

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA

Máster en Ingeniería Acústica

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**Diseño del aislamiento y  
 acondicionamiento acústico de un local en  
 planta baja para actuaciones de grupos  
 rock situado en la población de Oliva  
 (Valencia)**

***TESIS DE MÁSTER***

Autor:

***Justo Mena Sanchis***

Director:

***D. Juan Antonio Martínez Mora***

***GANDIA, 2013***



# **Diseño del aislamiento y acondicionamiento acústico de un local en planta baja para actuaciones de grupos rock situado en la población de Oliva (Valencia)**

Autor: **Justo Mena Sanchis**

Director: ***D. Juan Antonio Martínez Mora***

## *Resumen-*

El aislamiento acústico se refiere al conjunto de acciones encaminadas a la obtención de una correcta atenuación en la transmisión de ruido aéreo, impacto y vibraciones entre los diferentes espacios que integran un recinto y también con el exterior. El aislamiento acústico hay que abordarlo en la fase de diseño y construcción del edificio pues una vez construido cualquier mejora significativa en el mismo será mucho más complicada y más cara. Otro aspecto importante en la Acústica de la Edificación será el acondicionamiento acústico que trata con la definición de las formas y revestimiento de las paredes, techos y suelos interiores de un recinto con objeto de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas para el tipo de actividad a la que esté destinada su uso.

En este Trabajo final de Máster se lleva a cabo un proyecto de aislamiento y acondicionamiento partiendo de un local en planta baja de  $180\text{ m}^2$  para actuaciones de grupos rock en directo. A partir de las características constructivas iniciales del local y con la ayuda del programa Aisla V.3.0 se ha diseñado el aislamiento acústico necesario del local, definiendo detalladamente cada solución acústica adoptada de forma que cumplan la legislación y normas exigibles. Del mismo modo, atendiendo a los parámetros de calidad acústica deseados para el tipo de actuaciones que se van a realizar en el recinto, el acondicionamiento acústico se ha simulado con la ayuda del programa Catt Acoustic definiendo la forma geométrica de sus revestimientos, así como detallando el material del que están fabricados.

*Abstract-*

The acoustic insulation refers to the set of actions aimed at obtaining a correct attenuation in the transmission of airborne noise, vibration and impact between the different spaces that integrate a building, and also with the exterior of the building. The acoustic insulation needs to be addressed in the design phase and construction of the building because once built any significant improvement in it will be much more complicated and more expensive. Another important aspect in the room acoustics will be the conditioning acoustic that deals with the definition of the forms and wall coverings, ceilings, and floors inside an enclosure in order to get the acoustic conditions more suitable for the type of activity that is intended for your use.

In this final work of Master is carried out a project of insulation and conditioning from a building on the ground floor of 180 m<sup>2</sup> for performances of groups live rock. On the basis of the constructive characteristics of the initial building and with the help of the software AISLA V. 3.0 has been designed acoustic insulation required of the enclosure, defining in detail each acoustical solution adopted to comply the applicable legislation and standards. Similarly, in response to the acoustic parameters of quality desired for the type of proceedings which are to be performed on campus, the acoustic conditioning has been simulated with the help of the software Catt Acoustic by defining the geometric shape of its coatings, as well as detailing the material from which they are manufactured.

ÍNDICE

<b>1. Objeto .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Descripción del tipo de actividad .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Descripción del local .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Legislación y normas aplicables .....</b>	<b>13</b>
<b>5. Acondicionamiento acústico .....</b>	<b>19</b>
5.1. Materiales acústicos .....	22
5.2. Parámetros acústicos .....	27
5.3. Simulación de la sala .....	29
<b>6. Aislamiento acústico .....</b>	<b>33</b>
6.1. Fuentes de ruido .....	33
6.2. Diseño y justificación de cálculos .....	35
6.3. Aislamiento elementos constructivos iniciales .....	39
6.4. Soluciones a adoptar .....	40
6.4.1. Parámetros horizontales .....	40
6.4.2. Parámetros verticales .....	41
6.5. Niveles previstos en recepción tras la instalación de los sistemas de aislamiento .....	42
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS:</b>	
<b>ANEXO I: Informes aislamiento (AISLA 3.01).....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO II: Planos y Detalles Constructivos .....</b>	<b>75</b>



## 1. Objeto

El presente proyecto tiene como objeto la justificación del cumplimiento del sistema de aislamiento acústico y acondicionamiento acústico del local destinado a actuaciones de música en directo, situado en la Calle Bellreguard 1, Playa de Oliva (Valencia). Para que los niveles de transmisión de la actividad a las colindancias y al exterior de la actividad, no superen los establecidos en la Ley 7/2002 del 3 de Diciembre de la Generalitat Valenciana, de protección contra la Contaminación Acústica y en el Decreto 266/2004 del 3 de Diciembre del Consell de la Generalitat, por lo que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.

## 2. Descripción del tipo de actividad

Actividad: Bar con música en directo

Emplazamiento: Calle Bellreguard 1, Playa Oliva (Valencia)

Horario: El horario de funcionamiento es diurno y nocturno, por lo que se debe escoger como criterio de diseño el horario más restrictivo, el horario nocturno, (entre las 22.00 y las 8.00 del día siguiente).

El máximo nivel de emisión sonora de las instalaciones del local a estudio, es de **104 dB(A)**, nivel sonoro establecido en el Artículo 39 de la Ley 7/2002, del 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica, para salas de fiesta, discotecas, tablaos y otros locales autorizados para actuaciones en directo.



### 3. Descripción del local

Se trata de un local destinado a actuaciones de música rock en directo, que colinda con un local comercial y una vivienda. El local se encuentra en Calle Bellreguard 1, Oliva (Valencia).

Las dimensiones aproximadas de local son:

- Superficie de sala rock:  $151 m^2$
- Superficie baños:  $12 m^2$
- Superficie almacén:  $12 m^2$
  
- Superficie Total del local:  $175 m^2$

El local actualmente esta dividido en dos, una parte se usa como garaje y almacén y la otra parte como salón de un restaurante. Para el calculo del aislamiento acústico inicial no se han tenido en cuenta las puertas ni ventanas ya que se van a anular todas para la realización del presente proyecto.

Sus características constructivas iniciales son:

- **Pared lateral izquierda con vivienda:** Ladrillo hueco de 11 cm más enlucido de yeso y banda perimetral.
- **Pared lateral derecha con exterior:** Ladrillo hueco de 11 cm más enlucido de yeso y banda perimetral.
- **Forjado:** Forjado unidireccional de vigas viguetas y bovedillas de 25 cm y 5 cm de capa de compresión en la parte del garaje y de tablonos de madera en el salón.
- **Fachada proyectada:** Mortero cemento de 1,5 cm, ladrillo hueco 11 cm, mortero hidrófugo 1,5 cm, lana mineral 4 cm, 2 cm de aire, ladrillo hueco 7 cm, lucido de yeso.
- **Pared trasera con local comercial y exterior:** Ladrillo hueco de 11 cm más enlucido de yeso y banda perimetral.

**Las colindancias del local son:**

Colindancia delantera:	Exterior
Colindancia trasera:	Local comercial y exterior
Colindancia lateral izquierdo:	Vivienda
Colindancia lateral derecho:	Exterior
Colindancia superior:	Exterior



Fig. 1. Fachada del local



Fig. 2. Colindancia izquierda (Vivienda).



Fig. 3. Colindancia derecha (exterior).



Fig. 4. Colindancia trasera (exterior y local comercial)



Fig. 5. Interior salón.



Fig. 6. Interior garaje.

#### 4. Legislación y normas aplicables

Se han tenido en cuenta, a los efectos del presente estudio las siguientes normas:

- *DECRETO 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.*
- *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.*
- *R. D. 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación*
- *Ordenanza Municipal reguladora de la emisión y recepción de ruidos y vibraciones del Excmo. Ayuntamiento de Oliva.*

A continuación se citan los requerimientos **Ordenanza Municipal reguladora de la emisión y recepción de ruidos y vibraciones del Excmo. Ayuntamiento de Oliva.**

##### Artículo 14.- Niveles de ruido autorizados

- Ninguna fuente sonora podrá emitir ni transmitir niveles de ruido superiores a los señalados en “Fig. 1” adjunto al presente artículo.
- Se exceptúan de la prohibición expresada en el punto anterior los ruidos procedentes del tráfico, construcción y trabajos en la vía pública, cuya regulación se efectúa en títulos específicos.
- Por razón de la organización de actos con especial proyección oficial, cultural, recreativa o de otra naturaleza, o bien por tradicional consenso de la población, el Ayuntamiento podrá adoptar las medidas necesarias para modificar con carácter temporal en determinadas zonas del casco urbano, los niveles a que hace alusión el punto primero de este artículo.

NIVELES DE RUIDO ADMISIBLES	NIVEL DE EMISIÓN				NIVEL DE RECEPCIÓN					
	INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR				EXTERIOR	
	NEI		NEE		NRII		NRIE		NRE	
	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
RESIDENCIAL	(1)	(1)			38	28	45	35		
COMERCIAL	(1)	(1)			45	30	55	50		
SANITARIO	(1)	(1)			35	28	40	30		
INDUSTRIAL	(1)	(1)			60	60	70	70		
ZONA RESIDENCIAL			60 (2)	50 (2)					50	50
ZONA SANITARIA			56(2)	46 (2)					45	35
ZONA INDUSTRIAL			75 (2)	75 (2)					75	75
ZONA URBANA INDUSTRIAL			95 (3)	80 (3)						

Fig. 7. Estándares limitadores para la emisión y transmisión de ruidos aéreos.

(1) Estos parámetros no tienen una limitación directa Su límite viene impuesto por la aplicación de los restante parámetros.

(2) Estos parámetros, además de la limitación específica correspondiente quedan afectados por la aplicación de los restantes parámetros.

(3) El Ayuntamiento podrá establecer horarios especiales.

La distinción entre horario de día y noche serán:

Meses del año	Horario de día	Horario de noche
De septiembre a junio (ambos inclusive)	De 8 a 22 horas	De 22 a 8 horas
Julio y agosto	De 8 a 23 horas	De 23 a 8 horas

Fig. 8. Horarios día y noche.

### **Artículo 19.- Obligación general**

Los titulares de las actividades que necesitan de licencia municipal para su ejercicio, están obligados a adoptar las medidas de insonorización de sus fuentes sonoras y de aislamiento acústico de los locales para cumplir en cada caso las prescripciones establecidas; disponiendo si fuera necesario de sistemas de ventilación forzada de modo que puedan cerrarse los huecos o ventanas existentes o proyectados.

### **Artículo 20.- Requisitos técnicos en los Proyectos de Actividad**

En los proyectos de instalación de actividades afectadas por el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas y por la Normativa Autonómica, se acompañará un estudio justificativo sobre las medidas correctoras previstas para que la emisión y transmisión de los ruidos generados por las distintas fuentes sonoras cumplan las prescripciones de esta Ordenanza.

Este estudio justificativo desarrollará como mínimo los aspectos que se establecen en los siguientes apartados.

1. En caso de ruido aéreo:

- Identificación de las fuentes sonoras más destacables de la actividad y valoración del nivel acústico de las mismas (NEI).
- Localización y descripción de las características de la zona más probable de recepción del ruido originado en la actividad, señalando expresamente los límites de ruido legalmente admisibles en dicha zona.
- Valoración, en función de los datos anteriores, de la necesidad mínima de aislamiento acústico a ruido aéreo (Ia).

