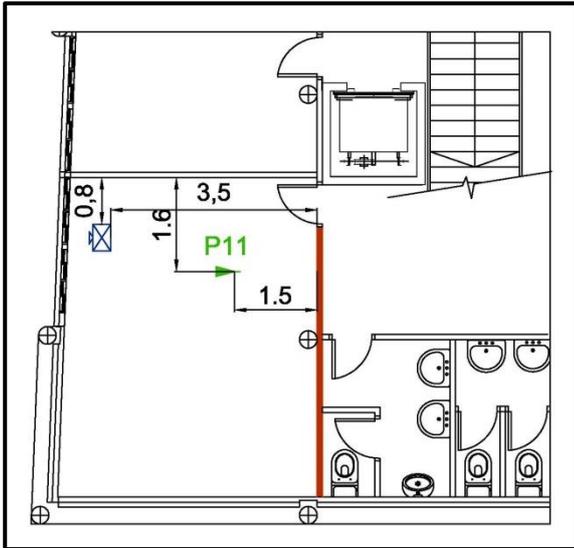


Figura 23. Posiciones L1.

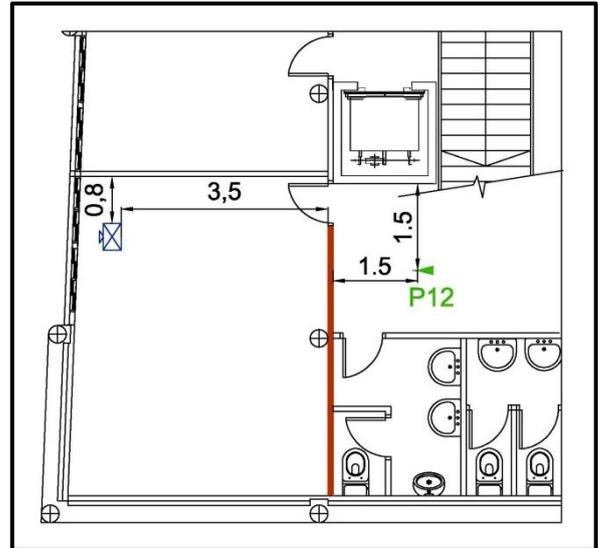


Figura 24. Posiciones L2 y B2.

Según la medida a realizar y el nivel de intensidad del ensayo, se han cambiado los rangos de medida del sonómetro:

- Para la medición L1 (emisor): de 50 a 130 dB.
- Para la medición L2 (receptor): de 30 a 110 dB.
- Para la medición B2 (fondo): de 10 a 90 dB.

#### 7.3.3.1.2. Datos obtenidos.

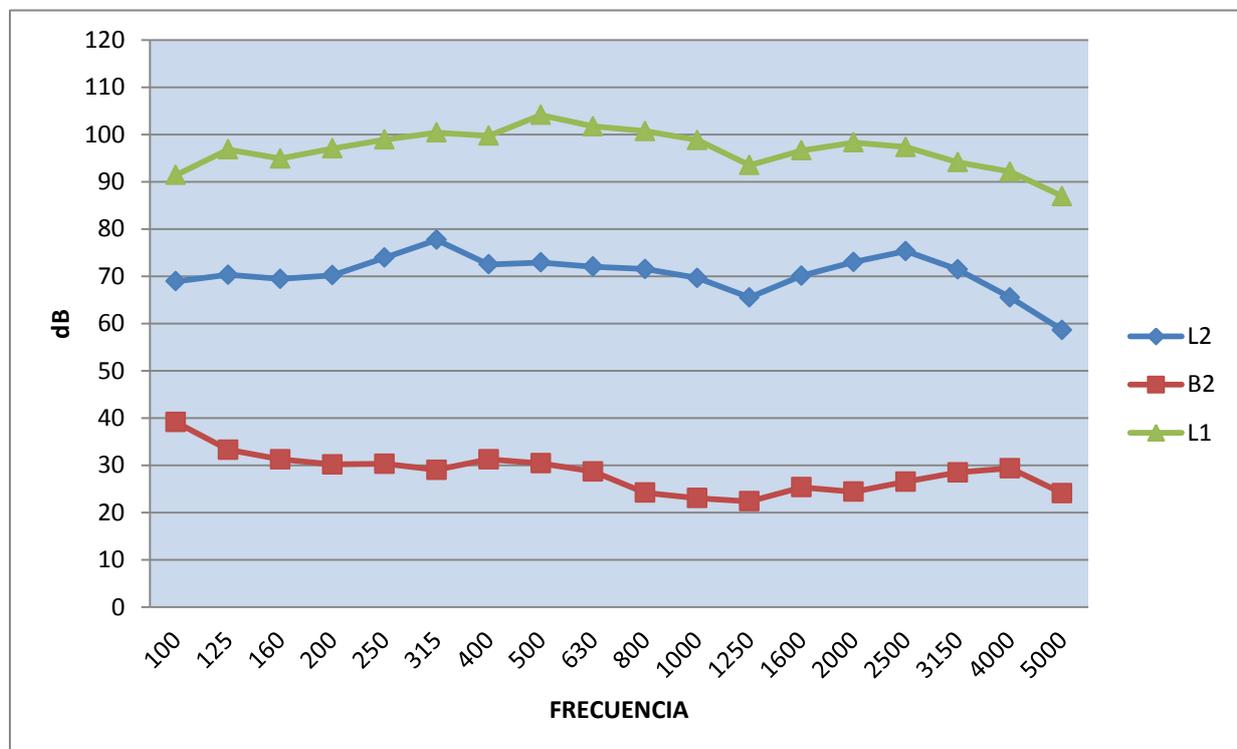


Figura 25. Gráfico de niveles de presión sonora L1, L2, B2.

Como se observa en el gráfico, obtenemos un nivel L1 bastante elevado, y su punto más elevado rondaría los 105 dB a 500 Hz. La diferencia bruta entre niveles L1 y L2 es aproximadamente de 20 dB en todas sus frecuencias. Debido a que la diferencia entre L2 y B2 es mayor a 10 dB, significa que la medición está bien hecha y en buenas condiciones, por lo tanto no será necesario aplicar ninguna corrección.

A continuación se expone la tabla de los valores resultantes de los cálculos. Los valores recogidos de las mediciones estarán en el anexo del proyecto.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA 1 Y VESTÍBULO											
f(Hz)	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	Absorción vestíbulo	R (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	91,4	68,9	39,10	1,89	68,90	22,50	28,27	29,84	19,40	33	15
125	96,8	70,3	33,27	1,90	70,30	26,50	32,29	29,70	23,42	36	18
160	94,9	69,4	31,23	2,12	69,40	25,50	31,77	26,64	22,89	39	21
200	97	70,2	30,17	2,11	70,20	26,80	33,06	26,70	24,18	42	24
250	98,9	73,9	30,30	2,39	73,90	25,00	31,79	23,59	22,92	45	27
315	100,4	77,7	29,00	2,52	77,70	22,70	29,73	22,36	20,85	48	30
400	99,7	72,5	31,23	2,53	72,50	27,20	34,25	22,24	25,38	51	33
500	104,1	72,9	30,40	2,67	72,90	31,20	38,48	21,10	29,60	52	34
630	101,7	72	28,67	2,63	72,00	29,70	36,92	21,40	28,04	53	35
800	100,7	71,5	24,17	2,74	71,50	29,20	36,59	20,57	27,71	54	36
1000	98,8	69,6	23,03	2,78	69,60	29,20	36,65	20,29	27,77	55	37
1250	93,5	65,5	22,37	2,70	65,50	28,00	35,32	20,90	26,45	56	38
1600	96,6	70,1	25,33	2,54	70,10	26,50	33,57	22,15	24,69	56	38
2000	98,3	73	24,37	2,44	73,00	25,30	32,19	23,08	23,31	56	38
2500	97,3	75,3	26,50	2,34	75,30	22,00	28,71	24,05	19,83	56	38
3150	94,1	71,4	28,47	2,18	71,40	22,70	29,09	25,85	20,22	56	38
4000	92,1	65,5	29,33	2,03	65,50	26,60	32,68	27,82	23,80		
5000	86,9	58,6	24,07	1,83	58,60	28,30	33,93	30,81	25,06		
										DnT,w	34

Figura 26. Tabla de datos obtenidos en el ensayo.

Dado que se trata de una partición entre un recinto protegido y habitable, la norma establece que para la separación de éstos se necesita un elemento cuyo aislamiento acústico a ruido aéreo sea DnT no menor a 50 dB, mientras que la puerta no será menor a 30 dB.

En nuestra medición nos ha dado como resultado un DnT de 34 dB, por lo tanto **NO CUMPLE** con normativa.

A continuación se observa la tabla de los resultados de los gráficos de DnT.

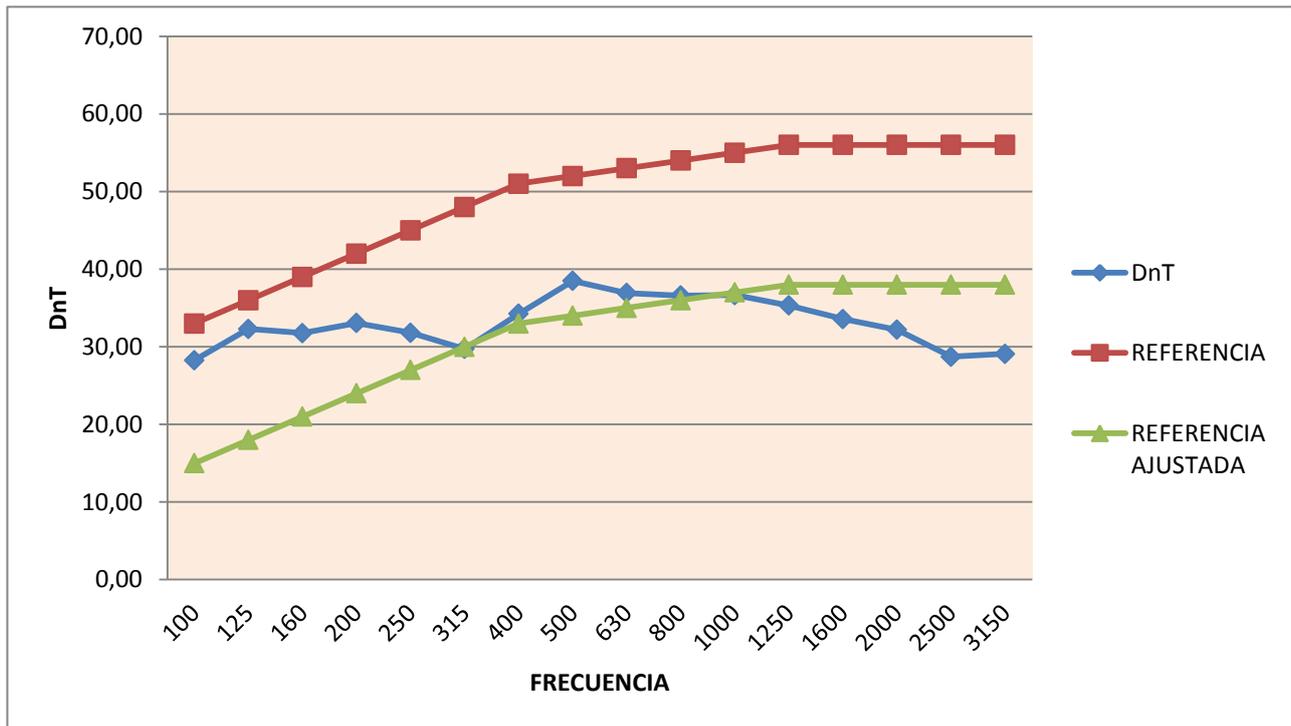


Figura 27. Tabla de datos de DnT.

### 7.3.3.2. PARTICIÓN 2.

Denominaremos Partición 2 al elemento que divide el Aula 1 y el Aula 2. A continuación en las figuras 28 y 29 se observa la partición a estudiar en dos puntos de vista diferentes: en el aula 1 y el aula 2. La figura 30 es un detalle constructivo del elemento a estudiar.



Figura 28. Fotografía en Aula 2.



Figura 29. Fotografía en Aula 1.

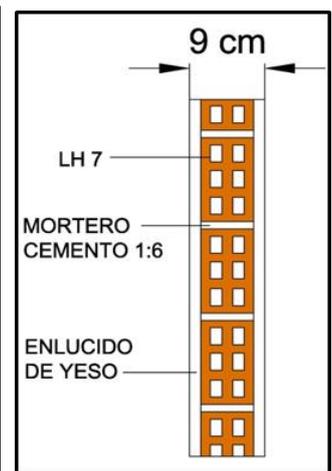


Figura 30. Detalle.

Esta partición está formada por una hoja de ladrillo hueco de 7 cm de espesor (24x11,5x7 cm), revestida por su dos caras de enlucido de yeso, quedando un espesor final de aproximadamente 9 cm, al igual que la figura explicativa.

**6.3.2.2.1. Medición de L1, L2 y B2.**

Se realiza la medición del nivel interior del recinto, es decir, del L1 en el interior del Aula 1. Posteriormente se dejará la fuente situada en el mismo recinto, y se medirán los mismos puntos en la parte opuesta, es decir, en el Aula 2, donde también se medirá el ruido de fondo con la fuente desconectada.

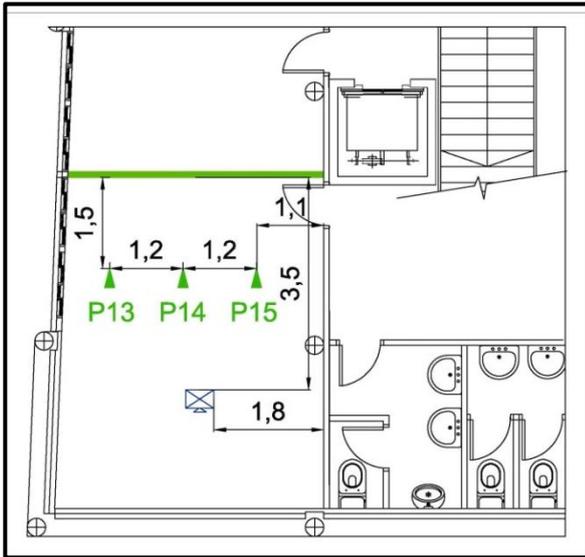


Figura 31. Posiciones L1.

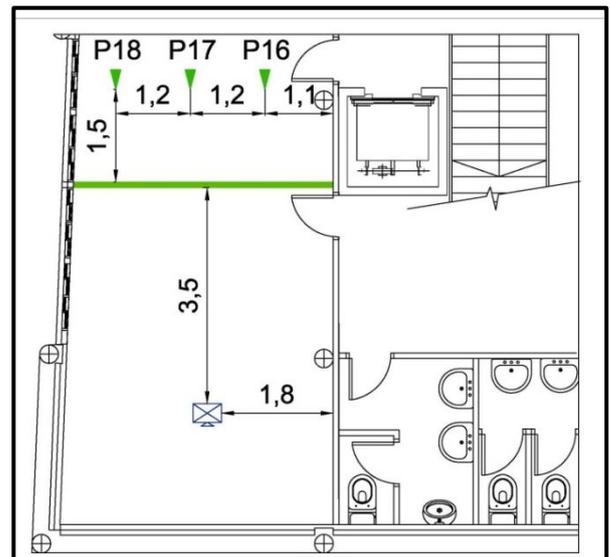


Figura 32. Posiciones L2 y B2.

Se han cambiado los rangos de medida del sonómetro de la misma toma que la medición de la Partición 1.

**6.3.2.2.2. Datos obtenidos.**

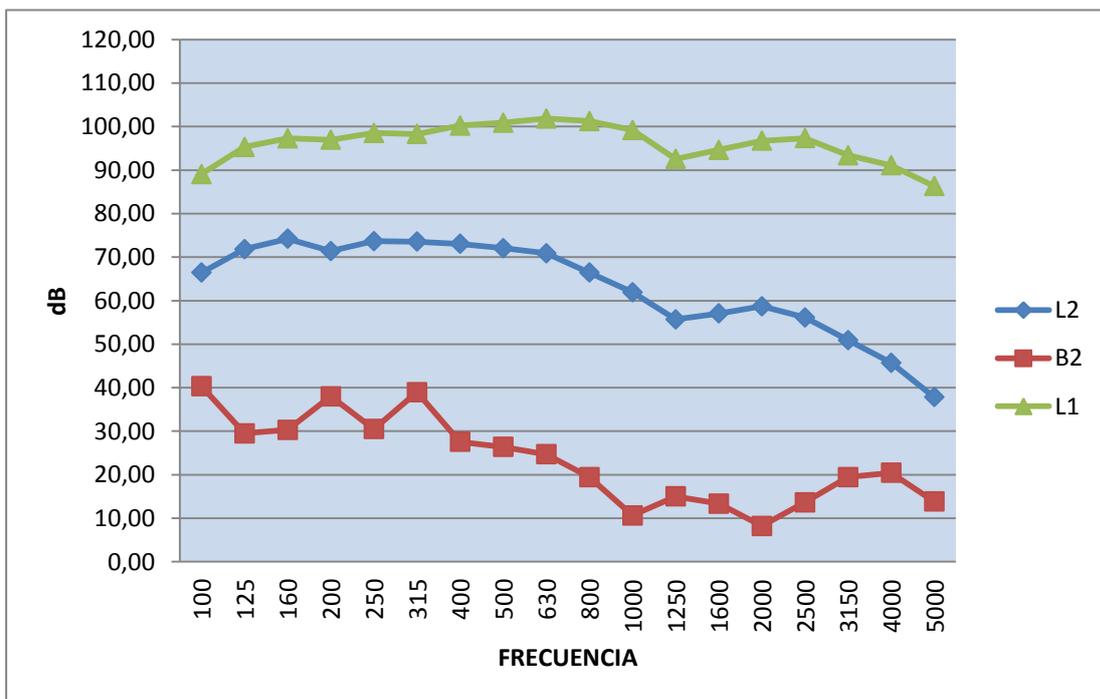


Figura 33. Gráfico de niveles L1, L2, B2.

Del gráfico de arriba se observa que el nivel L1 se mantiene más o menos estable entre 95 y 105 dB. El nivel B2 se mantiene estable hasta una frecuencia de 500 Hz y a partir de ahí se produce un descenso en frecuencias agudas. Lo que quiere decir que la partición absorbe a frecuencias altas. El ruido de fondo se mantiene por debajo del nivel L2 una diferencia mayor a 10 dB, por lo tanto no necesita corrección.

A continuación se expone la tabla de los valores resultantes de los cálculos.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA PEQUEÑA Y AULA GRANDE											
f(Hz)	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	absorción aula grande llena	R (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	89,07	66,43	40,35	1,69	66,43	22,63	27,93	12,01	24,07	33	21
125	95,30	71,83	29,50	2,13	71,83	23,47	29,75	11,25	25,19	36	24
160	97,27	74,20	30,30	2,54	74,20	23,07	30,12	10,01	25,29	39	27
200	96,97	71,40	38,00	2,30	71,40	25,57	32,19	10,68	27,51	42	30
250	98,53	73,67	30,50	2,21	73,67	24,87	31,31	10,98	26,69	45	33
315	98,27	73,57	38,95	2,13	73,57	24,70	30,99	12,45	25,98	48	36
400	100,20	73,03	27,55	2,23	73,03	27,17	33,65	12,11	28,57	51	39
500	100,87	72,03	26,40	2,34	72,03	28,83	35,53	11,77	30,36	52	40
630	101,83	70,87	24,70	2,25	70,87	30,97	37,49	13,25	31,98	53	41
800	101,23	66,43	19,45	2,20	66,43	34,80	41,24	13,38	35,77	54	42
1000	99,20	61,93	10,65	2,19	61,93	37,27	43,68	13,44	38,22	55	43
1250	92,53	55,70	15,00	2,01	55,70	36,83	42,88	15,28	37,22	56	44
1600	94,63	57,03	13,35	1,78	57,03	37,60	43,12	16,32	37,70	56	44
2000	96,73	58,70	8,25	1,71	58,70	38,03	43,37	16,73	38,03	56	44
2500	97,30	56,13	13,65	1,64	56,13	41,17	46,32	17,13	41,06	56	44
3150	93,40	50,93	19,45	1,55	50,93	42,47	47,39	16,47	42,53	56	44
4000	91,07	45,70	20,45	1,44	45,70	45,37	49,97	17,28	45,22		
5000	86,30	37,83	13,85	1,30	37,83	48,47	52,61	18,54	48,02		
										DnT,w	40

Figura 34. Tabla de valores resultante de los cálculos.

La partición 1 está compuesta por los mismos materiales que la partición 2, la única excepción es que ésta primera tiene la puerta de entrada al aula mientras la partición que se está estudiando es opaca, es decir, sin puertas ni ventanas. Podemos comprobar la diferencia de absorciones ya que la anterior tiene un DnT de 34 dB y ésta de 40 dB.

Aunque esta partición aisle más el sonido, sigue siendo un elemento que divide dos espacios protegidos de diferente unidad de uso, por tanto su partición debería soportar un DnT por lo menos igual a 50 dB, tal y como establece la norma. Y aunque este elemento se aproxime más al resultado **NO CUMPLE** con las exigencias del CTE HR.

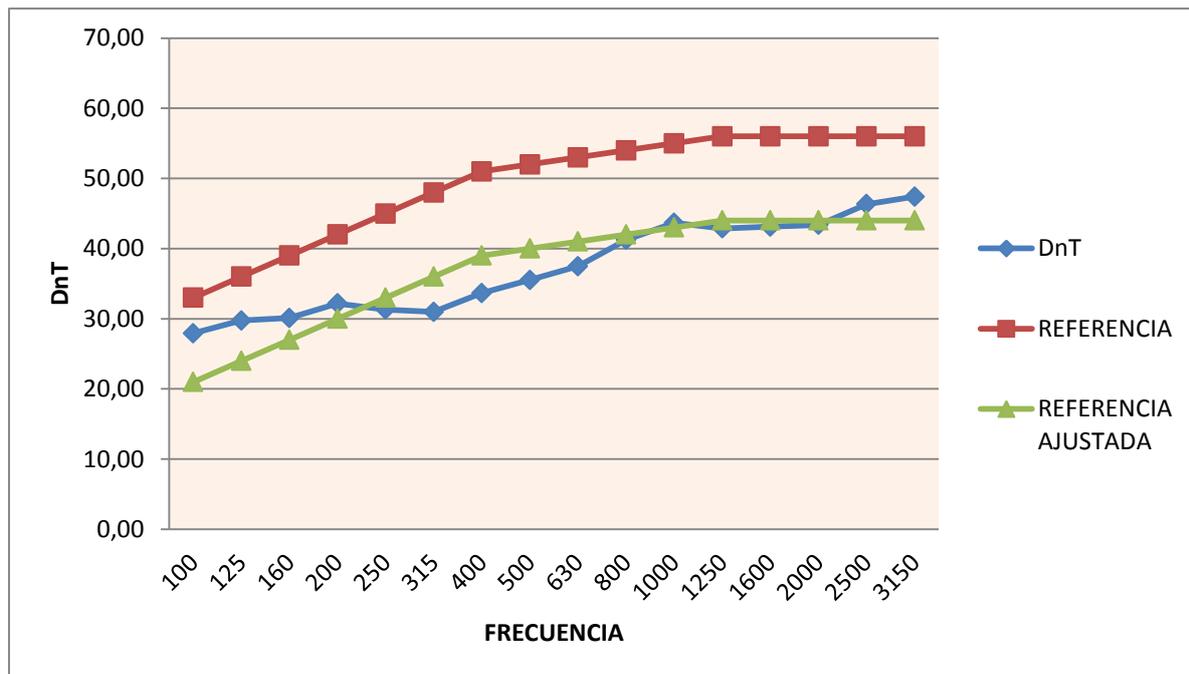


Figura 35. Gráfico de resultados de DnT.

Sabemos que se produce una desviación desfavorable en una determinada frecuencia cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia. De acuerdo con este procedimiento, una vez finalizado el desplazamiento, el valor en decibelios de la curva de referencia a 500 Hz, es el del DnT,w, el cual es igual a 40 dB.

### 7.3.3.3. PARTICIÓN 3.

Denominaremos Partición 3 al elemento que divide el Aula 1 y el exterior.

Debido a que la medición “in situ” ya no se realiza entre locales sino que se realiza con el exterior, deberá cumplir la normativa que especifica las normas para la medición “in situ” de fachadas, la norma UNE-EN ISO 140-5.

Podemos decir que esta medición será la más desfavorable de todas, ya que al medir el L2 y el B2, influye el ruido de fondo que pueda producir cualquier viandante o vehículo o incluso el viento.

En el estudio del aislamiento acústico del elemento separador entre el aula 1 y el exterior, se estudiarán las ventanas que se ven en la fotografía, ya que es el único elemento separador entre estos, como se puede comprobar en las *figuras 36 y 37*.



Figura 36. Fotografía ventana desde el exterior.

Debido a que el aula está situada en planta sótano, no sería válido comprobar el cerramiento acústicamente ya que para esta sala no tiene función de elemento separador con el exterior, sino solo las ventanas.



Figura 37. Fotografía interior.

#### 7.3.3.3.1. Medición de L1 , L2 y B2.

En este ensayo se trata de medir la transmisión acústica del sonido que se produce en el interior de la sala hacia el exterior, y comprobar si cumple con los requisitos del CTE.

Empezaremos midiendo el L1 en el interior de la sala, posicionando el altavoz en dicho recinto. Posteriormente se hará la medición desde el exterior con la fuente en marcha dentro de la sala. Mientras que para el ruido de fondo se para el altavoz y se toman los datos del ruido exterior.

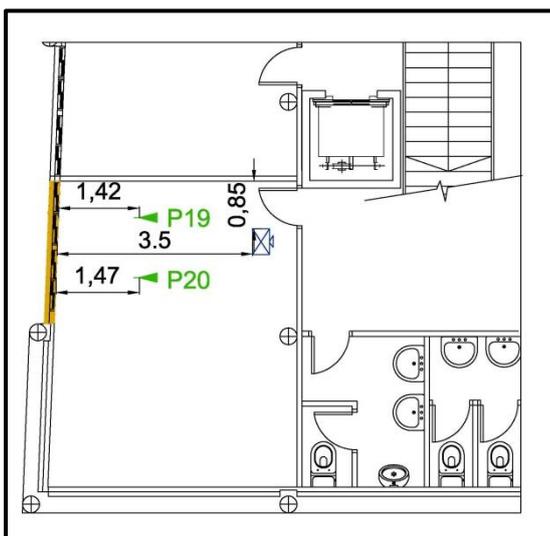


Figura 38. Posición L1.

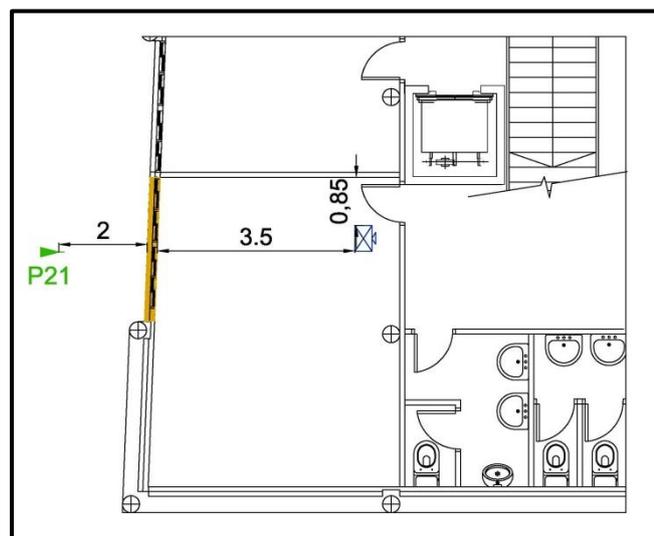


Figura 39. Posición L2 y B2.

En las figuras 38 y 39 explican las posiciones que se han adoptado en la medición del recinto.

### 6.3.2.2.2. Datos obtenidos.

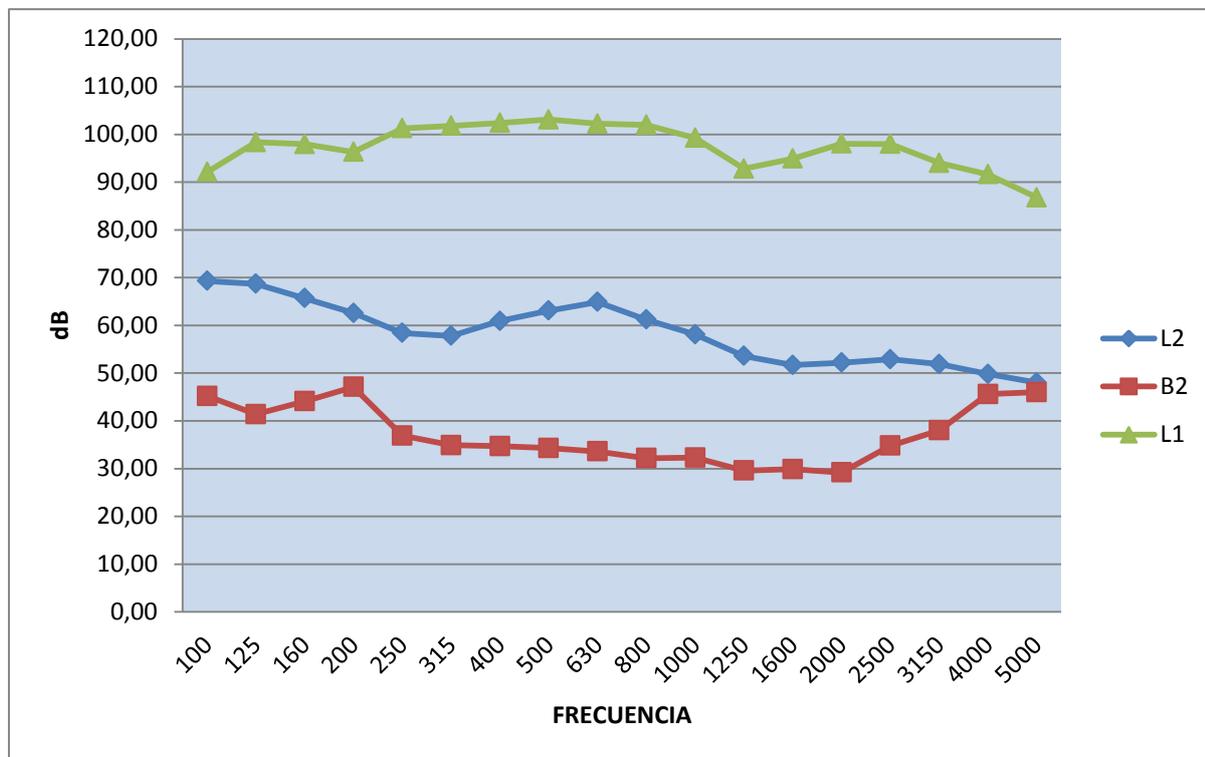


Figura 40. Gráfico de niveles L1, L2, B2.

Examinando el gráfico se comprueba que el valor L1 es muy elevado en el interior de la sala. Por otra parte el L2 adopta diferencias de nivel mayores que en los casos anteriores, esto quiere decir que habrá menos transmisión acústica por ese elemento. En cuanto al ruido de fondo, sube su nivel en algunas zonas de bajas frecuencias y en altas frecuencias. Como se ha dicho anteriormente es una labor muy costosa la de sacar un ruido de fondo para la actividad que estamos realizando y que sea fiable.

A continuación está la tabla con los valores de los resultados de las mediciones, de los cuales se calcula el L1, L2, B2, L2 corregida con el ruido de fondo y la D.

No pudiéndose calcular la DnT, que equivale a la diferencia de niveles estandarizada entre dos locales, ya que no sabemos el tiempo de reverberación del exterior y se consideraría nulo, pasaremos a calcular el D, que es el parámetro de cálculo de la diferencia de niveles entre dos locales sin servirse del tiempo de reverberación, utilizando la siguiente fórmula:

$$D = L1 - L2 \text{ (corregida)}$$

Una vez obtenido este parámetro, se pasará a calcular el Dw mediante la curva de referencia.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA PEQUEÑA Y EXTERIOR							
f (Hz)	L1	L2	B2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	92,10	69,30	45,20	69,30	22,80	33	23
125	98,35	68,70	41,40	68,70	29,65	36	26
160	97,95	65,70	44,10	65,70	32,25	39	29
200	96,30	62,60	47,10	62,60	33,70	42	32
250	101,25	58,40	36,90	58,40	42,85	45	35
315	101,80	57,80	34,90	57,80	44,00	48	38
400	102,40	60,90	34,70	60,90	41,50	51	41
500	103,10	63,10	34,30	63,10	40,00	52	42
630	102,25	64,90	33,60	64,90	37,35	53	43
800	102,00	61,20	32,20	61,20	40,80	54	44
1000	99,25	58,10	32,30	58,10	41,15	55	45
1250	92,80	53,60	29,60	53,60	39,20	56	46
1600	94,90	51,70	29,90	51,70	43,20	56	46
2000	98,05	52,20	29,20	52,20	45,85	56	46
2500	98,00	52,90	34,80	52,90	45,10	56	46
3150	94,00	51,90	38,00	51,90	42,10	56	46
4000	91,65	49,80	45,60	49,80	41,85		
5000	86,80	48,00	46,00	48,00	38,80		
						<b>D,w</b>	<b>42</b>

Figura 41. Tabla de resultados de los cálculos.

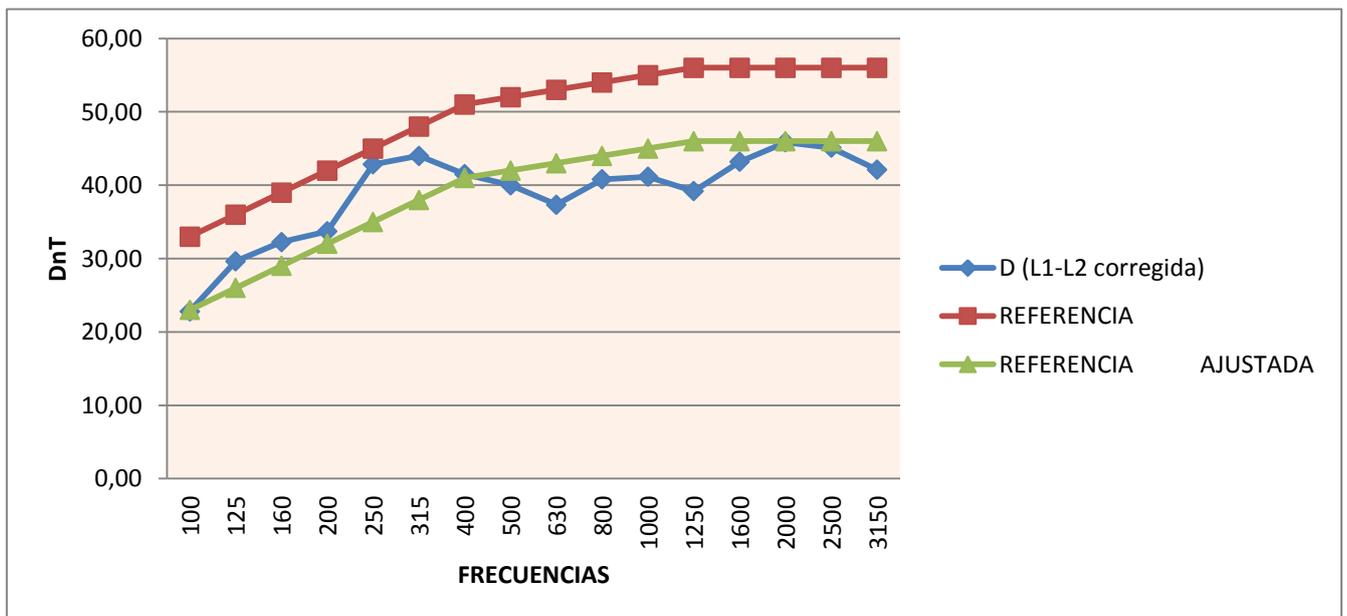


Figura 42. Gráfico resultados DnT.

Como ya se ha explicado anteriormente, contamos con un nivel de ruido exterior de 60 dB. Para el cual la norma establece como mínimo un aislamiento acústico de 30 dB.

En nuestro caso, el  $D_w$  nos resulta de 42 dB, por tanto **SI CUMPLE** con las exigencias de la normativa.

#### 7.3.4. Análisis de las particiones del aula 2.

En el aula 2 hay dos particiones por analizar, de las cuales una de ellas la separa del exterior, por tanto se deberá aplicar la norma UNE-EN ISO 140-5 para su realización. La otra partición delimita al aula con el vestíbulo, por tanto se deberá realizar basándose en la norma UNE-EN ISO 140-4.

El cerramiento que forma parte de la partición 5, equivaldría a las mismas características que en la partición 3 anteriormente calculada. Debido a que no hay una diferencia grande entre el volumen de las salas y la superficie de ventana que va a dar a la calle es la misma, se considera que no es necesario volver a hacer la medición, ya que además cumple con un valor mayor a 11 dB del valor mínimo que dice la norma.

##### 7.3.4.1. PARTICIÓN 4.

Denominaremos Partición 4 al elemento que divide el Aula 2 y el vestíbulo.

Debido a que la medición “in situ” se realiza entre locales, deberá cumplir la normativa que especifica las normas para la medición “in situ” entre locales de la norma UNE-EN ISO 140-4.



Figura 43. Fotografía partición.

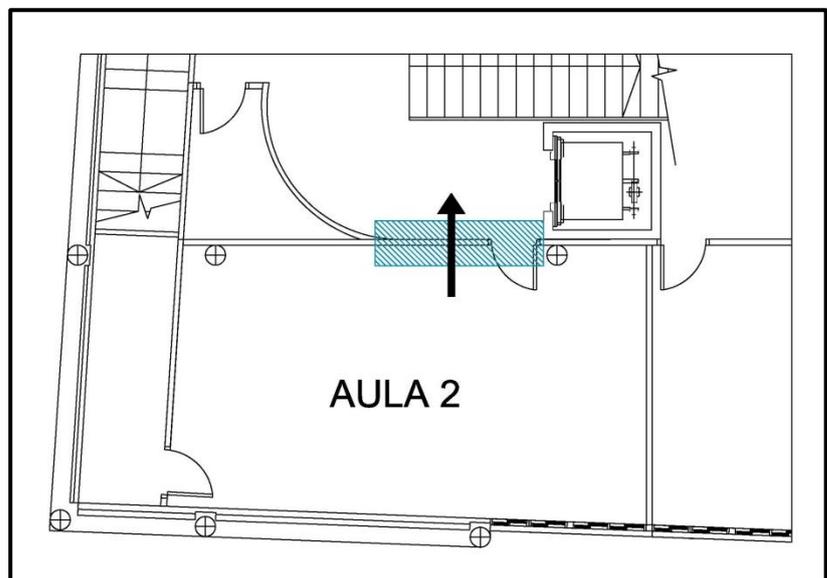


Figura 44. Plano ubicación de partición

En estas figuras se ve la fotografía de la partición real a ensayar y la ubicación de esta en el plano de proyecto.

### 7.3.4.1.1. Medición de L1, L2 y B2.

Se realizará el mismo procedimiento citado para la partición 1, teniendo en cuenta también las distancias mínimas para la separación de los elementos de medición que establece la norma.

Para la medición del L1, la fuente y el sonómetro se situarán dentro del recinto, en los puntos indicados a continuación. Para la medición del L2 y B2, la fuente quedará dentro del recinto, mientras las mediciones con el sonómetro se realizan en la parte del vestíbulo, en los puntos que se indican en las figuras.