- Diseño de la instalación acústica propuesta, con descripción de los materiales utilizados y detalles constructivos de su montaje.
- Justificación analítica de la validez de la instalación propuesta.

## **Artículo 24.- Regulación de la música en los establecimientos públicos**

### **6.1. Establecimientos con aislamiento acústico de grado ESPECIAL**

4.5.1. Estos establecimientos podrán disponer de cualquier sistema de reproducción sonora. Únicamente queda limitado el NEI de cada altavoz, que se determinará de acuerdo con lo dispuesto en apartado 2 de este artículo, con un valor máximo absoluto de **104 dBA**.

4.5.2. El acceso ó accesos ordinarios de público a estos establecimientos se realizará a través de recintos de independencia entre la actividad y el espacio libre exterior. La superficie útil de estos recintos será igual o superior al 5 % de la del conjunto del local, con un valor mínimo de  $10 m^2$ . En la decoración de estos recintos se utilizarán preferentemente materiales de alta absorción acústica. Las puertas de acceso al recinto se situarán diagonalmente opuestas y sobre planos ortogonales. Las puertas abrirán hacia el exterior en todo caso. El único uso autorizado en estos recintos será de zona de espera para acceder a la actividad y acceso a taquilla y/ó guardarropa.

4.5.2.1. El nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo proporcionado por el recinto de independencia, con una de sus puertas abiertas, será tal que permita cumplir con los niveles de recepción NRE correspondientes al espacio libre exterior; estando la instalación de reproducción sonora funcionando a su nivel máximo admisible.

4.5.2.2. En caso de superarse el NRE, en las condiciones establecidas en el apartado anterior, se reducirá el nivel de emisión inicialmente autorizado hasta resultar compatible con el referido parámetro.

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

### **Artículo 12. Niveles sonoros en el ambiente exterior**

1. Ninguna actividad o instalación transmitirá al ambiente exterior niveles sonoros de recepción superiores a los indicados en la tabla 1 del anexo II en función del uso dominante de la zona. Reglamentariamente se establecerá el procedimiento de evaluación de estos niveles.

2. En el ambiente exterior, será un objetivo de calidad que no se superen los niveles sonoros de recepción, expresados como nivel sonoro continuo equivalente  $LA_{eq,T}$ , que en función del uso dominante de cada zona se establecen en la tabla 1 del anexo II.

3. En aquellos casos en que la zona de ubicación de la actividad o instalación no corresponda a ninguna de las establecidas en dicha tabla, se aplicará la más próxima por razones de analogía funcional o equivalente necesidad de protección acústica.

4. En aquellas zonas de uso dominante terciario, en las que esté permitido el uso residencial, se aplicarán los niveles correspondientes a este último.

Uso dominante	Nivel sonoro dB(A)	
	Día	Noche
Sanitario y Docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Fig. 9. Niveles sonoros de recepción externos.

### Artículo 13. Niveles sonoros en el ambiente interior

1. Ninguna actividad o instalación transmitirá al interior de los locales próximos o colindantes niveles sonoros superiores a los límites establecidos en la “Fig. 10”.

2. Los niveles anteriores se aplicarán asimismo a los locales o usos no mencionados, atendiendo a razones de analogía funcional o de equivalente protección acústica.

Uso	Locales	Nivel sonoro dB(A)	
		Día	Noche
Sanitario	Zonas comunes	50	40
	Estancias	45	30
	Dormitorios	30	25
Residencial	Piezas habitables (excepto cocinas)	40	30
	Pasillos, aseos, cocina	45	35
	Zonas comunes edificio	50	40
Docente	Aulas	40	30
	Salas de lectura	35	30
Cultural	Salas de concierto	30	30
	Bibliotecas	35	35
	Museos	40	40
	Exposiciones	40	40
Recreativo	Cines	30	30
	Teatros	30	30
	Bingos y salas de juego	40	40
	Hostelería	45	45
Comercial	Bares y establecimientos comerciales	45	45
Administrativo y oficinas	Despachos profesionales	40	40
	Oficinas	45	45

Fig. 10. Niveles sonoros en ambiente interior.

### **Artículo 35. Condiciones generales**

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

2. La mínima diferencia estandarizada de niveles  $D_{nT,w}$  exigible a los locales situados en edificios de uso residencial o colindantes con edificios de uso residencial y destinados a cualquier actividad con un nivel de emisión superior a 70 dB(A) será la siguiente:

a) Elementos constructivos horizontales y verticales de separación con espacios destinados a uso residencial, 50 dB si la actividad funciona sólo en horario diurno y 60 dB si ha de funcionar en horario nocturno aunque sea sólo de forma limitada.

b) Elementos constructivos horizontales y verticales de cerramiento exterior, fachadas y cubiertas, 30 dB.

3. Reglamentariamente se establecerá el procedimiento de medición y las condiciones en que se podrá utilizar como parámetro de evaluación la diferencia de niveles  $D_w$ , en lugar de  $D_{nT,w}$ .

### **Artículo 39. Locales cerrados**

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

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

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

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

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

2. El aislamiento acústico exigible al resto de locales se deducirá conforme al nivel de emisión más próximo por analogía a los señalados en el apartado anterior o bien según sus propias características funcionales, considerando en todo caso la aportación producida por los elementos mecánicos y el público.

3. En aquellos locales en los que el nivel sonoro sea superior a 90 dB(A) deberá colocarse, en sus accesos, un aviso perfectamente visible sobre sus consecuencias nocivas.

Requerimientos de **DB-HR Protección frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación**:

#### **Aislamiento acústico a ruido aéreo**

Protección frente al ruido generado en *recintos de instalaciones* y en *recintos de actividad*:

-El *aislamiento acústico a ruido aéreo*,  $D_{nT,A}$ , entre un *recinto protegido* y un *recinto de instalaciones* o un *recinto de actividad*, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que **55 dB(A)**.

#### **Valores límite de tiempo de reverberación**

1. En conjunto los elementos constructivos, acabados superficiales y *revestimientos* que delimitan un aula o una sala de conferencias, un comedor y un restaurante, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que:

- a) El *tiempo de reverberación* en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que  $350 \text{ m}^3$ , no será mayor que 0,7 s.
- b) El *tiempo de reverberación* en aulas y en salas de conferencias vacías, pero incluyendo el total de las butacas, cuyo volumen sea menor que  $350 \text{ m}^3$ , no será mayor que 0,5 s.
- c) El *tiempo de reverberación* en restaurantes y comedores vacíos no será mayor que 0,9 s.

2. Para limitar el ruido reverberante en las *zonas comunes* los elementos constructivos, los acabados superficiales y los *revestimientos* que delimitan una *zona común* de un edificio de uso residencial público, docente y hospitalario colindante con *recintos protegidos* con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente,  $A$ , sea al menos  $0,2 \text{ m}^2$  por cada metro cúbico del volumen del *recinto*.

## 5. Acondicionamiento acústico

Cuando una fuente sonora emite energía, las ondas sonoras producidas se propagan radialmente en todas las direcciones a partir de ella, y cuando encuentran un obstáculo, cambian su dirección, es decir, se reflejan. Cuando la onda se refleja en la superficie de un material (pared, suelo, techo...), pueden ocurrir dos cosas, que lo ponga en movimiento al incidir sobre una superficie lisa y reflectante de un material homogéneo o en el caso de ser un material poroso que las ondas se propaguen hacia su interior. En cualquiera de los dos casos, podemos afirmar que las ondas reflejadas tendrán menos energía que las ondas incidentes.

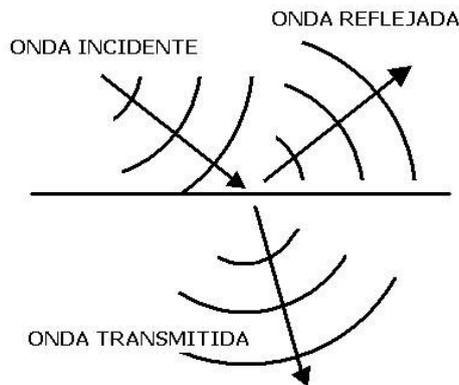


Fig. 11. Reflexión y Transmisión de una onda al incidir sobre una superficie.

El sonido producido por una fuente sonora continua dentro de una sala incide sobre las superficies límites del mismo, reflejándose una parte, tendiendo estas reflexiones a aumentar el nivel de presión acústica en el recinto.

En el planteamiento general del acondicionamiento acústico, por el que una sala no es más que el canal de transmisión de un sonido del emisor al receptor, desempeña un papel importante el tiempo de persistencia del sonido en la misma, así como los fenómenos de resonancia y la posible existencia de eco, que en general resulta perjudicial y debemos eliminar. Todos estos fenómenos presentan una característica en común y es que para su corrección, una de las posibilidades es la absorción de energía acústica en las reflexiones por parte de los elementos presentes en el recinto en cuestión.

Los materiales absorbentes sonoros son aquellos que reducen el nivel de energía sonora de las múltiples reflexiones que persisten en el tiempo en un local.

En un recinto con una fuente sonora puntual, si sus paredes laterales, suelo y techo son parcialmente reflectantes, el campo sonoro dentro del recinto estará formado por dos partes:

- El sonido directo que va desde la fuente al observador, siendo el mismo que bajo las condiciones de campo libre.

- Los sonidos reflejados, que van desde la fuente al receptor después de una o más reflexiones en las superficies.

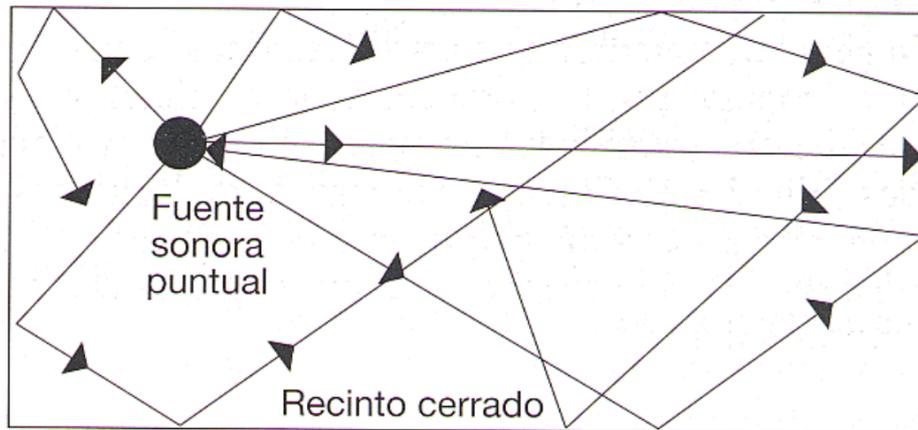


Fig. 12. Reflexiones del sonido en una sala.

Desde el punto de vista de percepción auditiva, lo más interesante son las características particulares de la audición, por ejemplo, la capacidad del oído para recibir secuencias de impulsos sonoros, y sumar su energía evitando que el intervalo entre los impulsos no exceda de un determinado tiempo.

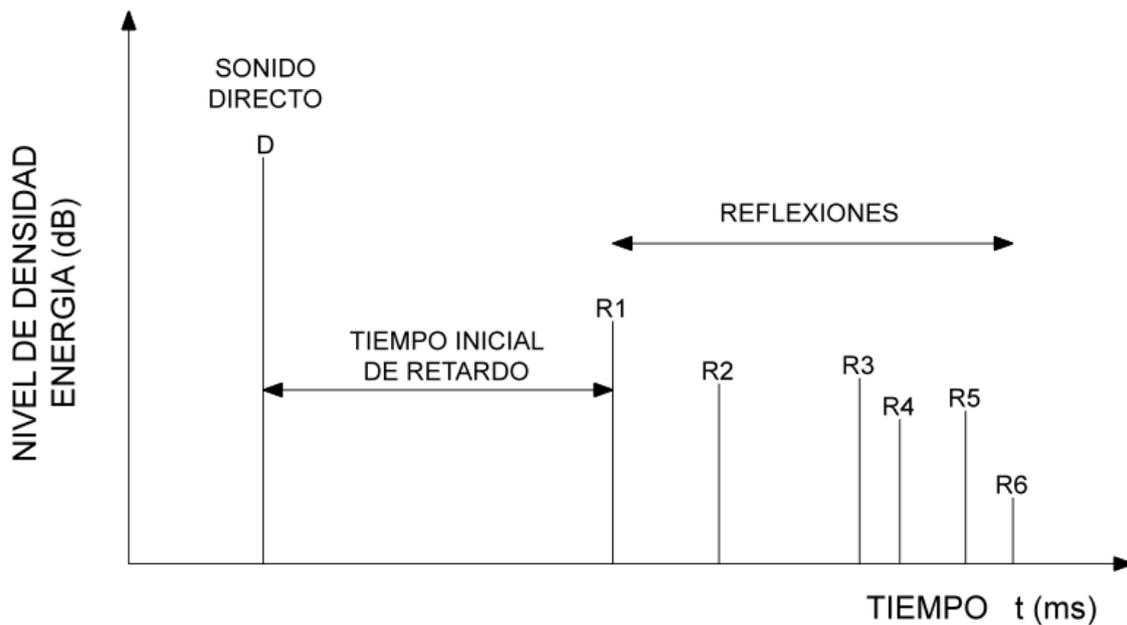


Fig. 13. Diagrama sonido directo y reflexiones.

Como se puede observar en el diagrama anterior, el sonido directo llega antes que todas las reflexiones, ya que viaja por el camino más corto.

Si la separación en tiempo entre la llegada de la señal directa y la primera reflexión supera un cierto tiempo, aparecerá el fenómeno del eco, ya que el oído no es capaz de sumar las dos señales, sino que las diferencia, lo que supone un fallo acústico.

El campo sonoro que rodea a una fuente en un recinto está formado por el campo sonoro directo o libre y por el campo sonoro reverberante.

- **Campo directo:** zona en la que se percibe el sonido directamente desde la fuente sin ser reflejado por ninguna superficie del recinto. El nivel de presión sonora disminuye del orden de 6 dB cada vez que se duplica la distancia a la fuente.
- **Campo reverberante:** zona en la que se percibe el sonido tras sufrir múltiples reflexiones que se superponen entre sí dando lugar a nivel de presión sonora prácticamente constante en todos los puntos.

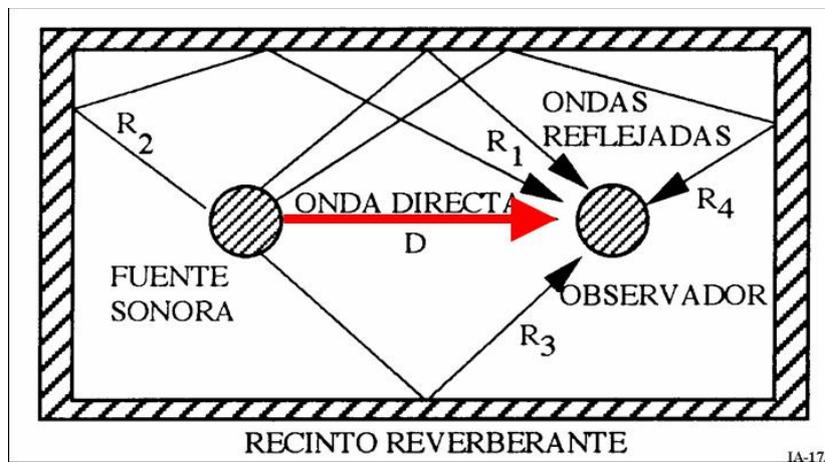


Fig. 14. Campo sonoro en un recinto cerrado.

Si la fuente sonora radia en un recinto reverberante, se crea un campo reverberante, que se superpone al campo directo creado por la fuente.

Así cerca de la fuente estamos en la zona donde domina el campo directo disminuyendo 6 dB al duplicar la distancia y lejos de la fuente donde domina el sonido reflejado se denomina zona de campo reverberado. En esta zona el campo sonoro es prácticamente constante.

### 5.1. Materiales acústicos

Los materiales acústicos son aquellos que tienen la propiedad de absorber o reflejar una parte importante de la energía de las ondas acústicas que chocan contra ellos.

Para que la superficie de un material absorba energía sonora es necesario que la superficie sea relativamente transparente al sonido y que el medio sea capaz de transformar más o menos completamente la energía vibratoria de las ondas en energía calorífica de fricción. La transparencia acústica se puede conseguir mediante una superficie expuesta a un material altamente poroso, o bien una lámina perforada usada como revestimiento de un material poroso, también mediante una membrana ligera flexible impermeable al aire o perforaciones o grietas mecánicas en el cuerpo de un material poroso, pudiendo ser la superficie externa impermeable. Todos estos materiales producen una disminución de las transparencias a medida que aumenta la frecuencia.

Las pérdidas de energía acústica en los materiales se pueden caracterizar mediante el **coeficiente de absorción acústica  $\alpha$** , entendiéndose por tal a la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre dicho material, por unidad de superficie y que puede variar desde un 1 ó 2 % al 95-98%, para diferentes materiales.

En ocasiones es conveniente conocer el grado de absorción acústica de un material absorbente por bandas de frecuencias con un solo valor. Aunque se desaconseja utilizar en la fase de diseño por involucrar solo 4 bandas de frecuencia. **Coefficiente de reducción de sonido (NRC)**, que es el promedio de la absorción a 250, 500, 1.000 y 2.000 Hz, redondeando al más próximo en 0,05.

El coeficiente de absorción de cualquier material varía considerablemente con el ángulo de incidencia de las ondas sonoras. Cuando los materiales se emplean para recubrir las superficies de un recinto, están expuestos normalmente a las ondas sonoras que inciden bajo diferentes ángulos aleatoriamente distribuidos. Como consecuencia de esto, los coeficientes de absorción sonora comerciales se determinan por el método de medida en cámara reverberante. Este es básicamente un método de integración, en el que las ondas sonoras chocan con la muestra de ensayo simultáneamente desde diferentes direcciones. A partir de este método sacamos el coeficiente de incidencia aleatoria o de Sabine, que debe diferenciarse del coeficiente de incidencia normal o de Kundt.

Si en el interior de un local existen diferentes objetos y personas para encontrar la absorción total de un número de objetos del mismo tipo, se multiplica la absorción equivalente de un objeto por el número total de objetos en el recinto.

Se define como **absorción equivalente de un objeto** a la absorción total de un metro cuadrado de superficie, cuyo coeficiente de absorción es numéricamente igual a la absorción producida por un objeto.

En general, los materiales acústicos presentan una curva de absorción en función de la frecuencia, en forma de campana, con un pico más o menos agudo en función de la anchura de volumen de aire que hay entre el material absorbente y el soporte rígido.

Se distinguen diversos tipos de materiales absorbentes:

**Materiales porosos o fibrosos** de poro abierto, al incidir la onda acústica sobre ellos, se refleja una porción muy pequeña. Las partículas del aire que penetran en el material, a través de sus canales, siguen vibrando y en esta vibración se produce un rozamiento con las paredes de estos poros o canales, lo que produce una pérdida de energía cinética de las partículas, por transformación en energía calorífica desarrollada en el rozamiento. Pero para que esto ocurra, debe existir una velocidad relativa entre las partículas del aire en movimiento y las paredes de los canales. A mayor rigidez de la estructura del material mayor será la velocidad relativa y por tanto se producirá mayor rozamiento y así mayor será la absorción obtenida por este mecanismo. Si la estructura del material es flexible se produce menor rozamiento y menor pérdida de calor, ya que las paredes de los canales entrarán también en vibración, en este caso se producirá una pérdida por transformación de energía acústica en mecánica, al moverse las paredes de los poros.



Fig. 15. Lana mineral muy utilizada como material absorbente acústico en acondicionamiento y aislamiento acústico.

El coeficiente de absorción de los materiales porosos aumenta a medida que se incrementa la porosidad, lo podemos observar en la “Fig. 16”, que presenta las curvas experimentales del coeficiente de absorción sonora para muestras de un mismo material, con diferentes porosidades y espesores.

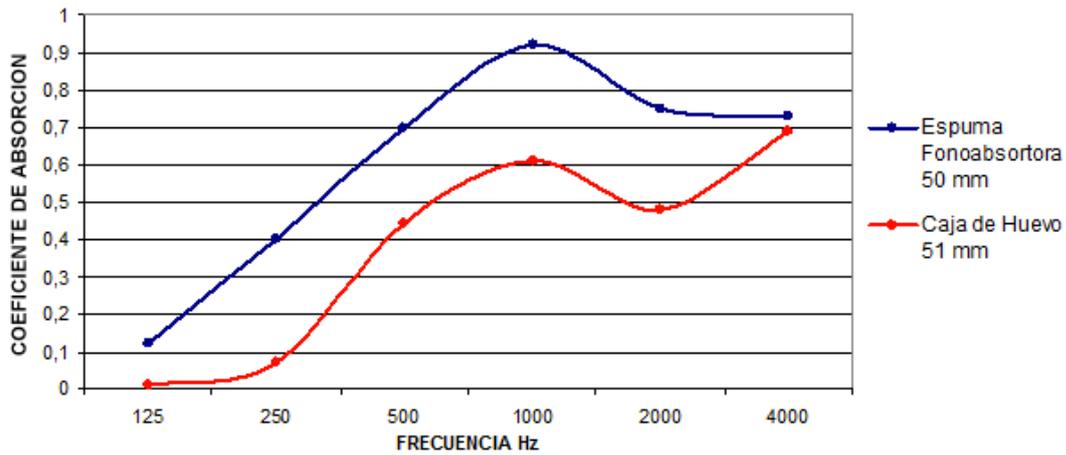


Fig. 16. Diferentes absorciones de materiales con distinta porosidad y espesor.

**Membranas.** En el mecanismo de absorción por transformación de la energía del campo acústico en energía mecánica, el principio de funcionamiento es la puesta en movimiento o vibración, mediante la energía acústica, de una membrana u otro elemento.

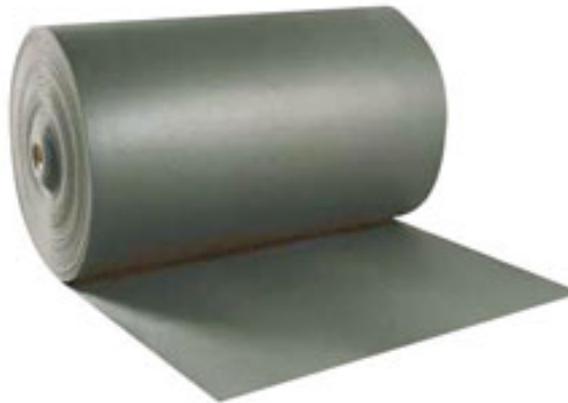


Fig. 17. Membrana acústica.