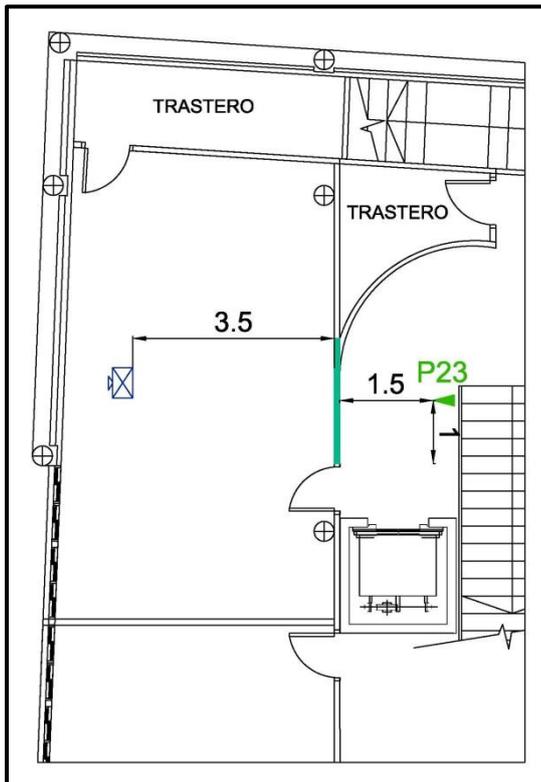


Figura 45. Posiciones L1.

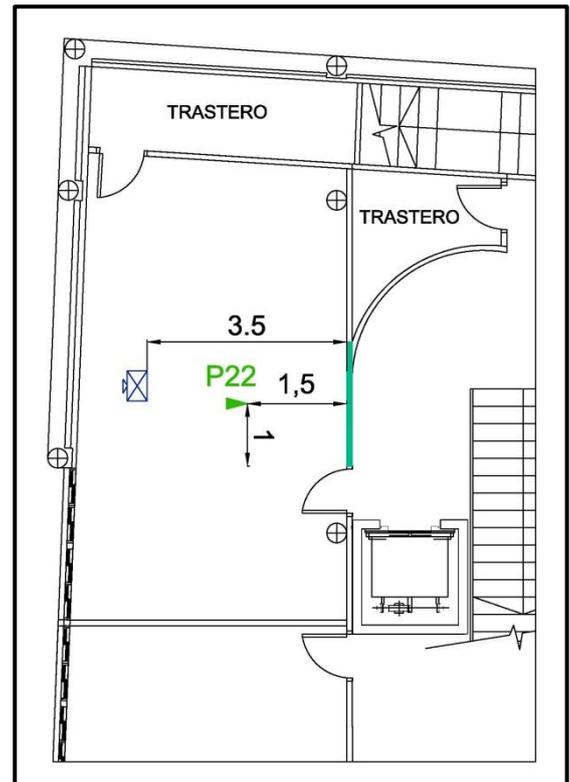


Figura 46. Posiciones L2 y B2.

Antes de iniciar el ensayo, se debe colocar con frente de la fuente un difusor de sonido para crear así un campo difuso. Como se ve en la figura estará situado en sentido opuesto al de la medición para evitar la llegada de sonido directo a ésta.

Según la medida a realizar y el nivel de intensidad del ensayo, se han cambiado los rangos de medida del sonómetro:

- Para la medición L1 (emisor): de 50 a 130 dB.
- Para la medición L2 (receptor): de 30 a 110 dB.
- Para la medición B2 (fondo): de 10 a 90 dB.

7.3.4.1.2. Datos obtenidos.

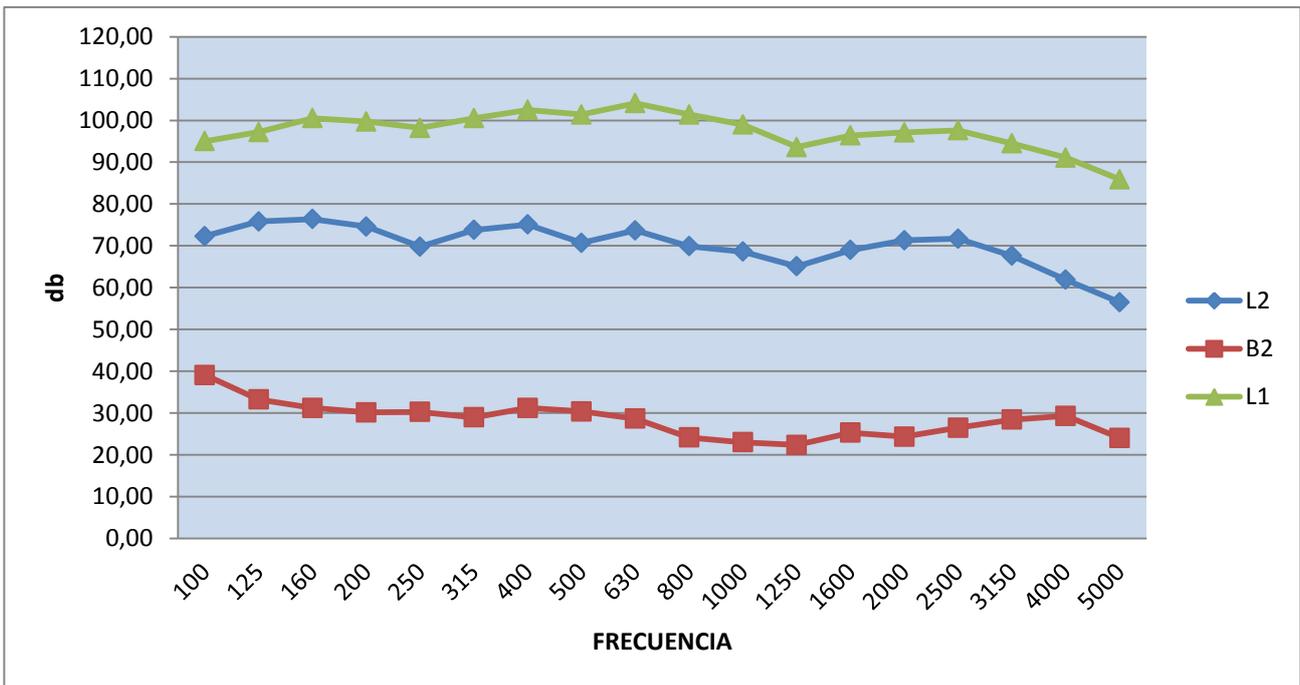


Figura 47. Gráfico de valores obtenidos de L1, L2 y B2.

Como se observa en el gráfico, obtenemos un nivel L1 bastante elevado, y su punto más elevado rondaría los 105 dB a 630 Hz. La diferencia bruta entre niveles L1 y L2 es aproximadamente de 20 dB en todas sus frecuencias. Debido a que la diferencia entre L2 y B2 es mayor a 10 dB, significa que la medición está bien hecha y en buenas condiciones, por lo tanto no será necesario aplicar ninguna corrección.

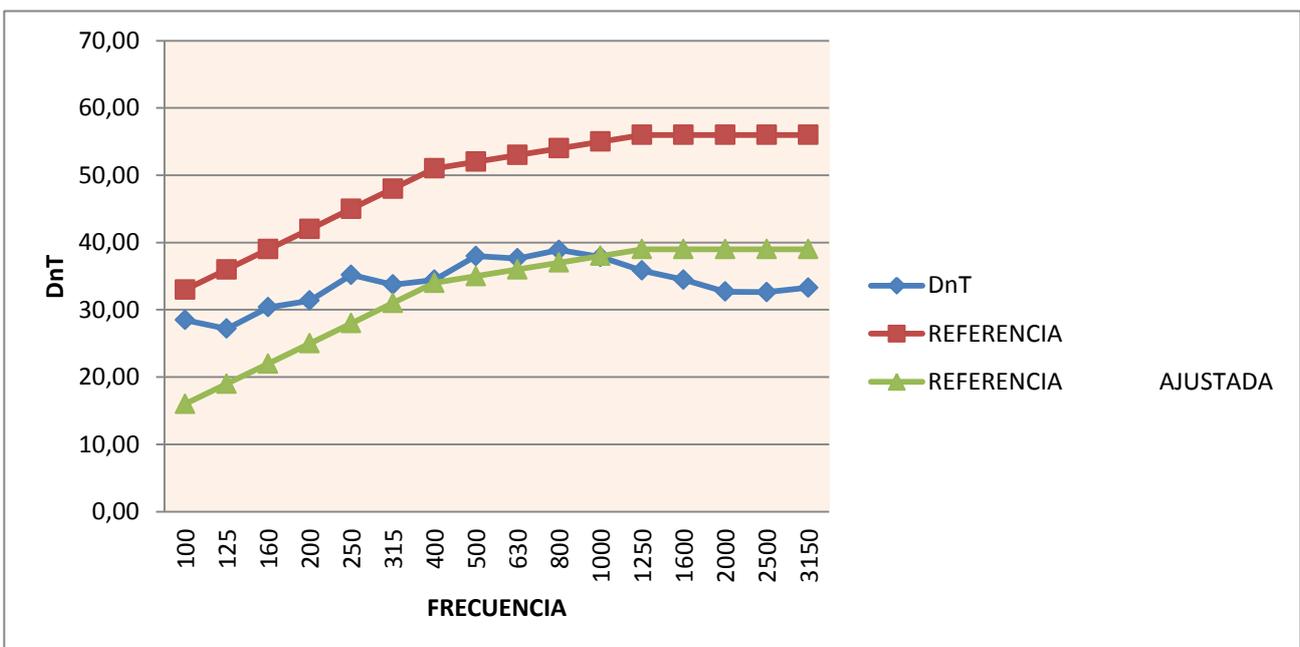


Figura 48. Gráfico de resultados de DnT.

A continuación disponemos la tabla con todos los valores calculados a partir de las fórmulas descritas al inicio del proyecto, que nos ayudan a valorar el aislamiento acústico de éste elemento.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA GRANDE Y VESTÍBULO											
f (Hz)	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	Absorción vestíbulo	R (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	95,00	72,30	39,10	1,89	72,30	22,70	28,47	29,84	15,93	33	16
125	97,20	75,80	33,27	1,90	75,80	21,40	27,19	29,70	14,65	36	19
160	100,50	76,40	31,23	2,12	76,40	24,10	30,37	26,64	17,82	39	22
200	99,70	74,60	30,17	2,11	74,60	25,10	31,36	26,70	18,81	42	25
250	98,20	69,80	30,30	2,39	69,80	28,40	35,19	23,59	22,65	45	28
315	100,50	73,80	29,00	2,52	73,80	26,70	33,73	22,36	21,19	48	31
400	102,50	75,10	31,23	2,53	75,10	27,40	34,45	22,24	21,91	51	34
500	101,40	70,70	30,40	2,67	70,70	30,70	37,98	21,10	25,44	52	35
630	104,10	73,70	28,67	2,63	73,70	30,40	37,62	21,40	25,08	53	36
800	101,40	69,90	24,17	2,74	69,90	31,50	38,89	20,57	26,35	54	37
1000	99,00	68,60	23,03	2,78	68,60	30,40	37,85	20,29	25,31	55	38
1250	93,60	65,10	22,37	2,70	65,10	28,50	35,82	20,90	23,28	56	39
1600	96,40	69,00	25,33	2,54	69,00	27,40	34,47	22,15	21,93	56	39
2000	97,10	71,30	24,37	2,44	71,30	25,80	32,69	23,08	20,15	56	39
2500	97,60	71,70	26,50	2,34	71,70	25,90	32,61	24,05	20,07	56	39
3150	94,50	67,60	28,47	2,18	67,60	26,90	33,29	25,85	20,75	56	39
4000	91,10	61,90	29,33	2,03	61,90	29,20	35,28	27,82	22,74		
5000	85,90	56,50	24,07	1,83	56,50	29,40	35,03	30,81	22,49		
										DnT,w	35

Figura 49. Tabla de resultados de la medición.

Podemos comprobar que nos ha dado un valor prácticamente igual al valor para la partición 1 del Aula 1, con las mismas características.

Dado que se trata de una partición entre un recinto protegido y habitable, la norma establece que para la separación de éstos se necesita un elemento cuyo aislamiento acústico a ruido aéreo sea DnT no menor a 50 dB, mientras que la puerta no será menor a 30 dB.

En nuestra medición nos ha dado como resultado un DnT de 35 dB, por lo tanto **NO CUMPLE** con normativa.

### 7.3.5. Análisis del forjado que separa la cafetería de la sala principal.

También debemos considerar importante el análisis del elemento separador horizontal entre la sala principal y la cafetería, considerada recinto de actividad y que por lo tanto, tal y como especifica el CTE, exige un aislamiento de 55 dB. Se deberá considerar esta medición ya que podrá ocurrir que haya un uso simultáneo de los dos recintos.

El forjado, tal y como se ha explicado en el apartado de materiales, es un forjado unidireccional realizado "in situ" con viguetas semirresistentes y bovedillas de hormigón.



### 7.3.5.2. Datos obtenidos.

Tras la realización de las mediciones y posteriormente el cálculo de los promedios para las diferentes mediciones, dan lugar a los valores del gráfico:

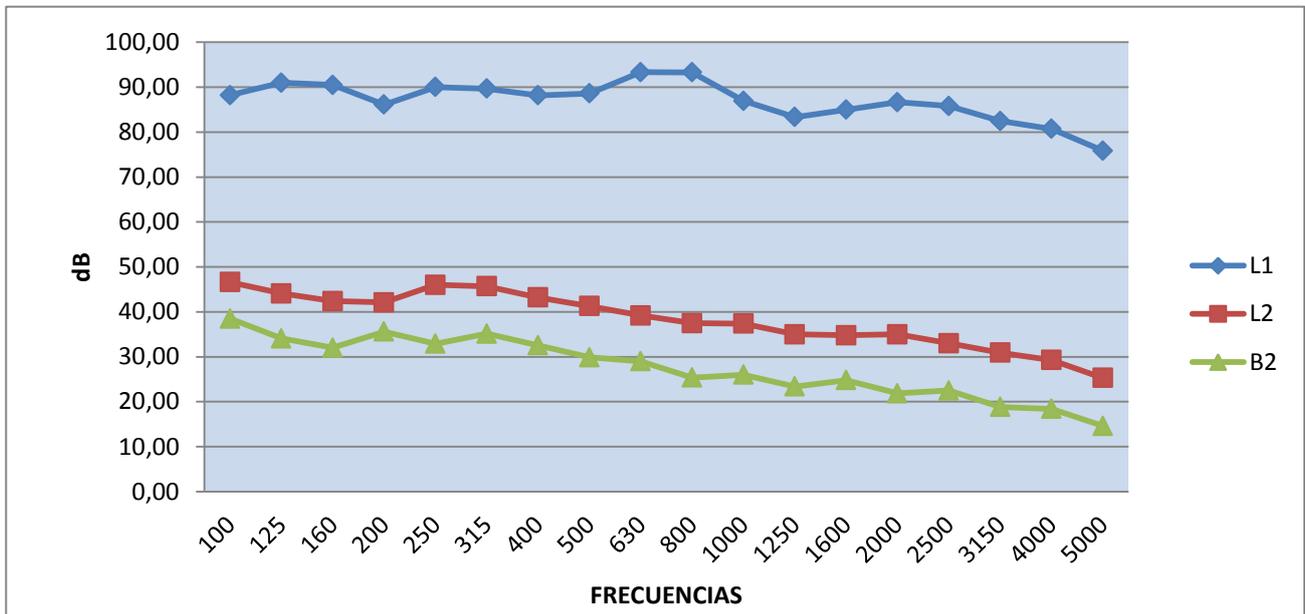


Figura 52. Gráfico de niveles L1, L2 y B2.

Según el gráfico podemos observar que hay una notable diferencia entre la curva L1 y la del local receptor L2, lo cual significa que el ruido se transmitirá menos que en los demás casos.

Por otra parte se observa que la curva obtenida para el nivel de fondo se aproxima bastante al nivel L2, y se entiende que no le afecta tanto el nivel transmitido de la zona inferior.

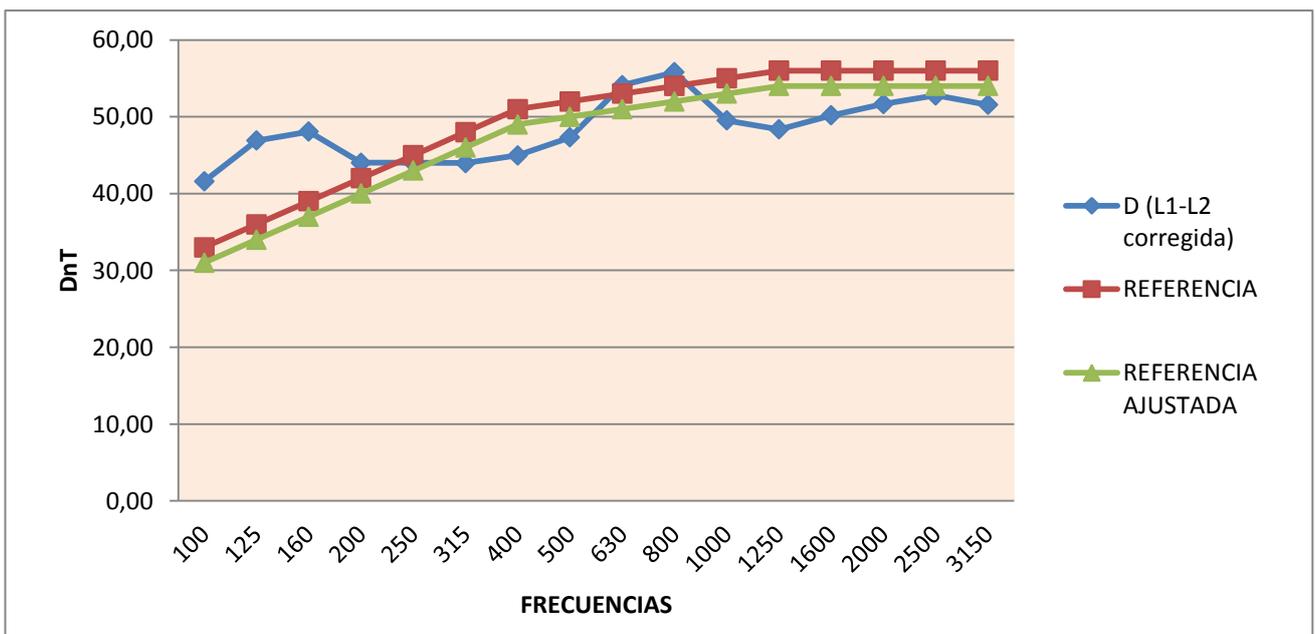


Figura 53. Gráfico de resultados DnT.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE SALA PRINCIPAL Y CAFETERÍA							
FRECUENCIA	L1	L2	B2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	88,20	46,60	38,50	50,60	41,60	33	31
125	91,00	44,10	34,09	44,10	46,90	36	34
160	90,47	42,40	32,01	42,40	48,07	39	37
200	86,11	42,10	35,62	46,50	44,01	42	40
250	90,01	46,00	32,91	46,00	44,01	45	43
315	89,68	45,70	35,16	45,70	43,98	48	46
400	88,17	43,20	32,54	43,20	44,97	51	49
500	88,61	41,30	29,87	41,30	47,31	52	50
630	93,32	39,20	29,00	39,20	54,12	53	51
800	93,30	37,50	25,36	37,50	55,80	54	52
1000	86,92	37,40	26,01	37,40	49,52	55	53
1250	83,36	35,00	23,40	35,00	48,36	56	54
1600	84,98	34,80	24,80	34,80	50,18	56	54
2000	86,66	35,00	21,86	35,00	51,66	56	54
2500	85,78	33,00	22,50	33,00	52,78	56	54
3150	82,45	30,90	18,85	30,90	51,55	56	54
4000	80,70	29,30	18,40	29,30	51,40		
5000	75,85	25,30	14,60	25,30	50,55		
						<b>D,w</b>	<b>50</b>

Figura 54. Tabla de resultado de las mediciones.

Ya que no se ha podido ensayar el tiempo de reverberación de la cafetería, obtenemos los valores de D,w, que sería la diferencia bruta entre los valores de L1 y L2. De esta forma podemos hacernos una idea aproximada de la absorción acústica del material.

El resultado nos da un D,w del material igual a 50 dB. La norma establece un DnT de 55 dB para la separación de dichos recintos, por lo tanto **NO CUMPLE** esta condición. Cabe saber que dependiendo del tiempo de reverberación que tenga la cafetería este valor podrá bajar o subir.

Como conclusión a este apartado, se realiza una tabla de resultados finales para comprobar el cumplimiento de las exigencias del CTE HR.

DnT			
ZONA	VALOR "IN SITU"	EXIGENCIA CTE	CONCLUSIÓN
Partición sala principal	31	60 (ordenanza)	No cumple
Puerta sala principal	27	30	No cumple
Partición 1	34	50	No cumple
Partición 2	40	50	No cumple
Partición 3	42	30	Cumple
Partición 4	35	50	No cumple
Partición 5	42	30	Cumple
Forjado	50	55	No cumple

Figura 55. Tabla conclusión de resultados.

## 8. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.



### 8.1. OBJETIVOS DE LA PRUEBA.

El objeto de este estudio es poder cuantificar la reverberación en un recinto, haciendo mayor hincapié en la sala principal, donde puede mostrarse un mayor interés en saber el valor de este parámetro ya que es la sala de mayor volumen y donde se realizan los eventos.

Se define el tiempo de reverberación a una frecuencia determinada como el tiempo que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora cae 60 dB respecto del valor inicial.

A partir de la obtención del TR, podremos obtener distintos parámetros que definan la calidad de la sala en cuanto a su sonoridad, ya sea la claridad C80, definición D50, intimida, etc. Dichos parámetros se pueden obtener con el software Dirac.

### 8.2. MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO.

Para realizar esta prueba seguiremos la Norma UNE-EN ISO 3382-2 2008 “Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios”, para el método de respuesta impulsiva integrada. Para ello necesitamos una serie de instrumentos, los cuales son proporcionados por el departamento de Física aplicada. Estos aparatos han sido definidos y explicadas sus características en el apartado de *Instrumentación*, y son: un ordenador portátil con el software dedicado al campo de laboratorio de acústica Dirac 3.0 Type conectado a un amplificador y a un acondicionador de señal externo, que a su vez está conectado a un preamplificador con un micrófono de condensador prepolarizado de precisión. En la figura se muestra la disposición de montaje de aparatos.

### 8.3. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DE LA SALA PRINCIPAL.

Vamos a estudiar de una manera más exhaustiva el tiempo de reverberación de la sala principal, tanto como para los espectadores, como para la zona de escenario.

#### 8.3.1. Descripción de la prueba.

En nuestro recinto realizaremos dos pruebas: en la primera se tomará 15 mediciones en la zona de audición, es decir, para saber el tiempo de reverberación de los espectadores. Mientras que por otra parte se realizarán 5 mediciones en el escenario, ya que como se ha descrito al principio de este proyecto, los músicos aclaran que ellos “no se oyen”.

Para empezar esta prueba colocaremos el altavoz en el medio de la zona (*figura 1*) de escenario, y enfocada al público, de forma contraria al método para el cálculo del aislamiento. Se hará un recorrido de puntos a estudiar por toda la sala, teniendo en cuenta que las posiciones entre micrófonos tienen que estar separadas cada una de ellas al menos 2 metros para el rango de frecuencias habitual.

A continuación se muestra la disposición y montaje de los aparatos en la sala.



*Figuras 1 y 2. Disposición de los aparatos.*

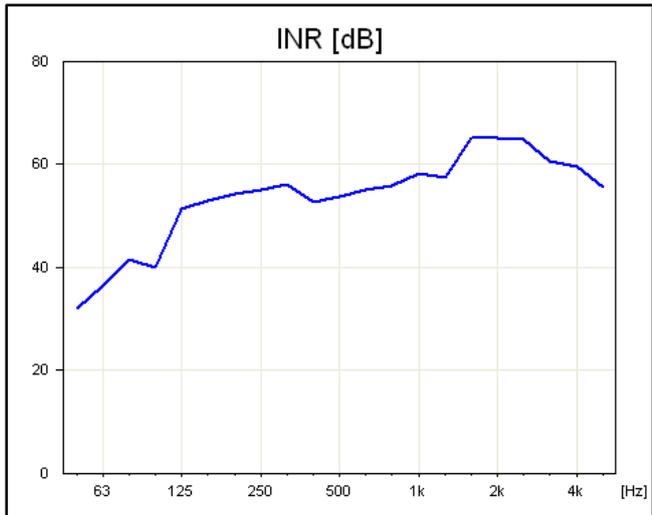
Una vez conectados de forma correcta todos los aparatos, procedemos a iniciar el software Dirac 3.0 el cual nos proporcionará unos determinados sonidos. La idoneidad de estos viene definida en la norma como unos impulsos producidos por chispazos, salvas de ruido, barridos sinusoidales o secuencias de longitud máxima como señales. En nuestro caso utilizamos el modo e-Sweep, el cual produce un barrido de todas las frecuencias, dando mayor tiempo a los graves para su mejor captación, para poder obtener sus tiempos de reverberación.

Una vez posicionado el micro y habiendo escogido el modo correcto, se comprueba mediante la opción test, que con el nivel del amplificador, el micrófono no produzca saturación en la muestra puesto que esto sería poco beneficioso para la misma. Esta posición será la más cercana a la fuente, es decir, en un punto a medir sobre el escenario, ya que será la más afectada por el nivel de sonido del amplificador.

A continuación presionamos Start, produciéndose una serie de sonidos repetidos en escala de frecuencias, o lo que la norma menciona excitación del recinto, con la cual la fuente impulsiva.

Este procedimiento se repite en todos y cada uno de los puntos señalados anteriormente y asegurándonos en cada medición que el parámetro INR en todas las frecuencias se encuentra por encima de 40 para garantizarnos una correcta medición, tal como se muestra en la figura referente a la medición realizada en el primer caso.

De esta forma iremos realizando mediciones y desplazando de posición al micrófono para realizar cada una de ellas. A medida que se realice una medición, ésta se guardará en la base de datos del ordenador y se seguirá el proceso hasta haber realizado todos los puntos.



Figuras 3. INR del punto 1.

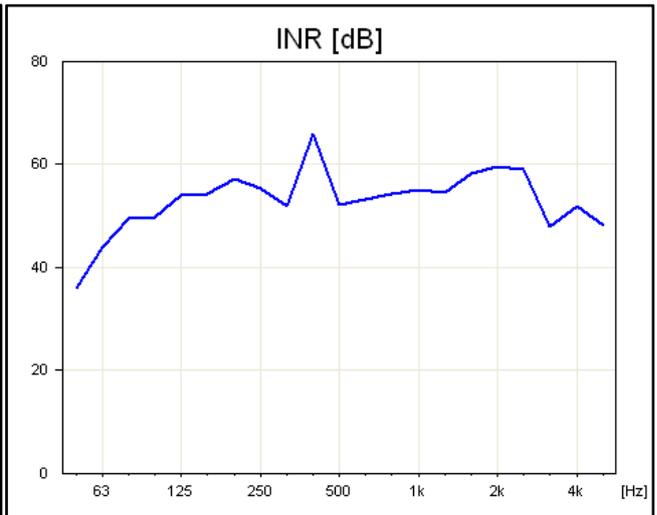


Figura 4. INR del punto 16.

Las figuras son los INR de las mediciones de los puntos más cercanos a la fuente, para el cálculo del tiempo de reverberación en el escenario y en la zona de espectadores, concretamente los puntos 1 y 16, que a continuación se verá su ubicación. Para que sea una medición buena, a la hora de configurar la potencia que emite desde el ordenador, se debe cuidar que la curva vaya por arriba de los 40 dB. Estas gráficas están correctas ya que la curva INR de ambas sobrepasa los 40.

### 8.3.2. Estudio de la zona destinada a espectadores.

Ya que la sala es completamente simétrica, tal y como se ve en los planos, no será necesario realizar mediciones en la totalidad de la sala, sino en la mitad de butacas de la audiencia. Se realizan 15 mediciones para ésta estudio, tal y como indica la figura sombreada:

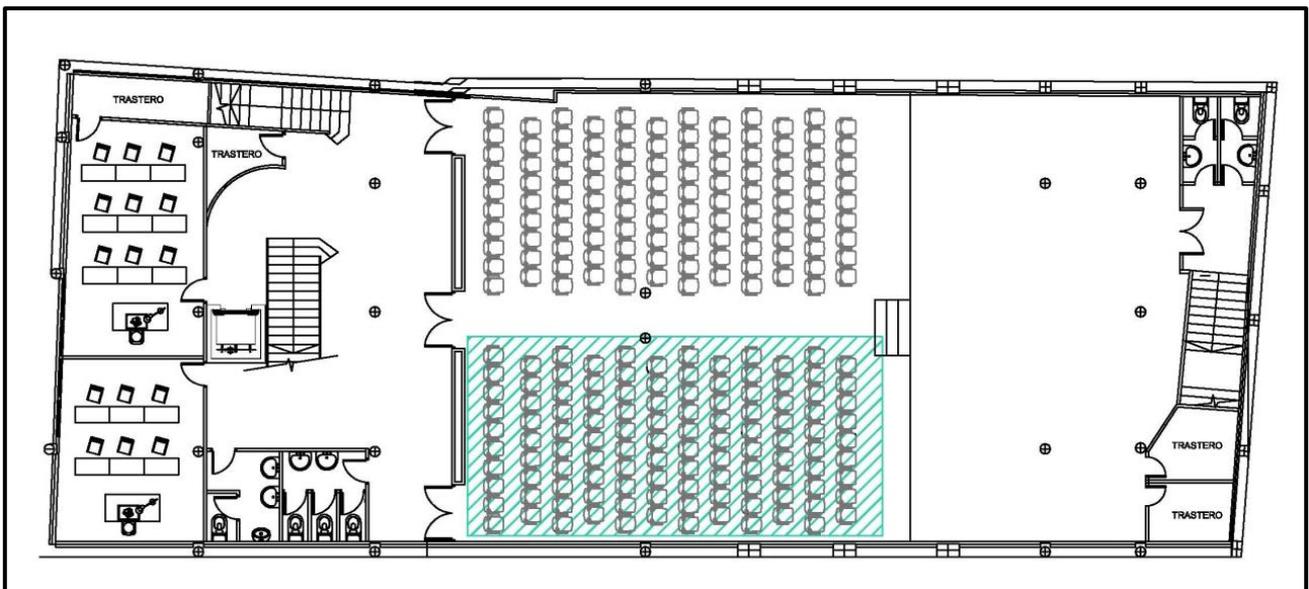


Figura 5. Señalización de zona de estudio.

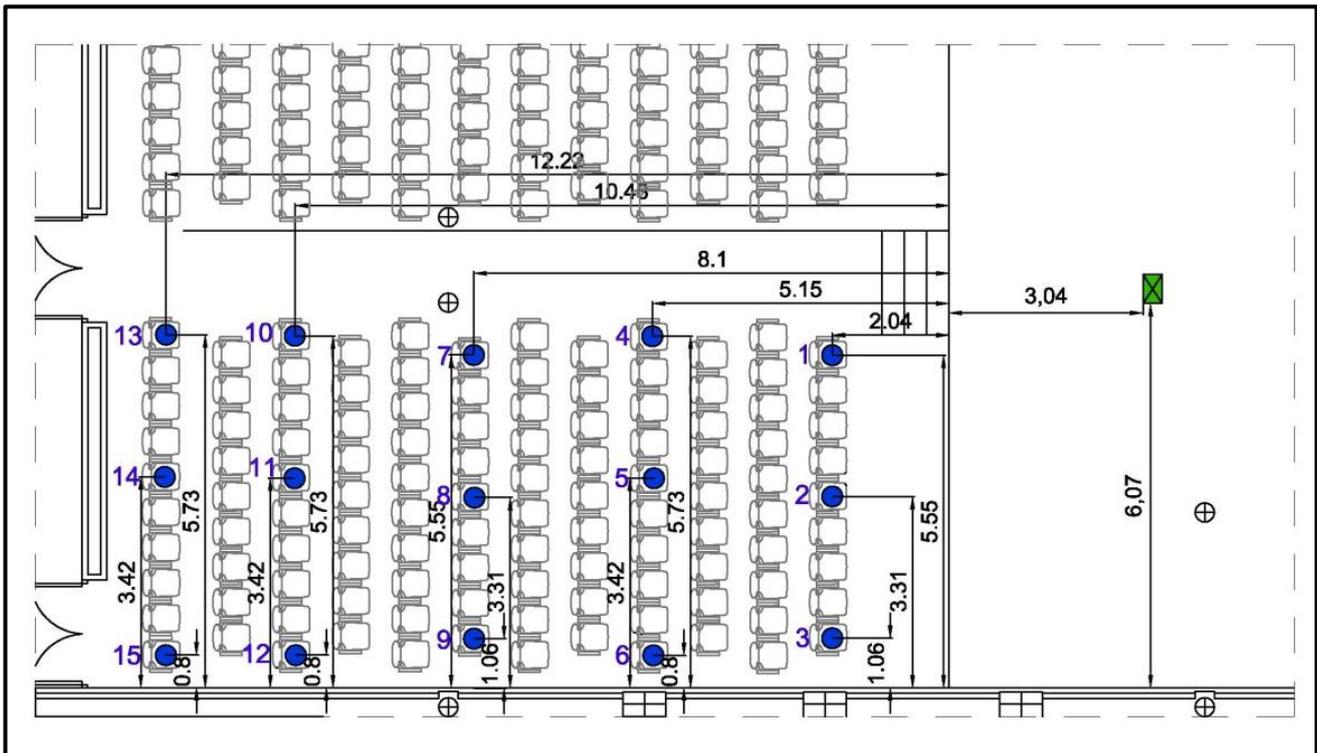


Figura 6. Posición de los micrófonos.

En la *figura 6* se observan las posiciones de las mediciones acotadas y separadas a una distancia mayor a dos metros. De esta manera, en caso de obtener una muestra con resultados dispares al resto, se puede reconocer la posición para así volver a realizar la prueba.

Se intenta hacer un estudio de toda esa zona, por esa razón se enumeran tantos puntos, para poder así recoger la sala y calcular el tiempo de reverberación del conjunto.

### 8.3.2.1. Datos obtenidos.

Una vez tomadas todas las muestras “in situ” y habiendo seguido la metodología señalada en la normativa, debemos extraer y procesar los datos obtenidos mediante el software Dirac 3.0, ya que no solo nos da los parámetros referentes al T20, sino una variedad de parámetros indicadores de la calidad acústica de la sala.

Cada punto analizado tendrá un tiempo de reverberación, pero ya que queremos sacar el tiempo de la sala conjunta, realizaremos la curva tonal a partir de todos los puntos estudiados. Para ello los datos del T20 se extraen del programa Dirac y se insertan en la tabla Excel para realizar la media de las muestras de cada una de las frecuencias. De esta forma podemos obtener la curva tonal que se corresponde con la *figura 7*.

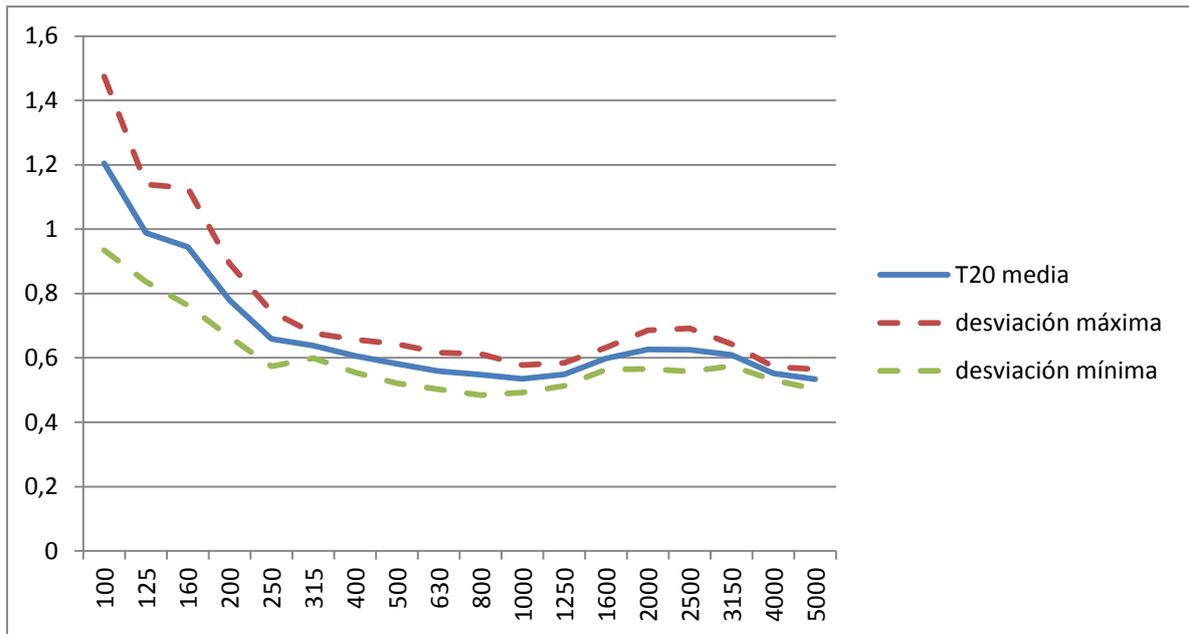


Figura 7. Curva tonal zona espectadores.

De este gráfico podemos decir que se trata de una sala “seca” y el tiempo de reverberación es muy bajo. En frecuencias altas el TR se encuentra oscilando los 0,6 segundos, sin embargo hay una diferencia notable en bajos ya que la curva se eleva hasta alcanzar los 1,2 segundos a 100 Hz. La desviación estándar siempre es mayor en bajos, en agudos suele ser muy pequeña, por lo tanto la gráfica es correcta.

Para comprobar si el tiempo de reverberación de la sala cumple con el CTE, se calcula TRmid, siendo el tiempo de reverberación medio para las frecuencias de 500 y 1000 Hz.

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (SALA VACÍA)																	
f (Hz)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Promedio T2 (s)	
100	1,36	1,35	1,34	1,38	0,91	1,17	1,18	0,77	0,76	1,68	0,94	1,47	1,17	1,14	1,48	1,21	
125	0,99	1,02	1,25	1,02	1,08	0,97	1,06	1,12	1,04	1,09	1,00	0,78	0,99	0,76	0,67	0,99	
160	0,86	1,22	0,86	0,96	0,92	0,78	0,79	1,07	0,76	0,78	0,92	1,31	0,83	1,24	0,87	0,94	
200	0,78	0,80	1,02	0,73	0,71	0,87	0,69	0,85	0,82	0,89	0,71	0,82	0,70	0,77	0,52	0,78	
250	0,77	0,73	0,56	0,70	0,78	0,48	0,68	0,70	0,58	0,65	0,58	0,68	0,72	0,72	0,59	0,66	
315	0,61	0,72	0,66	0,66	0,66	0,59	0,60	0,58	0,62	0,61	0,66	0,63	0,65	0,68	0,64	0,64	
400	0,66	0,56	0,68	0,69	0,65	0,61	0,61	0,62	0,63	0,61	0,58	0,54	0,61	0,52	0,55	0,61	
500	0,54	0,65	0,62	0,60	0,64	0,60	0,67	0,51	0,62	0,61	0,51	0,61	0,58	0,50	0,48	0,58	
630	0,52	0,69	0,45	0,51	0,54	0,61	0,61	0,55	0,56	0,56	0,55	0,61	0,51	0,54	0,58	0,56	
800	0,63	0,48	0,58	0,50	0,55	0,49	0,62	0,56	0,60	0,57	0,61	0,42	0,50	0,48	0,63	0,55	
1000	0,53	0,53	0,60	0,47	0,51	0,51	0,59	0,50	0,55	0,48	0,61	0,57	0,55	0,49	0,55	0,53	
1250	0,60	0,53	0,61	0,54	0,56	0,57	0,54	0,46	0,52	0,54	0,54	0,55	0,59	0,52	0,57	0,55	
1600	0,58	0,59	0,62	0,68	0,57	0,58	0,64	0,57	0,60	0,62	0,62	0,56	0,58	0,61	0,56	0,60	
2000	0,75	0,77	0,58	0,64	0,58	0,64	0,61	0,66	0,61	0,62	0,59	0,57	0,56	0,63	0,60	0,63	
2500	0,82	0,70	0,65	0,67	0,61	0,62	0,59	0,60	0,62	0,57	0,62	0,57	0,56	0,61	0,58	0,63	
3150	0,68	0,58	0,59	0,67	0,64	0,63	0,57	0,59	0,59	0,61	0,62	0,58	0,62	0,58	0,59	0,61	
4000	0,56	0,52	0,55	0,53	0,54	0,58	0,52	0,60	0,55	0,55	0,56	0,57	0,54	0,57	0,57	0,55	
5000	0,51	0,52	0,48	0,53	0,47	0,58	0,56	0,54	0,55	0,52	0,56	0,56	0,54	0,54	0,56	0,53	
																Tr mid	0,56

Figura 8. Tabla de valores de TR obtenidos en el ensayo.