En este mecanismo de absorción, la energía acústica incidente se reparte entre la energía transmitida del material (energía mecánica que lo pone en vibración) y la energía reflejada (despreciable, prácticamente inaudible), como podemos observar en la “Fig. 18”.

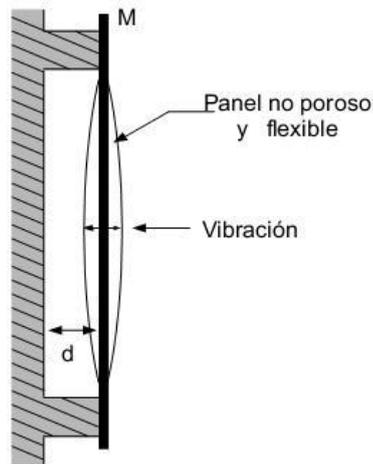


Fig. 18. Esquema del funcionamiento de una membrana acústica.

Dicha rigidez del aire junto con la masa del panel constituyen un sistema resonante que presenta un pico de absorción a la frecuencia de resonancia  $f_0$ , que viene dada (para espesores de la membrana menores de 20 mm) por la expresión:

$$f_0 = \frac{600}{\sqrt{d \cdot M}} (\text{Hz})$$

donde,

$M$  = masa por unidad de superficie del panel ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$d$  = distancia del panel a la pared rígida (cm)

Hay que tener en cuenta que el panel, al entrar en vibración transmite y refleja ondas sonoras, lo que impide obtener absorciones superiores al 50-60%.

**Resonadores.** Están constituidos por recipientes cerrados de volumen, sin otra comunicación con el exterior que una abertura relativamente estrecha. Cuando existe una presión acústica en la entrada del resonador, la masa contenida en el tubo sufre una serie sucesiva de contracciones y dilataciones.



Fig. 19. Placas perforadas de madera utilizadas como multiresonadores acústicos.

El aire contenido en el volumen opone una fuerza a estos desplazamientos comportándose como un resorte. La presión, que actúa sobre el resonador, comunica al aire contenido en el cuello una velocidad tanto mayor cuando más próxima es la frecuencia del sonido a su frecuencia propia de resonancia.

Los resonadores que se suelen utilizar están constituidos, de hecho, por placas de madera, yeso o metal perforadas que se colocan a cierta distancia de los cerramientos, comportándose como una batería de resonadores, como se ve en la “Fig. 20”.

El efecto absorbente de los resonadores es bastante selectivo. Se puede disminuir esta selectividad instalando un material poroso absorbente entre las placas perforadas y el cerramiento.

Un multiresonador es un conjunto de resonadores simples de Helmholtz que comparten una misma cavidad. Dicha cavidad actúa a modo de elemento acoplador entre los diferentes orificios de la placa. La expresión teórica para el cálculo de la frecuencia de resonancia  $f_0$  es:

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{p}{D \cdot d}}$$

donde,

$p$  = porcentaje de perforación  $S/S_p$  (tanto por 1)

$S$  = suma de las secciones transversales de los orificios

$S_p$  = superficie del panel

$D$  = espesor del panel

$d$  = distancia al panel

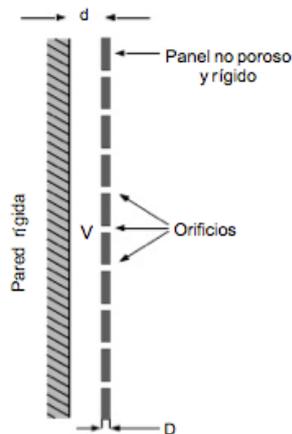


Fig. 20. Esquema básico de un resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados.

## 5.2. Parámetros acústicos

Los parámetros acústicos de salas permiten definir valores objetivos del comportamiento acústico de un recinto, a continuación se definen los parámetros que se han utilizado para el acondicionamiento acústico de la sala.

### Tiempo de reverberación (TR):

El tiempo de reverberación (abreviado TR) es un parámetro que se utiliza para cuantificar la reverberación de un determinado recinto. Se define el tiempo de reverberación a una frecuencia determinada como el tiempo (en segundos) que transcurre desde que la fuente emisora (que esta emitiendo un nivel sonoro continuo) cesa su emisión, hasta el momento en que el nivel de presión sonora cae 60 dB con respecto a su valor inicial. Un recinto con un TR grande se denomina “vivo”, mientras que si el TR es pequeño recibe el nombre de recinto “apagado” o “sordo”.

Todo recinto tiene un TR óptimo, según la aplicación a la que se destine. Este valor es el  $TR_{mid}$ , que se obtiene como la media aritmética del tiempo de reverberación en las bandas de octava centradas en 500 y 1000 Hz, cuando la sala esta ocupada.

### Calidez acústica (BR):

Es la relación entre los tiempos de reverberación de las bajas frecuencias (125 y 250 Hz) y de las frecuencias medias (500 y 1000 Hz).

$$BR \equiv \frac{RT(125) + RT(250)}{RT(500) + RT(1000)}$$

Representa la riqueza en bajas frecuencias de una sala, lo que indica que la sala tiene calidez acústica 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.

### Brillo (Br):

Es la relación entre los tiempos de reverberación de las altas frecuencias (2 y 4 kHz) y de las frecuencias (500 y 1000 Hz).

$$Br \equiv \frac{RT(2k) + RT(4k)}{RT(500) + RT(1000)}$$

Mide la riqueza en altas frecuencias de la sala, lo que indica que el sonido en la sala es claro y rico en armónicos.

**Early Decay Time (EDT):**

Se calcula multiplicando por seis, el tiempo que transcurre en caer 10 dB el nivel de presión sonora, desde que la fuente deja de emitir.

Es un parámetro muy relacionado con TR, con la salvedad de que EDT mide la reverberación percibida (subjetiva) y TR la reverberación real (objetiva). Por ese motivo, para determinar el grado de viveza de una sala es más fiable guiarse por el valor de EDT.

Un menor valor de EDT respecto al TR, indicará que la sala resultará, a nivel subjetivo, más apagada de lo que se deducirá del valor de TR.

**Intimidad:**

La intimidad acústica está relacionada con el aspecto audible de un sonido, que indica a un oyente el tamaño de la sala en la que se ha producido un suceso sonoro. Cada estilo musical suena mejor en un recinto con el grado apropiado de intimidad acústica, que no tiene por qué ser de un determinado tamaño, simplemente que suene como si estuviera en una sala de tamaño adecuado. La impresión acústica del tamaño de una sala viene dada por el intervalo de tiempo entre sonido directo y primer sonido reflejado, es decir, del denominado intervalo inicial de retardo, debiendo ser menor de 20 ms para poder decir que la sala es íntima.

En el lenguaje especial de la industria de grabación y radio, se dice que una sala íntima tiene “presencia”.

**Eficiencia Lateral (LF):**

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

**Tiempo Central (Ts):**

Es el tiempo en milisegundos donde el nivel de energía integrado antes del tiempo central es igual a la energía recibida después de él. Fue propuesto por Cremer y Müller en 1978 y definido como el “centro de gravedad” de la energía de la respuesta impulsiva. Un tiempo central corto provee una mayor claridad, mientras que un tiempo central largo correspondería a una mayor reverberación.

$$TS = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} t \cdot p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}$$

### 5.3. Simulación de la sala

Se procederá a hacer la simulación de la sala mediante el software CATT Acoustic para obtener los parámetros acústicos descritos en el punto anterior.

A continuación se detalla un resumen de las superficies correspondientes a cada material utilizado para su acondicionamiento acústico y su correspondiente coeficiente de absorción:

Elementos	Descripción	Superficie ( $m^2$ )
Pared fondo	Lana de vidrio 50 mm con cubierta perforada	97,5
Paredes	Revoque rugoso	162,5
Barra	Mármol	31,8
Escenario	Entarimado de madera	31,73
Puerta	Vidrio pesado	13,78
Suelo	Parquet	78,01
Techo	Paneles de madera (18+40 de aire)(Lambriz)	151
Público	Publico de pié	102,9

Material	Coficiente de absorción
Lana de vidrio 50 mm con cubierta perforada	<20 35 65 85 85 75>
Revoque rugoso	<3 3 6 8 4 6>
Mármol	<1 1 1 2 2 1>
Entarimado de madera	<9 9 8 9 10 7>
Vidrio pesado	<18 6 4 3 2 2>
Parquet	<4 4 7 6 6 7>
Paneles de madera (18+40 de aire)(Lambriz)	<10 10 10 8 8 7>
Publico de pié	<30 32 37 44 35 35>

El volumen de la sala simulada es de  $423 m^3$ .

Los parámetros acústicos obtenidos en la simulación han sido los siguientes:

Parámetro	Objetivo	Calculado	Valoración Subjetiva
Calidez (BR)	$\geq 1,1$	1,54	Bueno
Brillo (Br)	$\geq 0,87$	0,95	Bueno
Early Decay Time (EDT)	$\leq TR$	0,67	Bueno
Eficiencia Lateral (LF)	$> 0,19$	0,2	Aceptable
Tiempo Central (Ts)	$< 140$	52	Bueno

A continuación se muestra un dibujo de la sala simulada:

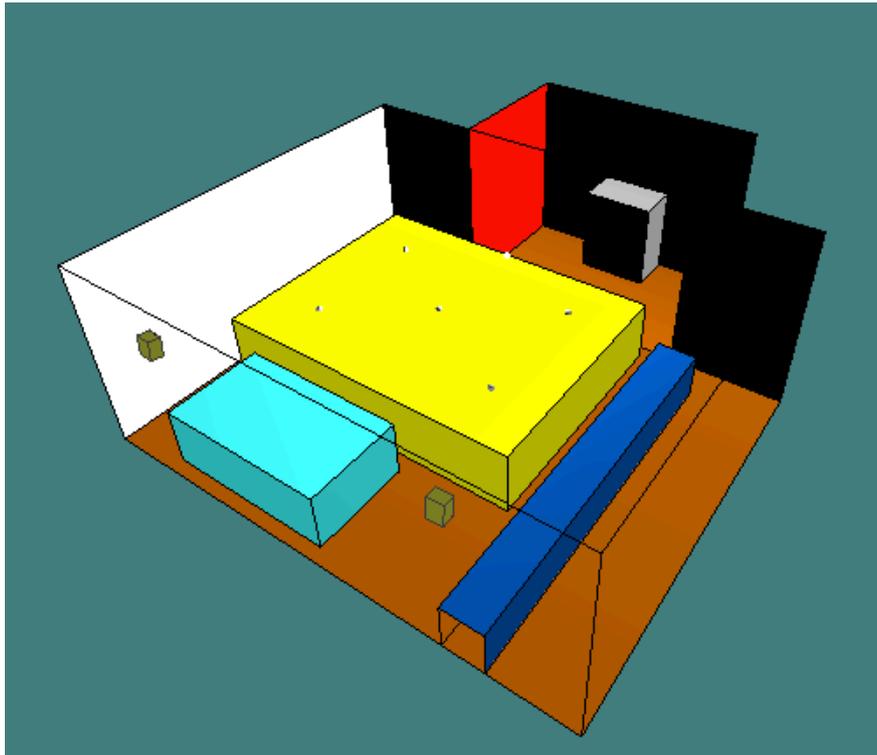


Fig. 21. Sala simulada en 3D.