El tiempo de reverberación calculado en la tabla es a sala vacía y obtenemos un  $T_{rmid}$  de 0.56 segundos. Es un parámetro bajo para estar hablando de la zona de espectadores a sala vacía ya que al calcular el  $T_{rmid}$  a sala llena bajará debido a la absorción de las personas.



Las butacas removibles influyen en este aspecto ya que están forradas con material absorbente, por lo que al calcular el  $T_{rmid}$  a sala vacía, éstas ya absorben el sonido. Dicho esto, no se debería realizar el cálculo a sala llena dándole a cada persona el coeficiente de absorción que tiene, ya que en el cálculo anterior ya ha influido la absorción de la tapicería de las sillas. De modo que se le atribuye a cada persona un coeficiente de absorción más bajo que el habitual, de forma que el tiempo de reverberación variará de forma escasa.

De esta forma no le daremos importancia al  $T_{rmid}$  a sala llena ya que varía muy poco y cogeremos el valor de 0,56 para realizar las adaptaciones ya que de todas maneras este valor es más restrictivo.

Figura 9. Sillas sala principal.

La figura 9 presenta la fotografía de las sillas removibles del público, y en la que se observa que su tapicería es de material absorbente.

### 8.3.2.2. Conclusiones.

Mediante este estudio podemos comprobar que los músicos tenían razón en cuanto a que “el sonido no se transmite por el público.” Por tanto deberemos realizar una propuesta de actuación en la cual diseñemos los materiales para que favorezcan las reflexiones y disponer de material reflectante.

El tiempo de reverberación está relacionado no solo con la viveza acústica de una sala, sino también con la calidez y el brillo de la misma.

#### La calidez (BR).

Se dice que una sala tiene calidez acústica si presenta una buena respuesta a frecuencias bajas. La palabra calidez representa la riqueza en graves, la suavidad y la melosidad de la música en la sala. Viene expresada con la siguiente fórmula:

$$BR = \frac{RT(125\text{ Hz}) + RT(250\text{ Hz})}{RT(500\text{ Hz}) + RT(1\text{ kHz})}$$

$$BR = (0,99+0,66)/(0,58+0,53) = 1,48.$$

La calidez debe estar comprendida entre  $1,10 \leq BR \leq 1,25$  para la música y  $BR = 1$  para la palabra.

El valor de nuestra sala es  $> 1$ , por lo tanto significa que tiene buena respuesta a frecuencias bajas, tal y como muestran las gráficas anteriores de la curva tonal se aprecia como en frecuencias bajas el sonido “aguanta más” que en las altas, que desaparecen rápidamente. Es bueno ya que el valor nos da mayor a 1, pero se sobrepasa de los límites establecidos para la música y mucho más para la palabra.

### El brillo (Br).

Por otra parte, el término brillante se ha elegido como indicativo de que el sonido en la sala es claro y rico en armónicos. Por definición, el brillo Br de una sala es la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias altas (2 kHz y 4 kHz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1 kHz).

$$\text{Br} = \frac{\text{RT (2 kHz)} + \text{RT (4 kHz)}}{\text{RT (500 Hz)} + \text{RT (1 kHz)}}$$

$$\text{Br} = (0,63+0,55)/(0,85+0,53) = 0,855.$$

Obtenemos un brillo de 0,85, debiendo ser  $\text{Br} \geq 0.87$ . Por lo tanto, el valor del brillo de nuestra sala no cumple con lo establecido pero se acerca mucho a este valor. Así que entendemos que tiene una cierta claridad en armónicos aceptable.

### 8.3.3. Estudio de la zona destinada a los músicos.

Es necesario analizar separadamente la zona de escenario, ya que los parámetros son diferentes para los músicos. Y de esta forma, si tuviéramos que actuar sobre este aspecto y decidiéramos por ejemplo, colocar una concha en el escenario, sonaría diferente para los músicos que para la audiencia.

En esta parte analizamos la zona del escenario, pero como en el caso anterior, ésta es simétrica, bastará realizar el ensayo en la mitad de su superficie, tal y como indica la figura.

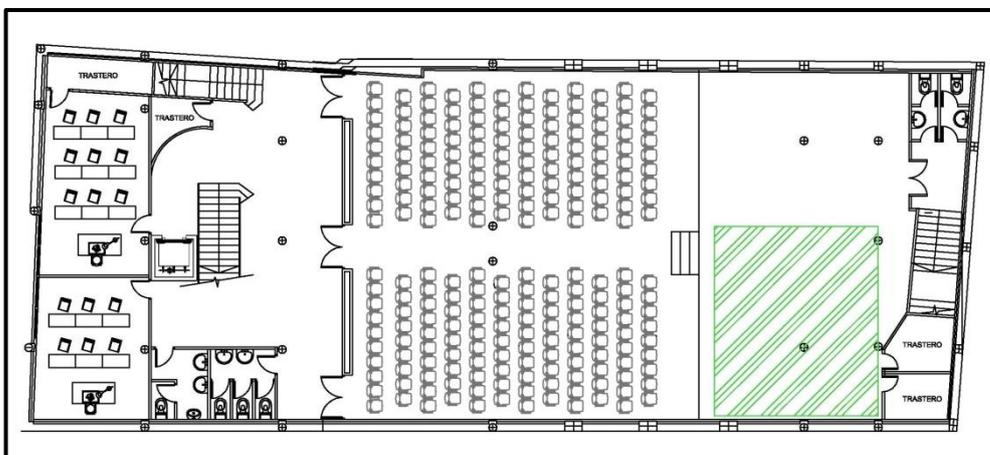


Figura 10. Situación de la zona de estudio.

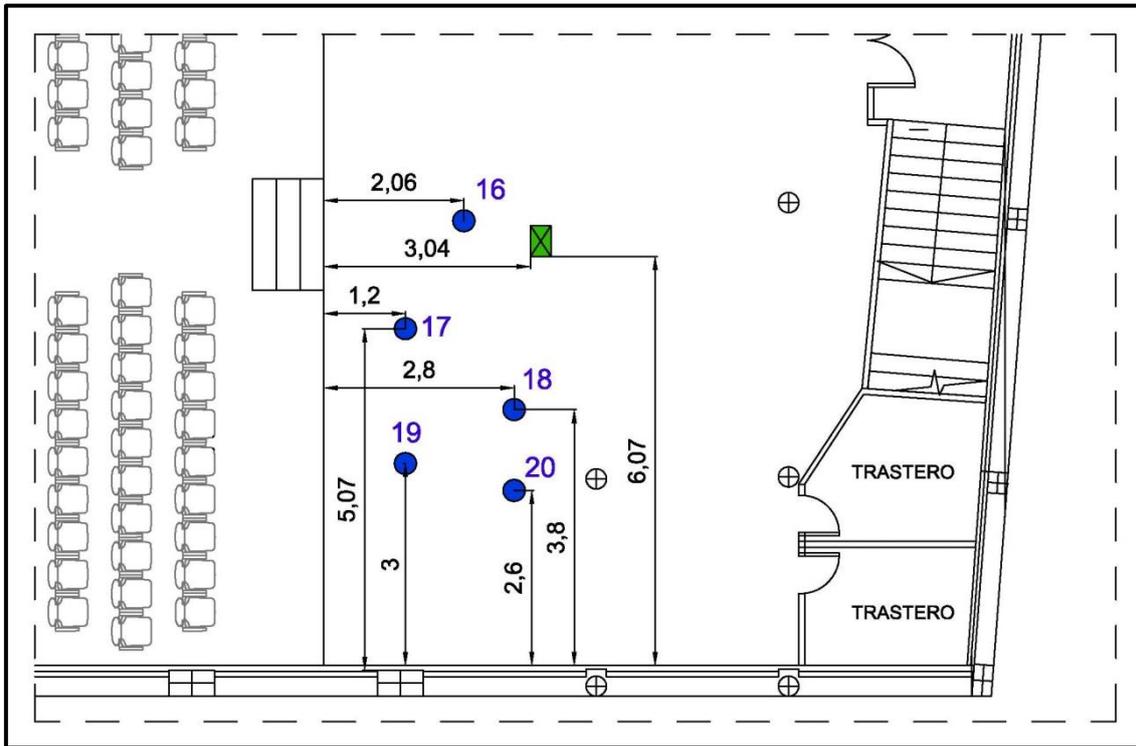


Figura 11. Posición de micrófonos en escenario.

**8.3.3.1. Datos obtenidos.**

Una vez realizadas las mediciones, éstas se pasan a Excel para poder realizar los cálculos y sacar la curva tonal y el Trmid.

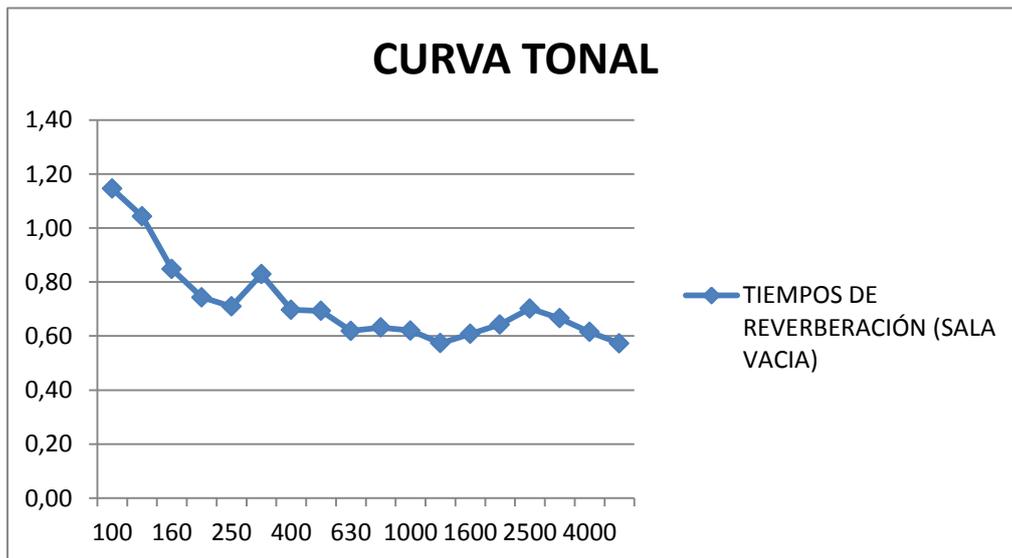


Figura 12. Curva tonal para la zona escenario.

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (SALA VACIA)						
FRECUENCIA	16	17	18	19	20	Promedio T2 (s)
100	1,073	0,967	1,188	1,164	1,338	1,15
125	0,928	1,048	0,757	1,144	1,341	1,04
160	0,752	0,861	0,803	0,92	0,902	0,85
200	0,712	0,664	0,685	0,798	0,858	0,74
250	0,747	0,691	0,529	0,752	0,83	0,71
315	0,825	0,751	0,901	0,754	0,913	0,83
400	0,743	0,773	0,68	0,614	0,675	0,70
500	0,611	0,679	0,901	0,605	0,669	0,69
630	0,666	0,666	0,568	0,568	0,627	0,62
800	0,715	0,692	0,581	0,565	0,604	0,63
1000	0,586	0,649	0,639	0,634	0,594	0,62
1250	0,656	0,548	0,557	0,562	0,545	0,57
1600	0,728	0,6	0,495	0,621	0,595	0,61
2000	0,66	0,742	0,615	0,608	0,588	0,64
2500	0,711	0,704	0,679	0,704	0,71	0,70
3150	0,649	0,756	0,645	0,635	0,645	0,67
4000	0,632	0,607	0,579	0,647	0,611	0,62
5000	0,633	0,576	0,594	0,577	0,484	0,57
					Tr mid	0,66

Figura 13. Tabla de valores obtenidos y resultado Trmid.

Los valores ideales para estos usos serían:

- Teatro: 1 – 1,2.
- Música de cámara: 1,2 – 1,7.
- Salas multiusos: 1,2 – 1,5.

### 8.3.3.2. Conclusiones.

Nuestro valor obtenido a sala vacía es 0,66 s. Por lo tanto, una vez estén situados los músicos en el escenario el TR bajará, de forma que el valor todavía será menor.

Aunque su uso pueda ser actuaciones de bandas de música, que ya se ha citado que para éstas no se necesita un alto tiempo de reverberación ya que están hechas para actuar al aire libre, su TR es demasiado bajo.

Obteniendo este valor y lo citado anteriormente, respecto a que los músicos “deben oír lo que están tocando”, se realizará una actuación en esta zona para incrementar el TR, acondicionándola con materiales más reflectantes.

**La calidez (BR).**

$$BR = (1,04+0,71)/(0,69+0,62) = 1,33.$$

La calidez debe estar comprendida entre  $1,10 \leq BR \leq 1,25$  para la música y  $BR = 1$  para la palabra.

La calidez en es, en este caso, inferior a la obtenida anteriormente para la zona de audiencia. Por tanto, se acerca más al valor recomendable, pero sigue siendo demasiado para la palabra.

**El brillo (Br).**

$$Br = (0,64+0,62)/(0,69+0,62) = 0,96.$$

Obtenemos un brillo de 0,96, debiendo ser  $Br \geq 0,87$ . Por tanto, podemos decir que es una zona rica en armónicos, ya que cumple con los valores recomendados y tampoco sobrepasa 1.

**8.4. ANÁLISIS DE PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA SALA PRINCIPAL.****8.4.1. Claridad C80.**

También llamada claridad musical, indica la idoneidad que presenta una sala frente al sonido que es emitido por la música. Conceptualmente indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrante de una composición musical.

Según Cremer, el C80 es la relación entre la energía sonora que llega al oyente los primeros 80 ms durante los primeros 80 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los primeros 80 ms.

$$C_{80} = \frac{\text{Energía hasta 80 ms}}{\text{Energía a partir de 80 ms}} \quad (\text{en dB})$$

Del mismo programa Dirac obtenemos valores del C80 de las muestras obtenidas para ambos casos. La gráfica que se muestra (figura 14), hace referencia a la media de las 15 medidas realizadas para la zona de espectadores.

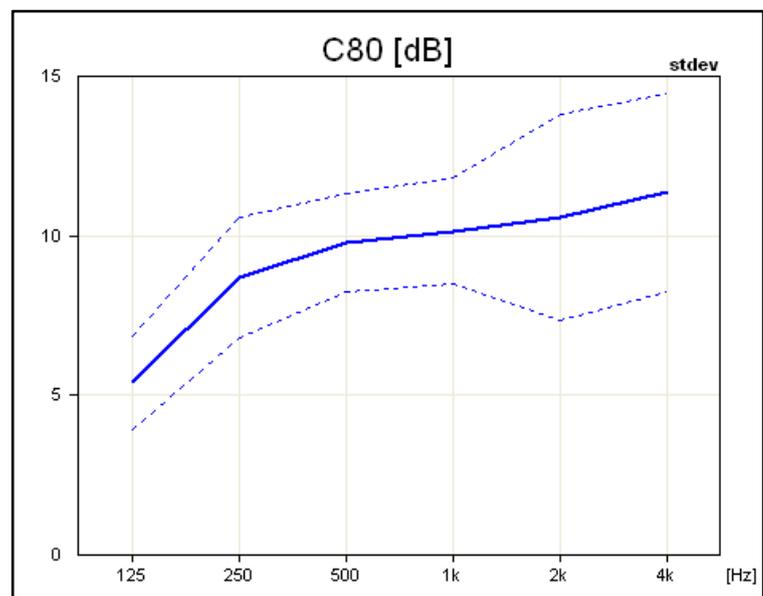


Figura 14. Gráfico C80 para audiencia, media de todas las muestras.

A continuación se muestra el mismo gráfico pero para la zona de escenario.

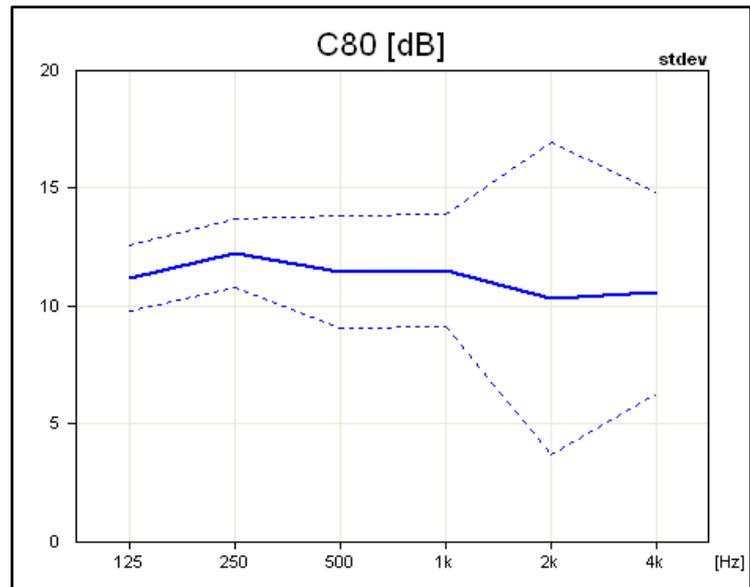


Figura 15. Gráfico C80 para escenario, media de todas las muestras.

La línea gruesa define la media de todas las muestras, mientras que las líneas discontinuas son las desviaciones estándar.

Beranek recomienda para la sala vacía que el valor medio de los C80 correspondientes a las bandas de 500 Hz, 1 kHz y 2 kHz (denominado “music average”) se sitúe preferentemente entre:

$$-4 \leq C80(3) \leq 0 \text{ dB}$$

Por tanto, podemos decir que nuestros valores sobrepasan considerablemente los valores recomendados por Beranek. Para nuestro caso se divide un valor mayor (energía hasta 80 ms) entre un valor considerablemente menor (energía a partir de 80 ms). Y ya que nos sigue dando un resultado de valor mayor a 0, esto significará que toda la energía que llega, se emitirá toda hasta los 80 ms, mientras que la otra energía se perderá debido a que la sala la absorbe y el sonido no llega de vuelta al público.

Por lo dicho y por los valores obtenidos, la sala principal es una sala poco reverberante, con excesivo material absorbente y en la que se deberá actuar para hacer disminuir este parámetro estudiado.

#### 8.4.2. Claridad C50.

La definición D50 o claridad C50, tiene cierta similitud con la claridad C80, ya que su definición es prácticamente la misma, solo que esta tiene en cuenta la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los primeros 50 ms.

$$C_{50} = \frac{\text{Energía hasta 50 ms}}{\text{Energía a partir de 50 ms}} \text{ (en dB)}$$

A continuación se presentan las gráficas sacadas con el programa Dirac y se analiza este parámetro.

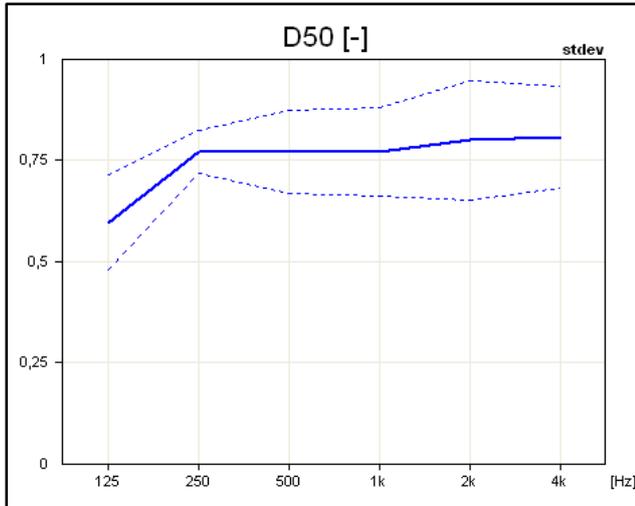


Figura 16. D50 zona audiencia.

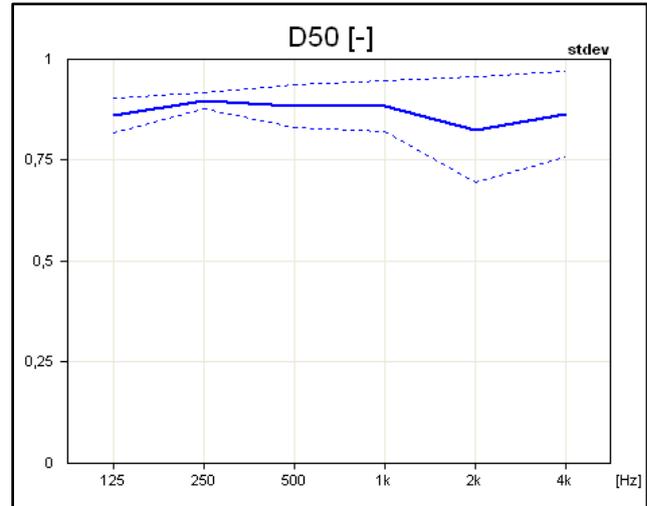


Figura 17. D50 zona escenario.

Aunque se expresa de la forma anterior, en escala logarítmica, L.G. Marshall nos dice que debe calcularse como la media aritmética de las bandas de 500, 1000, 2000 y 4000 kHz de manera ponderada:

$$C50 \text{ (speech average)} = 0.15 \times C50 \text{ (500Hz)} + 0.25 \times C50 \text{ (1kHz)} + 0.35 \times C50 \text{ (2kHz)} + 0.25 \times C50 \text{ (4kHz)}$$

L.G. Marshall nos dice que el valor obtenido debe ser mayor que 2.

$$C50 \text{ (audiencia)} = 0.15 \times 0.76 + 0.25 \times 0.76 + 0.35 \times 0.8 + 0.25 \times 0.8 = 0.784 \text{ dB.}$$

$$C50 \text{ (escenario)} = 0.15 \times 0.88 + 0.25 \times 0.88 + 0.35 \times 0.88 + 0.25 \times 0.82 = 0.865 \text{ dB.}$$

Obtenemos un resultado MUY BAJO, puesto que como mínimo debería de ser 2 dB. Cuanto más bajo sea este valor, peor será la inteligibilidad de la palabra y la sonoridad en el punto considerado.

Para la zona del escenario obtenemos un valor mínimamente superior al anterior, pero los dos valores son bajos y, por tanto, nos dice que la sala principal tiene una mala inteligibilidad de la palabra así como sonoridad.

#### 8.4.3. EDT.

El 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.

Está más relacionado con la impresión subjetiva de viveza que el RT, utilizado tradicionalmente. Esto significa que, en todos aquellos puntos de una sala con un EDT significativamente menor que el RT, la sala resultará, desde un punto de vista subjetivo, más apagada de lo que se deduciría del valor de RT.

Con objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala ocupada, es preciso que el valor medio de los EDT correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1 kHz sea del mismo orden que RTmid:

$$\text{EDT}_{\text{mid}} \approx \text{RT}_{\text{mid}}$$

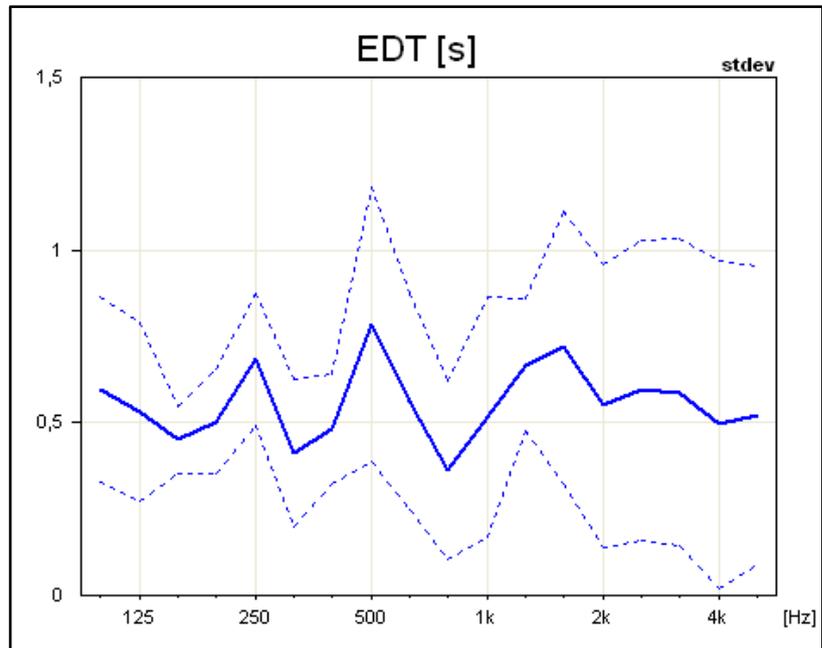


Figura 18. EDT zona escenario, media de todas las muestras.

Se muestra en la figura 18 el gráfico de la media de las muestras tomadas en la sala principal, de las cuales se puede sacar el EDTmid a partir de las frecuencias de 500 y 1000 Hz.

#### 8.4.4. STI (Speech Transmission Index) o RASTI (Rapid STI).

Estos parámetros miden la inteligibilidad de la palabra en base a los índices de modulación de transferencia en varias frecuencias.

En nuestro caso, según los valores obtenidos anteriormente de la sala principal, nos dará un valor de inteligibilidad alto, debido a su alta absorción y bajo TR. Sucederá al contrario en las salas de ensayo, ya que, como veremos posteriormente, hay un índice de TR elevado, por lo tanto será menos entendible la palabra.

Los valores de inteligibilidad variarán del 0 al 1, considerando el primer valor como pésimo y el segundo como óptimo.

STI (RASTI)	INTELIGIBILIDAD PALABRA
0-0,30	Mala
0,30-0,45	Pobre
0,45-0,60	Aceptable
0,60-0,75	Buena
0,75-1	Excelente

Como se observa en la *figura 20*, la sala principal tiene un valor de inteligibilidad muy bueno, por lo que comprende en valores de 0,73 a 0,94 en escenario y 0,71 a 0,88 en la zona de audiencia. En esta última zona se observa que el STI alcanza valores mayores en las posiciones más cercanas y centrales al escenario, pero en general los valores para la palabra son muy buenos.

Sin embargo, en las posiciones medidas en las aulas de ensayo, el STI alcanza unos valores pobres para la inteligibilidad de la palabra. Tal y como veremos a continuación, el tiempo de reverberación de estas dos salas es muy elevado, y esto explica los valores tan bajos alcanzados.

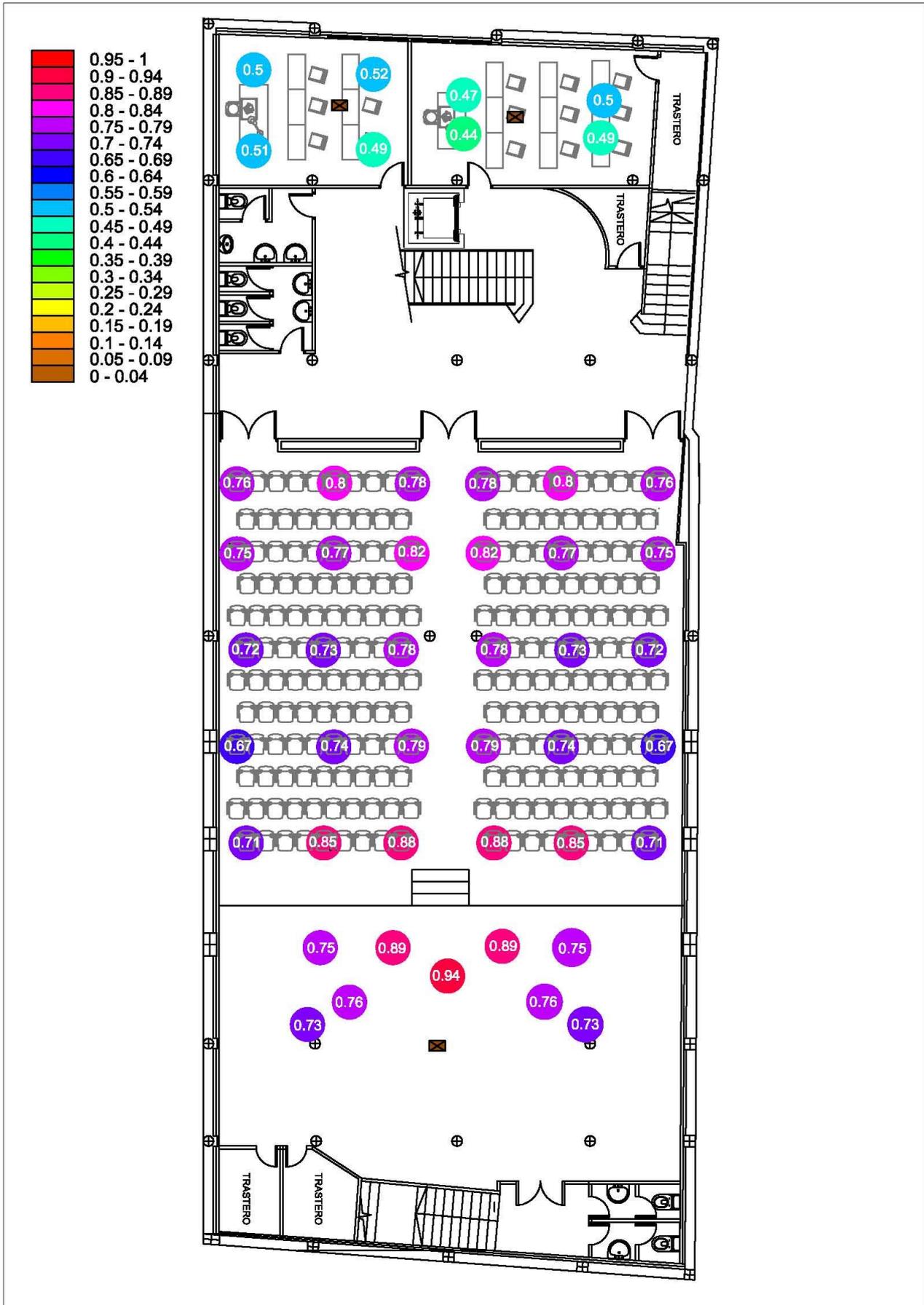


Figura 20. Mapa de valores de inteligibilidad según los puntos estudiados.

#### 8.4.5. Intimidad.

La intimidad o también llamado tiempo de retardo inicial del sonido es el parámetro que indica si en una sala se tiene sensación de recogimiento a la hora de hablar o de producir algún sonido. Este parámetro queda plasmado en un ecograma de sonidos. Concretamente en los ecogramas que hemos obtenido en el ensayo anterior para medir el tiempo de reverberación, ya que el mismo programa Dirac nos lo reproduce. Para que se produzca intimidad en un recinto debe haber una diferencia menor que 20 ms entre el sonido directo y la primera reflexión.

Se estudiará el punto central de la sala, el de la posición 7. Al elegir este punto lo introducimos en el programa Dirac y obtenemos el valor:

En este caso, podemos decir, habiendo medido el tiempo entre el sonido directo y la primera reflexión, que existe intimidad en la sala, pues hay una diferencia de 4 ms. Dado este valor, comprobamos que la sala es muy íntima, aunque es comprensible ya que es un espacio pequeño.

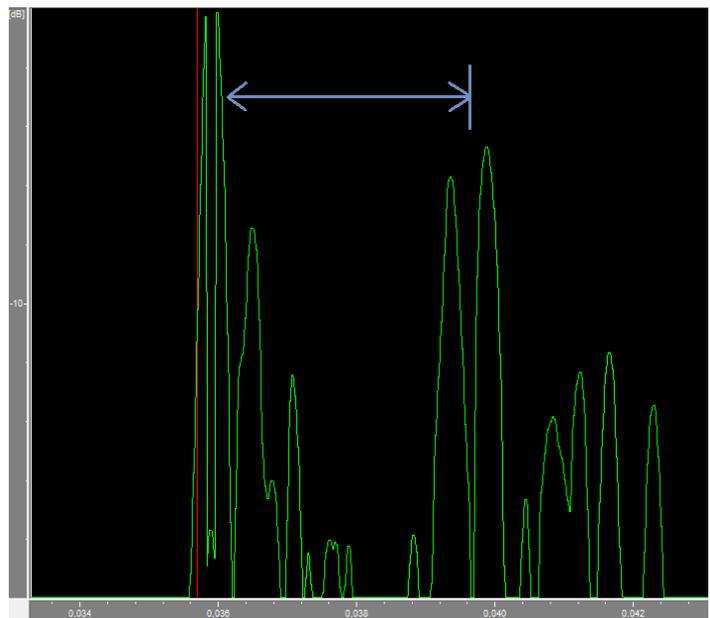


Figura 21. Zoom en curvas de energía de la muestra 7.

### 8.5. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DEL VESTÍBULO.

En este caso, al igual que en las salas de ensayo, no haremos un estudio tan exhaustivo como para la sala principal, ya que son espacios menos importantes para el estudio de los parámetros acústicos, y por tanto nos centraremos en el estudio de los tiempos de reverberación y el speech (la inteligibilidad de la palabra).

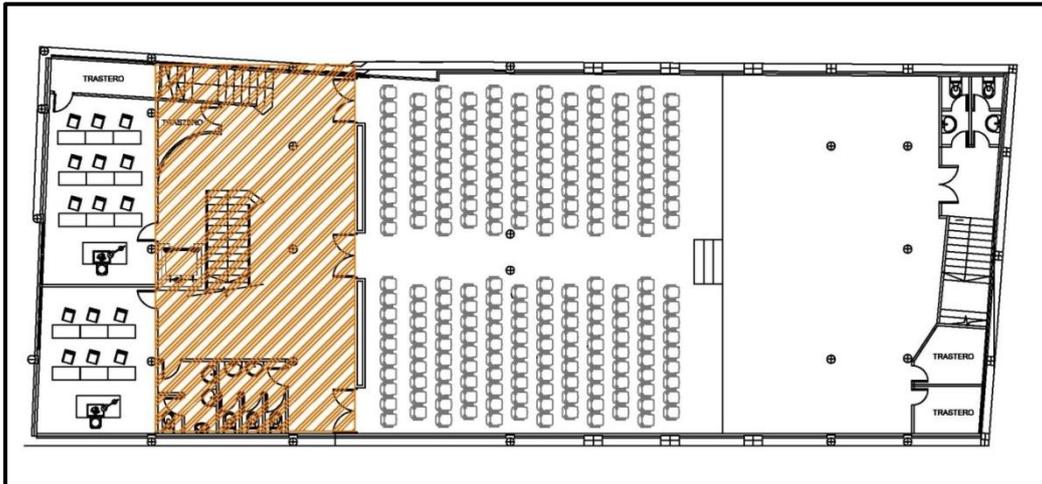


Figura 14. Zona realización del estudio.

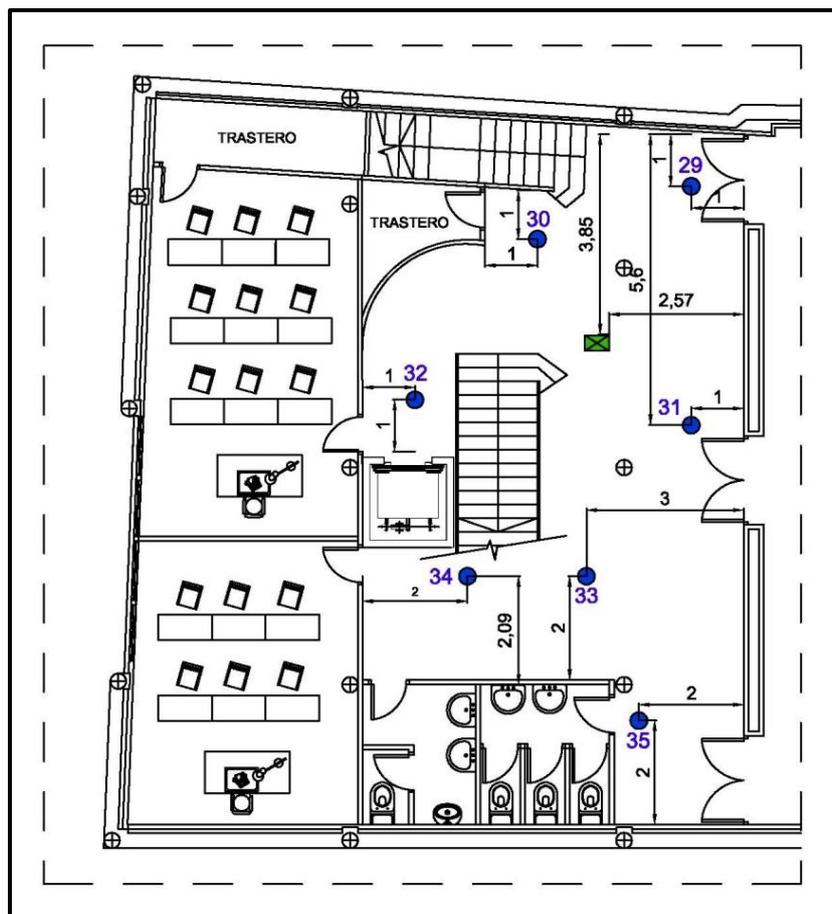


Figura 15. posiciones de micrófono.

El vestíbulo, como es un espacio asimétrico, se escogerá una variedad de puntos de manera que se haga un estudio de todo el conjunto, tal y como muestra la figura anterior.

### 8.5.1. Datos obtenidos.

Una vez realizado el estudio de las posiciones antes citadas y pasados los datos a Excel, obtenemos una curva tonal de esta forma:

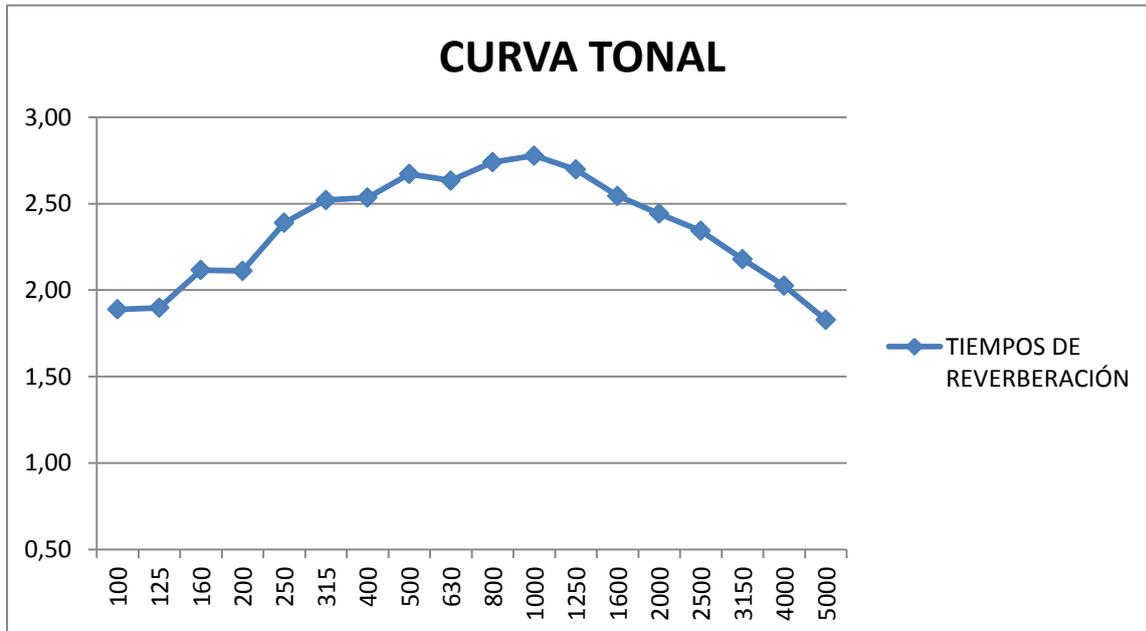


Figura 15. Curva tonal vestíbulo.