Para realizar la simulación se han ubicado dos emisores direccionales en el escenario y cinco receptores repartidos entre la superficie que ocupa la audiencia. En la siguiente figura se pueden apreciar los emisores y receptores.

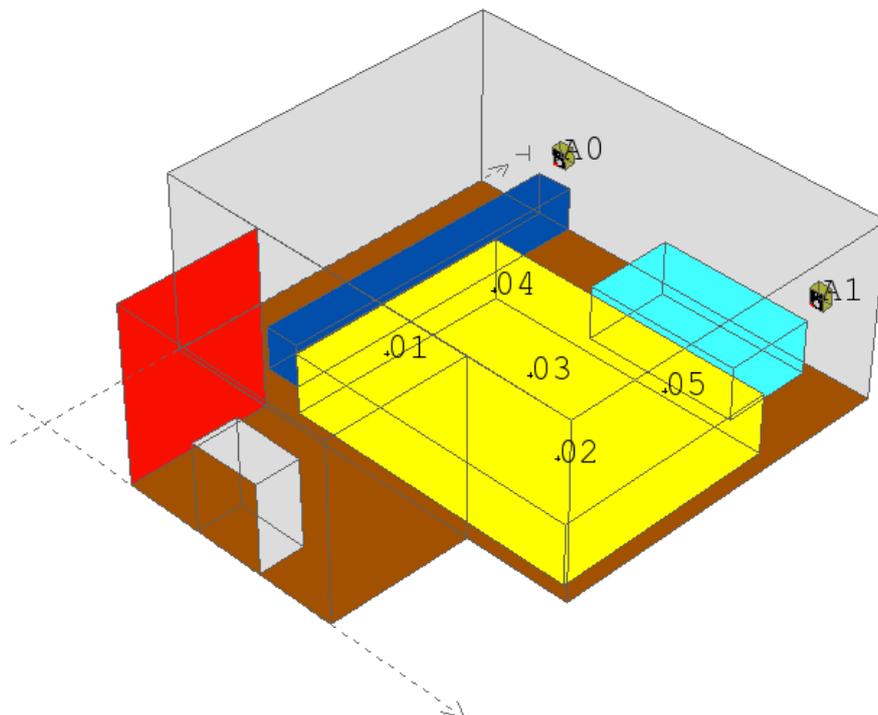


Fig. 22. Situación de los emisores y receptores.

A continuación se muestra el promedio del Tiempo de Reverberación obtenido por simulación:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T15 (segundos)	1,53	1,24	0,9	0,78	0,81	0,73
T30 (segundos)	1,64	1,34	1,1	0,92	0,96	0,82

El  $TR_{mid}$  es 1,01 segundos y nuestro objetivo era estar dentro del rango 0,8-1,2 segundos.



## **6. Aislamiento acústico**

Se entiende por aislamiento acústico a la protección de un recinto contra la penetración de sonidos que interfieran a la señal sonora deseada. Las fuentes que originan estos sonidos pueden estar en el interior o en el exterior del edificio. Para encontrar las formas de protección de los recintos contra los ruidos, se debe establecer en primer lugar la naturaleza de estos ruidos, y los caminos por los cuales penetran en el recinto, a través de sus superficies límites.

Existen varios caminos posibles por donde el ruido puede penetrar en los recintos.

### **6.1. Fuentes de ruido**

#### **Ruido aéreo:**

La transmisión de los ruidos aéreos a un local se realiza a través de los cerramientos de separación entre local emisor y local receptor, ya sea con el medio exterior (fachada y cubierta) o con locales contiguos (medianeras, tabiquería interior y forjados).

Las ondas acústicas que constituyen dicho ruido, ya sean las directas o bien las reverberadas en el interior de un local, someten a las superficies que encuentran a fuerzas normales, que provocan en los cerramientos movimientos vibratorios que se transmiten tanto a los elementos adyacentes como al aire circundante interior en el local receptor.

Es decir, al incidir sobre un cerramiento vertical u horizontal una onda sonora, parte de su energía se transfiere al mismo como energía de un movimiento vibratorio que se propaga en su interior.

Este movimiento vibratorio del cerramiento, transmite al aire en contacto con el mismo, ondas sonoras en el local receptor, cuya amplitud y frecuencias dependen de la amplitud y frecuencias de la vibración del cerramiento.

En este proceso sólo una parte de la energía de la onda incidente se transfiere al local receptor, siendo reflejado el resto por el cerramiento o disipada en el interior del mismo.

Los mecanismos de aislamiento a ruido aéreo tienen como objeto reducir al mínimo la energía de la onda sonora que se transmite al local receptor, bien mediante el diseño adecuado del cerramiento a través del cual llega el ruido, o bien disminuyendo la energía de la onda sonora antes de que incida sobre el mismo.

#### **Ruido de impacto:**

Los ruidos de impacto son originados en las percusiones o choques entre sólidos (caída de objetos, pisadas etc.). En el choque se le comunica este último una energía que le hace entrar en vibración, la cual se transmite a los elementos constructivos en contacto con él y provoca ondas sonoras en el aire del local receptor.

La vibración de un elemento constructivo sometido a impacto tiene las características de ser un ruido de muy corta duración y de propagarse con gran facilidad a los elementos constructivos contiguos, con muy poca atenuación, por lo que el ruido producido por impacto también será de corta duración, pudiendo aparecer en locales a gran distancia de su origen con una atenuación pequeña.

Los mecanismos de aislamiento a ruido de impacto pretenden disminuir la vibración del elemento constructivo, bien mediante el adecuado diseño del mismo, bien amortiguando el impacto para que no le transmita tanta energía. En este caso, es importante el adecuado diseño de las uniones con los elementos constructivos adyacentes, para evitar la propagación de la vibración a los mismos.

### **Ruido de vibraciones:**

Los ruidos de vibración se propagan al entrar en contacto un elemento en vibración con cualquier otro elemento constructivo, con lo cual este último entra, también, en vibración transmitiéndola a cualquier otro en contacto con él y produciendo a su vez una radiación de ondas sonoras.

Estos ruidos se transmiten con mucha facilidad y hasta puntos muy lejanos del elemento que los origina, sin apenas atenuación.

La gran diferencia entre la transmisión de ruidos aéreos y la de ruidos de vibración o impacto, radica en el área que excita cada tipo de ruido. Los ruidos aéreos excitan, normalmente, toda la superficie expuesta al campo acústico, mientras que los ruidos de vibración o impacto excitan una superficie mucho más limitada, con lo cual el grado de excitación suele ser mayor.

En los ruidos de impacto o vibración el aislamiento acústico consiste, en general, en evitar que los mismos pongan en vibración cualquier elemento en contacto con la fuente de ruido, aislando las posibles fuentes de ruidos de impacto o vibración y evitando que la vibración se propague de un elemento a otro.

De todo lo visto se desprende que el aislamiento acústico de un elemento constructivo se puede interpretar como la resistencia que pone dicho elemento a entrar en vibración. De ahí la gran importancia en el aislamiento acústico de la masa del elemento en cuestión.

## 6.2. Diseño y justificación

En el proyecto que nos ocupa, utilizaremos los límites más restrictivos exigidos por la **Ley 7/2002 , de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica**, para obtener el índice de aislamiento acústico necesario de cada cerramiento a estudio.

Ajustándonos al caso más restrictivo, el nivel sonoro máximo permitido en el interior de la colindancia trasera (local comercial y exterior) es de **45 dB(A)**, para el horario de funcionamiento nocturno de la actividad (de 22,00 a 8,00 horas). (Artículo 13 de la Ley 7/2002 , de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica).

El nivel sonoro máximo permitido en el interior de la colindancia izquierda (vivienda) es de **30 dB(A)**, para el horario de funcionamiento nocturno de la actividad (de 22,00 a 8,00 horas). (Artículo 13 de la Ley 7/2002 , de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica).

El nivel sonoro máximo permitido en el exterior del local (zona residencial) es de **45 dB(A)**, para el horario de funcionamiento nocturno de la actividad (de 22,00 a 8,00 horas). (Artículo 12 de la Ley 7/2002 , de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica).

En la parte de superior del local se prevé construir una vivienda en un futuro, ya que en la zona donde esta ubicado el local se permite construir hasta tres alturas por lo que el nivel sonoro máximo permitido en el interior de la colindancia superior (vivienda) es de **30 dB(A)**, para el horario de funcionamiento nocturno de la actividad (de 22,00 a 8,00 horas). (Artículo 13 de la Ley 7/2002 , de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica).

El nivel de aislamiento mínimo entre el local y espacios de uso residencial debe ser de **60 dB**. (Artículo 35 de la Ley 7/2002 , de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica).

El nivel de aislamiento mínimo de la fachada debe ser de **30 dB**. (Artículo 35 de la Ley 7/2002 , de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica).

El máximo nivel de emisión sonora permitido en el local de estudio es de **104 dB(A)**. (Artículo 39 de la Ley 7/2002 , de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica).

Se calculará el aislamiento necesario partiendo de un ruido rosa con un nivel de presión sonora en toda la banda de **104 dB(A)** con los niveles de banda que se muestran a continuación:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido Local dB	104,5	101,8	102,2	99,5	94,4	91,0	108,6
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	
Ruido del Local dB(A)	88,4	93,2	99,0	99,5	95,6	92,0	104,0

A continuación, se muestran los valores del nivel de presión sonora correspondientes al espectro en frecuencias de un ruido de **45 dB(A)**, que es el máximo nivel de recepción en el interior del local comercial colindante y en el exterior de una zona de uso residencial, son los que nos da la curva **NC-35**, que corresponde a los siguientes niveles:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
NC-35 dB	52,0	45,0	40,0	36,0	34,0	33,0	53,2
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	
NC-35 dB(A)	35,9	36,4	36,8	36,0	35,2	34,0	43,6

El nivel en banda en el interior de los locales colindantes y exterior de una zona de uso residencial es de **45 dB(A)**.

Los valores del nivel de presión sonora correspondientes al espectro en frecuencias de un ruido de **30 dB(A)**, que es el máximo nivel de recepción en el interior de las viviendas colindantes, son los que nos da la curva **NC-20**, que corresponde a los siguientes niveles:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
NC-20 dB	40,0	33,0	26,0	22,0	19,0	17,0	41,0
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	
NC-20 dB(A)	23,9	24,4	22,8	22,0	20,2	18,0	30,2

El nivel en banda del interior en el interior de las viviendas colindantes es de **30 dB(A)**.

Se define la diferencia de nivel  $D$  según la Norma UNE-EN-ISO 717-1 como:

$$D_i = L_{11i} - L_{12i} \text{ dB}$$

Donde:

$i$  Frecuencia para la que calculamos la diferencia de nivel.

$L_{11i}$  Nivel de presión sonora en el local emisor.

$L_{12i}$  Nivel de presión sonora en el local receptor.