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN								
FRECUENCIA	29	30	31	32	33	34	35	Promedio T2 (s)
100	1,83	1,86	2,06	1,86	2,15	1,87	1,60	1,89
125	1,98	1,70	1,93	1,98	1,97	1,89	1,84	1,90
160	1,94	2,33	2,10	2,17	2,31	1,94	2,02	2,12
200	2,11	2,37	2,08	1,91	2,03	2,13	2,15	2,11
250	2,15	2,64	2,36	2,51	2,46	2,32	2,29	2,39
315	2,40	2,56	2,12	2,78	2,57	2,57	2,66	2,52
400	2,47	2,18	2,64	2,44	2,69	2,71	2,60	2,53
500	2,79	2,78	2,62	2,50	2,62	2,70	2,68	2,67
630	2,62	2,68	2,59	2,63	2,69	2,67	2,55	2,63
800	2,82	2,75	2,75	2,82	2,66	2,71	2,66	2,74
1000	2,92	2,76	2,57	2,81	2,76	2,88	2,75	2,78
1250	2,65	2,69	2,58	2,76	2,75	2,74	2,72	2,70
1600	2,56	2,67	2,48	2,53	2,55	2,51	2,52	2,54
2000	2,47	2,47	2,30	2,40	2,49	2,54	2,43	2,44
2500	2,34	2,34	2,21	2,33	2,38	2,39	2,41	2,34
3150	2,22	2,21	2,14	2,25	2,16	2,11	2,17	2,18
4000	2,00	2,02	2,02	2,11	1,99	2,03	2,01	2,03
5000	1,87	1,84	1,78	1,83	1,81	1,84	1,84	1,83
							Tr mid	2,72

Figura 16. Tabla de resultados y Trmid.

### 8.5.2. Conclusiones.

Se analizan siete puntos del vestíbulo y, tras realizar los cálculos, obtenemos un  $T_{mid}$  de 2,72 s. Es un valor muy elevado, aunque se trate de un vestíbulo de gran volumen. Por lo tanto, se comprobará posteriormente si cumple con los  $m^2$  de aislamiento. Si no cumpliera se debería hacer alguna actuación en la que incrementemos su material absorbente.

### 8.6. ESTUDIO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DEL AULA 1.

Ésta es una aula de ensayo y de aprendizaje musical, con un volumen pequeño, de 85,67  $m^3$ . Toda su superficie está enlucida de yeso por lo que se prevé una alta reverberación. Aquí se muestran los puntos estudiados con el micrófono y el programa Dirac:

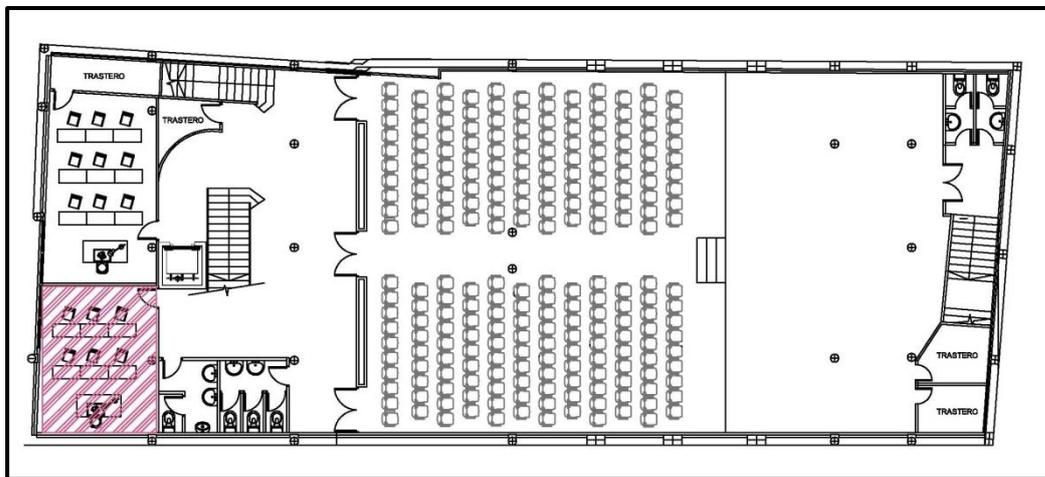


Figura 17. Señalización de la zona de estudio.

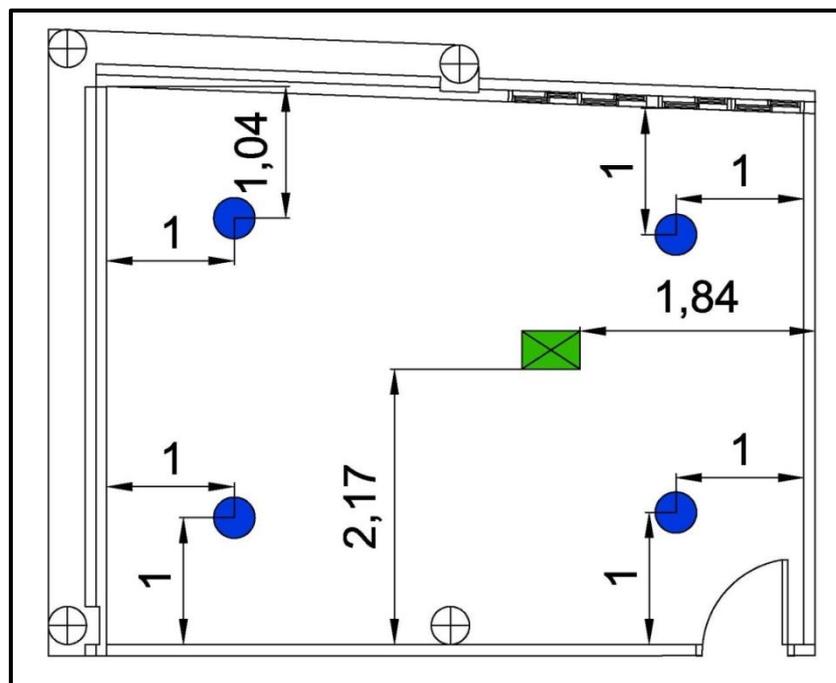


Figura 18. Posición de micrófonos en Aula 1.

### 8.6.1. Datos obtenidos.

Tras el análisis de los datos obtenidos, hemos hecho el estudio del tiempo de reverberación a sala vacía y a sala llena y así comparar resultados. Esta aula de estudio tiene una capacidad para 8 personas, por tanto para estudiar el TR a sala llena, se le sumará la absorción de cada persona, ya que, de modo contrario a la sala principal, las sillas son de material reflectante.

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (SALA VACÍA)					
FRECUENCIA	21	22	23	24	Promedio T2 (s)
100	1,26	1,574	1,303	1,416	1,39
125	1,188	1,263	1,398	1,387	1,31
160	1,326	1,82	1,83	2,125	1,78
200	1,6	1,531	1,607	1,446	1,55
250	1,678	1,599	1,655	1,241	1,54
315	1,708	1,529	1,794	1,526	1,64
400	1,755	1,494	1,7	1,538	1,62
500	1,714	1,699	1,828	1,627	1,72
630	1,847	1,817	1,963	1,832	1,86
800	1,821	1,697	1,851	1,794	1,79
1000	1,795	1,779	1,933	1,931	1,86
1250	1,776	1,779	1,76	1,696	1,75
1600	1,599	1,577	1,637	1,598	1,60
2000	1,56	1,514	1,529	1,587	1,55
2500	1,558	1,452	1,525	1,637	1,54
3150	1,545	1,444	1,451	1,403	1,46
4000	1,476	1,325	1,398	1,319	1,38
5000	1,356	1,18	1,313	1,308	1,29
				Tr mid	1,79

Figura 19. Tabla de resultados y Trmid en sala vacía.

Se estudian cuatro puntos de la sala, como se ha explicado anteriormente, y el Trmid obtenido es 1,79. El valor de TR para aulas está comprendido entre 0,5 y 0,7 segundos. Estas aulas deben tener un tiempo de reverberación bajo, ya que son aulas de aprendizaje musical, donde los músicos puedan oír y aprender a tocar sin que se enmascare el sonido debido a la alta reverberación.

Es comprensible que alcance este valor debido a la pequeñez de la sala y de los materiales de revestimiento que está compuesta. Ahora se observará que al estar la sala llena, el Trmid disminuye.

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (SALA LLENA)					
FRECUENCIA	Absorción Sala	coef. Absorción persona	Absorción/persona	Absorción total	TR LLENA
100	10,00	0,2	1,6	11,60	1,20
125	10,60	0,3	2,4	13,00	1,07
160	7,82	0,3	2,4	10,22	1,36
200	8,98	0,3	2,4	11,38	1,22
250	8,99	0,3	2,4	11,39	1,22
315	8,47	0,4	3,2	11,67	1,19
400	8,56	0,4	3,2	11,76	1,18
500	8,08	0,4	3,2	11,28	1,23
630	7,44	0,5	4	11,44	1,21
800	7,75	0,5	4	11,75	1,18
1000	7,46	0,5	4	11,46	1,21
1250	7,92	0,6	4,8	12,72	1,09
1600	8,66	0,6	4,8	13,46	1,03
2000	8,97	0,6	4,8	13,77	1,01
2500	8,99	0,6	4,8	13,79	1,01
3150	9,50	0,5	4	13,50	1,03
4000	10,06	0,5	4	14,06	0,99
5000	10,76	0,5	4	14,76	0,94
				Tr mid	1,22

Figura 20. Tabla de resultados y Trmid en sala llena.

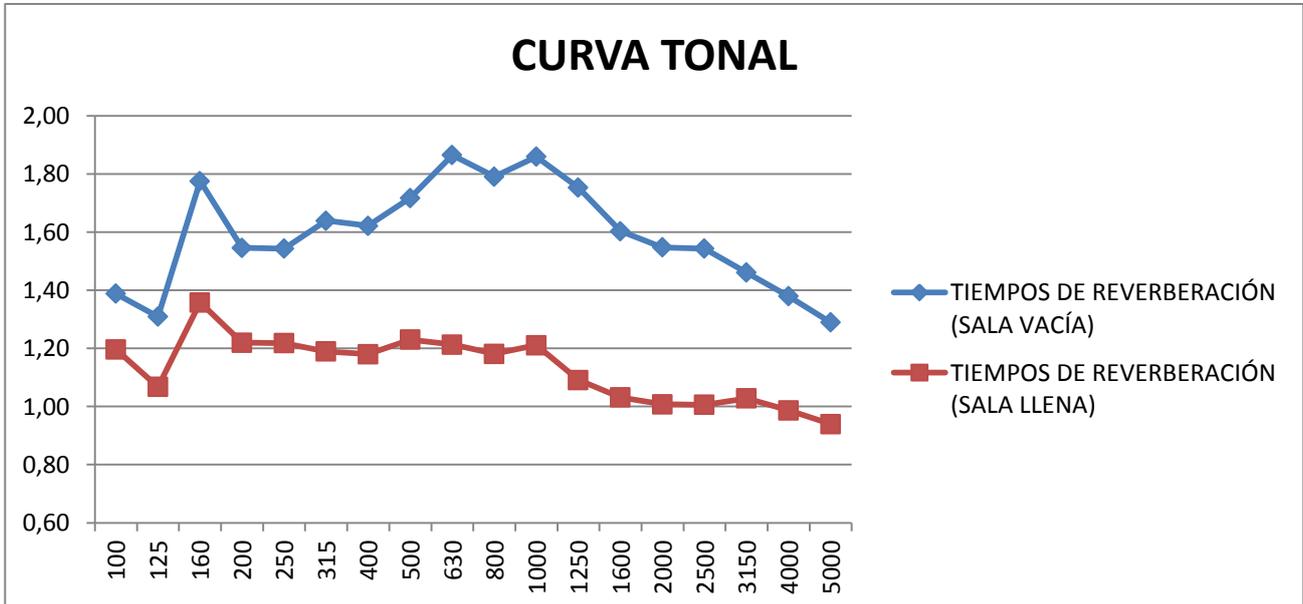


Figura 21. Análisis de la curva tonal.

### 8.6.2. Conclusiones.

Se ha recopilado las curvas para los TR a sala vacía y a sala llena, y se puede observar la diferencia de tiempos de reverberación y la caída de tiempos que produce la presencia de personas. Así se



### 8.7.1. Datos obtenidos.

Hemos analizado, al igual que el caso anterior, los tiempos de reverberación a sala vacía y a sala llena. Consideramos que la capacidad de esta aula de ensayo es de 12 personas.

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (SALA VACÍA)					
FRECUENCIA	25	26	27	28	Promedio T2 (s)
100	1,55	1,47	2,02	1,74	1,69
125	2,11	1,85	2,43	2,12	2,13
160	2,52	2,71	2,22	2,70	2,54
200	2,11	2,11	2,29	2,69	2,30
250	2,24	2,11	2,20	2,27	2,21
315	2,14	1,90	2,14	2,33	2,13
400	2,27	2,31	2,06	2,27	2,23
500	2,30	2,50	2,19	2,35	2,33
630	2,26	2,17	2,22	2,34	2,25
800	2,33	2,23	2,06	2,20	2,20
1000	2,16	2,32	2,03	2,24	2,19
1250	1,94	2,16	2,01	1,94	2,01
1600	1,73	1,89	1,86	1,66	1,78
2000	1,68	1,66	1,78	1,71	1,71
2500	1,65	1,62	1,65	1,65	1,64
3150	1,59	1,55	1,54	1,53	1,55
4000	1,44	1,50	1,45	1,38	1,44
5000	1,33	1,26	1,35	1,26	1,30
				Tr mid	2,26

Figura 24. Tabla resultados y Trmid sala vacía.

El Trmid obtenido es de 2,26 segundos a sala vacía. Es un valor notablemente alto para una aula de música. Esto se explica también por el revestimiento de las paredes y techo que favorece las reflexiones de la sala.

Su valor es muy elevado, incluso bastante mayor que en el aula 1 anteriormente estudiada. Se entiende que si volumen es mayor, habrá más tiempo de reverberación.

Posteriormente se realiza el cálculo para obtener el tiempo de reverberación a sala llena. Como se ha dicho anteriormente, esta aula está realizada para albergar a unas 12 personas, que como se ve a continuación, contribuirán a bajar el TR de esta sala. Considero que es más importante el estudio y acondicionamiento de estas aulas basándonos en el Trmid a sala llena, ya que al calcular sobre el aula vacía, tal vez luego los valores no se ajustan a lo que nosotros queríamos.

A continuación se presenta la tabla realizada para el cálculo del Trmid a sala llena y se muestra un gráfico para comparar las curvas tonales.

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (SALA LLENA)					
FRECUENCIA	Absorción Sala	coef. Absorción persona	Absorción/persona	Absorción total	TR LLENA
100	9,61	0,2	2,4	12,01	1,36
125	7,65	0,3	3,6	11,25	1,45
160	6,41	0,3	3,6	10,01	1,62
200	7,08	0,3	3,6	10,68	1,52
250	7,38	0,3	3,6	10,98	1,48
315	7,65	0,4	4,8	12,45	1,31
400	7,31	0,4	4,8	12,11	1,34
500	6,97	0,4	4,8	11,77	1,38
630	7,25	0,5	6	13,25	1,23
800	7,38	0,5	6	13,38	1,22
1000	7,44	0,5	6	13,44	1,21
1250	8,08	0,6	7,2	15,28	1,06
1600	9,12	0,6	7,2	16,32	1,00
2000	9,53	0,6	7,2	16,73	0,97
2500	9,93	0,6	7,2	17,13	0,95
3150	10,47	0,5	6	16,47	0,99
4000	11,28	0,5	6	17,28	0,94
5000	12,54	0,5	6	18,54	0,88
				Tr mid	1,30

Figura 25. Tabla de resultados y Trmid a sala llena.

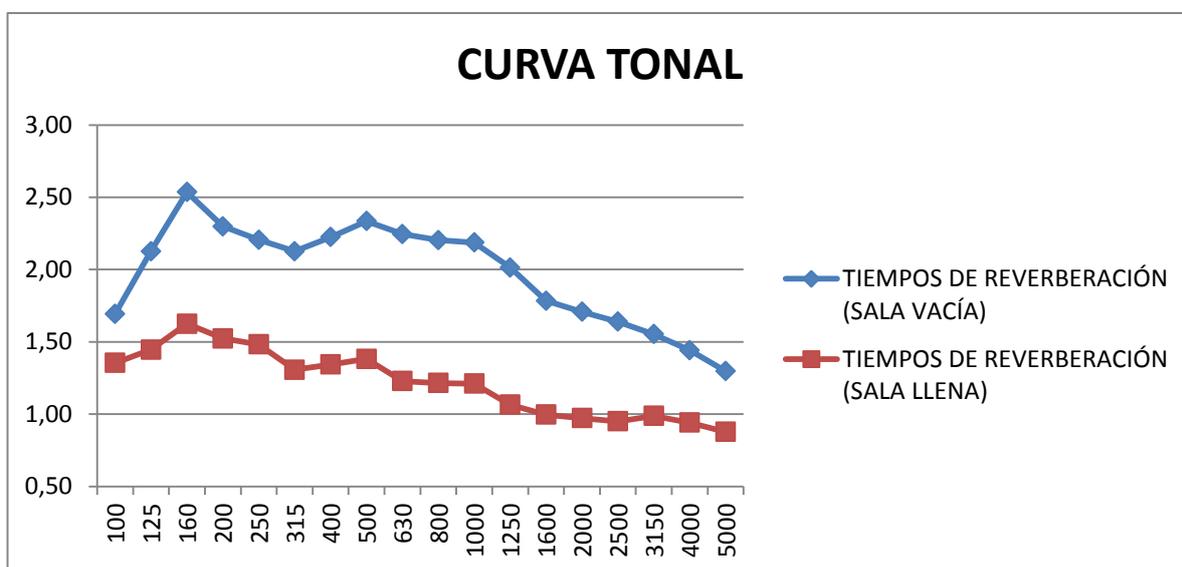


Figura 26. Gráficos curvas tonales sala vacía y sala llena.

### 8.7.2. Conclusiones.

En el gráfico se observa la notable bajada de tiempo de reverberación al añadir la presencia de personas. El TR es mayor a frecuencias bajas y va decreciendo a frecuencias altas. Pero aun así es muy elevado para esta sala. Así que, al igual que para el aula 1, deberemos acondicionar esta sala.

## **9. PROPUESTA DE ACTUACIÓN PARA LAS AULAS DE ENSAYO Y VESTÍBULO.**



Después de haber realizado un estudio de la planta sótano de este edificio, comprobamos que tanto el nivel de absorción de los cerramientos y el tiempo de reverberación de las salas son inadecuados y no cumplen con la normativa de CTE HR. Por tanto, procederemos a corregir estos valores y así mejorar la calidad acústica de estos locales. Para ello procederemos a estudiar separadamente la intervención para la mejora del aislamiento de las salas y por otro lado la reverberación.

### 9.1. INTERVENCIÓN PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LAS AULAS.

Como ya se ha observado en capítulos anteriores de este proyecto, el nivel de aislamiento de las salas no cumple con el CTE, a excepción de los valores obtenidos para aislamiento entre el cerramiento de las aulas y el exterior. Por lo tanto procederemos a estudiar las diversas particiones, y tratar de rebajar esta transmisión de sonido.

#### 9.1.1. INTERVENCIÓN EN LA PARTICIÓN 1.

La partición 1, es el elemento que separa el vestíbulo y el baño del aula 1. Como se ha explicado anteriormente, ésta está formada por una fábrica de ladrillo hueco de 7 cm de espesor enlucida por las dos partes, lo cual es insuficiente, ya que el DnT obtenido en los cálculos anteriores ha sido de 34 dBA.

Por lo tanto, al ser una división entre dos recintos protegidos de distinta unidad de uso, deberemos alcanzar un valor de DnT al menos igual a 50dB. Y como se trata de una partición con hueco, en este caso una puerta, dicha puerta deberá tener un R por lo menos de 30dB.

A continuación se realizan las fichas para el cumplimiento del CTE HR, en las cuales pondremos los datos del elemento separador original y el elemento resultado de la actuación.

Aquí se muestra el elemento principal, en planta y en detalle constructivo:

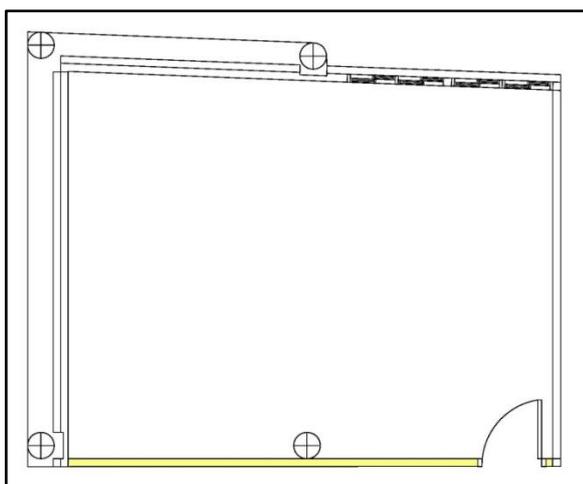


Figura 1. Señalización de la Partición 1.

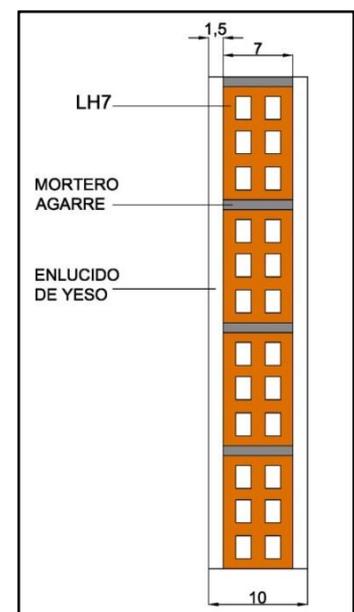


Figura 2. Detalle constructivo.



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

<b>Proyecto</b>	Estudio acústico del conservatorio de Piles.	
<b>Autor</b>	Sara Villa Morant.	
<b>Fecha</b>	01/07/2013	
<b>Referencia</b>	Estudio de la PARTICIÓN 1 en su estado INICIAL.	

### Características técnicas del recinto 1

<b>Tipo de recinto como emisor</b>	Unidad de uso						
<b>Tipo de recinto como receptor</b>	-	<b>Volumen</b>	85,67 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
<b>Separador</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Suelo F1</b>	U_BC 300 mm						
<b>Techo F2</b>	U_BC 300 mm						
<b>Pared F3</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Pared F4</b>	120 PH-M + AT + LH 70 + RI						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m'<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	<b>ΔR<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔL<sub>w</sub> (dB)</b>
<b>Separador</b>	23,4	-	89	36	-	0	-
<b>Suelo F1</b>	23,4	5,5	333	53	76	8	30
<b>Techo F2</b>	23,4	5,5	333	53	76	0	0
<b>Pared F3</b>	16	4,18	89	36	-	0	-
<b>Pared F4</b>	14,96	4,4	374	52	-	-	-

### Características técnicas del recinto 2

<b>Tipo de recinto como emisor</b>	Unidad de uso						
<b>Tipo de recinto como receptor</b>	Habitable	<b>Volumen</b>	350 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
<b>Separador</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Suelo f1</b>	U_BC 300 mm						
<b>Techo f2</b>	U_BC 300 mm						
<b>Pared f3</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Pared f4</b>	120 PH-M + AT + LH 70 + RI						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m'<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	<b>ΔR<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔL<sub>w</sub> (dB)</b>
<b>Separador</b>	23,4	-	89	36	-	0	-
<b>Suelo f1</b>	85,73	5,5	333	53	76	8	30
<b>Techo f2</b>	85,73	5,5	333	53	76	7	9
<b>Pared f3</b>	44,2	4,18	89	36	-	0	-
<b>Pared f4</b>	16	4,4	374	52	-	-	-

### Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta

<b>Ventanas, puertas y lucernarios</b>	superficie	<b>S (m<sup>2</sup>)</b>	1,2
	índice de reducción	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	10
<b>Vías de transmisión aérea</b>	transmisión directa	<b>D<sub>n,e,A</sub> (dBA)</b>	0
	transmisión indirecta	<b>D<sub>n,s,A</sub> (dBA)</b>	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

### Tipos de uniones e índices de reducción vibracional

Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
separador - suelo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	0,77	10,57	10,57
separador - techo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	0,77	10,57	10,57
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	5,70	5,70	5,70
separador - pared	Unión flexible en + de elementos homogéneos (juntas elasticas en 1 y 3)	18,91	11,76	11,76

### Transmisión del recinto 1 al recinto 2

		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	29	45	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	28	-	

### Transmisión del recinto 2 al recinto 1

		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	23	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	28	65	CUMPLE



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

<b>Proyecto</b>	Estudio acústico del conservatorio de Piles.	
<b>Autor</b>	Sara Villa Morant.	
<b>Fecha</b>	01/07/2013	
<b>Referencia</b>	Estudio de la PARTICIÓN 1 en su estado FINAL.	

### Características técnicas del recinto 1

<b>Tipo de recinto como emisor</b>	Unidad de uso						
<b>Tipo de recinto como receptor</b>	-	<b>Volumen</b>	85,67 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
<b>Separador</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Suelo F1</b>	U_BC 300 mm						
<b>Techo F2</b>	U_BC 300 mm						
<b>Pared F3</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Pared F4</b>	120 PH-M + AT + LH 70 + RI						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m'<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	<b>ΔR<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔL<sub>w</sub> (dB)</b>
<b>Separador</b>	23,4	-	89	36	-	14	-
<b>Suelo F1</b>	23,4	5,5	333	53	76	8	30
<b>Techo F2</b>	23,4	5,5	333	53	76	0	0
<b>Pared F3</b>	16	4,18	89	36	-	14	-
<b>Pared F4</b>	14,96	4,4	374	52	-	-	-

### Características técnicas del recinto 2

<b>Tipo de recinto como emisor</b>	Unidad de uso						
<b>Tipo de recinto como receptor</b>	Habitable	<b>Volumen</b>	350 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
<b>Separador</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Suelo f1</b>	U_BC 300 mm						
<b>Techo f2</b>	U_BC 300 mm						
<b>Pared f3</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Pared f4</b>	120 PH-M + AT + LH 70 + RI						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m'<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	<b>ΔR<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔL<sub>w</sub> (dB)</b>
<b>Separador</b>	23,4	-	89	36	-	14	-
<b>Suelo f1</b>	85,73	5,5	333	53	76	8	30
<b>Techo f2</b>	85,73	5,5	333	53	76	7	9
<b>Pared f3</b>	44,2	4,18	89	36	-	0	-
<b>Pared f4</b>	16	4,4	374	52	-	-	-

### Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta

<b>Ventanas, puertas y lucernarios</b>	superficie	<b>S (m<sup>2</sup>)</b>	1,2
	índice de reducción	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	40
<b>Vías de transmisión aérea</b>	transmisión directa	<b>D<sub>n,e,A</sub> (dBA)</b>	0
	transmisión indirecta	<b>D<sub>n,s,A</sub> (dBA)</b>	0

 <b>Documento Básico HR Protección frente al ruido</b> Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores. Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.				
<b>Tipos de uniones e índices de reducción vibracional</b>				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
separador - suelo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	0,77	10,57	10,57
separador - techo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	0,77	10,57	10,57
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	5,70	5,70	5,70
separador - pared	Unión flexible en + de elementos homogéneos (juntas elasticas en 1 y 3)	18,91	11,76	11,76
<b>Transmisión del recinto 1 al recinto 2</b> <span style="float: right;">→</span>				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	57	45	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	21	-	
<b>Transmisión del recinto 2 al recinto 1</b> <span style="float: right;">←</span>				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	51	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	22	65	CUMPLE

Dado que esta partición contiene una puerta, y por lo tanto un elemento de transmisión de sonido, ha sido difícil adaptar dicho elemento.

Primeramente se ha probado a realizar cambios sobre el elemento separador base y sus revestimientos, pero no se ha llegado al cumplimiento de la norma, y aparte de eso, conseguimos una partición de mucho espesor. Así que se ha pensado en poner un vestíbulo previo, el cual haga disminuir la transmisión de sonido tanto del exterior como desde el interior de la sala, ya que sería el método más efectivo para aislar la sala. Se ha intentado colocar el vestíbulo por la parte exterior ya que se prefería no tocar el aula, pero lo obstaculizaba la presencia de la puerta de acceso al baño, así como la escalera y el ascensor. Se estudió la posibilidad de ubicar el vestíbulo dentro de las aulas, pero al ser de pequeñas dimensiones, se eliminaría mucho espacio.

Por tanto, la solución que se ha adoptado es la colocación de una puerta acústica cuyo aislamiento acústico  $R_w$  sea de 40 dB. La apertura de las puertas se colocará en sentido de la evacuación, cumpliendo así el CTE DB SI. Es importante que haya un control por parte de técnicos cualificados en cuanto al montaje de las puertas, ya que si no se realiza correctamente dicha puerta deja de ser eficaz.

A continuación se observa la planta del estado final del aula, con su aumento de espesor en la partición y el vestíbulo, y por otra parte un detalle constructivo de los materiales aportados.

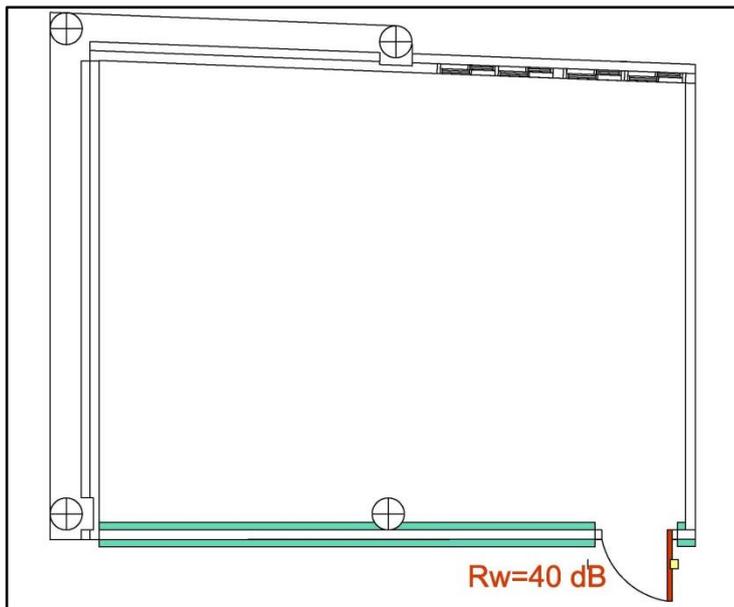


Figura 3. Vista en planta de la solución final adoptada.

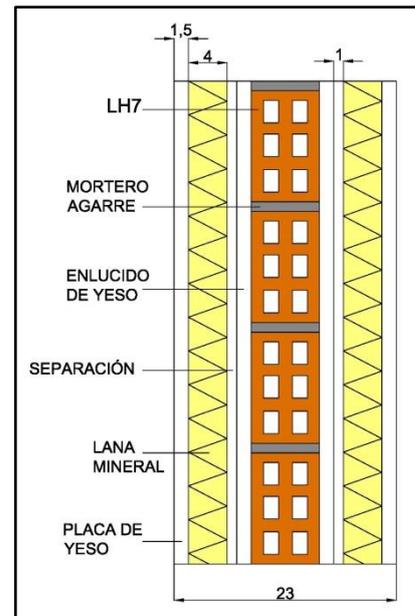


Figura 4. Solución constructiva adoptada.

### 9.1.2. INTERVENCIÓN EN LA PARTICIÓN 2.

La partición 2, es el elemento que separa el aula 1 del aula 2. Como se ha explicado anteriormente, ésta está formada por una fábrica de ladrillo hueco de 7 cm de espesor enlucida por las dos partes, lo cual es insuficiente, ya que el DnT obtenido en los cálculos anteriores ha sido de 40 dBA.

Por lo tanto, al ser una división entre dos recintos protegidos de distinta unidad de uso, deberemos alcanzar un valor de DnT al menos igual a 50dB. Y como se trata de una partición sin huecos, deberemos cumplir lo dicho anteriormente para todo el elemento.

A continuación se realizan las fichas para el cumplimiento del CTE HR, en las cuales pondremos los datos del elemento separador original y el elemento resultado de la actuación.

CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN		Documento Básico HR Protección frente al ruido					
Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores. Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.							
Proyecto	Estudio acústico del conservatorio de Piles.						
Autor	Sara Villa Morant.						
Fecha	01/07/2013						
Referencia	Estudio de la PARTICIÓN 2 en su estado INICIAL.						
<b>Características técnicas del recinto 1</b>							
Tipo de recinto como emisor		Unidad de uso					
Tipo de recinto como receptor		-	Volumen 85,67 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Separador	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo F1	U_BC 300 mm						
Techo F2	U_BC 300 mm						
Pared F3	LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	l <sub>i</sub> (m)	m' <sub>i</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>n,w</sub> (dB)	ΔR <sub>A</sub> (dBA)	ΔL <sub>w</sub> (dB)
Separador	16	-	89	36	-	0	-
Suelo F1	23,4	4,18	333	53	76	8	30
Techo F2	23,4	4,18	333	53	76	0	0
Pared F3	25,14	7,2	184	53	-	6	-
Pared F4	21,57	6,87	89	36	-	0	-
<b>Características técnicas del recinto 2</b>							
Tipo de recinto como emisor		Unidad de uso					
Tipo de recinto como receptor		Protegido	Volumen 100,43 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Separador	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo f1	U_BC 300 mm						
Techo f2	U_BC 300 mm						
Pared f3	LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	l <sub>i</sub> (m)	m' <sub>i</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>n,w</sub> (dB)	ΔR <sub>A</sub> (dBA)	ΔL <sub>w</sub> (dB)
Separador	16	-	89	36	-	0	-
Suelo f1	28,3	4,18	333	53	76	8	30
Techo f2	28,3	4,18	333	53	76	0	0
Pared f3	25,5	7,2	184	53	-	6	-
Pared f4	21,35	6,87	89	36	-	0	-
<b>Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta</b>							
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m <sup>2</sup> )	0				
	índice de reducción	R <sub>A</sub> (dBA)	0				
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D <sub>n,e,A</sub> (dBA)	0				
	transmisión indirecta	D <sub>n,s,A</sub> (dBA)	0				



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

### Tipos de uniones e índices de reducción vibracional

Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
separador - suelo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	0,77	10,57	10,57
separador - techo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	0,77	10,57	10,57
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	2,10	6,17	6,17
separador - pared	Unión flexible en + de elementos homogéneos (juntas elasticas en 1 y 3)	17,74	11,72	11,72

### Transmisión del recinto 1 al recinto 2



		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	39	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	32	65	CUMPLE

### Transmisión del recinto 2 al recinto 1



		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	38	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	32	65	CUMPLE



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

<b>Proyecto</b>	Estudio acústico del conservatorio de Piles.	
<b>Autor</b>	Sara Villa Morant.	
<b>Fecha</b>	01/07/2013	
<b>Referencia</b>	Estudio de la PARTICIÓN 2 en su estado final.	

### Características técnicas del recinto 1

<b>Tipo de recinto como emisor</b>	Unidad de uso						
<b>Tipo de recinto como receptor</b>	-	<b>Volumen</b>	85,67 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
<b>Separador</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Suelo F1</b>	U_BC 300 mm						
<b>Techo F2</b>	U_BC 300 mm						
<b>Pared F3</b>	LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos)						
<b>Pared F4</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m'<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	<b>ΔR<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔL<sub>w</sub> (dB)</b>
<b>Separador</b>	16	-	89	36	-	0	-
<b>Suelo F1</b>	23,4	4,18	333	53	76	8	30
<b>Techo F2</b>	23,4	4,18	333	53	76	0	0
<b>Pared F3</b>	25,14	7,2	184	53	-	6	-
<b>Pared F4</b>	21,57	6,87	89	36	-	0	-

### Características técnicas del recinto 2

<b>Tipo de recinto como emisor</b>	Unidad de uso						
<b>Tipo de recinto como receptor</b>	Protegido	<b>Volumen</b>	100,43 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
<b>Separador</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Suelo f1</b>	U_BC 300 mm						
<b>Techo f2</b>	U_BC 300 mm						
<b>Pared f3</b>	LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos)						
<b>Pared f4</b>	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m'<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	<b>ΔR<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔL<sub>w</sub> (dB)</b>
<b>Separador</b>	16	-	89	36	-	17	-
<b>Suelo f1</b>	28,3	4,18	333	53	76	8	30
<b>Techo f2</b>	28,3	4,18	333	53	76	0	0
<b>Pared f3</b>	25,5	7,2	184	53	-	6	-
<b>Pared f4</b>	21,35	6,87	89	36	-	0	-

### Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta

<b>Ventanas, puertas y lucernarios</b>	superficie	<b>S (m<sup>2</sup>)</b>	0
	índice de reducción	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	0
<b>Vías de transmisión aérea</b>	transmisión directa	<b>D<sub>n,e,A</sub> (dBA)</b>	0
	transmisión indirecta	<b>D<sub>n,s,A</sub> (dBA)</b>	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

### Tipos de uniones e índices de reducción vibracional

Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
separador - suelo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	0,77	10,57	10,57
separador - techo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	0,77	10,57	10,57
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	2,10	6,17	6,17
separador - pared	Unión flexible en + de elementos homogéneos (juntas elasticas en 1 y 3)	17,74	11,72	11,72

### Transmisión del recinto 1 al recinto 2

		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	25	65	CUMPLE

### Transmisión del recinto 2 al recinto 1

		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	32	65	CUMPLE

En la primera ficha realizada par al cálculo del  $D_{nT}$  de la partición del aula original, nos da unos valores de 38 y 39 dB, muy parecidos a los que se hicieron con la medición "in situ", que dio un valor de 40 dB.

Como en el caso anterior, se adopta la misma solución para la tabiquería, pero en este caso sólo será necesario trasdosar una cara del tabique, ya que así ya cumpliríamos con el DB HR y evitaríamos perder más espacio. Se hace un trasdosado con placas de yeso, introduciendo en el interior 4 cm de aislamiento, y dejando una pequeña holgura de 10 mm con el elemento base. Este trasdosado se hace en el aula 2, que es de mayores dimensiones.

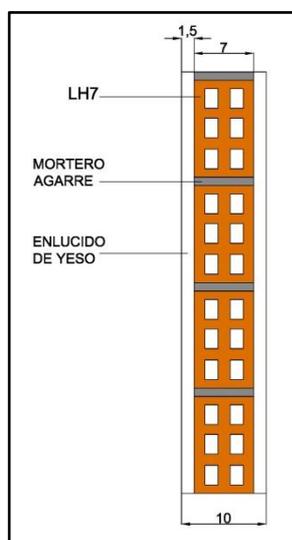


Figura 5. Partición 2 inicial.

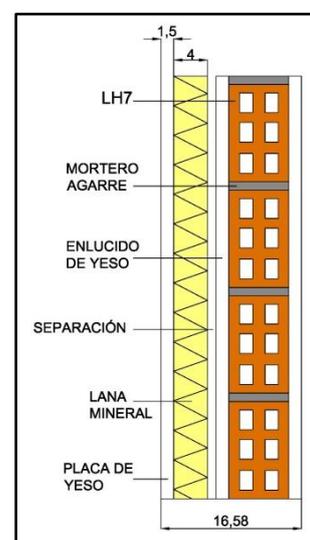


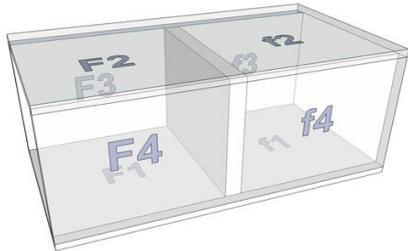
Figura 6. Partición 2 después de la actuación.

### 9.1.3. INTERVENCIÓN EN LA PARTICIÓN 4.

Este tabique tiene la misma configuración que el de la partición 1, ya que está compuesto por los mismos elementos, conteniendo la puerta de entrada y además separa el aula del vestíbulo o recinto habitable. Por tanto, se utilizará la misma configuración que en el caso de la partición 1.