El aislamiento acústico estandarizado es la diferencia de nivel que se corresponde con un valor referenciado al tiempo de reverberación del recinto receptor. Se designa por  $D_{nT}$  y se calcula mediante la expresión:

$$D_{nT} = D + 10 \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \text{ dB}$$

Donde:

$T$  TR local receptor

$T_0$  TR referencia (0,5 s.)

Para realizar los cálculos usaremos el Tiempo de Reverberación de un local de recepción “tipo”:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
TR (s)	1,52	0,94	0,5	0,4	0,35	0,34

A continuación calcularemos el aislamiento acústico teórico:

**Espectro del aislamiento acústico mínimo del forjado del local a estudio, para cumplir con el criterio de la NC-20:**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del Local dB(A)	88,4	93,2	99,0	99,5	95,6	92,0	104,0
NC-20 dB(A)	23,9	24,4	22,8	22,0	20,2	18,0	30,0
Dnt dB 30 dB(A)-Rx	69,3	71,5	76,2	76,5	73,9	72,3	74,0

El aislamiento teórico para el forjado superior deberá ser como mínimo **74 dB(A)**.

**Espectro del aislamiento acústico mínimo del cerramiento trasero y lateral derecho de separación con el local colindante y el exterior, para cumplir con el criterio de la NC-35:**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del Local dB(A)	88,4	93,2	99,0	99,5	95,6	92,0	104,0
NC-35 dB(A)	35,9	36,4	36,8	36,0	35,2	34,0	45,0
Dnt dB 45 dB(A)-Rx	57,3	59,5	62,2	62,5	58,9	56,3	59,0

El aislamiento teórico de los cerramientos laterales de separación con el local colindante y exterior deberá ser como mínimo **59 dB(A)**.

**Espectro del aislamiento acústico mínimo del cerramiento lateral izquierdo a estudio de separación con la vivienda, para cumplir con el criterio de la NC-20:**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del Local dB(A)	88,4	93,2	99,0	99,5	95,6	92,0	104,0
NC-20 dB(A)	23,9	24,4	22,8	22,0	20,2	18,0	30,0
Dnt dB 30 dB(A)-Rx	69,3	71,5	76,2	76,5	73,9	72,3	74,0

El aislamiento teórico del cerramiento lateral izquierdo deberá ser como mínimo **74 dB(A)**.

**Espectro del aislamiento acústico mínimo de los cerramientos de fachada, para cumplir con el criterio de la NC-35:**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del Local dB(A)	88,4	93,2	99,0	99,5	95,6	92,0	104,0
NC-35 dB(A)	35,9	36,4	36,8	36,0	35,2	34,0	45,0
Dnt dB 45 dB(A)-Rx	57,3	59,5	62,2	62,5	58,9	56,3	59,0

El aislamiento teórico de los cerramientos de fachada deberá ser como mínimo **59 dB(A)**.

### 6.3. Aislamiento elementos constructivos iniciales

No se han tenido en cuenta las puertas ni ventanas para el cálculo del aislamiento inicial, ya que se van a anular todas para la realización del presente proyecto.

#### Aislamiento forjado inicial

##### Configuración inicial:

Forjado unidireccional de vigas viguetas y bovedillas de 25 cm y 5 cm de capa de compresión.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del local dB	104,5	101,8	102,2	99,5	94,4	91,0	108,6
D dB *	40,3	46,5	60,8	65,2	76,0	79,8	81,5
TR (s)	1,52	0,94	0,5	0,4	0,35	0,34	
DnT dB	45,1	49,2	60,8	64,2	74,5	78,1	79,9
Ruido Previsto dB	64,2	55,3	41,4	34,3	18,4	11,2	64,8
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	6,3
Ruido Previsto dB(A)	48,1	46,7	38,2	34,3	19,6	12,2	<b>50,8</b>

Como podemos observar, el nivel teórico que se va a transmitir a la vivienda superior a través del forjado es de 50,8 dB(A), es decir, superior a los 30 dB(A) máximos permitidos.

*\*Aislamiento teórico inicial del forjado (datos extraídos de una base de datos para sistemas de aislamiento acústico).*

#### Aislamiento paredes perimetrales iniciales

##### Configuración inicial:

Ladrillo hueco de 11 cm más enlucido de yeso y banda perimetral.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del local dB	104,5	101,8	102,2	99,5	94,4	91,0	108,6
D dB *	36,0	37,0	40,0	46,0	54,0	57,0	59,1
TR (s)	1,52	0,94	0,5	0,4	0,35	0,34	
DnT dB	40,8	39,7	40,0	45,0	52,5	55,3	57,6
Ruido Previsto dB	68,5	64,8	62,2	53,5	40,4	34,0	70,8
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	6,3
Ruido Previsto dB(A)	52,4	56,2	59,0	53,5	41,6	35,0	<b>62,1</b>

Como podemos observar, el nivel teórico que se va a transmitir a los locales colindantes es de 62,1 dB(A), es decir, superior a los 45 dB(A) máximos permitidos en el local comercial y exterior y superior a los 30 dB(A) máximos permitidos en la vivienda colindante.

*\*Aislamiento teórico inicial de las paredes (datos extraídos de una base de datos para sistemas de aislamiento acústico).*

### **Aislamiento fachada inicial**

#### **Configuración inicial:**

Mortero cemento de 1,5 cm, ladrillo hueco 11 cm, mortero hidrófugo 1,5 cm, lana mineral 4 cm, 2 cm de aire, ladrillo hueco 7 cm, lucido de yeso.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del local dB	104,5	101,8	102,2	99,5	94,4	91,0	108,6
D dB *	43,7	45,7	47,1	51,1	53,1	55,9	59,2
TR (s)	1,52	0,94	0,5	0,4	0,35	0,34	
DnT dB	48,5	48,4	47,1	50,2	51,5	54,2	58,5
Ruido Previsto dB	60,8	56,1	55,1	48,4	41,3	35,1	63,1
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	6,3
Ruido Previsto dB(A)	44,7	47,5	51,9	48,4	42,5	36,1	<b>55,2</b>

Como podemos observar, el nivel teórico que se va a transmitir al exterior es de 55,2 dB(A), es decir, superior a los 45 dB(A) máximos permitidos.

*\*Aislamiento teórico inicial de la fachada (datos extraídos de una base de datos para sistemas de aislamiento acústico).*

## **6.4. Soluciones a adoptar**

Al local a estudio le vamos a aplicar una serie de soluciones constructivas y vamos a analizar el cumplimiento acústico de las mismas.

### **6.4.1. Parámetros horizontales**

#### **SUELO:**

##### **Suelo flotante:**

1. Lámina anti-impacto de 5 mm de espesor y alta resistencia.
2. Film de polietileno de 2 mm de espesor colocado entre la lámina y el mortero, para evitar posibles filtraciones de agua que dañen el material.
3. Capa de mortero autonivelante de 5 cm de espesor.

4. Finalmente se colocará el pavimento y rodapié correspondiente.

La manta de poliuretano deberá subirse por los cerramientos laterales y pilares una altura de, aproximadamente, 7-8 cm para evitar una unión directa entre el mortero y los cerramientos laterales.

#### **TECHO:**

Forjado unidireccional de vigas, viguetas y bovedillas de 25 cm y 5 cm de capa de compresión. Por debajo del forjado se ejecuta un doble techo acústico compuesto por:

#### **Techo acústico:**

Lana de roca de 80 mm de espesor

Yeso laminado combinado 15+13

Entre ambos techos acústicos existe una cámara de aire de 100 mm de espesor.

#### **6.4.2. Parámetros verticales**

#### **FACHADA:**

La fachada principal estará compuesta por una puerta, sus partes ciegas serán de:

1. Ladrillo de 7 cm enlucido con yeso
2. Lana de roca de 80 mm de espesor
3. Cámara de aire de 100 mm de espesor
4. Ladrillo de 9 cm con yeso

#### **PAREDES:**

Los cerramientos trasero y derecho estarán compuestos por:

1. Ladrillo de 7 cm enlucido con yeso
2. Lana de roca de 30 mm de espesor
3. Ladrillo de 9 cm con yeso

El cerramiento izquierdo estará compuesto por:

1. Ladrillo de 7 cm enlucido con yeso
2. Lana de roca de 80 mm de espesor
3. Cámara de aire de 100 mm de espesor
4. Ladrillo de 9 cm con yeso

## 6.5. Niveles previstos en recepción tras la instalación de los sistemas de aislamiento

### Resultado de aislamiento del forjado:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del local dB	104,5	101,8	102,2	99,5	94,4	91,0	108,6
D dB	59,4	79,9	96,3	110,3	143,7	163,1	163,1
Mejora de aislamiento dB	19,1	33,4	35,5	45,1	67,7	83,3	83,4
Tr (s)	1,52	0,94	0,5	0,4	0,35	0,34	
DnT dB	64,2	82,6	96,3	109,3	142,2	161,4	161,5
Ruido Previsto dB	45,1	21,9	5,9	-10,8	-49,3	-72,1	45,1
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	6,3
Ruido Previsto dBA	29,0	13,3	2,7	0,0	0,0	0,0	<b>29,1</b>

### Nivel transmitido a la vivienda superior <30 dB(A)

Como se puede observar, el nivel teórico que se va a transmitir a la vivienda de arriba a través del forjado es de **29,1 dB(A)**, es decir, inferior a los **30 dB(A)** que nos permite la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica en el interior de la vivienda superior en horario nocturno.

### Comparativa del aislamiento inicial-final:

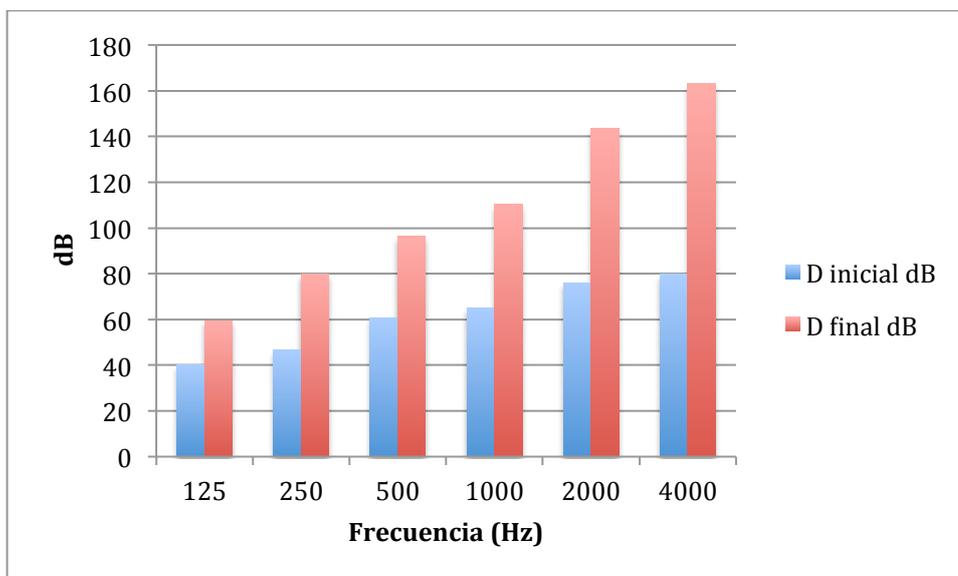


Fig. 23. Comparativa aislamiento inicial-final forjado.