En cambio, una pequeña parte de este elemento está en contacto con el ascensor, considerado como recinto de instalaciones, y que por tanto, deberá ser tratado de forma diferente ya que debe cumplir con un DnT por lo menos de 55 dB.

Para este cálculo se escoge solamente la partición que está en contacto con el ascensor, y se calcula como un tabique sin hueco, ya que la puerta obviamente no está contra el ascensor. Finalmente realizamos la ficha y obtenemos los datos a continuación.

CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN		Documento Básico HR Protección frente al ruido					
Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores. Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.							
Proyecto	Estudio acústico del conservatorio de Piles.						
Autor	Sara Villa Morant.						
Fecha	01/07/2013						
Referencia	Estudio de la PARTICIÓN 4 en su estado final.						
							
<b>Características técnicas del recinto 1</b>							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	-	Volumen	85,67 m <sup>3</sup>				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Separador	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo F1	U_BC 300 mm						
Techo F2	U_BC 300 mm						
Pared F3	LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	l <sub>i</sub> (m)	m' <sub>i</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>n,w</sub> (dB)	ΔR <sub>A</sub> (dBA)	ΔL <sub>w</sub> (dB)
Separador	5,34	-	89	36	-	14	-
Suelo F1	23,4	4,18	333	53	76	8	30
Techo F2	23,4	4,18	333	53	76	0	0
Pared F3	25,14	7,2	184	53	-	6	-
Pared F4	21,57	6,87	89	36	-	0	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor		Recinto de actividad o instalaciones					
Tipo de recinto como receptor		Protegido		Volumen		100,43 m <sup>3</sup>	
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Separador	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo f1	U_BC 300 mm						
Techo f2	U_BC 300 mm						
Pared f3	LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m'<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	<b>ΔR<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔL<sub>w</sub> (dB)</b>
Separador	5,34	-	89	36	-	14	-
Suelo f1	28,3	4,18	333	53	76	8	30
Techo f2	28,3	4,18	333	53	76	0	0
Pared f3	25,5	7,2	184	53	-	6	-
Pared f4	21,35	6,87	89	36	-	0	-
<b>Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta</b>							
Ventanas, puertas y lucernarios		superficie		S (m <sup>2</sup> )		0	
		índice de reducción		R <sub>A</sub> (dBA)		0	
Vías de transmisión aérea		transmisión directa		D <sub>n,e,A</sub> (dBA)		0	
		transmisión indirecta		D <sub>n,s,A</sub> (dBA)		0	
 <b>Documento Básico HR Protección frente al ruido</b> Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores. Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.							
<b>Tipos de uniones e índices de reducción vibracional</b>							
Encuentro	Tipo de unión			K <sub>Ff</sub>	K <sub>Fd</sub>	K <sub>Df</sub>	
separador - suelo	Unión rígida en + de elementos homogéneos			0,77	10,57	10,57	
separador - techo	Unión rígida en + de elementos homogéneos			0,77	10,57	10,57	
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)			2,10	6,17	6,17	
separador - pared	Unión flexible en + de elementos homogéneos (juntas elásticas en 1 y 3)			17,74	11,72	11,72	
<b>Transmisión del recinto 1 al recinto 2</b> <span style="float: right;">➔</span>							
		Cálculo		Requisito			
Aislamiento acústico a ruido aéreo		D <sub>nT,A</sub> (dBA)		56		-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto		L' <sub>nT,w</sub> (dB)		25		-	
<b>Transmisión del recinto 2 al recinto 1</b> <span style="float: right;">➔</span>							
		Cálculo		Requisito			
Aislamiento acústico a ruido aéreo		D <sub>nT,A</sub> (dBA)		55		55 CUMPLE	
Aislamiento acústico a ruido de impacto		L' <sub>nT,w</sub> (dB)		25		60 CUMPLE	

Por tanto, como podemos comprobar, la partición con la misma configuración que las anteriores cumpliría también para este caso, ya que se toma como una partición ciega, es decir, sin huecos por los que haya transmisión. Así que, sobre el elemento base se trasdosaría con placas de yeso y aislamiento acústico por las dos caras de éste.

Mientras que para el problema de los huecos, al igual que lo que sucede en la partición 1, optamos por la colocación de una puerta acústica que tenga un aislamiento acústico  $R_w$ , de 40 dB. Para no cambiar la configuración estética, se han escogido puertas de una hoja y revestidas de madera, como se verá en el anexo. Las puertas han de colocarse correctamente, y el técnico o persona capacitada deberá verificar el correcto montaje de ésta.

## 9.2. PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN LAS AULAS Y EL VESTÍBULO.

Como se ha descrito anteriormente, en los cálculos se ha obtenido un valor de reverberación elevado para estos recintos. Se deberá actuar en este caso añadiendo absorción para rebajar el TR, al contrario que en la sala principal, ya que ésta necesita aumentar dicho tiempo. En este capítulo se estudiará la propuesta para bajar el TR de las aulas y el vestíbulo.

### 9.2.1. INTERVENCIÓN EN EL AULA1.

En los cálculos anteriores de las mediciones “in situ”, se ha obtenido un valor de  $T_{r\text{mid}}$  igual a 1,79 s. a sala vacía y 1,22 s. a sala llena. Este valor es muy elevado tratándose de aulas de enseñanza musical, en las cuales necesitan tener un TR bajo para poder “oírse” y así poder oír sus errores, ya que en el estado actual, la reverberación hace que se monte un sonido con otro y todavía más en aulas pequeñas.

Por lo tanto, en esta actuación se propondrá llegar a un valor de TR de 0,6 aproximadamente. Se empezará calculando la absorción que tenemos en el aula, mediante la fórmula de Sabine, y la absorción que queremos conseguir, para un tiempo de reverberación de 0,6, utilizando la misma fórmula. De esta forma, y mediante una simple resta, se obtiene la absorción que se necesita añadir para alcanzar los valores de TR deseados.

FRECUENCIA	100	250	500	1000	2000	4000
TIEMPO REVERBERACIÓN INICIAL	1,39	1,54	1,72	1,86	1,55	1,38
ABSORCIÓN AULA PEQUEÑA	10,00	8,99	8,08	7,47	8,97	10,06
ABSORCIÓN QUE QUEREMOS (TR 0,6s)	23,13	23,13	23,13	23,13	23,13	23,13
ABSORCIÓN A AÑADIR	13,13	14,14	15,05	15,67	14,17	13,07
COEF ABSORCIÓN KNAUF	0,58	0,89	0,76	0,88	0,70	0,79
m <sup>2</sup> a añadir	22,64	14,08	20,15	16,08	20,19	18,56
ABSORCIÓN TOTAL SALA DESPUES DE ACONDICIONAR	21,60	26,79	23,40	21,62	23,10	24,72
TIEMPO REVERBERACIÓN TRAS AÑADIR LA ABSORCIÓN	0,64	0,52	0,59	0,64	0,60	0,56
m <sup>2</sup> FINALES A AÑADIR	20					

Figura 7. Tabla de valores de TR y absorción calculados.

Se obtienen los  $m^2$  de absorción a añadir, mediante el cociente entre la absorción a añadir y el coeficiente de absorción de las placas. Para cada frecuencia da un valor determinado de  $m^2$  a añadir, por lo tanto se hará una media de estos valores, de la cual se obtienen 20  $m^2$ , que habrá que añadirle a todas las frecuencias.

La absorción total de la sala después de acondicionar será la suma entre la absorción inicial y la añadida, y obtenemos el tiempo de reverberación tras realizar la actuación.

A continuación se presenta el gráfico para valores de tercios de octava sobre los dos tiempos de reverberación, el inicial y el posterior, y se observa la bajada de dicha curva hacia valores de 0,6 s.

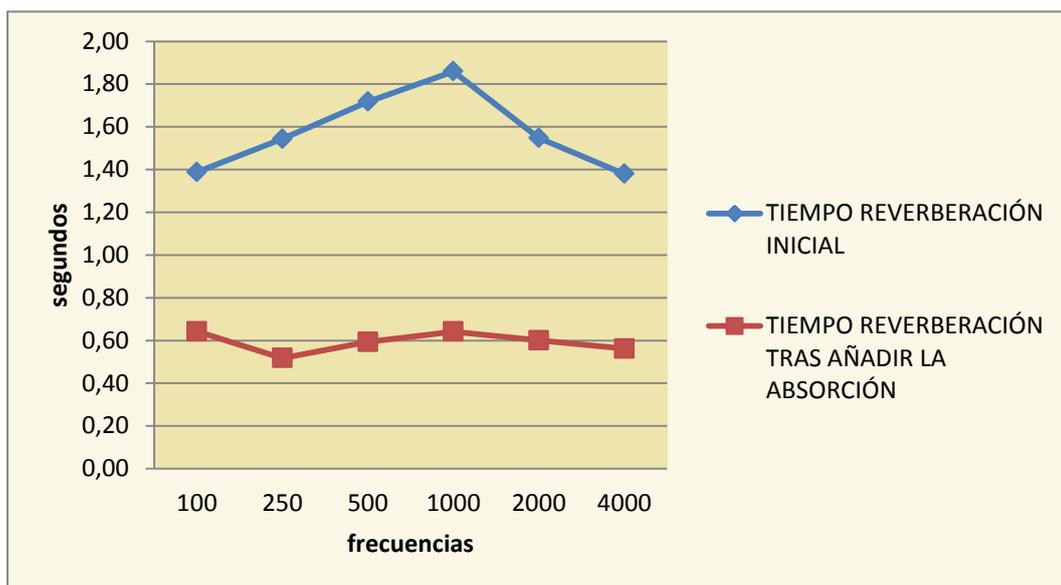


Figura 8. Gráfico de TR inicial y final.

La disposición de las placas para el falso techo se observa a continuación. Ya que en la sala principal ocurre exactamente lo contrario, se deberá eliminar parte de superficie absorbente. De esta forma, utilizaríamos esas placas absorbentes para colocarlas en las aulas, por lo que solo nos haría falta los enganches al forjado.

Debido a la geometría del aula, se deberá distribuir las placas de manera que no interfieran en el volumen en el cual se ubican las ventanas que dan al exterior. Es el único punto de luz que tiene la sala, por lo que debemos cuidarlo y no obstaculizar su entrada. De esta forma, se colocarán los 20  $m^2$  necesarios de placas absorbentes por la superficie de techo que está a una cota más baja, mientras que la abertura se dejará en su estado original.

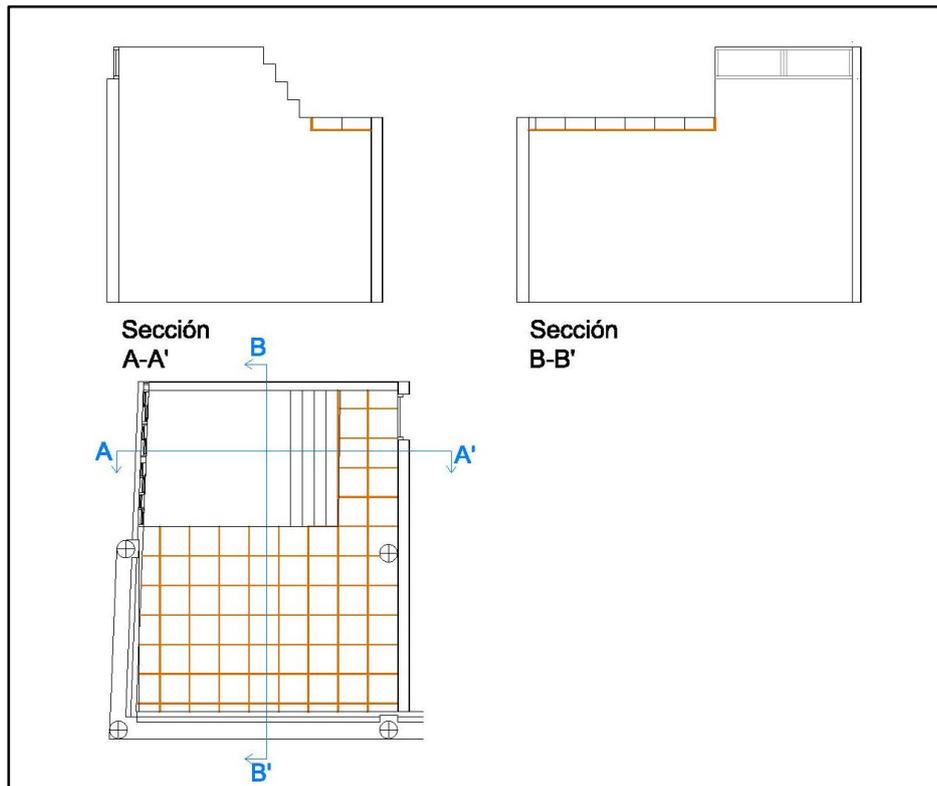


Figura 9. Detalle solución falso techo con placas fonoabsorbentes.

### 9.2.2. INTERVENCIÓN EN EL AULA2.

Se ha obtenido un valor de  $T_{r\text{mid}}$  igual a 2,26 s. a sala vacía y 1,30 s. a sala llena, tras los estudios realizados de las mediciones “in situ”. Al igual que sucede en el aula 1, este valor es demasiado elevado, por lo que habrá que rebajarlo añadiéndole absorción. Dicha absorción se añadirá en el techo, creando una retícula a base de placas fonoabsorbentes, y se reutilizarán, como en el anterior caso, las de la sala principal.

En esta actuación se propondrá llegar a un valor de TR de 0,6 aproximadamente. Se realizarán los mismos cálculos que el caso anterior, obteniéndose esta tabla de valores:

FRECUENCIAS	100	250	500	1000	2000	4000
TIEMPO REVERBERACIÓN AULA GRANDE	1,69	2,21	2,34	2,19	1,71	1,44
ABSORCIÓN AULA grande	9,61	7,38	6,97	7,44	9,53	11,28
ABSORCIÓN QUE QUEREMOS (TR 0,6s)	27,12	27,12	27,12	27,12	27,12	27,12
ABSORCIÓN A AÑADIR	17,51	19,74	20,15	19,68	17,59	15,83
COEF ABSORCIÓN KNAUF	0,58	0,89	0,76	0,88	0,70	0,79
m2 a añadir	30,18	21,87	27,24	22,77	28,20	24,64
ABSORCIÓN TOTAL SALA DESPUES DE ACONDICIONAR	27,12	26,84	27,67	27,48	29,27	30,75
TIEMPO REVERBERACIÓN TRAS AÑADIR LA ABSORCIÓN	0,60	0,61	0,59	0,59	0,56	0,53
m2 FINALES A AÑADIR	25					

Figura 10. Tabla de valores de TR y absorción calculados.

Los m<sup>2</sup> de absorción a añadir serán 25. La absorción total de la sala después de acondicionar será la suma entre la absorción inicial y la añadida, y obtenemos el tiempo de reverberación tras realizar la actuación.

Se presenta a continuación el gráfico obtenido para valores de tercio de octava sobre los tiempos de reverberación calculados, donde se observa una reducción considerable.

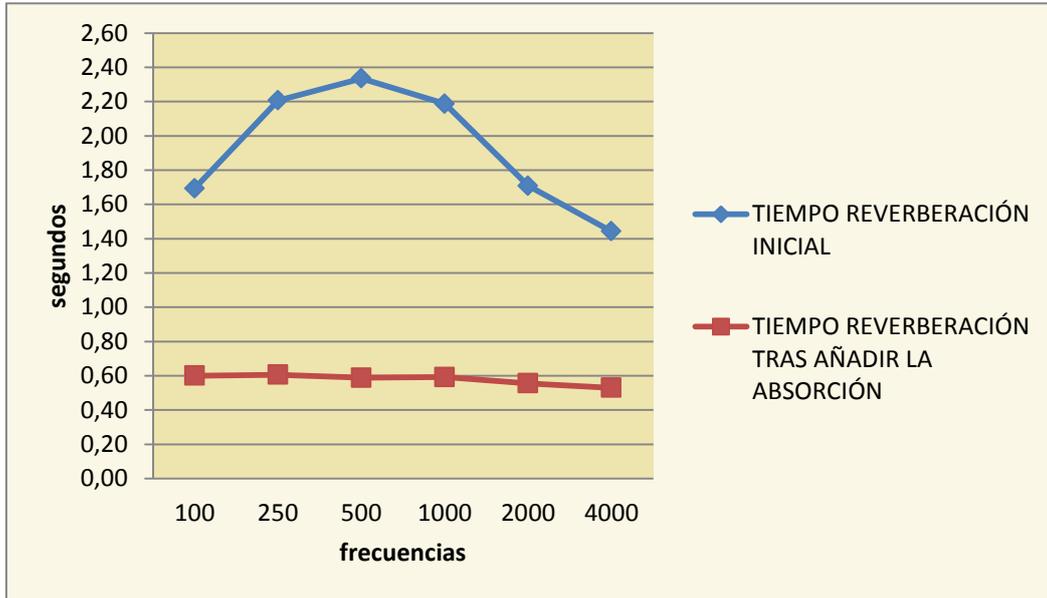


Figura 11. Gráfico de TR inicial y final.

La distribución de las placas, tendrá el mismo criterio que en el caso del aula 1, y en la figura siguiente se determina su ubicación.

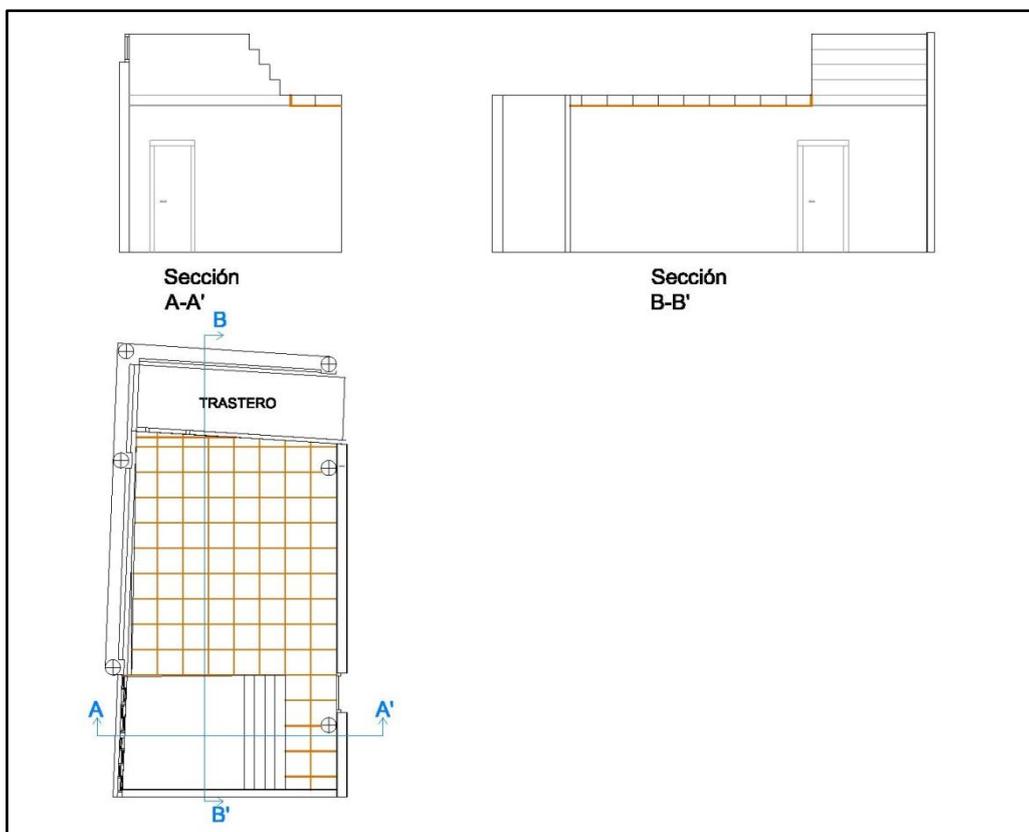


Figura 12. Detalle solución falso techo con placas fonoabsorbentes.

### 9.2.3. INTERVENCIÓN EN EL VESTÍBULO.

El vestíbulo es un espacio con un volumen muy grande, ya que aparte de lo que ocupa en planta, conecta a todas las demás plantas, por lo que entendemos que es un espacio bastante reverberante. Al ser un elemento de “conexión” con los demás recintos y plantas, deberemos cuidar su TR.

En los cálculos obtenidos a partir de las mediciones, tenemos un Trmid de 2,72 s. Este valor es demasiado elevado. Para hacerse una idea, el TR que hay en el vestíbulo equivaldría al tiempo de reverberación adecuado para iglesias, es decir, muy alto. Por lo tanto, se debe realizar una actuación para aminorar este valor.

Comenzamos por el cálculo de los  $m^2$  que necesitamos de absorción, y seguidamente se obtiene el tiempo de reverberación para una sala con un TR de 0,6 s., que es el valor que queremos obtener.

FRECUENCIAS	100	250	500	1000	2000	4000
TIEMPO REVERBERACIÓN INICIAL	1,89	2,39	2,67	2,78	2,44	2,03
ABSORCIÓN VESTIBULO	29,85	23,59	21,10	20,29	23,07	27,82
ABSORCIÓN QUE QUEREMOS (TR 0,6s)	93,93	93,93	93,93	93,93	93,93	93,93
ABSORCIÓN A AÑADIR	64,08	70,34	72,83	73,65	70,86	66,11
COEF ABSORCIÓN KNAUF	0,58	0,89	0,76	0,88	0,70	0,79
m2 a añadir	110,49	72,18	88,55	76,40	100,49	90,60
ABSORCIÓN TOTAL SALA DESPUES DE ACONDICIONAR	77,41	87,83	88,40	87,52	93,41	99,40
TIEMPO REVERBERACIÓN TRAS AÑADIR LA ABSORCIÓN	0,73	0,64	0,64	0,64	0,60	0,57
m2 finales a añadir	82					

Figura 13. Tabla de valores de TR y absorción calculados.

La superficie final de absorción a añadir será de 82  $m^2$ , por lo que se añadirá esta superficie a cada una de las frecuencias.

Dados los datos obtenidos de la tabla, el siguiente gráfico explica la disminución que experimenta el TR después de la intervención, y se llega a valores de TR sobre 0,6 s.

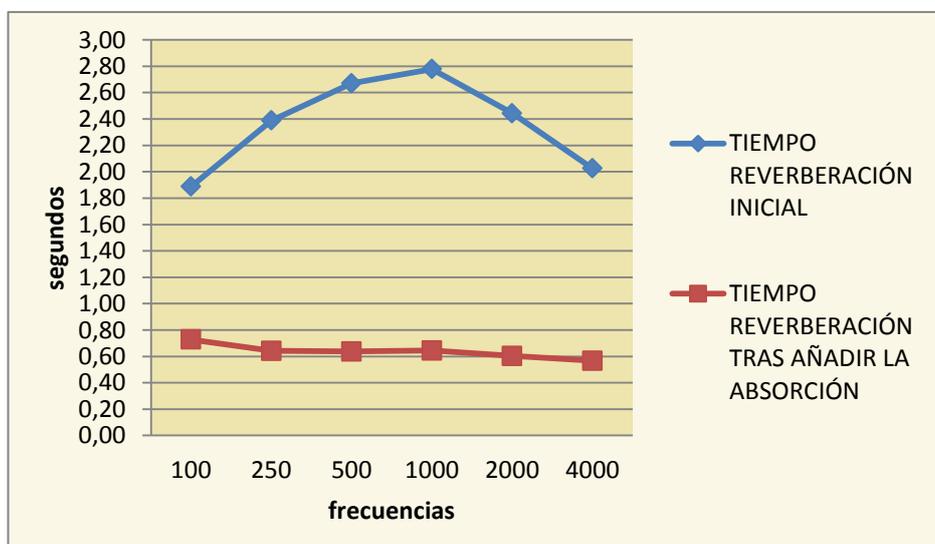
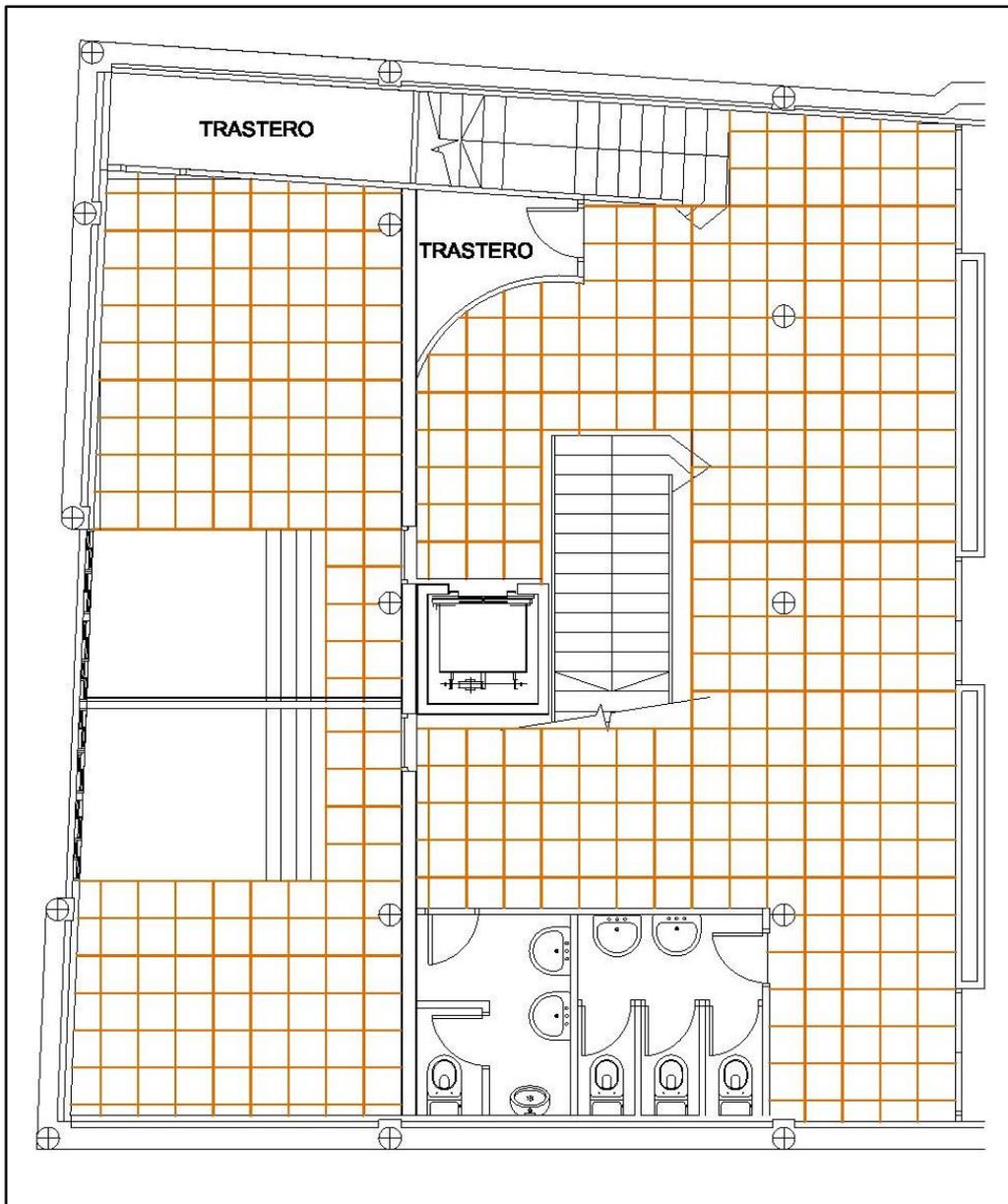


Figura 14. Gráfico de TR inicial y final.

La superficie a colocar la absorción corresponde con la superficie total de techo que tiene el vestíbulo. Por ello se incrementará su absorción colocando las placas con coeficientes de absorción antes indicados sobre las placas ya existentes.

El resultado final se indica en la *figura 15*.



*Figura 15. Resultado final de la actuación para bajar el TR.*

## **10. PROPUESTA DE ACTUACIÓN PARA EL AULA PRINCIPAL.**



En el estudio del aislamiento y el tiempo de reverberación en la sala, mediante el uso de instrumentos de medición “in situ”, se comprueba la calidad acústica de la sala. Por los datos anteriormente obtenidos, vemos la necesidad de actuar sobre esta sala, mejorando las condiciones y acondicionándola para dicho fin.

### **10.1. INTERVENCIÓN PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA PRINCIPAL.**

Tras haber realizado el estudio del aislamiento acústico de los cerramientos que envuelven la sala, hemos obtenido unos valores por debajo de los mínimos para aislar la sala. Como se ha descrito anteriormente, el problema que presenta dicho cerramiento es la presencia de huecos, en este caso puertas acústicas, que han estado mal ejecutadas y se convierte en un punto de transmisión del sonido.

Los datos obtenidos anteriormente sobre la absorción de los elementos de separación entre la sala principal y el vestíbulo, 31 dB para la partición y 27 dB en las puertas, son claramente insuficientes para el aislamiento mínimo que debería tener un recinto protegido.

Para ello, la mejor opción para que el aislamiento de las puertas sea efectivo, será la creación de un vestíbulo previo para el acceso a la sala. Cumpliendo el CTE DB SI, el abatimiento de las puertas será en el sentido de la evacuación.

El vestíbulo se creará en el interior de la sala, en la cual se eliminarán dos filas de butacas por el espacio ocupado por éste. Tal y como muestra la figura, la partición inicial contendrá tres puertas y la partición que se añade para la creación del vestíbulo contendrá dos puertas, colocadas de forma que no lleven la misma dirección. Así, al abrir dichas puertas, el sonido tendrá más dificultad a la hora de salir al exterior.

En cuanto a los materiales:

- La placa de yeso perforada absorbente colocada en la partición inicial en el fondo de la sala, se eliminará para colocarla en la nueva partición y así realizar la misma función que tenía anteriormente.
- Se colocará material absorbente en el suelo del vestíbulo, colocando una moqueta.
- En la cara interior de la partición inicial, y en la cara interior del vestíbulo de la partición creada, se colocará también material absorbente, creando así un espacio de transición entre el vestíbulo y la sala principal por el cual no habrá transmisión de sonido o una transmisión mínima, ya que el vestíbulo creado absorberá el sonido, tanto el que llegue del exterior como el que se intente transmitir del interior.

En cuanto a las puertas, se deberá procurar la correcta colocación de éstas creando una superficie “estanca” al paso del sonido.

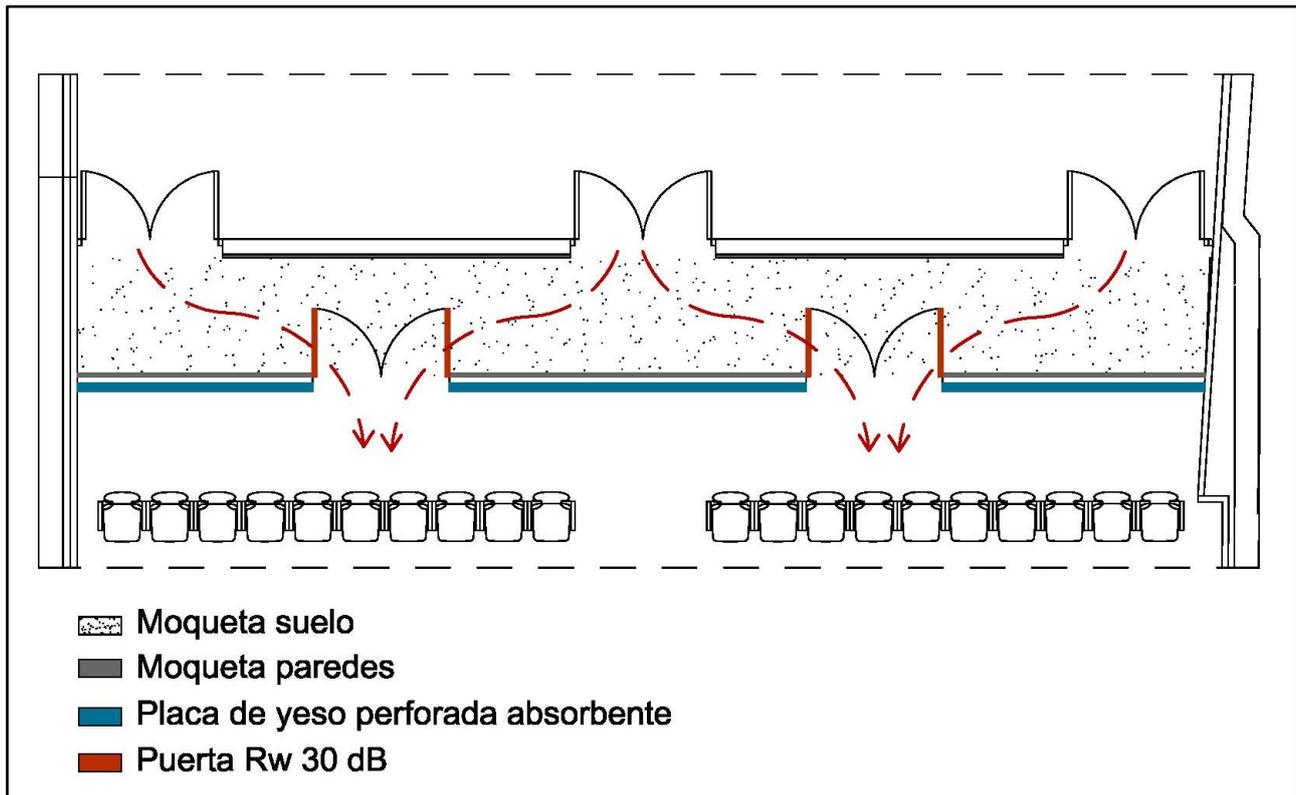


Figura 1. Resultado de la intervención para la mejora del aislamiento.

## 10.2. INTERVENCIÓN PARA LA MEJORA DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN DE LA SALA PRINCIPAL.

En los cálculos obtenidos anteriormente, hemos obtenido un valor de  $T_{r\text{mid}}$  para la sala principal de 0,56 s., que deberemos rebajar, al contrario de las demás aulas.

En las aulas se necesita un tiempo de reverberación bajo, ya que son aulas de enseñanza musical en las cuales los alumnos deben oír sus errores al tocar. Mientras que en el aula principal, en la cual mayoritariamente se hacen actuaciones de música, el tiempo de reverberación debe ser más alto, tanto en la zona del escenario como en el público.

La finalidad de esta mejora es el aumento del TR tanto para los músicos como para la sala en general. Por tanto, una forma de mejorar este tiempo y que afecte a toda la sala, será la colocación de material reflectante en la zona de escenario. De esta forma conseguiremos un aumento de dicho tiempo tanto para los músicos como para el público, ya que como veremos posteriormente, las reflexiones emitidas desde el frente y los laterales del escenario se proyectan hacia el resto de la sala.

Realizamos pues, los cálculos necesarios para saber en este caso, la superficie de absorción que debemos eliminar para conseguir un tiempo de reverberación aproximadamente de 1s. Este tiempo será suficiente ya que como hemos dicho al inicio de este proyecto, las actuaciones que se realizarán serán para música de cámara y sobretodo bandas de música, las cuales habitualmente son realizadas en el exterior.

FRECUENCIA	100	250	500	1000	2000	4000
TIEMPO REVERBERACIÓN INICIAL	1,19	0,67	0,61	0,56	0,63	0,57
ABSORCIÓN SALA PRINCIPAL	114,33	202,55	223,17	244,66	215,98	239,62
ABSORCIÓN QUE QUEREMOS (1s)	136,10	136,10	136,10	136,10	136,10	136,10
ABSORCIÓN A QUITAR	-21,77	66,45	87,07	108,55	79,88	103,51
COEF ABS. PLACAS KNAUF	0,58	0,89	0,76	0,88	0,70	0,79
m2 a quitar	-37,54	74,66	114,57	123,36	114,12	131,03
ABSORCIÓN TOTAL DESPUES DE ACONDICIONAR	79,53	82,40	102,28	123,99	160,55	151,03
TIEMPO DE REVERBERACIÓN DESPUES DE ACONDICIONAR	1,71	1,65	1,33	1,10	0,85	0,90
m2 FINALES A AÑADIR	60					

Figura 2. Tabla de valores de TR y absorción calculados.

Obtenemos una superficie de 60 m<sup>2</sup>. Por tanto, retiraremos las placas de la superficie dada, y se sustituirán por placas de escayola, que favorecerán las reflexiones en los músicos.

A partir de los cálculos anteriores se realizan los gráficos para los TR inicial y final. Se observa en la figura 3 que el TR asciende a unos valores de 1 s. aproximadamente, excepto en bajos, que se eleva hasta 1,6 s.

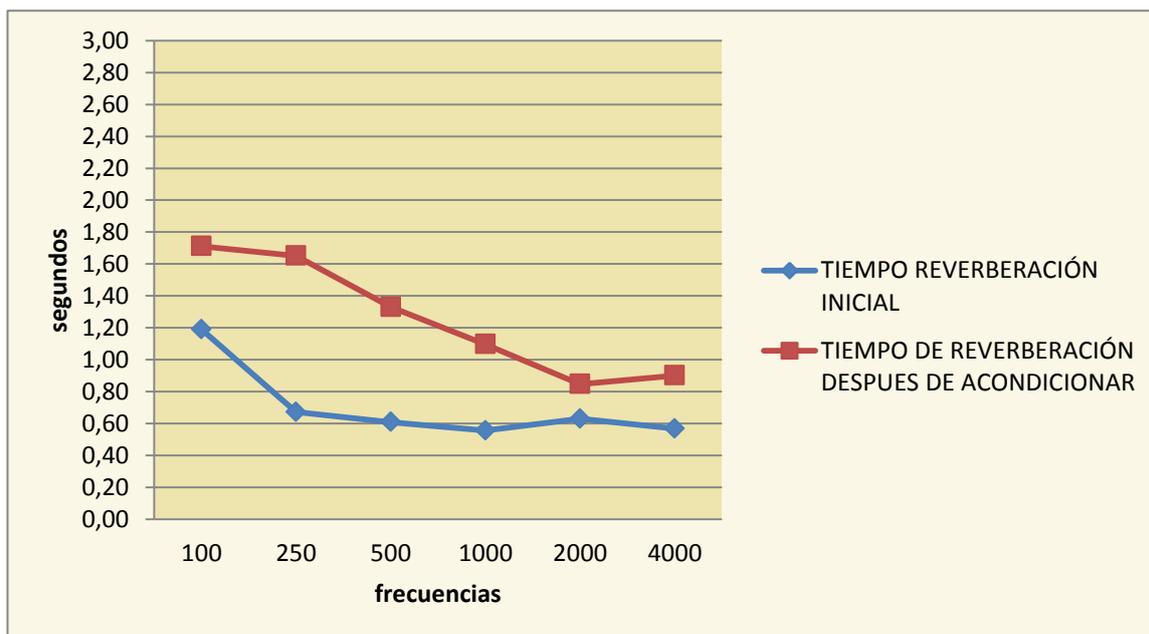


Figura 3. Gráfico de TR inicial y final.

Se realizará otro cambio en la zona del frente del escenario. Como se ha observado anteriormente en las fotografías, los músicos en sus actuaciones están cubiertos perimetralmente por un telón, tanto en el frente como en los laterales, lo cual desfavorece todavía más la propagación de las reflexiones, a ellos como al público.

Por tanto, se colocará un tabique en el frente, de forma que deje espacio en la zona trasera para resguardar los materiales e instrumentos que no se vayan a utilizar y dejando unas aberturas en los laterales por los que se pueda pasar. Este elemento se revestirá con material reflectante como por ejemplo madera, que por otra parte estéticamente tendrá mejor presencia.

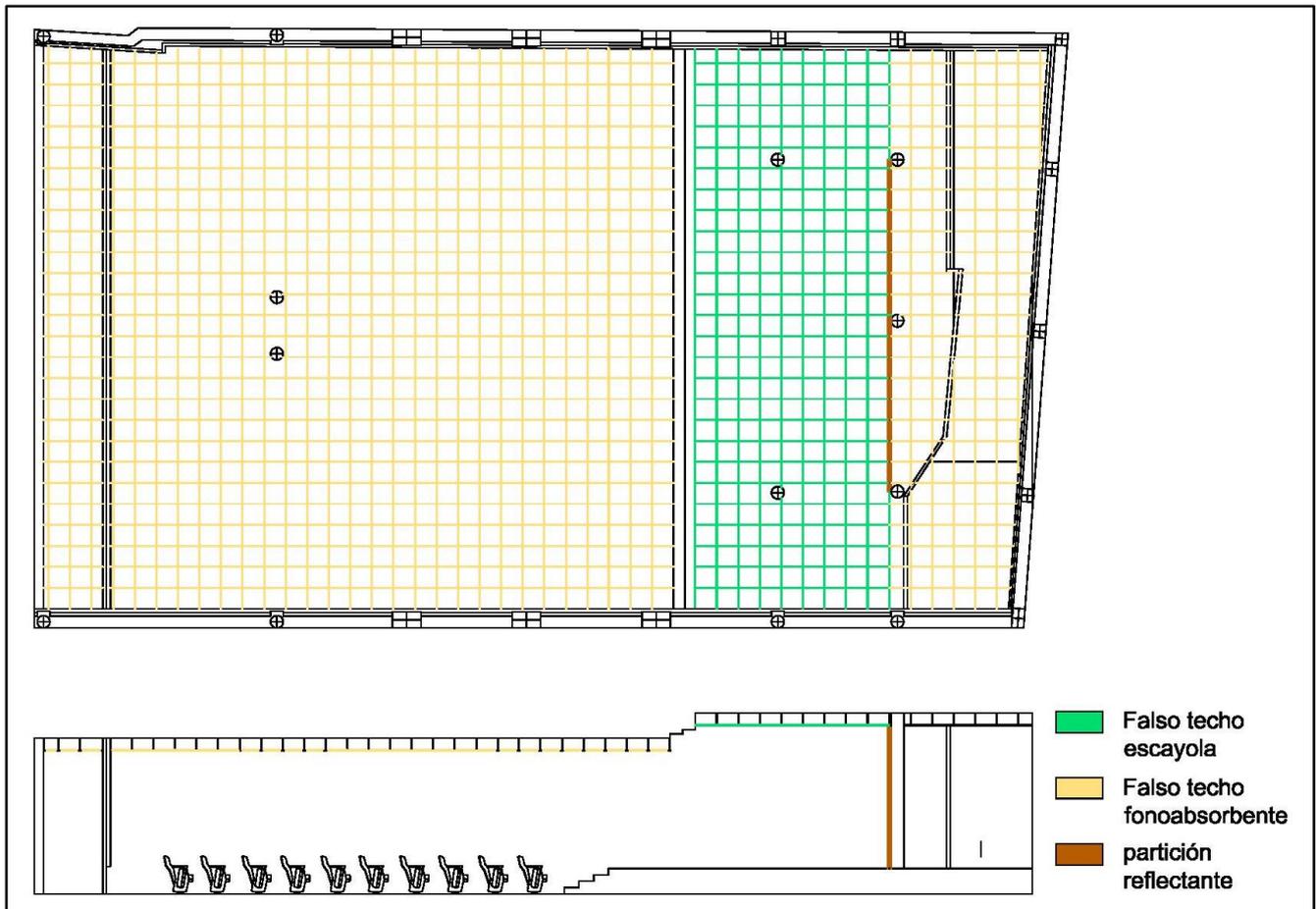


Figura 4. Distribución de los materiales aportados.

En la *figura 4* se observa el estado final de la sala, la colocación de las placas de escayola en la zona de los músicos y la pared de madera en el frente, creando así un espacio reflectante, junto a los laterales enlucidos de yeso, el cual transmitirá el sonido a la audiencia.

Las siguientes figuras muestran las reflexiones de la sala acondicionada:

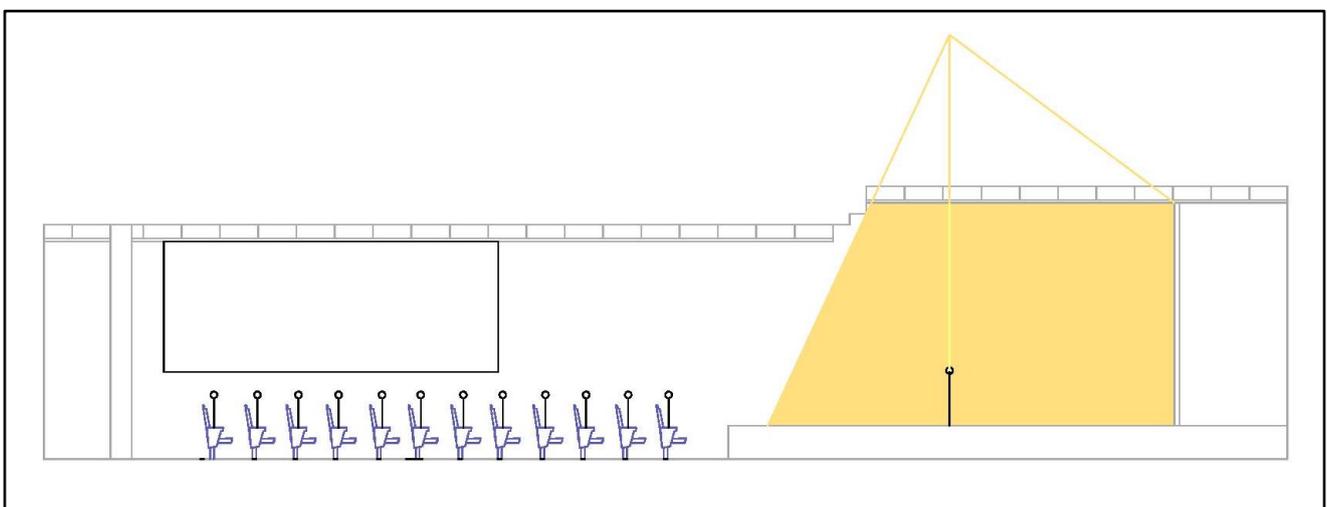


Figura 5. Reflexiones del techo de escayola.



Figura 6. Reflexiones de los laterales.

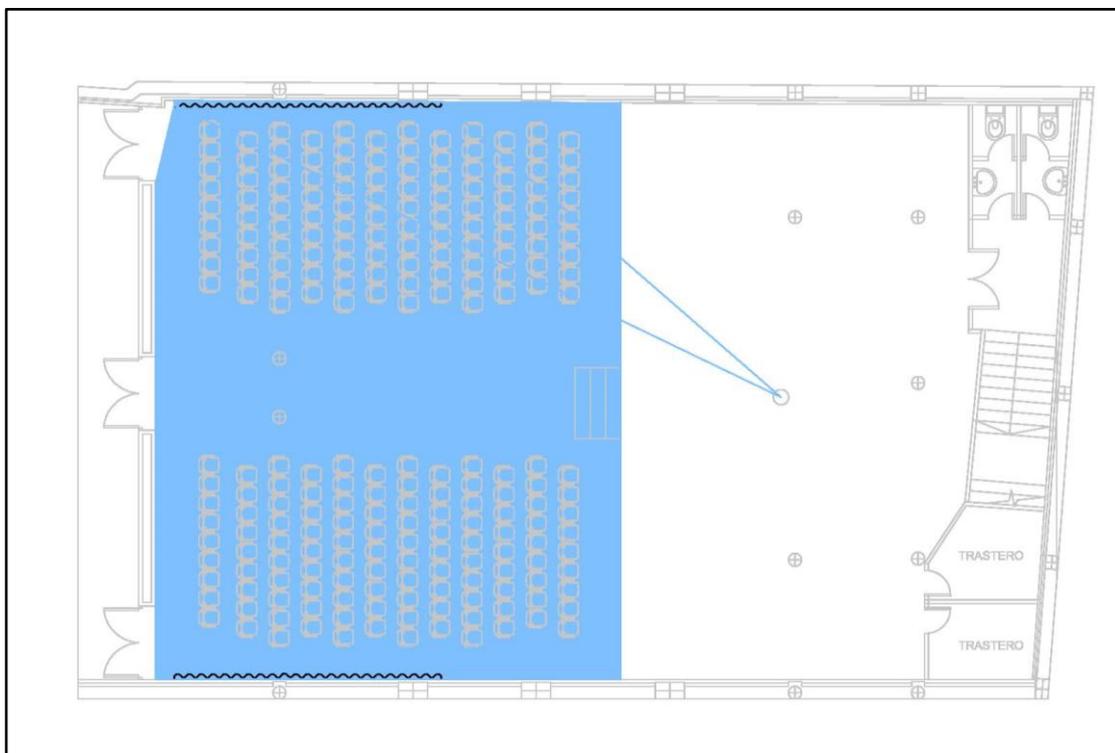
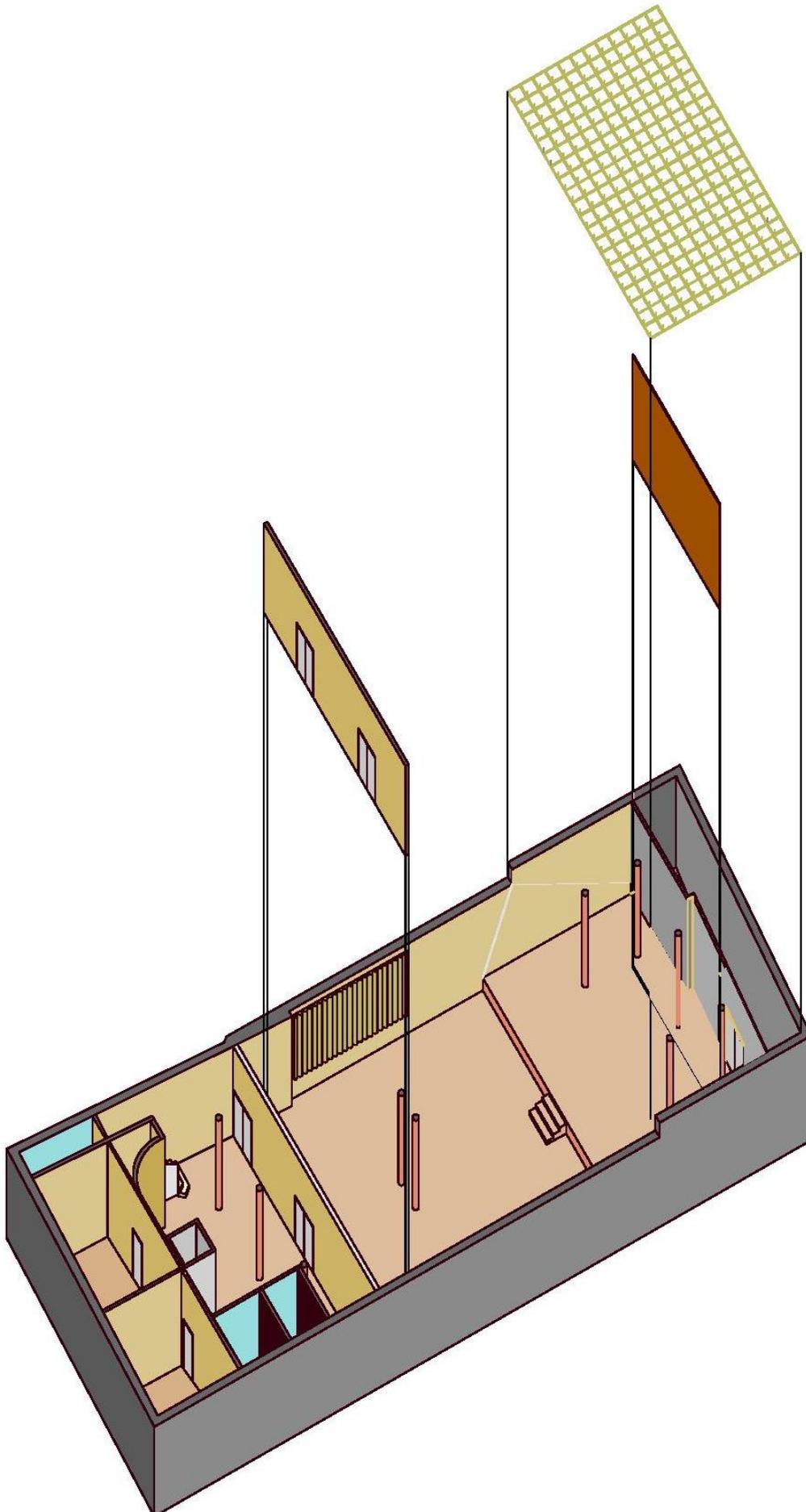


Figura 7. Reflexiones de los laterales pronunciados de escayola.



## **11. ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE ACTUACIÓN.**



Para realizar el costo económico de la actuación se deberá tener en cuenta los costes de materiales, montaje, instalación, operarios, etc. Por ello se ha buscado catálogos (resumidos en Anexo) en los cuales se ha recogido información acerca de montaje y precios de los materiales. También se ha consultado en el IVE sobre demás costes.

PRESUPUESTO PAREDES AULAS							
Entramado autoportante sencillo [15 IDF+48+15 IDF] LM45, compuesto por una placa de yeso laminado de 15 mm de espesor, atornilladas directamente una a cada lado de una estructura simple de perfiles de acero galvanizado de 48 mm de ancho, con canales y montantes, con una separación entre montantes de 400 mm y aislamiento a base de lana mineral de 45 mm de espesor.							
ELEMENTO	MATERIAL			MANO DE OBRA			PRECIO FINAL
	sup.	€/m2	precio	sup.	€/m2	precio	
PARED 1	28,79	23,59	679,1561	28,79	12,54	361,0266	1040,1827
PARED 2	15,75	23,59	371,5425	15,75	12,54	197,505	569,0475
PARED 4	44,64	23,59	1053,0576	44,64	12,54	559,7856	1612,8432
							3222,0734

PRESUPUESTO VESTIBULO							
Partición de una hoja de ladrillo cerámico hueco de 7cm de espesor, realizada con piezas de 24x11.5x7 cm, con juntas de 1cm de espesor, enlucido de yeso de 1.5cm por ambos lados.							
ELEMENTO	MATERIAL			MANO DE OBRA			PRECIO FINAL
	sup.	€/m2	precio	sup.	€/m2	precio	
PARED VESTIBULO-AUDITOIRO	36,98	12,78	472,6044	36,98	43,45	1606,781	2079,3854
MOQUETA PARED Y SUELO VESTIBULO	86,28	12,48	1076,7744	86,28	6,72	579,8016	1656,576
							3735,9614

En este apartado se ha tenido en cuenta el coste de la retirada de las placas de yeso perforadas con función absorbente que estaban situadas en la pared original, para pasarlas a la partición realizada para crear el vestíbulo, en la zona interior de la sala.

PRESUPUESTO TECHO ZONA MUSICOS							
Falso techo realizado con placas de escayola lisa de 100x60cm, sustentado con esparto y pasta de escayola, según NTE/RTC - 16.perimetralmente con perfil angular y suspendido mediante tirantes roscados de varilla galvanizada de diámetro 3mm							
ELEMENTO	MATERIAL			MANO DE OBRA			PRECIO FINAL
	sup.	€/m2	precio	sup.	€/m2	precio	
TECHO	60	5,05	303	60	8	480	783

PRESUPUESTO TECHO AULAS Y VESTIBULO							
Falso techo realizado con paneles de 60x60cm, perforado acústico de 8.5 kg/m2 de peso, a base de escayola, fibra de vidrio y Perlita, con panel de lana mineral cubierto de papel metalizado, con sustentación escalonda a base de perfil primario y secundario lacados, rematado perimetralmente con perfil angular y suspendido mediante tirantes roscados de varilla galvanizada de diámetro 3mm, según NTE/RTP-17.							
ELEMENTO	MATERIAL			MANO DE OBRA			PRECIO FINAL
	sup.	€/m2	precio	sup.	€/m2	precio	
AULA GRANDE	0	28,02	0	21,08	12	252,96	252,96
AULA PEQUEÑA	0	28,02	0	15,09	12	181,08	181,08
VESTIBULO	63,53	28,02	1780,1106	63,53	12	762,36	2542,4706
							2976,5106

PRESUPUESTO PUERTAS							
ELEMENTO	MATERIAL			MANO DE OBRA			PRECIO FINAL
	cantidad	€/u	precio	cantidad	€/u	precio	
PUERTAS 30dB	2	746,36	1492,72	2	50	100	1592,72
PUERTAS 40dB	2	983,21	1966,42	2	55	110	2076,42
							3669,14

PRESUPUESTO FINAL

14386,69 €

## 12. SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE.



Se realiza una simulación acústica de la Sala Principal, de forma que nos dé información sobre los parámetros de reverberación de la sala original y la sala posterior a las actuaciones propuestas. Dicho programa se proporciona por parte del departamento de Física aplicada de la ETSA.

### 12.1. SIMULACIÓN SALA PRINCIPAL EN SU ESTADO INICIAL.

Para realizar la simulación se deberá crear el dibujo en tres dimensiones en Autocad, adjudicando a cada superficie su material correspondiente para así introducirlo en el software “simulación acústica”, así obtenemos la sala original revestida.

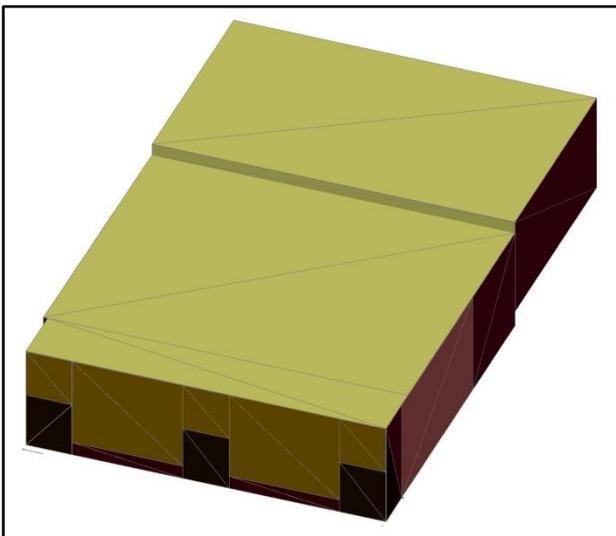


Figura 1. Vista general sala principal original.

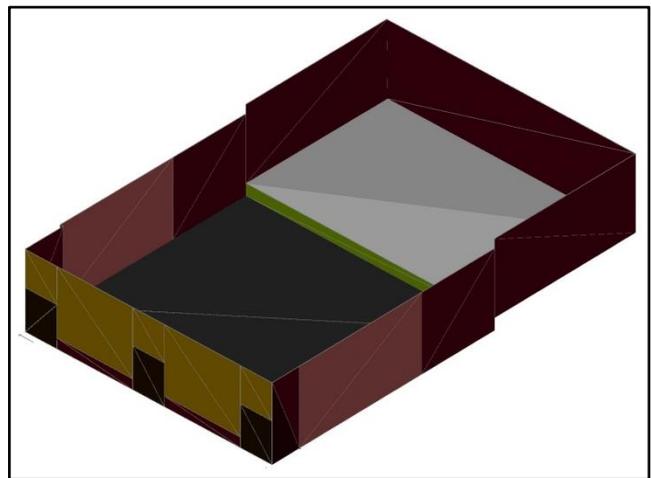


Figura 2. Vista interior sala principal original.

Se distinguen los materiales como: el techo con placas fonoabsorbentes, el suelo de terrazo, los paramentos de enlucido de yeso excluyendo el fondo, que está realizado mediante placas de yeso perforadas con aislamiento interior, las puertas acústicas y los elementos laterales formados por escayola.

El 3D se guarda como documento DXF para poder importarlo en el software de simulación, en el cual se asigna a cada capa el material adecuado, a partir de una base de datos del programa.

Previamente a la asignación de materiales en el software, realizaremos un estudio de los materiales que nos proporcionen una curva tonal parecida a la obtenida mediante los ensayos con los instrumentos (Dirac).

Una vez ajustada la curva a nuestra curva obtenida de las mediciones “in situ “ que se han realizado, elegiremos las posiciones del emisor y el receptor en un punto, para comprobar el ecograma y la curva que nos dé un resultado similar a nuestro cálculo.

A continuación colocamos una malla de receptores en la zona de pavimento donde se situarán los espectadores, y de la misma forma se situará la malla en la zona de escenario. Para realizar la simulación de manera más exhaustiva, la malla se coloca a una altura de 0,86 y con un intereje de 0,25, para que nos salga una cuadrícula más pequeña.

Se inicia así el cálculo de la simulación.

### 12.1.1. DATOS OBTENIDOS.

Tras la simulación obtenemos ecograma, curva tonal, valores de reverberación, niveles de presión sonora y claridad.

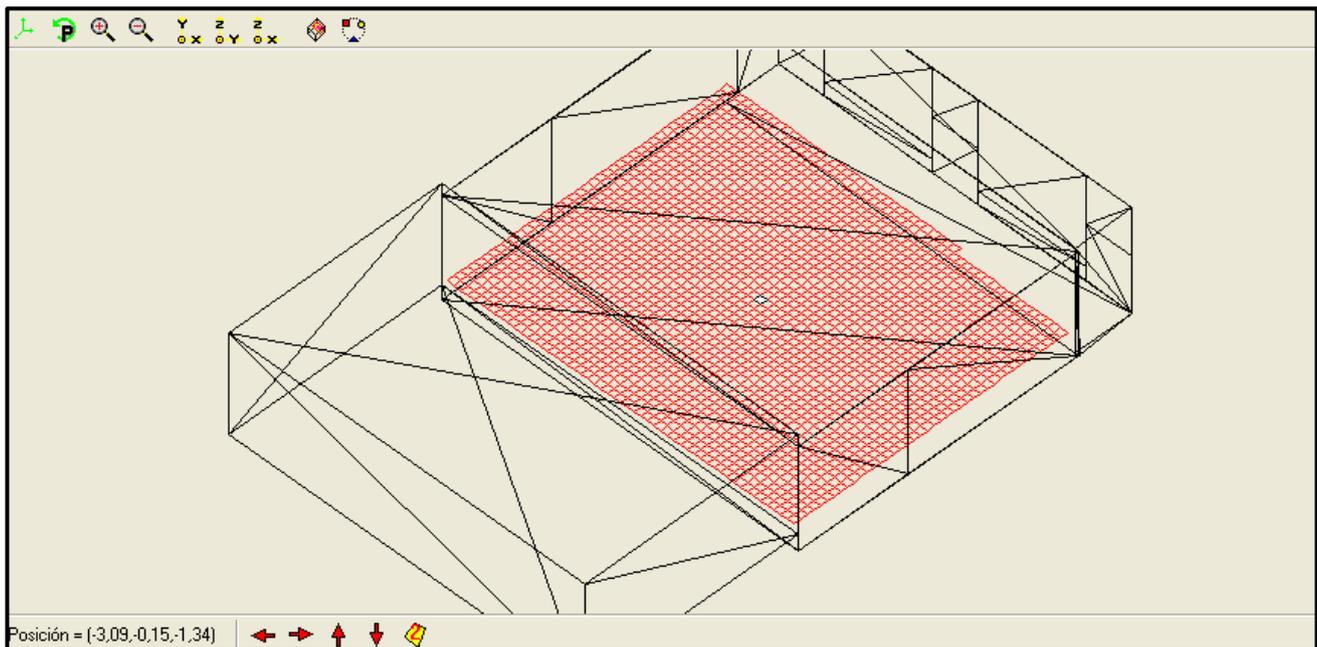


Figura 3. Disposición de malla de receptores.

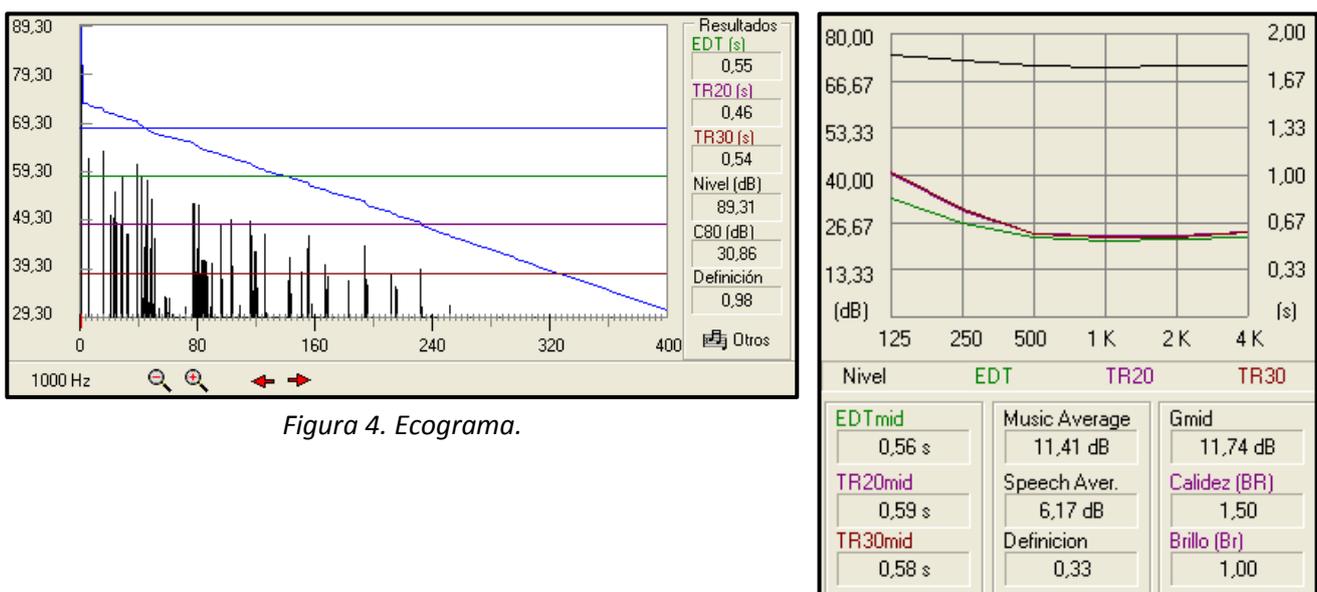
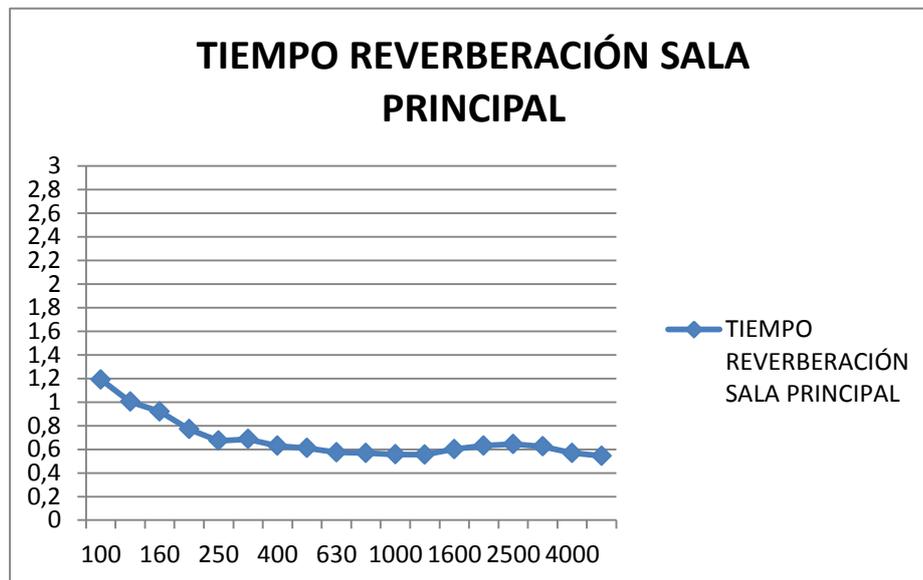


Figura 4. Ecograma.

Figura 5. Resultados con gráfico y parámetros.

Como vemos en el ecograma obtenido, la diferencia entre el sonido directo y la primera reflexión es bastante menor a 20 ms, al igual que en los datos obtenidos por las mediciones, con los que nos aclara que es una sala muy íntima.

Por otra parte, obtenemos la curva tonal (*figura 5*), la cual se asimila bastante a nuestra curva inicial:



*Figura 6. Curva tonal antes de la actuación.*

Obtenemos otros datos importantes y aclarativos de la gráfica, como son el  $T_{r\text{mid}}$ , que nos da un resultado de 0,59 s, muy aproximado a nuestro valor calculado con las mediciones, que es 0,85 s.

Por otra parte tenemos como resultado de la calidez 1,50, lo cual se asemeja mucho a la calidez en la zona de espectadores, pero no tanto en la zona de escenario, cuyos resultados son 1,48 y 1,3 respectivamente. En todo caso, obtenemos valores bastante altos para la calidez.

El brillo, que nos ha dado un valor de 1, estaría dentro de los parámetros aconsejables, y un poco más alto de los valores obtenidos previamente: 0,85 y 0,96.

El  $EDT_{\text{mid}}$  es 0,56, valor levemente menor a 0,59 del  $T_{r\text{mid}}$ , que sería aceptable.

El programa nos ofrece una visualización con colores de los distintos parámetros sobre el pavimento simulado. En la *figura 7* y *8* aparece una visual de los niveles en banda media de 1 kHz en la opción de alto contraste. Se alcanzan valores entre 90 y 60 dB en la sala en general.

Desglosando estos datos de observa que en la zona de escenario el nivel varía aproximadamente entre 70 y 90 dB, mientras que en la zona de audiencia varía entre 60 y 70 dB.

A continuación se presentan las figuras con las visualizaciones de colores obtenidas en la simulación.

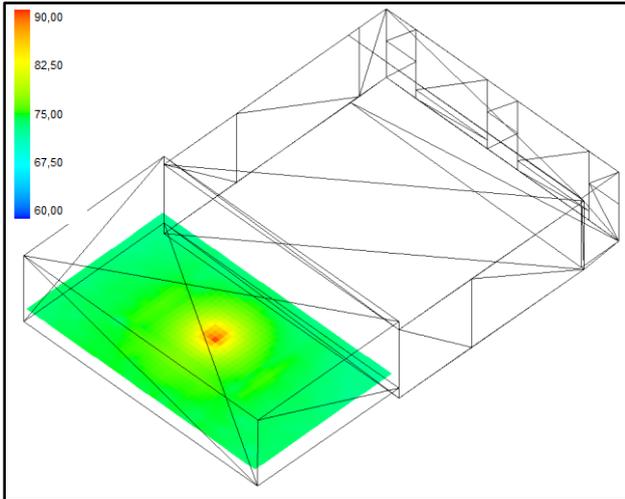


Figura 7. Niveles de presión sonora en el escenario.

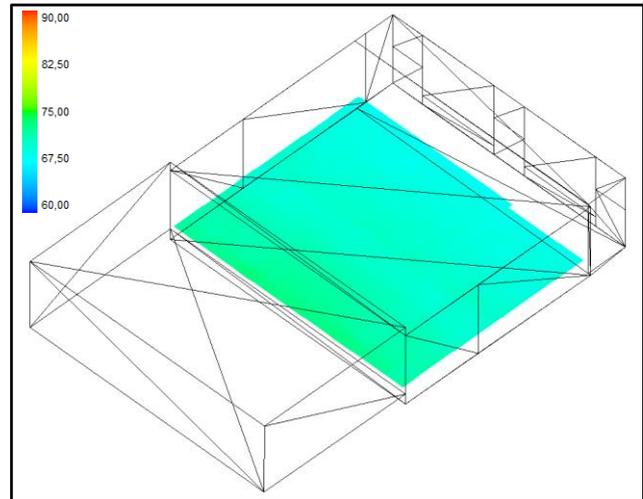


Figura 8. Niveles de presión sonora en la audiencia.

A continuación se presenta la visual de los valores de  $TR_{mid}$  en banda de 1 kHz, y con ayuda de ésta, se pueden describir las zonas con mayor y menor tiempo de reverberación.

La banda de valores por los que se mueve el TR en esta sala, tal y como se observa en las figuras, utiliza una escala entre 0,46 y 0,66 segundos. Un valor bastante bajo para la sala a tratar, tal y como nos aparecía en los datos de las mediciones realizadas.

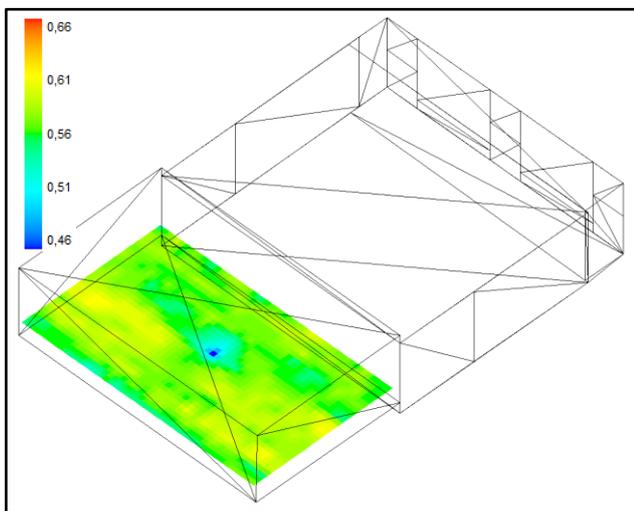


Figura 9. TR en zona escenario.

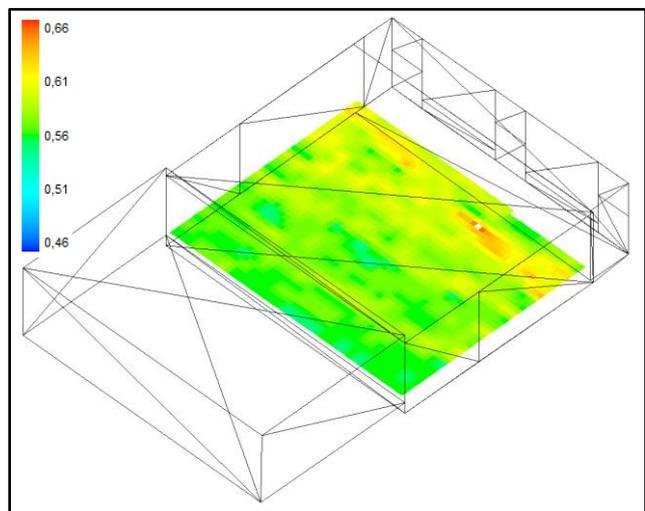


Figura 10. TR en zona audiencia.

### 12.1.2. CONCLUSIONES.

Los datos obtenidos en la simulación, con los materiales del estado actual de la sala asignados a cada paramento, son muy semejantes con la realidad. De esta forma, la simulación nos ayuda a obtener valores aproximados a la realidad, sin necesidad de realizar pruebas "in situ", y poder realizarlo en poco tiempo.

## 12.2. SIMULACIÓN SALA PRINCIPAL ACONDICIONADA.

De la misma forma que la anterior, se realiza un 3D de la sala acondicionada con sus nuevos revestimientos y tabiques posteriores. Se triangula en este mismo programa con el comando "3DCARA" y se pasará su formato a DXF para importarlo en el software de simulación.

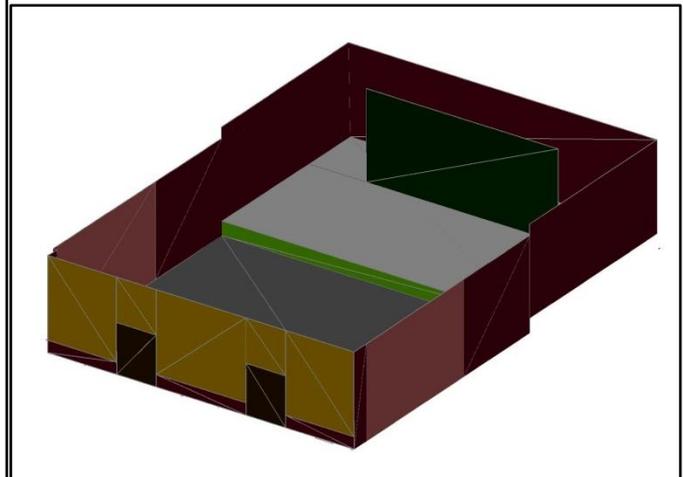
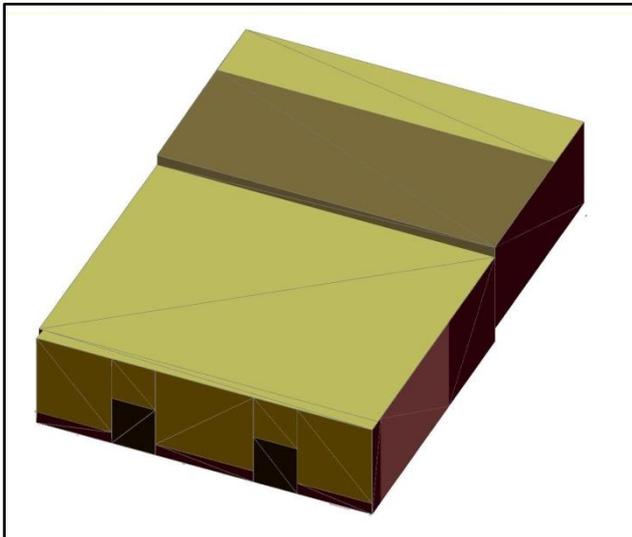


Figura 11. Vista general sala principal acondicionada. Figura 12. Vista interior sala principal acondicionada.

En las *figuras 11 y 12* se observan los cambios realizados, como la creación de un vestíbulo, el cual en el 3D solo se sirve de la partición interior a la sala principal, y que contiene dos puertas. Se colocan los materiales descritos anteriormente. En la *figura 11* se observa en marrón la superficie ocupada por las placas de escayola colocadas en la actuación, para mejorar las reflexiones en esa zona. Por último, destacar el elemento verde oscuro situado en la zona de escenario, el cual está formado por una partición simple de LH7 y revestido por material reflectante como la madera ordinaria.

Por tanto una vez asignado el nombre del material a cada capa, se guardará como documento DXF.

Realizando los mismos pasos que en el caso anterior, se cambiará la tipología de materiales afectados por la actuación. Por tanto, al colocar el emisor y receptor y procediendo al cálculo, debemos obtener una gráfica de curva tonal similar a la obtenida en las mediciones.

Una vez conseguida la curva, se establecen los parámetros para la altura y el interese de la malla en la zona de escenario y audiencia. Los valores escogidos serán los mismos que los anteriores, y una vez establecidos estos valores se procede al cálculo de la simulación.

12.2.1. DATOS OBTENIDOS.

Tras la simulación obtenemos ecograma, curva tonal, valores de reverberación, niveles de presión sonora y claridad.