El índice de aislamiento acústico aéreo  $D_{nT}$  de acuerdo con la recomendación ISO R-717 es:

**Índice de aislamiento en tercios de octava:**

Frecuencia (Hz)	C. Ref (dB)	$D_{nT}$ (dB)	C.Ref D. (dB)	Desviación
125	36	64,2	73	8,8
250	45	82,6	82	0,0
500	52	96,3	89	0,0
1000	55	109,3	92	0,0
2000	56	142,2	93	0,0
4000	56	161,4	93	0,0
				8,8

Desplazamiento = 37

<10

$D_{nT}$  (dB) = 89

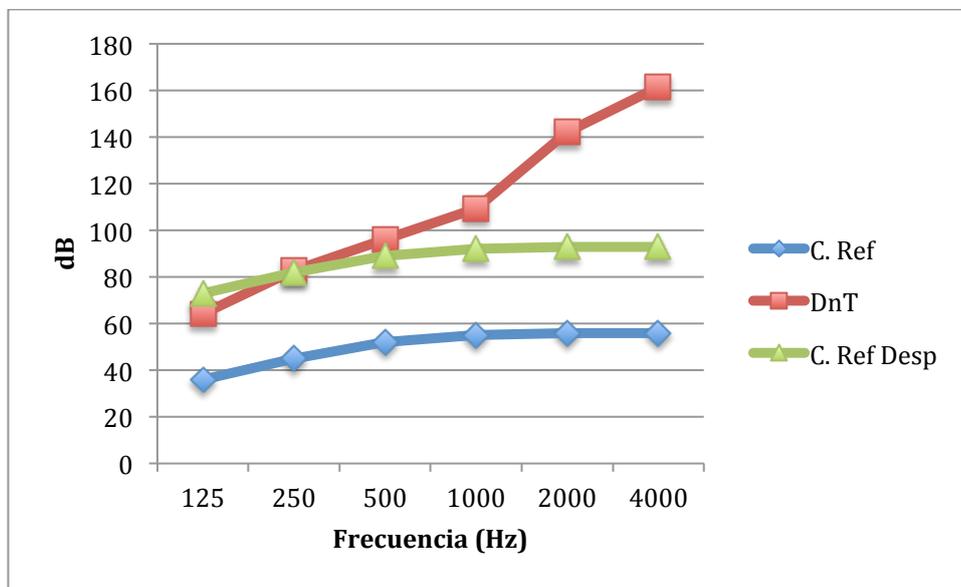


Fig. 24. Valores de aislamiento del forjado según 717-1.

$D_{nT} = 89$  dB

El aislamiento acústico es superior a 60 dB que es el nivel mínimo exigido.

**Resultado aislamiento paredes fachada:**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del local dB	104,5	101,8	102,2	99,5	94,4	91,0	108,6
D dB	54,1	55,8	69,3	74,3	71,4	69,4	77,7
Mejora de aislamiento dB	10,4	10,2	22,2	23,2	18,3	13,5	26,9
Tr (s)	1,52	0,94	0,5	0,4	0,35	0,34	
DnT dB	58,9	58,6	69,3	73,4	69,8	67,7	76,7
Ruido Previsto dB	50,4	46,0	32,9	25,2	23,0	21,6	51,8
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	6,3
Ruido Previsto dBA	34,3	37,4	29,7	25,2	24,2	22,6	<b>39,9</b>

**Nivel transmitido al exterior <45 dB(A)**

Como se puede observar, el nivel teórico que se va a transmitir al exterior es de **39,9 dB(A)**, es decir, inferior a los **45 dB(A)** que nos permite la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica en el exterior de una zona residencial en horario nocturno.

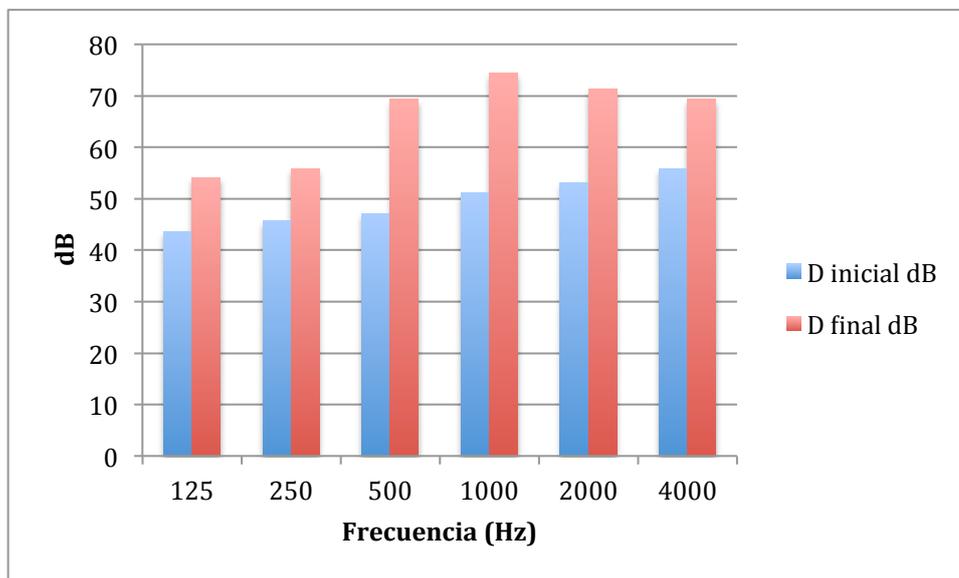


Fig. 25. Comparativa aislamiento inicial-final fachada.

El índice de aislamiento acústico aéreo  $D_{nT}$  de acuerdo con la recomendación ISO R-717 es:

### Índice de aislamiento en tercios de octava:

Frecuencia (Hz)	C. Ref (dB)	$D_{nT}$ (dB)	C.Ref D. (dB)	Desviación
125	36	58,9	52	0,0
250	45	58,6	61	2,4
500	52	69,3	68	0,0
1000	55	73,4	71	0,0
2000	56	69,8	72	2,2
4000	56	67,7	72	4,3
				8,9

Desplazamiento = 16

<10

$$D_{nT} \text{ (dB)} = 68$$

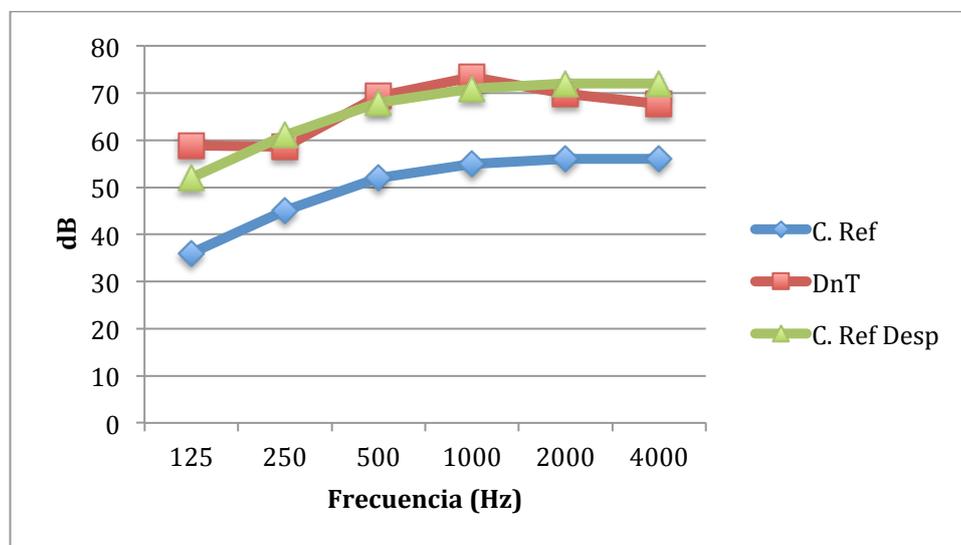


Fig. 26. Valores de aislamiento fachada según 717-1.

$$D_{nT} = 68 \text{ dB}$$

El aislamiento acústico es superior a 30 dB que es el nivel mínimo exigido.

**Resultado aislamiento cerramientos trasero y derecho:**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del local dB	104,5	101,8	102,2	99,5	94,4	91,0	108,6
D dB	54,7	53,8	78,3	100,4	119,4	137,0	137,1
Mejora de aislamiento dB	18,7	16,8	38,3	54,4	65,4	80,0	80,2
Tr (s)	1,52	0,94	0,5	0,4	0,35	0,34	
DnT dB	59,5	56,5	78,3	99,4	117,9	135,3	135,4
Ruido Previsto dB	49,8	48,0	23,9	0,0	0,0	0,0	52,0
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	6,3
Ruido Previsto dBA	33,7	39,4	20,7	0,0	0,0	0,0	<b>40,5</b>

**Nivel transmitido al local colindante y al exterior <45 dB(A)**

Como se puede observar, el nivel teórico que se va a transmitir a los locales colindantes y al exterior es de **40,5 dB(A)**, es decir, inferior a los **45 dB(A)** que nos permite la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica en locales comerciales y en el exterior de una zona residencial en horario nocturno.

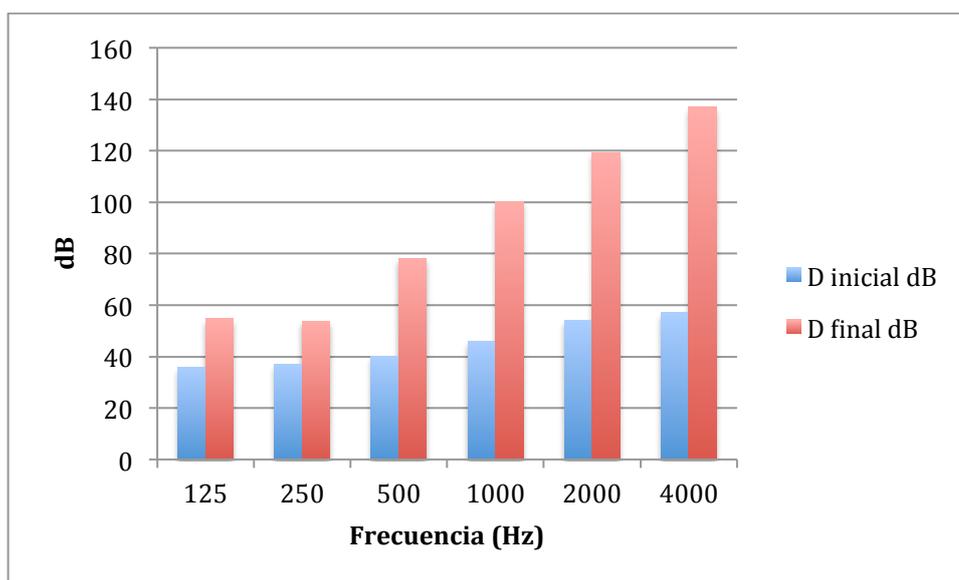


Fig. 27. Comparativa aislamiento inicial-final cerramientos trasero y derecho.