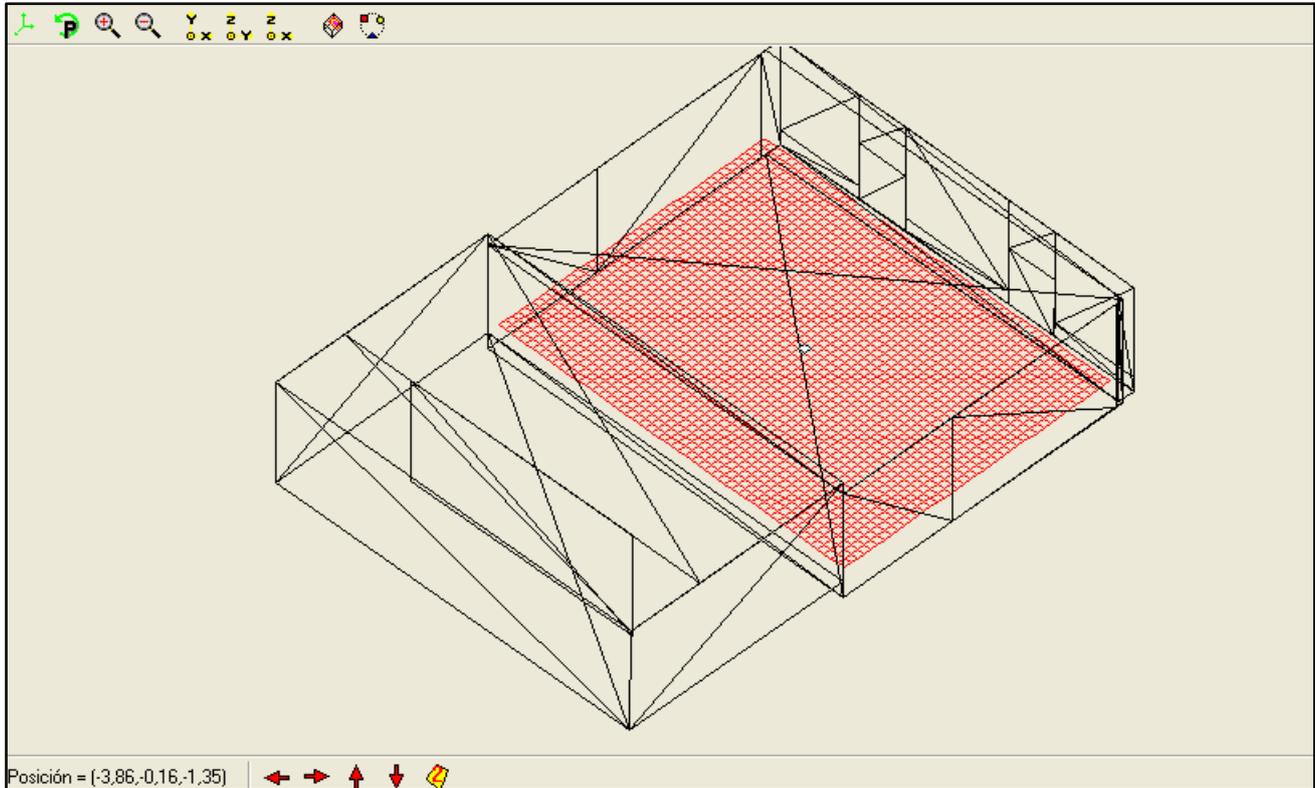


Figura 13. Disposición de malla de receptores.

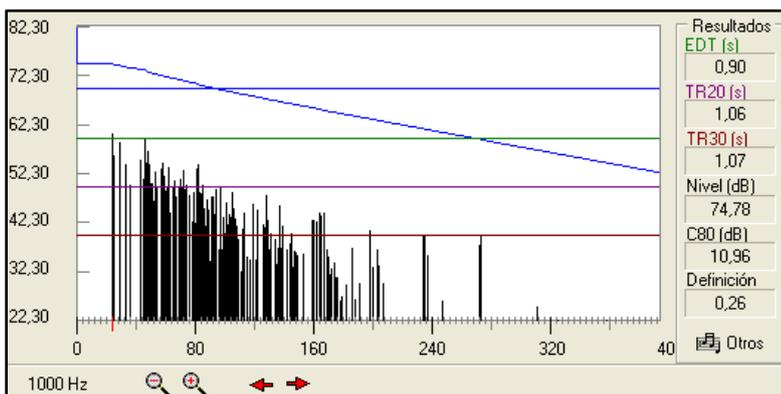


Figura 14. Ecograma para sala acondicionada.

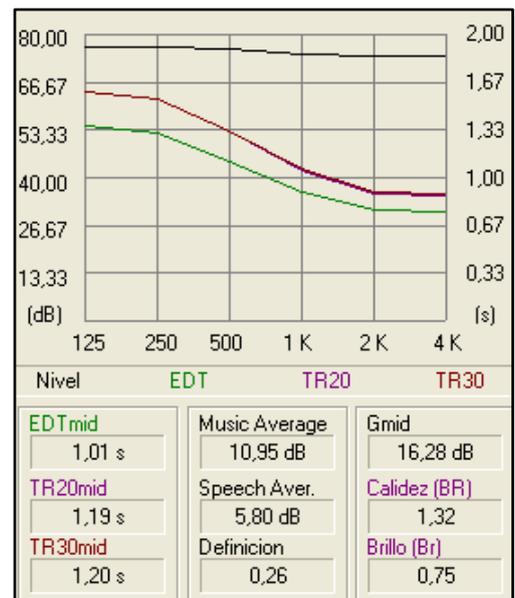


Figura 15. Resultados de parámetros y curva TR.

Como vemos en las figuras anteriores de los datos obtenidos, el TRmid y el EDTmid aumentan hasta alcanzar valores de 1,19 y 1,01 segundos, respectivamente.

Al comparar la curva obtenida anteriormente por cálculo para la Sala Principal acondicionada, comprobamos que la curva obtenida en la simulación se ajusta bastante a nuestro cálculo. Y el TRmid nos da un valor muy similar, ya que en los cálculos anteriores se obtuvo un valor de 1,21 s. y en la simulación 1,19 s.

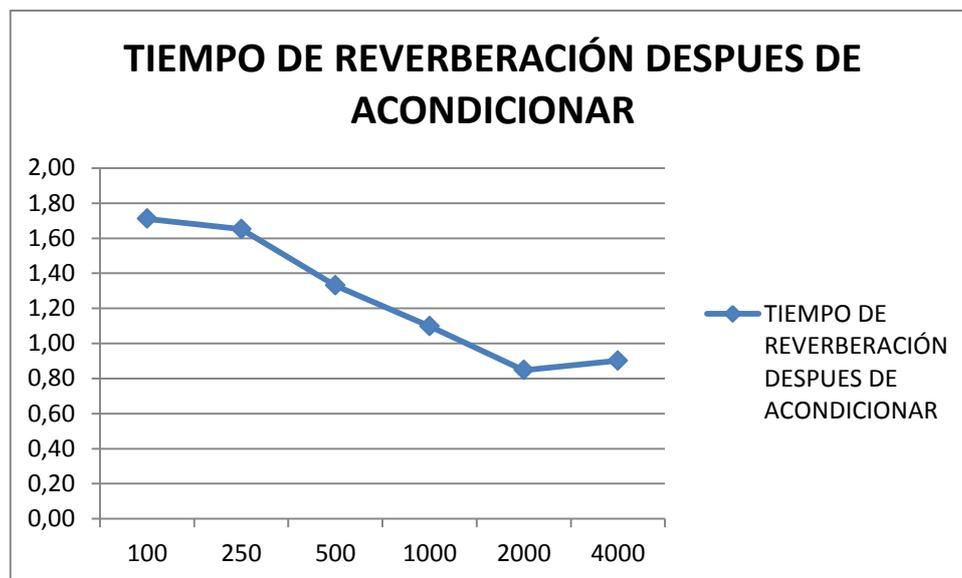


Figura 16. Tiempo de reverberación tras acondicionar, dado por los cálculos.

Entendemos pues que la gráfica obtenida por la simulación es válida, ya que se aproxima bastante a la de cálculo.

Por otro lado tenemos información sobre parámetros como la calidez y el brillo, que en este caso han bajado un poco en comparación con los resultados anteriores. La calidez se acerca más a los valores recomendables, mientras que el brillo se queda por debajo del valor recomendable ( $Br \geq 0.87$ ).

Entre otros, también obtenemos el valor del EDTmid, que al igual que el TRmid han subido, creando un mayor tiempo de reverberación, que era el objetivo. Lo recomendable es que estos valores se aproximen.

El programa nos ofrece una visualización con colores de los distintos parámetros sobre el pavimento simulado, como en el caso anterior. En la *figura 17 y 18* aparece una visual de los niveles en banda media de 1 kHz en la opción de alto contraste. Se alcanzan valores entre 70 y 100 dB en la sala en general.

Desglosando estos datos de observa que en la zona de escenario el nivel varía aproximadamente entre 75 y 90 dB, mientras que en la zona de audiencia varía entre 70 y 77 dB.

A continuación se presentan las figuras con las visualizaciones de colores obtenidas en la simulación.

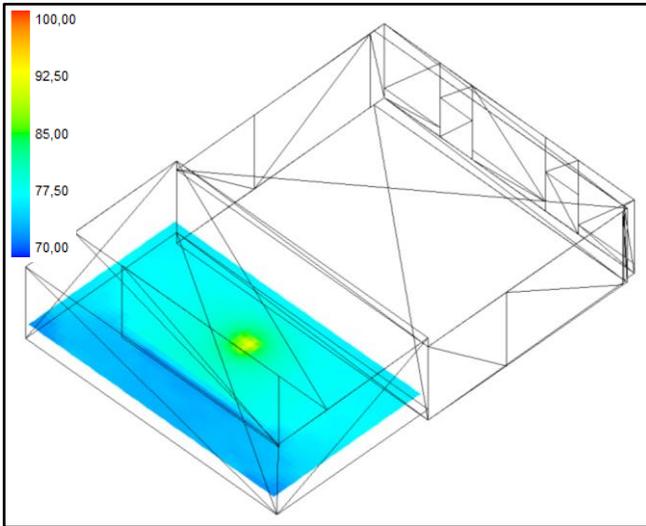


Figura 17. Niveles de presión sonora en el escenario.

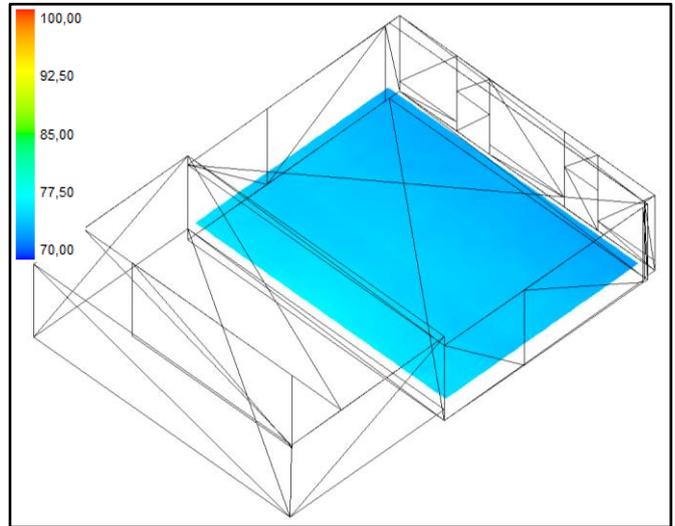


Figura 18. Niveles de presión sonora en la audiencia.

Se comprueba en la zona del escenario, que en la parte posterior del tabique realizado se alcanza menos nivel que en el centro, como es lógico.

A continuación se presenta la visual de los valores de TRmid en banda de 1 kHz, y se observan las zonas donde crece la reverberación.

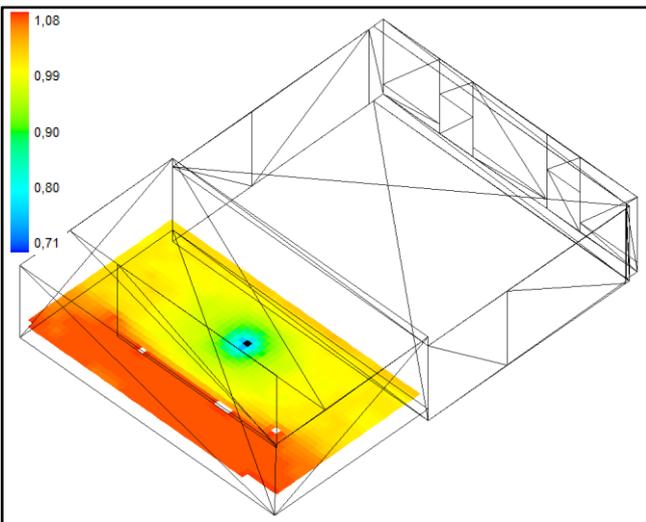


Figura 19. TR en el escenario.

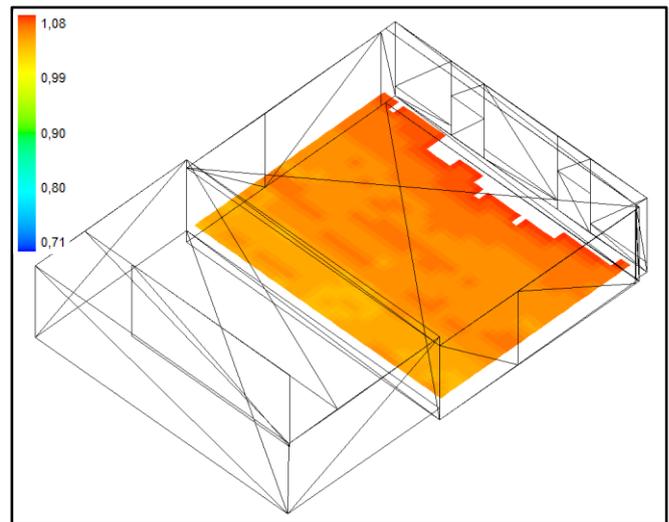


Figura 20. TR en zona de audiencia.

En el escenario, a excepción de la posición de la fuente, se alcanza un tiempo de reverberación alrededor de 1 s. En la parte trasera se observa que se alcanzan valores mayores por ser un espacio

cerrado. Mientras que en la zona de audiencia se alcanza un calor entre 1 y 1,08. Se aprecia pues la subida del valor del tiempo de reverberación alrededor de 1 s tras el acondicionamiento.

### **12.2.2. CONCLUSIONES.**

Los datos y la información obtenida a partir de los cálculos de la simulación se aproximan bastante a los cálculos realizados anteriormente. Por tanto podemos probar que esta simulación es fiable en cuanto a los datos obtenidos, y se puede comprobar así las reacciones de la sala debido al acondicionamiento realizado.



## 13. CONCLUSIÓN PFG.



### 13.1. CONCLUSIÓN PFG.

La temática de este proyecto, el acondicionamiento acústico de recintos, ha cobrado mucha importancia actualmente. Tiempos atrás los constructores y arquitectos diseñaban sus hogares mediante cerramientos de gran espesor, para lograr así un aislamiento tanto térmico como acústico. Sin duda, en nuestras épocas, el concepto de espesor ha cambiado, ya que se intenta conseguir la misma finalidad pero con materiales más eficaces y que ocupen un reducido espesor para evitar pérdidas de superficie. Pues bien, en cuanto a la parte de aislamiento térmico de éste proyecto se ha considerado no sólo la realización y cumplimiento de los elementos acústicos con la norma, sino también se ha considerado diferentes aspectos en cuanto a espesores y estética.

Como ya se ha dicho, es importante el aislamiento y acondicionamiento acústico en la edificación, ya que actualmente viene sumido en un marco normativo realmente amplio donde se plasman las directrices para realizar elementos constructivos que satisfagan las necesidades de habitabilidad que el ruido cotidiano nos impide.

Este taller ha sido muy interesante, se han visto muchos aspectos de la acústica que no conocía ya que anteriormente no me había formado en este campo. Ha sido muy útil en cuanto a aprendizaje de los instrumentos necesarios para la medición de parámetros acústicos, así como la norma UNE que rige la forma de utilizarlos. Me ha agradado realizar mis propias mediciones, ya que posteriormente mi trabajo se ha dedicado a trabajar sobre ellas.

En el proyecto no he tenido la posibilidad de trabajar de forma más exhaustiva con el código técnico, ya que la Sala Principal se considera un recinto ruidoso, pero he podido utilizarlo para la comprobación del aislamiento acústico de las salas colindantes.

Es necesario destacar la importancia de haber utilizado el software dedicado a la simulación acústica. Le he visto mucho interés, ya que para realizar el acondicionamiento de la sala, cuando todavía no está realizada la actuación y por lo tanto no se puede medir, con este programa podemos saber cómo responde la sala sobre los materiales y revestimientos que hemos colocado sin todavía realizarla.

Este proyecto me ha motivado mucho, ya que como he explicado al comienzo de éste, he elegido este edificio, y el concreto la planta sótano donde se realizan distintas actuaciones, porque la gente y más concretamente los músicos se lamentaban de las reformas realizadas anteriormente, en las cuales habían puesto tanta cantidad de absorción que apenas podían oírse ellos mismos. Me ha parecido interesante sobretodo poder realizar un proyecto que probablemente se realice y así pueda mejorar el aspecto acústico de estas salas consiguiendo así una mejor calidad acústica.



## 14. BIBLIOGRAFÍA.



**NORMATIVA:**

CTE DB HR “Código Técnico de la Edificación. Protección frente al Ruido”.

Ley 37/2003, de 17 de Noviembre, del Ruido.

UNE-EN ISO 140 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción”.

UNE-EN ISO 140-4 1999 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo entre locales”.

UNE-EN ISO 140-5 1999 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas”.

UNE-EN ISO 717 “Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción”.

UNE-EN ISO 717-1 1997 “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción”.

**PÁGINAS WEB:**

<https://www.google.es/search?q=riunet+upv&oq=ruine&aqs=chrome.2.57j5j0l2.4981j0&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

[https://poliformat.upv.es/portal/site/GRA\\_10060\\_2012/page/132eefbf-1f69-47ed-9423-ef56621df883](https://poliformat.upv.es/portal/site/GRA_10060_2012/page/132eefbf-1f69-47ed-9423-ef56621df883)

<http://riunet.upv.es/>

<http://www.piles.es/>

<http://www.five.es/>

<http://www.pladur.com/es-es/Paginas/default.aspx>

<http://www.huet-puertas.es/>

<http://www.metrasoni.es/html/absorbentes.html>

<http://www.codigotecnico.org/web/recursos>



## 15. ANEXO.



# 1. PLACAS



## 1.1. PLACA PLADUR® N



**Descripción** Placa en la que sus componentes (yeso y celulosa) son de composición estándar. Presenta el alma de yeso de color blanco, la cara vista que va a ser decorada en color crema y la opuesta, en color gris oscuros.

**Aplicación** Placa base para todos los SISTEMAS PLADUR® que no requieren especificaciones especiales. Unidades de albañilería interior en general y en todo tipo de obras, techos, aislamientos, reformas, decoración, etc...



Producto Espesor	Ancho (m)	Borde	Longitud estándar (m)	Reacción a fuego	Peso medio aprox. (Kg/m²)	Resistencia térmica (m²K/W)	Permeabilidad al vapor de agua	Tipo de placa según UNE EN 520	Unidades Palet	Normativa
N 6,5	1,2	BA	3	A2 s1 d0 (B)	5	0,03	10	A	50	UNE EN 520
N 10	1,2	BA	3/2,6/2,5	A2 s1 d0 (B)	7,6	0,04	10	A	48	
N 13	1,2	BA	3,2/3/2,8/2,7/2,6/2,5/2	A2 s1 d0 (B)	9,2	0,05	10	A	36	
N 15	1,2	BA	3/2,8/2,7/2,6/2,5	A2 s1 d0 (B)	11,3	0,06	10	A	30	
N 19	1,2	BA	3/2,7/2,6/2,5	A2 s1 d0 (B)	14,2	0,08	10	F	24	

## 1.2. PLACA PLADUR® N 800 MM



**Descripción** Placa PLADUR® tipo N especialmente diseñada para obras de Rehabilitación y reformas u otras de difícil acceso. Esta placa denominada tipo A, según norma UNE-EN-520 que define sus características, está clasificada según su reacción frente al fuego como A2 s1 d0 (Incombustible).

**Aplicación** Especialmente indicada para reformas, rehabilitación, lugares de difícil acceso y obras pequeñas. Utilizable en cualquier unidad de albañilería interior y en todo tipo de obra.



Producto Espesor	Ancho (m)	Borde	Longitud estándar (m)	Reacción a fuego	Peso medio aprox. (Kg/m²)	Resistencia térmica (m²K/W)	Permeabilidad al vapor de agua	Tipo de placa según UNE EN 520	Unidades Palet	Normativa
N 13	0,8	BA	2	A2s1d0 (B)	9,2	0,05	10	A	50	UNE EN 520
N 13	0,8	BA	2,6	A2s1d0 (B)	9,2	0,05	10	A	50	

## 1.3. PLACA PLADUR® FOC



**Descripción** Placa a la que se incorpora en su alma de yeso fibra de vidrio. Al actuar, la fibra de vidrio aumenta la protección de la placa PLADUR® FOC frente al fuego, mejorando el comportamiento de las unidades o sistemas donde se incorpora.

**Aplicación** En unidades de albañilería interior en general y techos suspendidos dónde sea necesaria una elevada protección frente al fuego y como componente de sistemas especiales de protección de estructuras, galerías de instalaciones, tabiquería, etc...



Producto Espesor	Ancho (m)	Borde	Longitud estándar (m)	Reacción a fuego	Peso medio aprox. (Kg/m²)	Resistencia térmica (m²K/W)	Permeabilidad al vapor de agua	Tipo de placa según UNE EN 520	Unidades Palet	Normativa
FOC 13	1,2	BA	3/2,5	A2 s1 d0 (B)	10,8	0,05	10	F	36	UNE EN 520
FOC 15	1,2	BA	3/2,5	A2 s1 d0 (B)	12,6	0,06	10	F	30	

## 1.4. PLACA PLADUR® MO



**Descripción** Placa constituida por un alma de yeso, reforzada con incorporación de fibra de vidrio y cuyas celulosas superficiales han sido sustituidas por velos continuos de fibra de vidrio.

**Aplicación** En soluciones constructivas en zonas de alto riesgo de incendio, dónde los productos a utilizar tienen que aportar mayores prestaciones en protección pasiva frente al fuego (distribución de cuartos de calderas, cocinas de edificios públicos, etc.) así como en protección de estructuras, galerías de instalaciones, etc.

Producto Espesor	Ancho (m)	Borde	Longitud estándar (m)	Reacción a fuego	Peso medio aprox. (Kg/m²)	Resistencia térmica (m²K/W)	Permeabilidad al vapor de agua	Huella superficial (# en mm)	Unidades Palet	Normativa
MO 13	1,2	BA	3	A1	11	0,03	10	≤ 15	32	UNE EN 15283
MO 15	1,2	BA	3	A1	13	0,04	10	≤ 15	32	

# 1. PLACAS



## 1.1. PLACA PLADUR® N



**Descripción** Placa en la que sus componentes (yeso y celulosa) son de composición estándar. Presenta el alma de yeso de color blanco, la cara vista que va a ser decorada en color crema y la opuesta, en color gris oscuros.

**Aplicación** Placa base para todos los SISTEMAS PLADUR® que no requieren especificaciones especiales. Unidades de albañilería interior en general y en todo tipo de obras, techos, aislamientos, reformas, decoración, etc...



Producto Espesor	Ancho (m)	Borde	Longitud estándar (m)	Reacción a fuego	Peso medio aprox. (Kg/m²)	Resistencia térmica (m²K/W)	Permeabilidad al vapor de agua	Tipo de placa según UNE EN 520	Unidades Palet	Normativa
N 6,5	1,2	BA	3	A2 s1 d0 (B)	5	0,03	10	A	50	UNE EN 520
N 10	1,2	BA	3/2,6/2,5	A2 s1 d0 (B)	7,6	0,04	10	A	48	
N 13	1,2	BA	3,2/3/2,8/2,7/2,6/2,5/2	A2 s1 d0 (B)	9,2	0,05	10	A	36	
N 15	1,2	BA	3/2,8/2,7/2,6/2,5	A2 s1 d0 (B)	11,3	0,06	10	A	30	
N 19	1,2	BA	3/2,7/2,6/2,5	A2 s1 d0 (B)	14,2	0,08	10	F	24	

## 1.2. PLACA PLADUR® N 800 MM



**Descripción** Placa PLADUR® tipo N especialmente diseñada para obras de Rehabilitación y reformas u otras de difícil acceso. Esta placa denominada tipo A, según norma UNE-EN-520 que define sus características, está clasificada según su reacción frente al fuego como A2 s1 d0 (Incombustible).

**Aplicación** Especialmente indicada para reformas, rehabilitación, lugares de difícil acceso y obras pequeñas. Utilizable en cualquier unidad de albañilería interior y en todo tipo de obra.



Producto Espesor	Ancho (m)	Borde	Longitud estándar (m)	Reacción a fuego	Peso medio aprox. (Kg/m²)	Resistencia térmica (m²K/W)	Permeabilidad al vapor de agua	Tipo de placa según UNE EN 520	Unidades Palet	Normativa
N 13	0,8	BA	2	A2s1d0 (B)	9,2	0,05	10	A	50	UNE EN 520
N 13	0,8	BA	2,6	A2s1d0 (B)	9,2	0,05	10	A	50	

## 1.3. PLACA PLADUR® FOC



**Descripción** Placa a la que se incorpora en su alma de yeso fibra de vidrio. Al actuar, la fibra de vidrio aumenta la protección de la placa PLADUR® FOC frente al fuego, mejorando el comportamiento de las unidades o sistemas donde se incorpora.

**Aplicación** En unidades de albañilería interior en general y techos suspendidos dónde sea necesaria una elevada protección frente al fuego y como componente de sistemas especiales de protección de estructuras, galerías de instalaciones, tabiquería, etc...



Producto Espesor	Ancho (m)	Borde	Longitud estándar (m)	Reacción a fuego	Peso medio aprox. (Kg/m²)	Resistencia térmica (m²K/W)	Permeabilidad al vapor de agua	Tipo de placa según UNE EN 520	Unidades Palet	Normativa
FOC 13	1,2	BA	3/2,5	A2 s1 d0 (B)	10,8	0,05	10	F	36	UNE EN 520
FOC 15	1,2	BA	3/2,5	A2 s1 d0 (B)	12,6	0,06	10	F	30	

## 1.4. PLACA PLADUR® MO



**Descripción** Placa constituida por un alma de yeso, reforzada con incorporación de fibra de vidrio y cuyas celulosas superficiales han sido sustituidas por velos continuos de fibra de vidrio.

**Aplicación** En soluciones constructivas en zonas de alto riesgo de incendio, dónde los productos a utilizar tienen que aportar mayores prestaciones en protección pasiva frente al fuego (distribución de cuartos de calderas, cocinas de edificios públicos, etc.) así como en protección de estructuras, galerías de instalaciones, etc.

Producto Espesor	Ancho (m)	Borde	Longitud estándar (m)	Reacción a fuego	Peso medio aprox. (Kg/m²)	Resistencia térmica (m²K/W)	Permeabilidad al vapor de agua	Huella superficial (# en mm)	Unidades Palet	Normativa
MO 13	1,2	BA	3	A1	11	0,03	10	≤ 15	32	UNE EN 15283
MO 15	1,2	BA	3	A1	13	0,04	10	≤ 15	32	

DESSO SoundMaster®  
La moqueta que mejora la acústica



En general, la moqueta puede ayudar a mejorar la acústica en muchos ambientes, como oficinas, escuelas y residencias de cuidado. DESSO SoundMaster® funciona aún mejor contra todas las medidas acústicas.

DESSO SoundMaster® ofrece un valor de aislamiento acústico al ruido de impacto ( $\Delta L_w$ ) de más de 15 dB por encima del valor estándar<sup>18</sup>, estableciendo, por consiguiente, una nueva referencia industrial en rendimiento de moquetas. En general, la moqueta reduce el impacto acústico en entre 20 y 30 decibelios<sup>19</sup>.

DESSO SoundMaster® logra una mejora en el rendimiento de absorción acústica de hasta más de 0,15 ( $\alpha_w$ )<sup>20</sup>, equivalente a hasta más del 100% de mejora, en comparación con los diseños de moqueta estándar (valor  $\alpha_w$  entre 0,15 y 0,20)<sup>19</sup>.

Mediante estas dos mejoras, DESSO SoundMaster® también influye de manera positiva en la relación señal-ruido y en el efecto reverberación al disminuir el ruido de fondo.

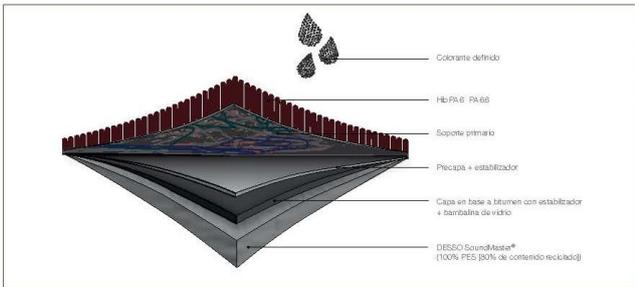
<sup>18</sup> Pruebas realizadas en SWA (Schall- und Wärmemessstelle Aachen GmbH) – Institut für schalltechnische und wärmetechnische Prüfungen-Berating-Planung

<sup>19</sup> A modo de comparación: otros recubrimientos del suelo (que no son moquetas) en general ofrecen un valor entre 5 y 10 dB.

<sup>20</sup> A modo de comparación: otros recubrimientos del suelo (que no son moquetas) en general ofrecen un valor entre 0,05 y 0,10.

16

17



DESSO SoundMaster®  
Diseñada por expertos para crear espacios tranquilos

Hasta más de 0,15 ( $\alpha_w$ )  
(= hasta más de 100%)  
de mejora en la absorción acústica

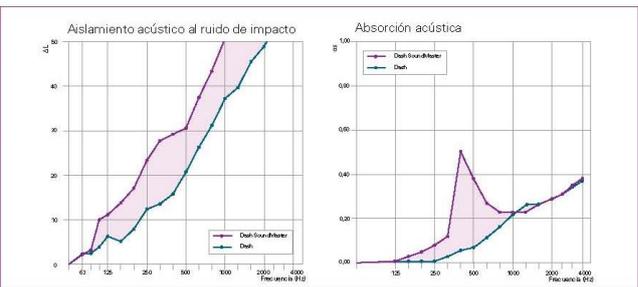
Hasta más de 15 dB  
de mejora en el aislamiento acústico al ruido de impacto

DESSO SoundMaster® ayuda a crear un ambiente productivo y tranquilo en oficinas, escuelas, hospitales y otros edificios comerciales. El diseño en capas de la moqueta en losetas, y especialmente el soporte SoundMaster®, optimiza la absorción acústica y el aislamiento acústico. El soporte de fieltro está fabricado con 100% poliéster (80% reciclado) y se ha elegido especialmente por sus magníficas propiedades de aislamiento y absorción acústicas. Además, ofrece una sensación aún más agradable debajo de los pies que las moquetas estándar.

Además de su funcionalidad diseñada por expertos, el soporte SoundMaster® es un claro ejemplo del reciclaje con mejora con su 80% de contenido reciclado proveniente de botellas de tereftalato de polietileno (PET, por su sigla en inglés) usadas.



DESSO SoundMaster®  
Eficacia comprobada en la mejora de la acústica



Las pruebas acústicas las realiza en condiciones de laboratorio el instituto de pruebas alemán acreditado e independiente SWA<sup>18</sup>, que se especializa en pruebas técnicas acústicas y térmicas, y asesoramiento al respecto.

La moqueta se prueba en cuanto a aislamiento acústico al ruido de impacto en un piso de cemento<sup>19</sup>, al dejar caer una pequeña bola de metal estandarizada desde una determinada altura (lo cual simula pisadas) midiendo el sonido en la habitación interior. Los resultados de la prueba, medidos a diferentes frecuencias, se ponderan en un solo valor  $\Delta L_w$ . DESSO SoundMaster® emite resultados de hasta más de 15 dB.

Para las mediciones de absorción acústica, la moqueta se coloca en una habitación pequeña de reverberación estandarizada donde se emite un sonido de prueba a varias frecuencias. Los resultados de la prueba se ponderan a un solo valor  $\alpha_w$ . DESSO SoundMaster® produce un resultado promedio de hasta más de 0,15 ( $\alpha_w$ ) o una mejora de hasta más de 100%, en comparación con una moqueta estándar. Sin embargo, tal como muestra el gráfico de la página de la derecha, funciona mejor a frecuencias que varían entre 125 y 1000 Hz, que en general es un rango que cubre muchos sonidos comunes (como el discurso humano)<sup>20</sup>.

En los gráficos de la página de la derecha, se presentan ejemplos de dichos resultados de pruebas<sup>18,19</sup>.

<sup>18</sup> SWA (Schall- und Wärmemessstelle Aachen GmbH) – Institut für

Rehrzand en 140 mm.

<sup>19</sup> Titus, LR (1996). Principles of Noise Production, p. 188, and Baker, R. J. (1987). Critical Measurement of Speech and Voice, p. 177.

<sup>20</sup> Los resultados dependen de varios aspectos, entre ellos la estructura, la densidad y el material de fieltro de la pila.

18

17

# PUERTA ACÚSTICA MADERA

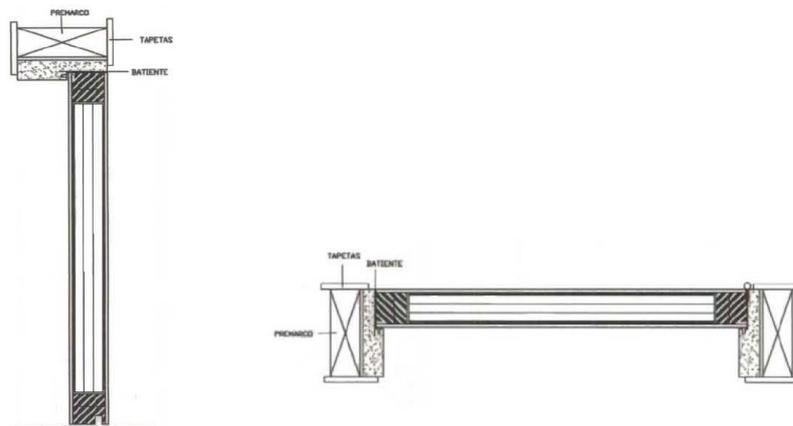
## 1. DESCRIPCIÓN

Puerta batiente de madera de altas prestaciones acústicas, compuesta por un cuerpo de 45mm de espesor. Cierre con maneta y cerradura. Paso inferior sin escalón con cerramiento estanco mediante guillotina de cierre.

La puerta acústica de madera puede fabricarse con resistencia al fuego EI-30 y EI-60.

**AISLAMIENTO ACÚSTICO una hoja  $R_w = 42$  dB**

**AISLAMIENTO ACÚSTICO dos hojas  $R_w = 38$  dB**



## 2. APLICACIONES

Las puertas acústicas de madera están diseñadas para su utilización en lugares con elevada exigencia de aislamiento acústico como estudios, aulas, habitaciones de hoteles,...

## PUERTA ACÚSTICA MADERA

### 3. CARACTERÍSTICAS Y MODELOS

<b>CIERRE</b>	De golpe y bombín
<b>TRAT. SUPERFICIAL</b>	Madera precompuesta barnizada
<b>PESO 1 HOJA</b>	70 kg Aprox.
<b>ACABADO</b>	Claro en roble – Oscuro en vengué
<b>AISLAMIENTO ACUST.</b>	$R_w$ : 42 dB – ensayo 10/101447-1760 1 hoja
<b>AISLAMIENTO ACUST.</b>	$R_w$ : 38 dB – ensayo 08/32303534 2 hojas

#### MODELOS ESTÁNDAR

HOJA SIMPLE		HOJA DOBLE	
42 dB	850 x 2000 mm	38 dB	820 + 820 x 2000 mm
42 dB EI-30	850 x 2000 mm	38 dB EI-30	820 + 820 x 2000 mm
42 dB EI-60	850 x 2000 mm	38 dB EI-60	820 + 820 x 2000 mm

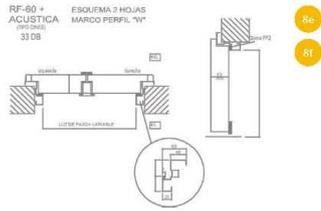
\* Otras dimensiones / acabados consultar bajo pedido.

### 4. Acabados

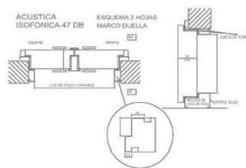


**metrasoni**<sup>®</sup>  
SUMINISTRO DE MATERIALES ACÚSTICOS

Loreto, 17 bajos. Local G / 08029 Barcelona  
Telf. 93 322 28 63 / Fax 93 439 72 02  
info@metrasoni.es / www.metrasoni.es



8e  
8f



8g  
8h



p14 - Catálogo Técnico



## PUERTAS CORTAFUEGOS PUERTAS ACÚSTICAS 35, 39, 47 y 50 Db

8e  
8f  
8g  
8h  
2  
hojas

### 8a. PUERTA ACÚSTICA EN 2 HOJAS DE 35 dB Y RF-60

Puerta batiente metálica en 2 hojas acústica de 35 dB y RF-60 tipo ALFATECO, modelo Ac33/RF60. Homologada de acuerdo con la Norma UNE 74-040 con atenuación acústica de 33 dB y resistencia al fuego 60 minutos. Hoja en chapa de acero de 1,2 mm. y 63 mm. de espesor y relleno acústico e ignífugo según ensayo. Marco estándar galvanizado perfilado tipo Dueña de 1,5 mm. de espesor e inferior en "L" con goma con encastes para junta intumescente y acústica y pernos macizos con cojinete a bolas sin soldaduras vistas. Impresión en hoja cromofosfatante color gris RAL 7012. Maneta de nylon negra en "U", pasadores por canto en hoja pasiva y bombín europerrill con llave de semeta.

Ensayo acústico 35 Db y 8j, 60. En APPLUS con nº95: 009.928 y nº 07132300283.

### 8f. PUERTA ACÚSTICA EN 2 HOJAS DE 39 dB

Puerta batiente metálica en 2 hojas acústica de 39 dB tipo ALFATECO, modelo Ac39. Homologada de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 140-3 con atenuación acústica de 39 dB. Hoja en chapa de acero de 1,2 mm. y 63 mm. de espesor y relleno acústico según ensayo. Marco doblado galvanizado tipo esquinero de 1,5 mm. de espesor perimetral con doble goma y pernos macizos con cojinete a bolas sin soldaduras vistas. Maneta de presión de 3 puntos de anclaje en hoja activa y pasiva por interior con maneta exterior solo en hoja activa. Impresión en hoja cromofosfatante color gris RAL 7012.

Ensayo acústico 39 dB. En APPLUS con nº98: 018.615 en puerta de: 1660x2190 en 2 hojas.

### 8g. PUERTA ACÚSTICA EN 2 HOJAS DE 47 dB

Puerta batiente metálica en 2 hojas acústica de 47 dB tipo ALFATECO, modelo Ac47. Homologada de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 140-3 con atenuación acústica de 47 dB. Hoja en chapa de acero de 1,2 mm. y 78 mm. de espesor y relleno acústico según ensayo. Marco doblado galvanizado doblado tipo esquinero de 1,5 mm. de espesor perimetral con doble goma y pernos macizos con cojinete a bolas sin soldaduras vistas. Maneta de presión de 3 puntos de anclaje en hoja activa y pasiva por interior con maneta exterior solo en hoja activa. Impresión en hoja cromofosfatante color gris RAL 7012.

Ensayo acústico 47 dB. En APPLUS con nº98: 018.615 en puerta de: 1660x2190 en 2 hojas.

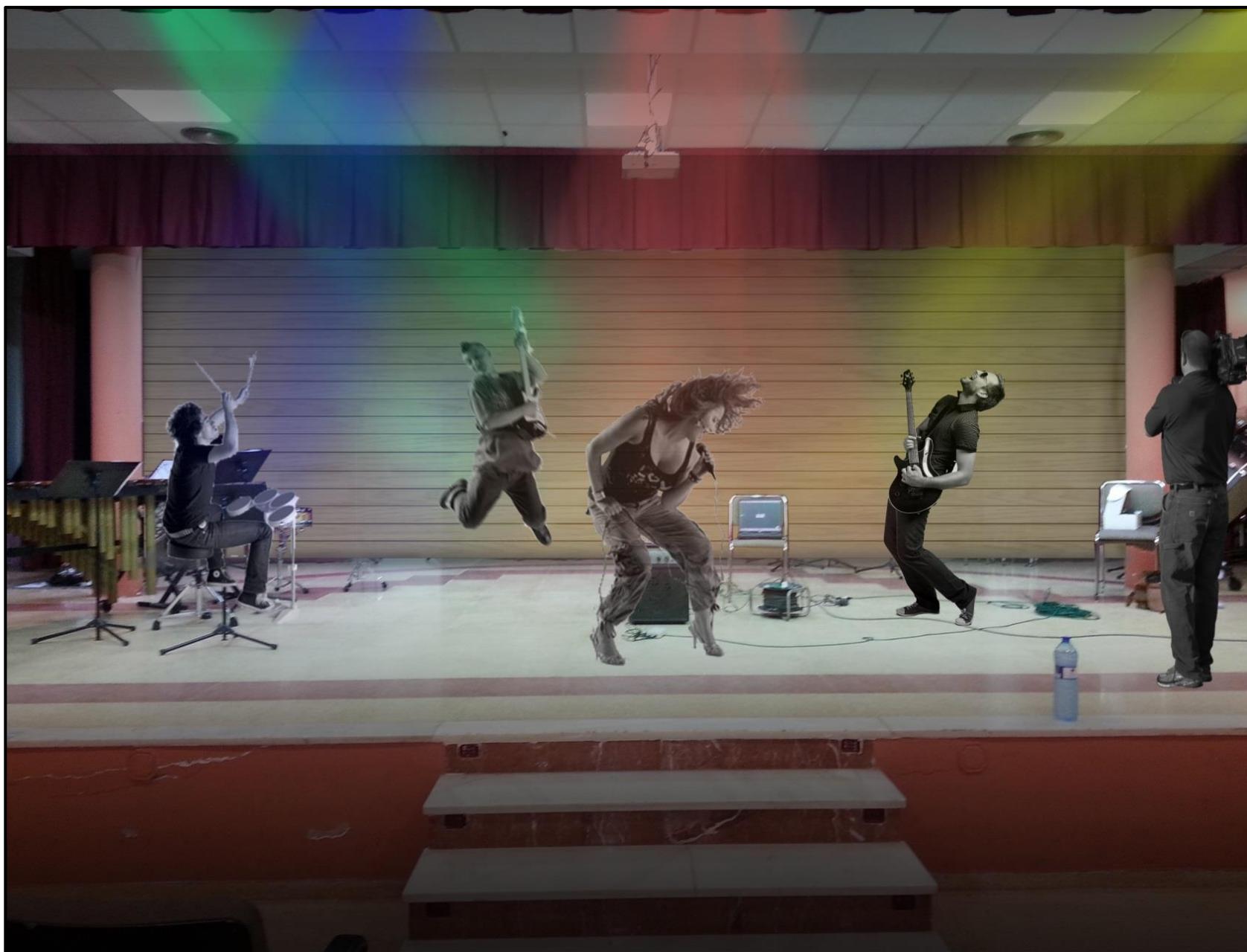
### 8h. PUERTA ACÚSTICA EN 2 HOJAS DE 50 dB

Puerta batiente metálica en 2 hojas acústica de 50 dB tipo ALFATECO, modelo Ac50. Homologada de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 140-3 con atenuación acústica de 50 dB. Hoja en chapa de acero de 1,2 mm. y 94 mm. de espesor y relleno acústico según ensayo. Marco doblado galvanizado tipo esquinero de 1,5 mm. de espesor perimetral con triple goma y pernos macizos con cojinete a bolas sin soldaduras vistas. Maneta de presión de 3 puntos de anclaje en hoja activa y pasiva por interior con maneta exterior solo en hoja activa. Impresión en hoja cromofosfatante color gris RAL 7012.

Ensayo acústico 50 dB. En APPLUS con nº98: 020.632 en puerta de: 900x2190 en 1 hoja.

Catálogo Técnico - p15





MEDICIONES PARTICIÓN AULA PRINCIPAL

MEDICIÓN L1

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 1	84,3	86,8	88,7	88,6	86,3	88,1	86,6	88,6	87	86,5	84,1	78,1	81,4	85,5	84,4	81,3	79,7	74,7
PUNTO 2	87	87,3	86,6	85,3	89,6	88,9	86,4	87,6	89,3	90,5	84,1	79,6	83,5	86,7	83,8	82,2	80,6	74,5
PUNTO 3	87,6	89,6	87,6	86	90,5	89,9	84,8	88,5	91,6	92,4	86,4	83,3	83,4	82,9	82,8	80,5	78,4	74,2
PUNTO 4	84,6	88,1	89,1	85,6	89	87,4	85,4	87,5	89,9	92,2	84,8	83,1	83,8	85,1	84,2	82,4	78,4	74,3
PUNTO 5	86,2	86,2	86,2	87,8	86,2	88,2	85,7	85,9	89,4	89,9	84,3	81,7	82,7	84,1	82,6	83,1	80,4	74
PROMEDIO	85,94	87,6	87,64	86,66	88,32	88,5	85,78	87,62	89,44	90,3	84,74	81,16	82,96	84,86	83,56	81,9	79,5	74,34

MEDICIÓN L2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 6	67,1	66,8	67,4	64	66,7	66,7	61,9	62,6	64,3	66,2	62,2	57,3	61,5	65,1	62,2	55,8	54	49
PUNTO 7	63	67,6	69	64,1	66,1	63,8	61,6	61,3	64,7	66,5	62,3	57,4	60,6	64,9	62,3	55,3	53,1	48,2
PUNTO 8	63	68,6	64,5	62,8	65,8	63,9	61,9	62,7	64,2	65,6	62,5	57,7	60,7	64	61,6	55,1	53,1	47,3
PUNTO 9	63,3	65,6	65,4	64,5	65,1	62,2	61,2	61,8	64,1	62,9	60,9	56,7	61,1	64,1	60,8	56,2	52,9	46,9
PUNTO 10	63,8	67,2	67,6	63,8	66,6	63,1	60,8	61,3	64,1	64,3	61,6	56,8	60,3	63,7	61,8	55,7	53,2	47,3
PROMEDIO	64,04	67,16	66,78	63,84	66,06	63,94	61,48	61,94	64,28	65,1	61,9	57,18	60,84	64,36	61,74	55,62	53,26	47,74

MEDICIÓN B2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
B2 VESTIBULO 1	39,1	35	33,6	27	32,4	30,8	33,6	29,9	26,8	26,8	22,6	22,1	30,1	27,8	27,7	30,1	29,9	23,1
B2 VESTIBULO 2	38,4	30,7	27,8	29,7	27,3	27	30,1	31	30	22,7	23	19,9	23,3	22,8	27,2	32,1	30,2	29,7
B2 VESTIBULO 3	39,8	34,1	32,3	33,8	31,2	29,2	30	30,3	29,2	23	23,5	25,1	22,6	22,5	24,6	23,2	27,9	19,4
PROMEDIO	39,1	33,2666667	31,2333333	30,1666667	30,3	29	31,2333333	30,4	28,6666667	24,1666667	23,0333333	22,3666667	25,3333333	24,3666667	26,5	28,4666667	29,3333333	24,0666667

Correccion de ruido de fondo

Si al realizar L2-B2 el resultado es  $\geq$  a 10dB, no se realiza ninguna correccion.  
 Si al realizar L2-B2 el resultado es  $<$  a 10dB pero  $>$  a 6dB, hay que realizar la formula  $10 \cdot \log((10^{L2/10}) - (10^{B2/10}))$   
 Si al realizar L2-B2 el resultado es  $\leq$  a 6dB, se realiza esta operacion L2-1.3.

L2-B2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2-B2	64,02605298	67,1582277	66,7787889	63,8381356	66,058847	63,9386073	61,4758949	61,9369525	64,2788074	65,0996497	61,8994362	57,1785661	60,8387777	64,359565	61,7387003	55,6116272	53,2423803	47,7213197

NUEVO L2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	64,04	67,16	66,78	63,84	66,06	63,94	61,48	61,94	64,28	65,1	61,9	57,18	60,84	64,36	61,74	55,62	53,26	47,74

D

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	21,9	20,44	20,86	22,82	22,26	24,56	24,3	25,68	25,16	25,2	22,84	23,98	22,12	20,5	21,82	26,28	26,24	26,6

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE SALA PRINCIPAL Y VESTÍBULO (PARTICIÓN)											
FRECUENCIA	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	Absorción vestíbulo	R' (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	85,94	64,04	39,10	1,89	64,04	21,90	27,67	29,84	18,93	33	12
125	87,60	67,16	33,27	1,90	67,16	20,44	26,23	29,70	17,49	36	15
160	87,64	66,78	31,23	2,12	66,78	20,86	27,13	26,64	18,38	39	18
200	86,66	63,84	30,17	2,11	63,84	22,82	29,08	26,70	20,33	42	21
250	88,32	66,06	30,30	2,39	66,06	22,26	29,05	23,59	20,31	45	24
315	88,50	63,94	29,00	2,52	63,94	24,56	31,59	22,36	22,84	48	27
400	85,78	61,48	31,23	2,53	61,48	24,30	31,35	22,24	22,61	51	30
500	87,62	61,94	30,40	2,67	61,94	25,68	32,96	21,10	24,22	52	31
630	89,44	64,28	28,67	2,63	64,28	25,16	32,38	21,40	23,63	53	32
800	90,30	65,10	24,17	2,74	65,10	25,20	32,59	20,57	23,84	54	33
1000	84,74	61,90	23,03	2,78	61,90	22,84	30,29	20,29	21,55	55	34
1250	81,16	57,18	22,37	2,70	57,18	23,98	31,30	20,90	22,56	56	35
1600	82,96	60,84	25,33	2,54	60,84	22,12	29,19	22,15	20,44	56	35
2000	84,86	64,36	24,37	2,44	64,36	20,50	27,39	23,08	18,65	56	35
2500	83,56	61,74	26,50	2,34	61,74	21,82	28,53	24,05	19,79	56	35
3150	81,90	55,62	28,47	2,18	55,62	26,28	32,67	25,85	23,93	56	35
4000	79,50	53,26	29,33	2,03	53,26	26,24	32,32	27,82	23,57		
5000	74,34	47,74	24,07	1,83	47,74	26,60	32,23	30,81	23,49		
										<b>DnT,w</b>	<b>31</b>

MEDICIÓN PUERTA SALA PRINCIPAL

MEDICIÓN L1

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 11	87,7	91,2	90,2	82,9	88,5	89,6	89,8	87	94,9	94	88	84,6	85,1	85	87,3	83,7	79,5	75,9
PUNTO 12	89,2	93,6	92,4	84,2	90,9	88,1	87,3	88,2	95,5	94,4	86,2	82,5	85,7	87,9	84,9	83,6	80,3	74,8
PROMEDIO	88,45	92,4	91,3	83,55	89,7	88,85	88,55	87,6	95,2	94,2	87,1	83,55	85,4	86,45	86,1	83,65	79,9	75,35

MEDICIÓN L2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 13	75,2	74,1	74	70,6	71,3	68,8	67,5	68,2	68,4	70,4	68,6	62,8	68,6	69,1	68,4	61,1	59,9	52,9
PUNTO 14	73,3	72,3	72,9	71,1	67,2	67	65,8	65,3	67,4	70,3	67,1	62,7	68,4	71,8	68,3	62,1	59	53,6
PROMEDIO	74,25	73,2	73,45	70,85	69,25	67,9	66,65	66,75	67,9	70,35	67,85	62,75	68,5	70,45	68,35	61,6	59,45	53,25

MEDICIÓN B2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
B2 VESTIBULO 1	39,1	35	33,6	27	32,4	30,8	33,6	29,9	26,8	26,8	22,6	22,1	30,1	27,8	27,7	30,1	29,9	23,1
B2 VESTIBULO 2	38,4	30,7	27,8	29,7	27,3	27	30,1	31	30	22,7	23	19,9	23,3	22,8	27,2	32,1	30,2	29,7
B2 VESTIBULO 3	39,8	34,1	32,3	33,8	31,2	29,2	30	30,3	29,2	23	23,5	25,1	22,6	22,5	24,6	23,2	27,9	19,4
PROMEDIO	39,10	33,27	31,23	30,17	30,30	29,00	31,23	30,40	28,67	24,17	23,03	22,37	25,33	24,37	26,50	28,47	29,33	24,07

Para la medición del ruido de fondo se utilizará la misma que en el caso anterior ya que es la medida de fondo del vestíbulo

Correccion de ruido de fondo	Si al realizar L2-B2 el resultado es $\geq$ a 10dB, no se realiza ninguna correccion. Si al realizar L2-B2 el resultado es $<$ a 10dB pero $>$ a 6dB, hay que realizar la formula $10 \cdot \log((10^{L2/10}) - (10^{B2/10}))$ Si al realizar L2-B2 el resultado es $\leq$ a 6dB, se realiza esta operacion L2-1,3.
------------------------------	---

L2-B2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2-B2	74,2486731	73,199559	73,4497393	70,8496289	69,2494469	67,8994405	66,6487521	66,7489935	67,8994818	70,3498954	67,8498567	62,7496024	68,4997905	70,449893	68,3497163	61,5978887	59,4457701	53,2447554

Todas las mediciones nos dan un resultado mayor a 10 dB, por tanto no se le aplicará ninguna corrección.

NUEVO L2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	74,25	73,2	73,45	70,85	69,25	67,9	66,65	66,75	67,9	70,35	67,85	62,75	68,5	70,45	68,35	61,6	59,45	53,25

L1-L2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	14,2	19,2	17,85	12,7	20,45	20,95	21,9	20,85	27,3	23,85	19,25	20,8	16,9	16	17,75	22,05	20,45	22,1



PARTICIÓN 1

MEDICIÓN L1																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 11	91,4	96,8	94,9	97	98,9	100,4	99,7	104,1	101,7	100,7	98,8	93,5	96,6	98,3	97,3	94,1	92,1	86,9

MEDICIÓN L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 12	68,9	70,3	69,4	70,2	73,9	77,7	72,5	72,9	72	71,5	69,6	65,5	70,1	73	75,3	71,4	65,5	58,6

MEDICIÓN B2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
B2 VESTIBULO	39,10	33,27	31,23	30,17	30,30	29,00	31,23	30,40	28,67	24,17	23,03	22,37	25,33	24,37	26,50	28,47	29,33	24,07

Para la medición del ruido de fondo se utilizará la misma que en el caso anterior ya que es la medida de fondo del vestíbulo

Corrección de ruido de fondo	Si al realizar L2-B2 el resultado es $\geq$ a 10dB, no se realiza ninguna corrección. Si al realizar L2-B2 el resultado es $<$ a 10dB pero $>$ a 6dB, hay que realizar la fórmula $10 \cdot \log((10 \cdot L2/10) - (10 \cdot B2/10))$ Si al realizar L2-B2 el resultado es $\leq$ a 6dB, se realiza esta operación L2-1,3.
------------------------------	---

L2-B2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2-B2	68,89545	70,29914	69,39933755	70,199569	73,8998104	77,6999414	72,4996756	72,8997558	71,9997984	71,4999197	69,5999043	65,4997889	70,0998551	72,9999405	75,2999427	71,399779	65,49895	58,5984706

Todas las mediciones nos dan un resultado mayor a 10 dB, por tanto no se le aplicará ninguna corrección.

NUEVO L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	68,9	70,3	69,4	70,2	73,9	77,7	72,5	72,9	72	71,5	69,6	65,5	70,1	73	75,3	71,4	65,5	58,6

L1-L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	22,5	26,5	25,5	26,8	25	22,7	27,2	31,2	29,7	29,2	29,2	28	26,5	25,3	22	22,7	26,6	28,3

## VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA 1 Y VESTÍBULO

f(Hz)	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	Absorción vestíbulo	R (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	91,4	68,9	39,10	1,89	68,90	22,50	28,27	29,84	19,40	33	15
125	96,8	70,3	33,27	1,90	70,30	26,50	32,29	29,70	23,42	36	18
160	94,9	69,4	31,23	2,12	69,40	25,50	31,77	26,64	22,89	39	21
200	97	70,2	30,17	2,11	70,20	26,80	33,06	26,70	24,18	42	24
250	98,9	73,9	30,30	2,39	73,90	25,00	31,79	23,59	22,92	45	27
315	100,4	77,7	29,00	2,52	77,70	22,70	29,73	22,36	20,85	48	30
400	99,7	72,5	31,23	2,53	72,50	27,20	34,25	22,24	25,38	51	33
500	104,1	72,9	30,40	2,67	72,90	31,20	38,48	21,10	29,60	52	34
630	101,7	72	28,67	2,63	72,00	29,70	36,92	21,40	28,04	53	35
800	100,7	71,5	24,17	2,74	71,50	29,20	36,59	20,57	27,71	54	36
1000	98,8	69,6	23,03	2,78	69,60	29,20	36,65	20,29	27,77	55	37
1250	93,5	65,5	22,37	2,70	65,50	28,00	35,32	20,90	26,45	56	38
1600	96,6	70,1	25,33	2,54	70,10	26,50	33,57	22,15	24,69	56	38
2000	98,3	73	24,37	2,44	73,00	25,30	32,19	23,08	23,31	56	38
2500	97,3	75,3	26,50	2,34	75,30	22,00	28,71	24,05	19,83	56	38
3150	94,1	71,4	28,47	2,18	71,40	22,70	29,09	25,85	20,22	56	38
4000	92,1	65,5	29,33	2,03	65,50	26,60	32,68	27,82	23,80		
5000	86,9	58,6	24,07	1,83	58,60	28,30	33,93	30,81	25,06		
										<b>DnT,w</b>	<b>34</b>

MEDICIÓN PARTICIÓN 2

MEDICIÓN L1

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 13	87,6	92,7	94,4	95,7	98	98,7	101,1	100,4	101,7	101,1	99	92,4	94,3	96,9	97,4	93,5	90,6	86,5
PUNTO 14	90,3	95,7	98	97,2	98,1	98,7	99,7	101,7	101,8	100,8	98,5	92,8	94,5	96,3	96,6	93,1	91,2	86,4
PUNTO 15	89,3	97,5	99,4	98	99,5	97,4	99,8	100,5	102	101,8	100,1	92,4	95,1	97	97,9	93,6	91,4	86
PROMEDIO	89,07	95,30	97,27	96,97	98,53	98,27	100,20	100,87	101,83	101,23	99,20	92,53	94,63	96,73	97,30	93,40	91,07	86,30

MEDICIÓN L2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 16	66,4	70	72,9	71,7	72,5	73,5	73,3	73,1	71	66,3	62,1	55,5	57,4	58,7	56,7	50,3	45,8	37,7
PUNTO 17	67,9	73,5	78	72,7	73,6	72,8	70,8	70,1	70,7	66,4	61,2	56,3	56,5	58,4	55,2	50,8	45	37,8
PUNTO 18	65	72	71,7	69,8	74,9	74,4	75	72,9	70,9	66,6	62,5	55,3	57,2	59	56,5	51,7	46,3	38
PROMEDIO	66,43	71,83	74,20	71,40	73,67	73,57	73,03	72,03	70,87	66,43	61,93	55,70	57,03	58,70	56,13	50,93	45,70	37,83

MEDICIÓN B2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
FONDO AULA 1	40,9	28	32,9	37,5	31,5	39,8	27,9	26,4	26,8	24,2	21,3	16,1	16,6	16,5	13,4	19,7	22,3	11,4
FONDO AULA 1	39,8	31	27,7	38,5	29,5	38,1	27,2	26,4	22,6	14,7		13,9	10,1		13,9	19,2	18,6	16,3
PROMEDIO	40,35	29,5	30,3	38	30,5	38,95	27,55	26,4	24,7	19,45	10,65	15	13,35	8,25	13,65	19,45	20,45	13,85

Correccion de ruido de fondo  
 Si al realizar L2-B2 el resultado es >= a 10dB, no se realiza ninguna correccion.  
 Si al realizar L2-B2 el resultado es < a 10dB pero > a 6dB, hay que realizar la formula  $10 \cdot \log((10 \cdot L_2/10) - (10 \cdot B_2/10))$   
 Si al realizar L2-B2 el resultado es <= a 6dB, se realiza esta operacion L2-1,3.

L2-B2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2-B2	66,4226185	71,8330795	74,1998231	71,3980144	73,6664572	73,5651663	73,0332105	72,0332146	70,8665617	66,4332463	61,933301	55,6996303	57,0331474	58,6999608	56,1330882	50,9302458	45,6870153	37,8159425

Todas las mediciones nos dan un resultado mayor a 10 dB, por tanto no se le aplicará ninguna corrección.

NUEVO L2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	66,4333333	71,8333333	74,2	71,4	73,6666667	73,5666667	73,0333333	72,0333333	70,8666667	66,4333333	61,9333333	55,7	57,0333333	58,7	56,1333333	50,9333333	45,7	37,8333333

L1-L2

FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	22,6333333	23,4666667	23,0666667	25,5666667	24,8666667	24,7	27,1666667	28,8333333	30,9666667	34,8	37,2666667	36,8333333	37,6	38,0333333	41,1666667	42,4666667	45,3666667	48,4666667

## VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA 1 Y AULA 2

f(Hz)	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	absorción aula grande llena	R (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	89,07	66,43	40,35	1,69	66,43	22,63	27,93	12,01	24,07	33	21
125	95,30	71,83	29,50	2,13	71,83	23,47	29,75	11,25	25,19	36	24
160	97,27	74,20	30,30	2,54	74,20	23,07	30,12	10,01	25,29	39	27
200	96,97	71,40	38,00	2,30	71,40	25,57	32,19	10,68	27,51	42	30
250	98,53	73,67	30,50	2,21	73,67	24,87	31,31	10,98	26,69	45	33
315	98,27	73,57	38,95	2,13	73,57	24,70	30,99	12,45	25,98	48	36
400	100,20	73,03	27,55	2,23	73,03	27,17	33,65	12,11	28,57	51	39
500	100,87	72,03	26,40	2,34	72,03	28,83	35,53	11,77	30,36	52	40
630	101,83	70,87	24,70	2,25	70,87	30,97	37,49	13,25	31,98	53	41
800	101,23	66,43	19,45	2,20	66,43	34,80	41,24	13,38	35,77	54	42
1000	99,20	61,93	10,65	2,19	61,93	37,27	43,68	13,44	38,22	55	43
1250	92,53	55,70	15,00	2,01	55,70	36,83	42,88	15,28	37,22	56	44
1600	94,63	57,03	13,35	1,78	57,03	37,60	43,12	16,32	37,70	56	44
2000	96,73	58,70	8,25	1,71	58,70	38,03	43,37	16,73	38,03	56	44
2500	97,30	56,13	13,65	1,64	56,13	41,17	46,32	17,13	41,06	56	44
3150	93,40	50,93	19,45	1,55	50,93	42,47	47,39	16,47	42,53	56	44
4000	91,07	45,70	20,45	1,44	45,70	45,37	49,97	17,28	45,22		
5000	86,30	37,83	13,85	1,30	37,83	48,47	52,61	18,54	48,02		
										<b>DnT,w</b>	<b>40</b>

MEDICIÓN PARTICIÓN 3																		
MEDICIÓN L1																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 19	92,6	99,3	98,1	97,1	102,9	102	103,1	103,5	101,9	101,4	98,6	93,1	94,6	97,1	98,3	93,2	91,2	86,7
PUNTO 20	91,6	97,4	97,8	95,5	99,6	101,6	101,7	102,7	102,6	102,6	99,9	92,5	95,2	99	97,7	94,8	92,1	86,9
PROMEDIO	92,10	98,35	97,95	96,30	101,25	101,80	102,40	103,10	102,25	102,00	99,25	92,80	94,90	98,05	98,00	94,00	91,65	86,80
MEDICIÓN L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 21	69,3	68,7	65,7	62,6	58,4	57,8	60,9	63,1	64,9	61,2	58,1	53,6	51,7	52,2	52,9	51,9	49,8	48
MEDICIÓN B2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
FONDO EXTERIOR	45,2	41,4	44,1	47,1	36,9	34,9	34,7	34,3	33,6	32,2	32,3	29,6	29,9	29,2	34,8	38	45,6	46
Correccion de ruido de fondo	Si al realizar L2-B2 el resultado es $\geq$ a 10dB, no se realiza ninguna correccion. Si al realizar L2-B2 el resultado es $<$ a 10dB pero $>$ a 6dB, hay que realizar la formula $10 \cdot \log((10^{L2/10}) - (10^{B2/10}))$ Si al realizar L2-B2 el resultado es $\leq$ a 6dB, se realiza esta operacion L2-1,3.																	
L2-B2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2-B2	69,283071	68,6919055	65,6698497	62,4758412	58,369145	57,7776694	60,8895695	63,0942711	64,8967793	61,1945291	58,0885618	53,5826759	51,6712112	52,178179	52,8322094	51,7193723	47,72259	43,6707657
NUEVO L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	69,3	68,7	65,7	62,6	58,4	57,8	60,9	63,1	64,9	61,2	58,1	53,6	51,7	52,2	52,9	51,9	49,8	48
L1-L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	22,8	29,65	32,25	33,7	42,85	44	41,5	40	37,35	40,8	41,15	39,2	43,2	45,85	45,1	42,1	41,85	38,8

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA PEQUEÑA Y EXTERIOR							
f (Hz)	L1	L2	B2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	92,10	69,30	45,20	69,30	22,80	33	23
125	98,35	68,70	41,40	68,70	29,65	36	26
160	97,95	65,70	44,10	65,70	32,25	39	29
200	96,30	62,60	47,10	62,60	33,70	42	32
250	101,25	58,40	36,90	58,40	42,85	45	35
315	101,80	57,80	34,90	57,80	44,00	48	38
400	102,40	60,90	34,70	60,90	41,50	51	41
500	103,10	63,10	34,30	63,10	40,00	52	42
630	102,25	64,90	33,60	64,90	37,35	53	43
800	102,00	61,20	32,20	61,20	40,80	54	44
1000	99,25	58,10	32,30	58,10	41,15	55	45
1250	92,80	53,60	29,60	53,60	39,20	56	46
1600	94,90	51,70	29,90	51,70	43,20	56	46
2000	98,05	52,20	29,20	52,20	45,85	56	46
2500	98,00	52,90	34,80	52,90	45,10	56	46
3150	94,00	51,90	38,00	51,90	42,10	56	46
4000	91,65	49,80	45,60	49,80	41,85		
5000	86,80	48,00	46,00	48,00	38,80		
						<b>D,w</b>	<b>42</b>

PARTICIÓN 4 AULA 2

MEDICIÓN L1																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 22	95	97,2	100,5	99,7	98,2	100,5	102,5	101,4	104,1	101,4	99	93,6	96,4	97,1	97,6	94,5	91,1	85,9

MEDICIÓN L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 23	72,3	75,8	76,4	74,6	69,8	73,8	75,1	70,7	73,7	69,9	68,6	65,1	69	71,3	71,7	67,6	61,9	56,5

MEDICIÓN B2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
B2 VESTIBULO	39,10	33,27	31,23	30,17	30,30	29,00	31,23	30,40	28,67	24,17	23,03	22,37	25,33	24,37	26,50	28,47	29,33	24,07

Correccion de ruido de fondo	<p>Si al realizar L2-B2 el resultado es <math>\geq</math> a 10dB, no se realiza ninguna correccion.</p> <p>Si al realizar L2-B2 el resultado es <math>&lt;</math> a 10dB pero <math>&gt;</math> a 6dB, hay que realizar la formula <math>10 \cdot \log((10 \cdot L2/10) - (10 \cdot B2/10))</math></p> <p>Si al realizar L2-B2 el resultado es <math>\leq</math> a 6dB, se realiza esta operacion L2-1,3.</p>
------------------------------	---

L2-B2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2-B2	72,2979208	75,7997576	76,3998678	74,5998435	69,7995127	73,7998562	75,0998217	70,6995947	73,6998637	69,8998884	68,5998795	65,0997685	68,9998133	71,299912	71,6998688	67,5994698	61,8975943	56,4975193

Todas las mediciones nos dan un resultado mayor a 10 dB, por tanto no se le aplicará ninguna corrección.

NUEVO L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	72,3	75,8	76,4	74,6	69,8	73,8	75,1	70,7	73,7	69,9	68,6	65,1	69	71,3	71,7	67,6	61,9	56,5

L1-L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	22,7	21,4	24,1	25,1	28,4	26,7	27,4	30,7	30,4	31,5	30,4	28,5	27,4	25,8	25,9	26,9	29,2	29,4

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE AULA 2 Y VESTÍBULO

f (Hz)	L1	L2	B2	T2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	DnT (D+10*log(T2/0,5))	Absorción vestíbulo	R (D-10*log(A2/S))	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	95,00	72,30	39,10	1,89	72,30	22,70	28,47	29,84	15,93	33	16
125	97,20	75,80	33,27	1,90	75,80	21,40	27,19	29,70	14,65	36	19
160	100,50	76,40	31,23	2,12	76,40	24,10	30,37	26,64	17,82	39	22
200	99,70	74,60	30,17	2,11	74,60	25,10	31,36	26,70	18,81	42	25
250	98,20	69,80	30,30	2,39	69,80	28,40	35,19	23,59	22,65	45	28
315	100,50	73,80	29,00	2,52	73,80	26,70	33,73	22,36	21,19	48	31
400	102,50	75,10	31,23	2,53	75,10	27,40	34,45	22,24	21,91	51	34
500	101,40	70,70	30,40	2,67	70,70	30,70	37,98	21,10	25,44	52	35
630	104,10	73,70	28,67	2,63	73,70	30,40	37,62	21,40	25,08	53	36
800	101,40	69,90	24,17	2,74	69,90	31,50	38,89	20,57	26,35	54	37
1000	99,00	68,60	23,03	2,78	68,60	30,40	37,85	20,29	25,31	55	38
1250	93,60	65,10	22,37	2,70	65,10	28,50	35,82	20,90	23,28	56	39
1600	96,40	69,00	25,33	2,54	69,00	27,40	34,47	22,15	21,93	56	39
2000	97,10	71,30	24,37	2,44	71,30	25,80	32,69	23,08	20,15	56	39
2500	97,60	71,70	26,50	2,34	71,70	25,90	32,61	24,05	20,07	56	39
3150	94,50	67,60	28,47	2,18	67,60	26,90	33,29	25,85	20,75	56	39
4000	91,10	61,90	29,33	2,03	61,90	29,20	35,28	27,82	22,74		
5000	85,90	56,50	24,07	1,83	56,50	29,40	35,03	30,81	22,49		
										DnT,w	35

PARTICIÓN 5 AULA 2																		
MEDICIÓN L1																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 24	94,3	103	99,7	95,6	97,2	101,9	104,5	102	103,5	100,9	98,8	94,1	96,7	98,6	98,3	94,8	91,5	87,6
MEDICIÓN L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PUNTO 25	69,3	68,7	65,7	62,6	58,4	57,8	60,9	63,1	64,9	61,2	58,1	53,6	51,7	52,2	52,9	51,9	49,8	48
MEDICIÓN B2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
FONDO EXTERIOR	45,2	41,4	44,1	47,1	36,9	34,9	34,7	34,3	33,6	32,2	32,3	29,6	29,9	29,2	34,8	38	45,6	46
Correccion de ruido de fondo	Si al realizar L2-B2 el resultado es >= a 10dB, no se realiza ninguna correccion. Si al realizar L2-B2 el resultado es < a 10dB pero > a 6dB, hay que realizar la formula $10 \cdot \log((10^{L2/10}) - (10^{B2/10}))$ Si al realizar L2-B2 el resultado es <= a 6dB, se realiza esta operacion L2-1,3.																	
L2-B2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2-B2	69,283071	68,6919055	65,6698497	62,4758412	58,369145	57,7776694	60,8895695	63,0942711	64,8967793	61,1945291	58,0885618	53,5826759	51,6712112	52,178179	52,8322094	51,7193723	47,72259	43,6707657
NUEVO L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	69,3	68,7	65,7	62,6	58,4	57,8	60,9	63,1	64,9	61,2	58,1	53,6	51,7	52,2	52,9	51,9	49,8	48
L1-L2																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	25	34,3	34	33	38,8	44,1	43,6	38,9	38,6	39,7	40,7	40,5	45	46,4	45,4	42,9	41,7	39,6

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO DEL FORJADO ENTRE SALA PRINCIPAL Y CAFETERÍA							
f(Hz)	L1	L2	B2	L2 corregida	D (L1-L2 corregida)	REFERENCIA	REFERENCIA AJUSTADA
100	88,20	46,60	38,50	50,60	41,60	33	31
125	91,00	44,10	34,09	44,10	46,90	36	34
160	90,47	42,40	32,01	42,40	48,07	39	37
200	86,11	42,10	35,62	46,50	44,01	42	40
250	90,01	46,00	32,91	46,00	44,01	45	43
315	89,68	45,70	35,16	45,70	43,98	48	46
400	88,17	43,20	32,54	43,20	44,97	51	49
500	88,61	41,30	29,87	41,30	47,31	52	50
630	93,32	39,20	29,00	39,20	54,12	53	51
800	93,30	37,50	25,36	37,50	55,80	54	52
1000	86,92	37,40	26,01	37,40	49,52	55	53
1250	83,36	35,00	23,40	35,00	48,36	56	54
1600	84,98	34,80	24,80	34,80	50,18	56	54
2000	86,66	35,00	21,86	35,00	51,66	56	54
2500	85,78	33,00	22,50	33,00	52,78	56	54
3150	82,45	30,90	18,85	30,90	51,55	56	54
4000	80,70	29,30	18,40	29,30	51,40		
5000	75,85	25,30	14,60	25,30	50,55		
						<b>D,w</b>	<b>50</b>

TIEMPO DE REVERBERACIÓN SALA PRINCIPAL																		
FRECUENCIA	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
POSICIÓN 1	1,36	0,99	0,86	0,78	0,77	0,61	0,66	0,54	0,52	0,63	0,53	0,60	0,58	0,75	0,82	0,68	0,56	0,51
POSICIÓN 2	1,35	1,02	1,22	0,80	0,73	0,72	0,56	0,65	0,69	0,48	0,53	0,53	0,59	0,77	0,70	0,58	0,52	0,52
POSICIÓN 3	1,34	1,25	0,86	1,02	0,56	0,66	0,68	0,62	0,45	0,58	0,60	0,61	0,62	0,58	0,65	0,59	0,55	0,48
POSICIÓN 4	1,38	1,02	0,96	0,73	0,70	0,66	0,69	0,60	0,51	0,50	0,47	0,54	0,68	0,64	0,67	0,67	0,53	0,53
POSICIÓN 5	0,91	1,08	0,92	0,71	0,78	0,66	0,65	0,64	0,54	0,55	0,51	0,56	0,57	0,58	0,61	0,64	0,54	0,47
POSICIÓN 6	1,17	0,97	0,78	0,87	0,48	0,59	0,61	0,60	0,61	0,49	0,51	0,57	0,58	0,64	0,62	0,63	0,58	0,58
POSICIÓN 7	1,18	1,06	0,79	0,69	0,68	0,60	0,61	0,67	0,61	0,62	0,59	0,54	0,64	0,61	0,59	0,57	0,52	0,56
POSICIÓN 8	0,77	1,12	1,07	0,85	0,70	0,58	0,62	0,51	0,55	0,56	0,50	0,46	0,57	0,66	0,60	0,59	0,60	0,54
POSICIÓN 9	0,76	1,04	0,76	0,82	0,58	0,62	0,63	0,62	0,56	0,60	0,55	0,52	0,60	0,61	0,62	0,59	0,55	0,55
POSICIÓN 10	1,68	1,09	0,78	0,89	0,65	0,61	0,61	0,61	0,56	0,57	0,48	0,54	0,62	0,62	0,57	0,61	0,55	0,52
POSICIÓN 11	0,94	1,00	0,92	0,71	0,58	0,66	0,58	0,51	0,55	0,61	0,61	0,54	0,62	0,59	0,62	0,62	0,56	0,56
POSICIÓN 12	1,47	0,78	1,31	0,82	0,68	0,63	0,54	0,61	0,61	0,42	0,57	0,55	0,56	0,57	0,57	0,58	0,57	0,56
POSICIÓN 13	1,17	0,99	0,83	0,70	0,72	0,65	0,61	0,58	0,51	0,50	0,55	0,59	0,58	0,56	0,56	0,62	0,54	0,54
POSICIÓN 14	1,14	0,76	1,24	0,77	0,72	0,68	0,52	0,50	0,54	0,48	0,49	0,52	0,61	0,63	0,61	0,58	0,57	0,54
POSICIÓN 15	1,48	0,67	0,87	0,52	0,59	0,64	0,55	0,48	0,58	0,63	0,55	0,57	0,56	0,60	0,58	0,59	0,57	0,56
PROMEDIO	1,21	0,99	0,95	0,78	0,66	0,64	0,61	0,58	0,56	0,55	0,54	0,55	0,60	0,63	0,63	0,61	0,55	0,53

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (SALA VACÍA)																
f (Hz)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Promedio T2 (s)
100	1,36	1,35	1,34	1,38	0,91	1,17	1,18	0,77	0,76	1,68	0,94	1,47	1,17	1,14	1,48	1,21
125	0,99	1,02	1,25	1,02	1,08	0,97	1,06	1,12	1,04	1,09	1,00	0,78	0,99	0,76	0,67	0,99
160	0,86	1,22	0,86	0,96	0,92	0,78	0,79	1,07	0,76	0,78	0,92	1,31	0,83	1,24	0,87	0,94
200	0,78	0,80	1,02	0,73	0,71	0,87	0,69	0,85	0,82	0,89	0,71	0,82	0,70	0,77	0,52	0,78
250	0,77	0,73	0,56	0,70	0,78	0,48	0,68	0,70	0,58	0,65	0,58	0,68	0,72	0,72	0,59	0,66
315	0,61	0,72	0,66	0,66	0,66	0,59	0,60	0,58	0,62	0,61	0,66	0,63	0,65	0,68	0,64	0,64
400	0,66	0,56	0,68	0,69	0,65	0,61	0,61	0,62	0,63	0,61	0,58	0,54	0,61	0,52	0,55	0,61
500	0,54	0,65	0,62	0,60	0,64	0,60	0,67	0,51	0,62	0,61	0,51	0,61	0,58	0,50	0,48	0,58
630	0,52	0,69	0,45	0,51	0,54	0,61	0,61	0,55	0,56	0,56	0,55	0,61	0,51	0,54	0,58	0,56
800	0,63	0,48	0,58	0,50	0,55	0,49	0,62	0,56	0,60	0,57	0,61	0,42	0,50	0,48	0,63	0,55
1000	0,53	0,53	0,60	0,47	0,51	0,51	0,59	0,50	0,55	0,48	0,61	0,57	0,55	0,49	0,55	0,53
1250	0,60	0,53	0,61	0,54	0,56	0,57	0,54	0,46	0,52	0,54	0,54	0,55	0,59	0,52	0,57	0,55
1600	0,58	0,59	0,62	0,68	0,57	0,58	0,64	0,57	0,60	0,62	0,62	0,56	0,58	0,61	0,56	0,60
2000	0,75	0,77	0,58	0,64	0,58	0,64	0,61	0,66	0,61	0,62	0,59	0,57	0,56	0,63	0,60	0,63
2500	0,82	0,70	0,65	0,67	0,61	0,62	0,59	0,60	0,62	0,57	0,62	0,57	0,56	0,61	0,58	0,63
3150	0,68	0,58	0,59	0,67	0,64	0,63	0,57	0,59	0,59	0,61	0,62	0,58	0,62	0,58	0,59	0,61
4000	0,56	0,52	0,55	0,53	0,54	0,58	0,52	0,60	0,55	0,55	0,56	0,57	0,54	0,57	0,57	0,55
5000	0,51	0,52	0,48	0,53	0,47	0,58	0,56	0,54	0,55	0,52	0,56	0,56	0,54	0,54	0,56	0,53
																Tr mid
																0,56

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (SALA LLENA)					
FRECUENCIA	Absorción Sala	coef. Absorción persona	Absorción/persona	Absorción total	TR LLENA
100	112,92	0,2	40	152,92	0,890
125	137,69	0,3	60	197,69	0,688
160	144,08	0,3	60	204,08	0,667
200	174,79	0,3	60	234,79	0,580
250	206,42	0,3	60	266,42	0,511
315	213,24	0,4	80	293,24	0,464
400	224,42	0,4	80	304,42	0,447
500	233,80	0,4	80	313,80	0,434
630	243,42	0,5	100	343,42	0,396
800	248,30	0,5	100	348,30	0,391
1000	254,43	0,5	100	354,43	0,384
1250	247,97	0,6	120	367,97	0,370
1600	227,62	0,6	120	347,62	0,392
2000	217,42	0,6	120	337,42	0,403
2500	217,74	0,6	120	337,74	0,403
3150	223,49	0,5	100	323,49	0,421
4000	246,44	0,5	100	346,44	0,393
5000	254,84	0,5	100	354,84	0,384
				Tr mid	0,409