El índice de aislamiento acústico aéreo  $D_{nT}$  de acuerdo con la recomendación ISO R-717 es:

### Índice de aislamiento en tercios de octava:

Frecuencia (Hz)	C. Ref (dB)	$D_{nT}$ (dB)	C.Ref D. (dB)	Desviación
125	36	59,5	57	0,0
250	45	56,5	66	9,5
500	52	78,3	73	0,0
1000	55	99,4	76	0,0
2000	56	117,9	77	0,0
4000	56	135,3	77	0,0
				9,5

Desplazamiento = 21

<10

$$D_{nT} \text{ (dB)} = 73$$

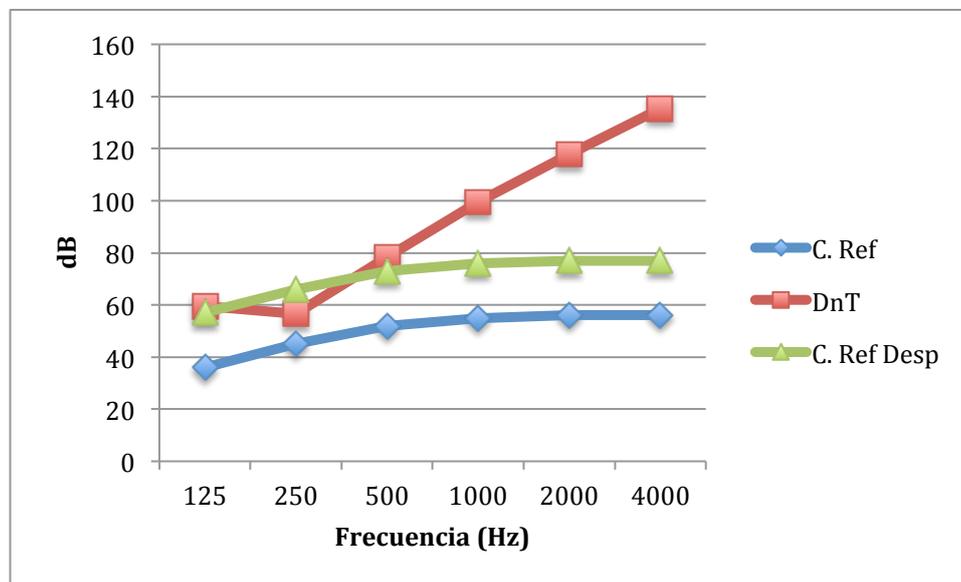


Fig. 28. Valores de aislamiento de cerramientos trasero y derecho según 717-1.

$$D_{nT} = 73 \text{ dB}$$

El aislamiento acústico es superior a 30 dB que es el nivel mínimo exigido.

**Resultado aislamiento cerramiento izquierdo:**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	Banda
Ruido del local dB	104,5	101,8	102,2	99,5	94,4	91,0	108,6
D dB	66,1	65,1	88,1	95,8	134,5	154,7	154,7
Mejora de aislamiento dB	22,4	19,4	41,0	44,7	81,4	98,8	98,9
Tr (s)	1,52	0,94	0,5	0,4	0,35	0,34	
DnT dB	70,9	67,8	88,1	94,8	133,0	153,0	153,1
Ruido Previsto dB	38,4	36,7	14,1	3,7	-40,1	-63,7	40,7
Ponderación A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	6,3
Ruido Previsto dBA	22,3	28,1	10,9	3,7	0,0	0,0	<b>29,2</b>

**Nivel transmitido al local colindante y al exterior <30 dB(A)**

Como se puede observar, el nivel teórico que se va a transmitir a la vivienda colindante es de **29,2 dB(A)** es decir, inferior a los **30 dB(A)** que nos permite la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica en el interior de la vivienda superior en horario nocturno.

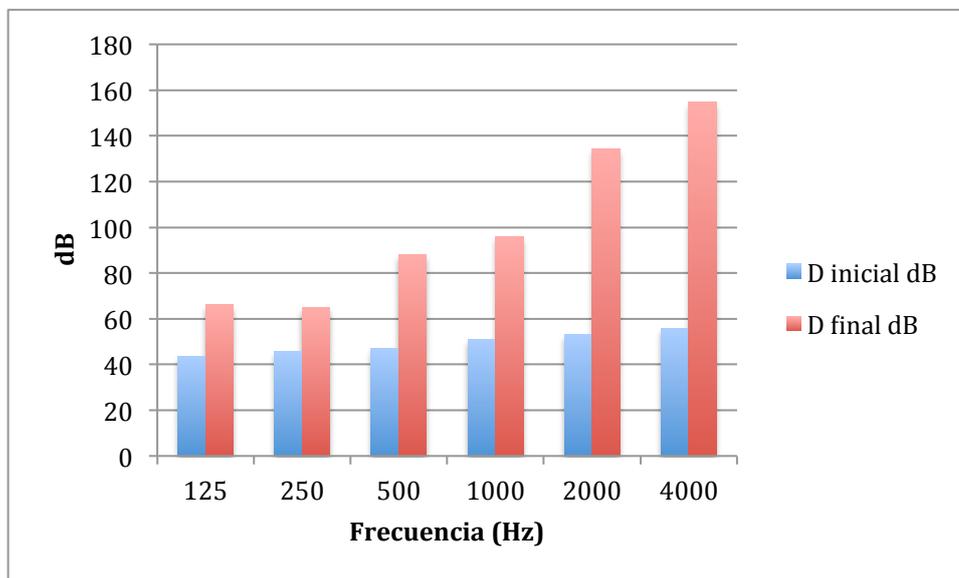


Fig. 29. Comparativa aislamiento inicial-final cerramiento izquierdo.

El índice de aislamiento acústico aéreo  $D_{nT}$  de acuerdo con la recomendación ISO R-717 es:

### Índice de aislamiento en tercios de octava:

Frecuencia (Hz)	C. Ref (dB)	$D_{nT}$ (dB)	C.Ref D. (dB)	Desviación
125	36	70,9	68	0,0
250	45	67,8	77	9,2
500	52	88,1	84	0,0
1000	55	94,8	87	0,0
2000	56	133,0	88	0,0
4000	56	153,0	88	0,0
				9,2

Desplazamiento = 32

<10

$$D_{nT} \text{ (dB)} = 84$$

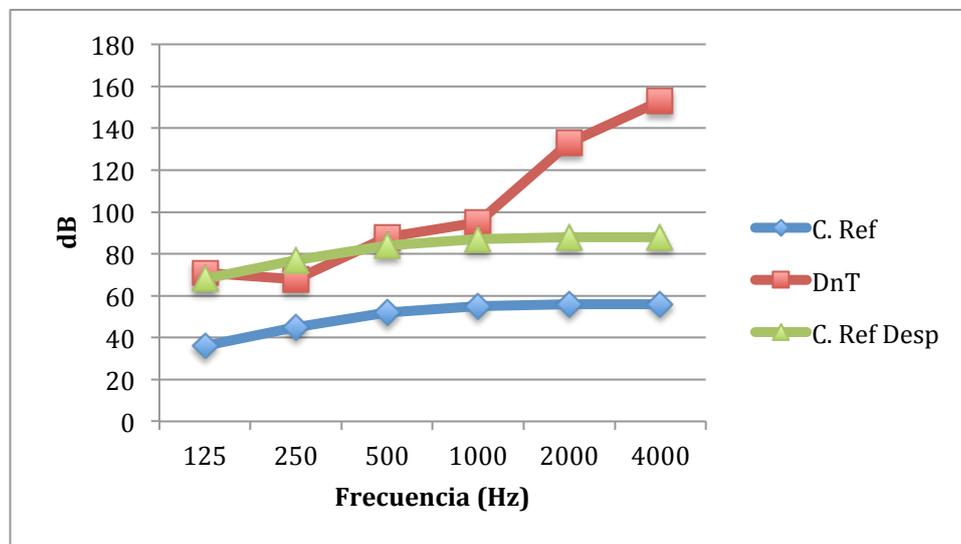


Fig. 30. Valores de aislamiento de cerramiento izquierdo según 717-1.

$$D_{nT} = 84 \text{ dB}$$

El aislamiento acústico es superior a 60 dB que es el nivel mínimo exigido.



## 7. Conclusiones

A partir de los cálculos para el aislamiento acústico de los cerramientos que conforman el local y simulaciones realizadas para el aislamiento acústico de los cerramientos que conforman el local, podemos afirmar que las soluciones constructivas propuestas cumplen con las exigencias de la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica, el DB-HR Protección frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación y la Ordenanza Municipal reguladora de la emisión y recepción de ruidos y vibraciones del Excmo. Ayuntamiento de Oliva.

- El forjado del local, tiene un aislamiento de **89 dB**, superior al valor de aislamiento exigido de **60 dB**, para transmitir a la vivienda superior un valor inferior a **30 dB(A)**.
- El cerramiento de la fachada tiene un aislamiento de **68 dB**, superior al valor de aislamiento exigido de **30 dB**, para transmitir al exterior de una zona residencial un valor inferior a **45 dB(A)**.
- Los cerramientos trasero y derecho que colindan con un local comercial y el exterior respectivamente tienen un aislamiento de **73 dB**, superior al valor de aislamiento exigido de **30 dB**, para transmitir al interior del local comercial y al exterior un valor inferior a **45 dB(A)**.
- El cerramiento izquierdo que colinda con una vivienda, tiene un aislamiento de **84 dB**, superior al valor de aislamiento exigido de **60 dB**, para transmitir a la vivienda colindante un valor inferior a **30 dB(A)**.

Con respecto al acondicionamiento acústico, los tiempos de reverberación y demás parámetros a estudio que se han obtenido después de la instalación de los distintos materiales acústicos, están dentro de los límites recomendados para una sala de música rock en directo.

Parámetro	Objetivo	Calculado	Valoración Subjetiva
Calidez (BR)	$\geq 1,1$	1,54	Bueno
Brillo (Br)	$\geq 0,87$	0,95	Bueno
Early Decay Time (EDT)	$\leq TR$	0,67	Bueno
Eficiencia Lateral (LF)	$> 0,19$	0,2	Aceptable
Tiempo Central (Ts)	$< 140$	52	Bueno



**BIBLIOGRAFIA**

- [1] HARRIS C. Manual de medidas acústicas y control del ruido. Ed. Mc Graw Hill. 1995
- [2] CATT-Acoustic V8.0 User's Manual. 2002
- [3] DB-HR Protección frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación.
- [4] Kinsler L. - Fundamentals of Acoustics 4ed 2000
- [5] T. Vigran . Building Acoustics. Ed. Taylor & Francis 2008
- [6] Carrión Isbert, Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos, Edicions UPC 1998
- [7] Kuttruff Heinrich - Room\_acoustics 4 ed. Spon Press 2000.
- [8] Marshall Long. Architectural Acoustics. Elsevier Academic Press. 2006.
- [9] M. Recuero, Acústica Arquitectónica, 1992
- [10] Manuel Recuero, Acústica Arquitectónica: Soluciones Prácticas, Paraninfo 1992
- [11] J. Llinares, A. Llopis, J. Sancho, Acústica Arquitectónica y Urbanística, UPV 1996
- [12] HUET, portes & fenetres
- [13] Labein Tecnalia
- [14] URSA Iberia Aislantes
- [15] Ordenanza Municipal reguladora de la emisión y recepción de ruidos y vibraciones del Excmo. Ayuntamiento de Oliva.
- [16] DECRETO 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.
- [17] Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.
- [18] UNE-EN ISO 140-4 1999 "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales".
- [19] UNE-EN ISO 140-5 1999 "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".
- [20] UNE-EN ISO 717 "Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción".
- [21] 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".
- [22] UNE-EN ISO 3382-2 2008 "Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios".